

G – วิศวกรรมศาสตร์และ  
เทคโนโลยี

*Oral Presentation*



## ELECTRONIC NOSE: THE NEXT GENERATION TYPE II DIABETES DIAGNOSTIC TOOL

Phuntsho Choden<sup>1</sup>, Thara Seesaard<sup>1</sup>, Chutintorn Sriphrapadang<sup>2\*</sup>,  
Teerakiat Kerdcharoen<sup>3,4\*</sup>

<sup>1</sup>Materials Science and Engineering Programme and Center of Nanoscience and Nanotechnology, Faculty of Science, Mahidol University

<sup>2</sup>Division of Endocrinology and Metabolism, Faculty of Medicine, Ramathibodi Hospital, Mahidol University

<sup>3</sup>Department of Physics, Faculty of science, Mahidol University,

<sup>4</sup>NANOTEC Center of Excellence at Mahidol University, National Nanotechnology Center

\*Corresponding author, E-mail: chutins@gmail.com; teerakiat@yahoo.com

### ABSTRACT

Increasing number of diabetic patients around the world demands for a variety of medical diagnostic tool, which is not only portable, inexpensive, and invasive, but also capable of producing valid results on time. Thus, an electronic nose (e-nose) equipped with chemical gas sensors capable of screening early signs of type II diabetes mellitus is inevitable. For this reason, we performed head-space urine analysis on diabetic patients and normal healthy controls using two sets of chemical gas sensors: namely, six laboratory-developed functionalized SWNT/ polymer gas sensors and eight commercial metal oxide gas sensors. The results from the experiments have shown that both types of gas sensors are capable of discriminating the urine odors from two groups of samples in which the highest sensing responses were demonstrated by S3 (SWCNTs-COOH/ PVP) among functionalized SWNT/ polymer gas sensors and TGS2603 among the metal oxide gas sensors. Principal Component Analysis (PCA), used as pattern recognition algorithm, successfully classifies the sensing data distinctly into two groups of diabetic patients and healthy samples, thereby validating the fact that urine odors of diabetic and non-diabetic are completely different from each other. We hope that the perspective of using an electronic nose as a medical diagnostic tool elucidated in this work contribute in the field of diagnosing diabetes mellitus on time.

**Keywords:** Volatile organic compound; gas sensors; e-nose

### INTRODUCTION

Diabetes is also known as diabetes mellitus and it is classified as a chronic and lifelong disease. It is caused in two conditions: first, where the body cannot produce insulin

and second, where the body cannot make use of the available insulin. Insulin, produced from the beta cells of pancreas, is a hormone that assists the cells to take in the sugar to be used as energy, to be converted to other needed molecules or to be stored as fat. In three conditions where the amount of insulin available is inadequate, or cells do not react to insulin, or insulin itself is faulty, glucose will not be absorbed properly by the cells (Assman, T.S. 2016: 1-9). As a result, the amount of glucose/sugar in the blood is not controlled and subsequently, lead to high blood sugar level. Every year the World Health Organization records an alarming rise of diabetic cases worldwide. It is believed that nearly 50% of the patients living with diabetes go undiagnosed mainly because the current diagnostic methods are time-consuming, painful and expensive. The current method of diagnosing disease is through chemical analysis of body fluids such as breath, blood and urine. Moreover, these current medical instruments cannot determine the concentration of all the compounds found inside a human body except for Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) which has the capability to detect even traces of VOCs in ppm or ppb (Serrano, M. and team members, 2016: 241-246). However, the setup is not portable and is too expensive. The method of sampling and analysis processes are too complicated whereby an expert's help is indispensable.

Hence an alternative method that could not only compliment but even have the capability to replace the current method to diagnose diabetes mellitus is indispensable. For this reason, we explored the potential of an electronic nose to function as a urine analysis system to assist in screening and diagnosis of type II diabetes. The underlying working principle of e-nose can be compared to that of human nose. The receptors in the human nose upon receiving an odour signal send it to the brain cerebrum. The cerebrum reads, identifies and makes corresponding decision with the characteristics associated with the odour. Electronic nose works in the similar manner except that it has chemical sensor array as receptors and transmits odour signal to a program for processing. We hope that an electronic nose as portable, rugged, non expensive and unambiguous tool developed in this work could help revolutionize the current methods of diagnosing and screening diabetes.

## LITERATURE REVIEW

The impulsive shift towards westernization leading to sedentary life style and improper food habits are posing numerous problems to the uprising diabetes cases in and around the world. Diabetes, along with other non-communicable diseases is believed to account to seven out of ten deaths by the year 2020. This alarming figure indicates that people still lack knowledge on the cause and effect of this chronic lifelong disease. Other factors like lack of professional healthcare providers and difficulty in getting access to treatment can also contribute greatly to the increasing cases (Krisher, S. and team members, 2014: 156-163). The current methods for screening and diagnosing diabetes include various

tests such as fasting plasma glucose (FPG), Hemoglobin A1c (HbA1c), C-peptide, Oral glucose tolerance and GAD antibodies. Even though these methods proved effective, a recent review (Kumar, R.B. and team members, 2015: 291-294) pointed out numerous disadvantages associated with the established methods in which painfulness, invasiveness, and inconvenience to the patients topped the list. For this reason, researchers around the world are constantly working on to develop an alternative method for diagnosing diabetes mellitus by analyzing specific biomarker known as volatile organic compounds (VOCs) produced from body fluids like saliva, blood, sweat, breath and urine (de Lacy Costello and team members, 2014: 014001) and this method is gaining popularity. The main reason lies with the fact that the study in the sudden change of VOC was found to be directly associated with the phenotypic behavior of one's body. Some studies for instance, suggested that urine VOC analysis could help detect lung cancer (Hanai and team members, 2012: 679-684), colorectal cancer (Arasaradnam and team members, 2014: e108750), and biliary stricture (Navaneethan and team members, 2015: 2150-2157) in medical diagnostic field.

In line to this, an emerging technology that artificially mimics the human olfactory system called electronic nose makes use of gas sensors that are capable of analyzing these distinct volatile organic compounds. Apart from holding numerous advantages like being portable, rugged, non-expensive and real-time, some studies found out that an electronic nose with gas sensors could detect early sign of diabetes mellitus through breath analysis (Cavallari and team members, 2015: 9592), mainly due to the convenience in collecting breath samples. Even though the electronic nose provides the advantage of making use of different samples, very few works are done on diabetes detection using urine samples. For instance, a study conducted by Sabeel T.M.A and team members (2013: 1-4) suggested the possibility of discriminating diabetes from bacterial infections.

## **OBJECTIVE**

To study the feasibility of screening and diagnosing diabetes mellitus using electronic nose system through urine analysis.

## **METHODS**

### **1. Sensor characteristics**

The capability of the e-nose to perform as an effective urine analysis system entirely depends on the employment of gas sensors. For this reason, we fabricated six functionalized SWNT/polymer gas sensors by using 3 mg of polymer and dispersed it in 1 ml of proper solvent. The solution was then sonicated for 15 minutes to allow polymer dispersion. To the solution of polymer and solvent, 1 mg of SWCNT was added and sonicated again for 15 minutes in order that the carbon nano-tubes and polymer form a uniform composite. The mixture was finally stirred for 30 minutes. A thin film of sensing

material was spin-coated on the interdigitated electrodes (IDE) having a dimension of 100  $\mu\text{m}$  width, 100  $\mu\text{m}$  spacing and 1 mm length at the spinning rate of 1500 rpm for 30s. The finished product was heated in the oven for 3 hours at 100°C to remove residual solvent and confirm the stability of the gas sensors. All six sensors were checked for their resistances to be between 5 km. and 25 km. Another set of eight metal oxide gas sensors were purchased from Hanwein Electronics Co., Ltd (MQ code) and Figaro Engineering Inc. (TGS code). These gas sensors were carefully selected to cover the target VOCs present in the human urine. The specifications of the gas sensors used in this electronic nose is listed in table 1.

## 2. Electronic nose setup

The electronic nose employed in this work consists of three important components namely; sample delivery system, detection system and computing system. In sample delivery system, two chambers each for reference (nitrogen gas/grade zero air) and sample (urine odor) is installed. The switching of the gas flow from reference to sample and vice versa is controlled by solenoid valves. A mass flow controller controls the flow of gas into the system. The detection system comprises of the gas sensors employed to detect and classify urine odor from the samples. The computing system consists of multiplexer, DAQ device and LabVIEW program. Each channel in the multiplexer is connected to individual sensor from where input from each sensor gets forwarded into a single input signal that is sent as output from the circuit. The DAQ device then converts this signal from analog to digital to be analysed easily in the computer for pattern recognition which is done by LabVIEW program. The schematic circuit diagram of this e-nose is shown in picture 1.

## 3. Subject description and urine collection

A total of 19 volunteers participated in this work in which 5 healthy and 8 diabetic participated for the first experiment and 2 healthy and 4 diabetic for the second experiment. All participants were recruited by the physician in the Ramathibodi hospital based on the internationally accepted standards for diagnosing diabetes mellitus. The details and specification of diabetic patients and healthy volunteers are given in Table 2. The urine from the subjects was directly used for the e-nose measurement without any treatment. 20 ml of urine was transferred to a clean glass bottle for measuring the electrical response it generates with the gas sensors within two hours from the time of urine collection. All measurements were conducted at room temperature.

## RESULTS AND DISCUSSION

### 1. Sensing response towards volatile urine odor

The sensing response of gas sensor is defined as the percent change in the resistance between the reference time and the sample time and is calculated as

$$R \% = [(R_s - R_i) / R_i] \times 100 \quad (3)$$

where  $R_s$  is resistance of each sensor without sample urine and  $R_i$  is the resistance of each sensor when exposed to sample urine.

The results obtained from the experiment will be presented and discussed in two parts; firstly the sensing response towards urine odor of type II diabetes obtained from functionalized SWNT/polymer gas sensors, and secondly from metal oxide gas sensors.

### 1.1 As obtained from functionalized SWNT/polymer gas sensors

For the first part in the experiment, the result of sensitivity of the SWNT/polymer gas sensors towards volatile urine odor as obtained from functionalized SWNT/polymer gas sensors is shown in picture 2a. The results show that a remarkable higher sensing response is demonstrated by S3 followed by S4 to diabetic urine odor and S6 to healthy urine odor. On the other hand, it is worth noting that S1, S2 and S5 yielded very low sensing response and do not respond differently to diabetic or healthy urine sample. To further validate the results obtained from this experiment, a hypothesis testing (p-value approach) was performed. It was found that S3 and S6 show  $p < 0.05$  whereas the remaining sensors, S1, S2, S4 and S5 showed  $p > 0.05$ . Hence, our findings justify that the polymers used in S3 and S6 have a unique and superior capability to swell upon exposure to urine odor and should be specifically designed to be used as a sensing material for detecting and discriminating urine VOC of diabetic from non-diabetic. Since the sensing data is obtained after every second, the size of data was enormous so it was introduced into a discriminant analysis called Principal Component Analysis (PCA) to reduce the dimension in data and observe grouping of samples as shown in Picture 2b. The pink coloured dots and blue stars as presented in the 3-D PCA plot represent urine samples of diabetic patients and healthy volunteers explaining a variance of 67.3% in PC1, 23.8% in PC2 and 6.9% in PC3. As illustrated in the figure, the PCA can clearly separate the volatile urine odors of diabetic patients from the healthy volunteers.

### 1.2 As obtained from metal oxide gas sensors

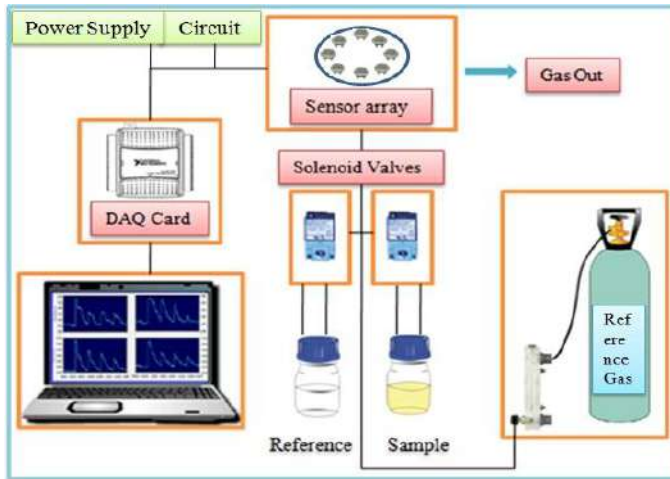
In the second part of the experiment, sensitivity of the metal oxide gas sensors towards volatile urine odor was calculated and the result is shown in Fig. 3a. It can be seen obviously that all metal oxide gas sensors respond differently to different urine odors. The TGS2603 gas sensor described by the manufacturer for detecting odorous gas yielded the highest sensing response whereas MQ8 for detecting hydrogen gas yielded the lowest sensing response. The results from the 2-D PCA plot are shown in picture 3b. The magenta colored dots and green colored stars represent urine odor of diabetic patients and healthy volunteers respectively. The variance in the data accounts to PC1 with 89.9% explaining the major variance and PC2 with 4.9%. The sensing data obtained from this experiment using metal oxide gas sensors can be successfully separated and discriminated into diabetic and healthy group.

**Table 1:** Specifications of gas sensors for urine odor detection

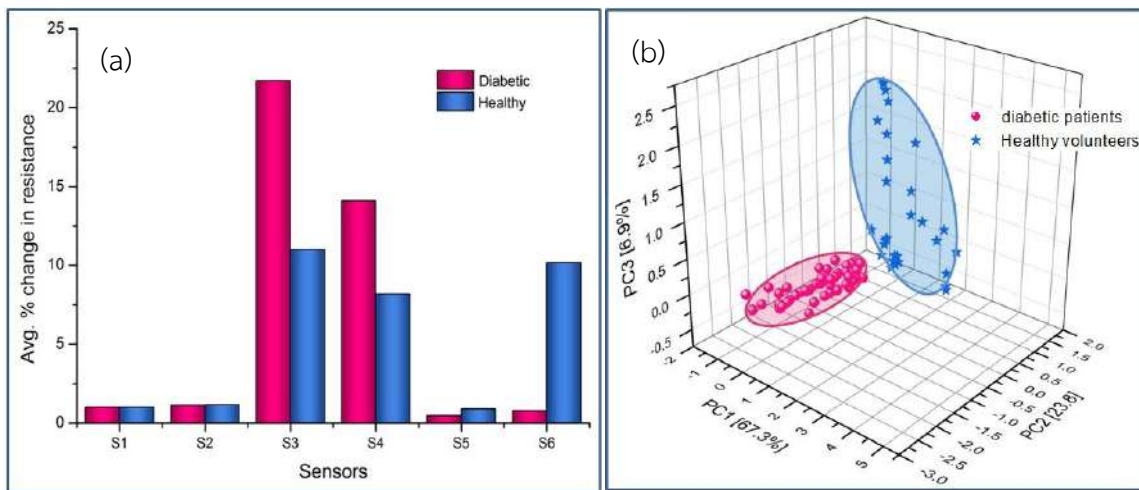
Sensor No.	Chemiresistive sensors
	❖ f-SWCNTs gas sensors/ Polymer
S1	SWCNTs-COOH/ PVC
S2	SWCNTs-COOH/ PSE
S3	SWCNTs-COOH/ PVP
S4	SWCNTs-COOH/ Poly (4-styrenesulfonic acid) solution
S5	SWCNTs-COOH/ Polyvinyl alcohol
S6	SWCNTs-OH/ PVP
	❖ Metal oxide gas sensors
1	MQ-8 for detecting hydrogen gas
2	TGS 2444 for detecting ammonia gas
3	TGS 823 for detecting organic solvent vapours
4	TGS 2600 for detecting air contaminants
5	TGS 2603 for detecting air contaminants and odorous gas
6	TGS 2610 for detecting volatile organic compounds
7	TGS 825 for detecting H <sub>2</sub> S gas
8	TGS 2602 for detecting solvent vapors and odorous gas

**Table 2:** Details about the volunteers that participated in this work

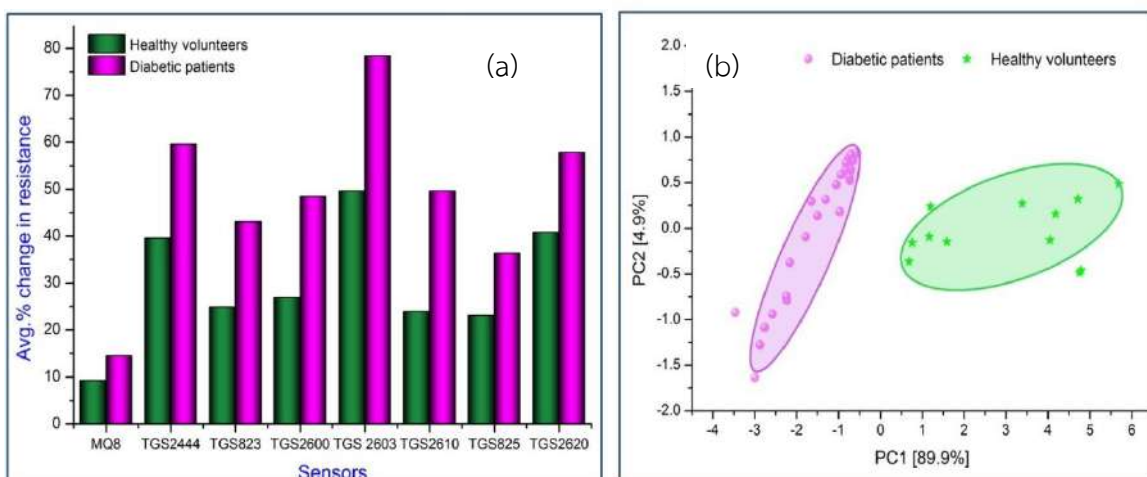
Specifications	Type II diabetes patient	Healthy	Type II diabetes patient	Healthy
	First Experiment		Second Experiment	
Gender (F/M)	6F/2M	5F/0M	3F/1M	0F/2M
Age range (years)	25-63	39-65	22-60	27-35
Number of smokers	0	0	0	0
Total number	8	5	4	2



Picture1 : Schematic diagram of an electronic nose



Picture 2: Results from functionalized SWNT/polymer gas sensors showing (a) average percent change in resistance towards urine odor and (b) 3-D PCA plot for urine odor discrimination.



Picture 3: Results from metal oxide gas sensors showing (a) average percent change in resistance towards urine odor and (b) 2-D PCA plot for urine odor discrimination.



## CONCLUSION

In this work, we described an electronic nose designed to work as a urine analysis system for diabetes screening and diagnosis. Since gas sensors form the core functioning component in the e-nose, we explored the capability of two sets of gas sensors: functionalized SWNT/ polymer and metal oxide. Among the six functionalized SWNT/ polymer gas sensors fabricated and developed in the laboratory, we found out that S3 (SWCNTs-COOH/PVP) yielded the highest sensing response and S5 (SWCNTs-COOH/ Polyvinyl alcohol) the lowest. From the eight metal oxide gas sensors, the highest sensing response was demonstrated by TGS 2603 and the lowest by MQ8. Since the sensing data was enormous, we used Principal Component Analysis (PCA) algorithm to reduce data dimension. The results from both groups of sensors showed that PCA can successfully separate and discriminate urine odors from the samples into two distinct groups of diabetic patients and healthy volunteers. In conclusion, we hope that our findings that suggest the association of sensing response generated from the gas sensors and urine odor will open up new scopes in screening and diagnosing diabetes mellitus on time and revolutionize the current method of diagnosing diabetes.

## REFERENCES

- Arasaradnam, R. P., McFarlane, M. J., Ryan-Fisher, C., Westenbrink, E., Hodges, P., Thomas, M. G., . . . Covington, J. A. (2014). Detection of Colorectal Cancer (CRC) by Urinary Volatile Organic Compound Analysis. *PLoS ONE*, *9*(9), e108750.
- Assmann, T. S., Brondani, L. A., Bouças, A. P., Rheinheimer, J., de Souza, B. M., Canani, L. H., . . . Crispim, D. (2016). Nitric oxide levels in patients with diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Nitric Oxide*, *61*, 1-9.
- Cavallari, M., Izquierdo, J., Braga, G., Dirani, E., Pereira-da-Silva, M., Rodríguez, E., & Fonseca, F. (2015). Enhanced Sensitivity of Gas Sensor Based on Poly(3-hexylthiophene) Thin-Film Transistors for Disease Diagnosis and Environment Monitoring. *Sensors*, *15*(4), 9592.
- de Lacy Costello, B., Amann, A., Al-Kateb, H., Flynn, C., Filipiak, W., Khalid, T., . . . Ratcliffe, N. M. (2014). A review of the volatiles from the healthy human body. *J Breath Res*, *8*(1), 014001.
- Hanai, Y., Shimono, K., Matsumura, K., Vachani, A., Albelda, S., Yamazaki, K., . . . Oka, H. (2012). Urinary Volatile Compounds as Biomarkers for Lung Cancer. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, *76*(4), 679-684.
- Krisher, S., Riley, A., & Mehta, K. (2014). Designing breathalyser technology for the developing world: How a single breath can fight the double disease burden. *Journal of Medical Engineering and Technology*, *38*(3), 156-163.

- Kumar, R. B., Gupta, M., & Feldman, B. J. (2015). The development of next-generation screening and diagnostic platforms will change diabetes care. *Expert Review of Molecular Diagnostics*, 15(3), 291-294.
- Navaneethan, U., Parsi, M. A., Lourdasamy, D., Grove, D., Sanaka, M. R., Hammel, J. P., . . . Dweik, R. A. (2015). Volatile Organic Compounds in Urine for Noninvasive Diagnosis of Malignant Biliary Strictures: A Pilot Study. *Digestive Diseases and Sciences*, 60(7), 2150-2157.
- Park, S. (2017). Acetone gas detection using TiO<sub>2</sub> nanoparticles functionalized In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanowires for diagnosis of diabetes. *Journal of Alloys and Compounds*, 696, 655-662.
- Serrano, M., Gallego, M., & Silva, M. (2016). Analysis of endogenous aldehydes in human urine by static headspace had chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1437, 241-246.

## A LOW COST PROTOTYPE FOR AIR POLLUTION MONITORING

Sonam Tenzin<sup>1</sup>, Theerapat Pobkrut<sup>2</sup>, Satetha Siyang<sup>1</sup>, Chayanin Khunarak<sup>1</sup>, Teerayut Chaiyasit<sup>1</sup>, Phuntsho Choden<sup>1</sup>, Ugyen Dorji<sup>1</sup>, Teerakiat Kerdcharoen<sup>2, 3\*</sup>

<sup>1</sup>Materials Science and Engineering Programme, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok 10400

<sup>2</sup>Department of Physics, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand

<sup>3</sup>NANOTEC Centre of Excellence, Mahidol University, National Nanotechnology Center, Bangkok, Thailand

\*Corresponding author, E-mail: teerakiat@yahoo.com

### ABSTRACT

Air pollution due to explosive growth of industries and mega cities pose constant threat to human life. Till date, several commercial products to monitor air quality are available, but they are beyond the reach of average users due to heavy cost. The conventional analytical instruments are impractical due to bulky size, expensiveness and complicated operation. As a result, there are many designs of air quality monitoring prototypes reflected in the literature. However, many failed to talk about its cost and hardware and software requirements. Therefore, in this paper, a prototype (costing around \$142.9) is designed to function as a low cost air pollution monitoring system. In addition, the process and requirements for designing a real-time, low cost and flexible air quality monitoring system is elaborated to assist beginners to refer, modify and implement the system. The prototype was tested near traffic area. The results have shown that the prototype can effectively describe the air pollution near the traffic zone.

**Keywords:** Air pollution, prototype, low cost, gas sensors

### INTRODUCTION

Air pollution due to advancing industrialization, growing number of megacities and urban complexes possess a deadly threat for both biotic and abiotic factors, making it a subject of concern for researchers. Even though various types of air monitoring devices are available in market such as 1405-F, Dylos DC1100, AirCloud, PANDA, AirScope, CitySense, MICROSYS, Mobile Discovery Net, and aerQUAL (Zhuang, Lin, Yoo, & Xu, 2015; Ngoc, Lee, Gil, Jeong, & Lim, 2010: 288-293), these instruments are beyond the reach of average users due to heavy cost. Moreover, conventional analytical instruments are impractical due to its bulky size, noisy, expensive and complicated operation (Prashant Kumar and team members, 2016: 150-159) even though results are accurate. Another emerging technology called electronic nose is widely applied for monitoring air quality but most are general types of monitoring system having a broad-range of gas-sensing capabilities and applications. Nevertheless, there

are more advantages in using a monitoring system fabricated based upon the specific application because the specific monitoring devices are much cheaper, flexible, and it can be sold to many clients (Wilson, 2013: 2295-2348).

Considering the aforementioned limitations, many real-time low cost air monitoring prototypes based on various technological modules are reported in the literature without detailing the cost, hardware and software requirements. Moreover, numerous practical and technical limitations associated with the system (Prashant Kumar and team members, 2016: 150-159), and different monitoring areas with varying micro-climate requiring numerous factors like objectives, pollutants, designs, techniques, and models (Zoroufchi Benis, Fatehifar, Shafiei, Keivani Nahr, & Purfarhadi, 2015: 779-793) need to be addressed and considered.

So, in this paper, a prototype is designed, implemented and evaluated by monitoring air quality and carbon monoxide level near the traffic zone. The system holds advantages like real-time, low cost (around \$142.9) and do not require experienced personnel to design, install and operate. Most importantly, the process and requirements needed for designing low-cost air pollution monitoring system is elaborated in detail so that any beginners from all walks of life can refer, modify and implement the system.

## LITURATURE REVIEW

With the advancement of science and technology, there are many devices available in the market that monitors air quality. Most of these instruments are sensitive, robust, autonomous, reliable and flexible. However, they are expensive and beyond the reach of average users. One such device is Aeroqual series 500 portable gas sensor that monitors ozone and nitrogen dioxide in ambient air (Lin and team member, 2015: 111-116. The device is compact, lightweight, and can be operated with battery for 8 hours. Nevertheless, the device is very expensive costing \$1270<sup>\*</sup>. Other air monitoring devices such as BeGood's BGFm – 08 and Qing Feng Kang Hua's KHD – FA costing 1080 CNY and 2680 CNY respectively (Yang, Zhou, Zhang, & Chiang, 2015) are affordable but have limited gas detecting capability . The former one can detect formaldehyde, TVOC and humidity, and later one detects formaldehyde, temperature and humidity. Some other expensive air monitoring products commercially available include 1405 – F, Dylos DC1100, AirCloud and PANDA (Zhuang, Lin, Yoo, & Xu, 2015). In line with that, the air monitoring devices like CitySense, MICROSYS and Mobile Discovery Net (Ngoc, Lee, Gil, Jeong, & Lim, 2010: 288-293) are designed for professionals.

That is why, instead of using the commercially available devices, researchers design, implement, evaluate and report their own air monitoring prototype. However, there are limitations associated with the prototypes like failing to describe the cost and hardware and software requirements. For instance, Blit and team members, (2016: 138-142) and

Wongchoosuk, Khunarak, Lutz, & Kerdcharoen, (2012) failed to mention the cost of the device, the type of the microcontroller used, and basic software requirements. The former one is used for determination of aroma and flavor quality of brewed black tea while the later one monitors indoor air quality. Similarly, Lecce, Daria, & Uva, (2011) successfully designed and implemented the wireless electronic nose system for indoor monitoring of air quality at different rooms of the hospital. While the paper described about hardware requirements, it failed to explain about the baseline responses.

## OBJECTIVE

To design and describe a low cost prototype for monitoring air pollution, in terms of hardware and software components.

## METHODS

### 1. System Architecture

The main hardware components used for designing the system are described below.

#### 1.1 Microcontroller and Data Logger

One of the most crucial hardware components for any monitoring system is the microcontroller that manages and performs systematic control of other devices in use. There are various types of microcontroller of which Arduino, available in the market at affordable price, is an open source platform microcontroller used for various prototyping and automatic projects (Jindarat & Wuttidittachotti, 2015: 284-288; Katyal, Yadav, & Pandey, 2016: 274-276). For this prototype, Arduino mega 2560 is used because of its multi-functionality.

The onboard memory of Arduino is not large enough to store volumes of data. Therefore, the data logger shield with SD card is used for storing data. The shield fits easily on top of the Arduino, thereby expanding its capabilities. The data logger shield comes with ZigBee connection feature for wireless communication, and RTC module to timestamp the monitoring.

#### 1.2 Metal Oxide Gas Sensors

Metal oxide gas sensors being inexpensive, robust, lightweight, stable, long lasting, high sensitivity, and fast responsive (Fine and team members, 2010: 5469-5502), has been extensively used for environmental monitoring for detecting air quality. Therefore, in this prototype, MQ gas sensors are used for measuring gas pollutants. The sensors are circuited using six pin headed sensor holders and 10K $\Omega$  as pull-down resistor to avoid floating of data. The sensors are supplied with independent 5V DC source to keep the voltage requirement constant (Araki & Omata, 2013: 357-361), and the sensors are fixed in

funnel shaped chamber for equal gas exposure. Along with the gas sensors, DHT22 is also used to record the temperature and humidity for setting the condition of monitoring.

### **1.3 Air Filter, Solenoid Valve, Relay, DC Fan and mini Air Pump**

The air filter used for creating reference gas, is made by a layer of carbon and silica gel for absorbing VOCs and moisture respectively. The relay is an electrical switch that can be programmed with Arduino to switch on and off the solenoid valve to pass sample and reference gas for sensing alternately.

A 12V DC fan is used for delivering air sample into the sensing chamber. The fan is fixed inside a funnel shaped chamber with a wire mesh as opening to prevent bigger dust particles from entering the system. The fan not only delivers the air sample but also helps to improve the sensitivity by accelerating the air circulation and functioning as cooling agent for the sensor chamber (Wang, Yuan, & Ling, October 2011). When the air filter is used, the micro axial fan alone is not enough to deliver the reference gas into the sensing chamber. Therefore, electrical pump is used to suck the gas through the filter to the sensing chamber.

### **1.4 ZigBee**

The ZigBee protocols are widely used for wireless communication purposes because of its low cost, low power consumption, flexible network structure, large number of nodes, and high compatibility features (Kumar, Khan, Yadav, & Dubey, 2014: 51-59). For the purpose of transmitting the data wirelessly from the monitoring station to the base station, two numbers of ZigBee are used in the system. One of the ZigBee is interfaced with the Arduino by fixing on top of data logger with the help of ZigBee shield.

### **1.5 Software**

The main software used is the freely downloadable open – source Arduino software (IDE) which comes in many updated versions, and the Arduino 1.6.5 is one among them. The Arduino 1.6.5 is installed in PC to write and upload various codes to Arduino mega 2560 microcontroller. The various codes written for the system includes (1) data logging code, (2) code for RTC module, (3) DHT22 code, and (4) analog read code for the sensors.

## **2. Working Principle**

Picture 1 is the schematic diagram showing the working of the system. The monitoring of gaseous pollutant is carried out in two processes. In the first event, when the system is switched on, the ambient air is allowed to flow through the air filter where some VOCs and moisture get absorbed. Then, in the second event, the valve is automatically closed allowing the ambient air to flow directly to the sensor chamber, and the process gets repeated over again. The code is written to read the gas concentrations in terms of voltage changes of the sensors. These changes are stored in micro SD card as raw data which can be

opened in excel for analytical display of the gas concentration. At the same time, the data is transmitted to the receiver wirelessly with the help of ZigBee.

### 3. System Installation

The prototype designed and described is tested by installing it at a station near traffic zone at Rama VI road, Faculty of Science, Phaya Thai campus, Mahidol University, Thailand as shown in picture 2. Before putting it to use, the system was trained by running it for a week to allow sensor adaptation to the target gas (Capelli, Sironi, & Del Rosso, 2014: 19979-20007). The data was recorded every second throughout the day for one month. However, for simplicity, the result is presented only for selected days of the month. The actual gas concentration can be calibrated using the methods described by Wongchoosuk, Khunarak, Lutz, & Kerdcharoen, (2012) and by Firdaus and team members, (2015). However, the calibration process is not the scope of this paper. At present, the prototype is validated by correlating the sensor response data to that of traffic density.

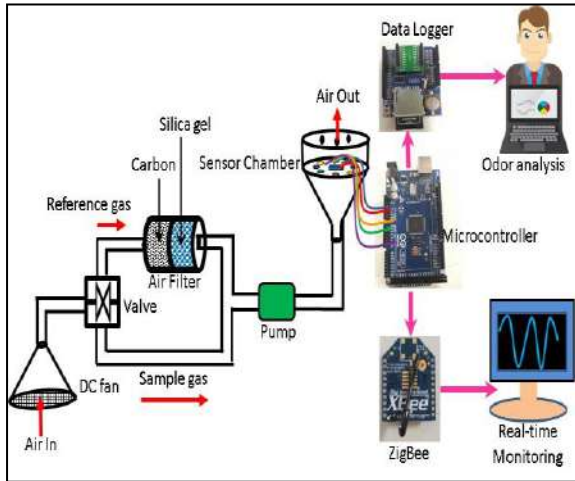
## RESULTS AND DISCUSSION

In order to validate the prototype, the experimental data is correlated to the traffic density. Picture 3 shows the level of CO gas and air quality in terms of voltage change for one of the selected day during the time of experiment. The voltage change is directly proportional to the gas concentration (Yang, Zhou, Qin, Zhang, & Chiang, July 2015). Picture 4 shows the google map of typical traffic condition on two important occasions during the selected day.

From the graph, it is clearly noticeable that the CO level is very high in the morning and in the early hours of night on the day of monitoring. This is because, typically the longer lasting time of high traffic density is found in the morning (7.40 – 10.50 am) and in the late evening (3.10 – 7.00 pm) respectively. Such type of result was also reported by Chaiwatpongsakorn, Lu, Keener, & Khang, (2014: 6246-6264). Picture 3 also indicates that the air quality near the traffic zone is influenced by the CO gas emission from the traffic. Like CO level, the air quality is poorer in the morning and in the late evening due to the high traffic density. Thus, the prototype is sensitive enough to monitor the CO gas and air quality level in correlation with the variation of the traffic density.

To validate furthermore, the CO level at 3.00 am ( $V_{3.00am}$ ) for each day is set as the reference since the traffic density at this time is extremely low, and is compared with the CO level at other times ( $V_{other}$ ) of the day for four consecutive days (Day 1 – Day 4) as shown in picture 5. As expected, the CO level for all the four days increases notably from 7.00 am till 4.00 pm compared with the reference time. On the other hand, the level of CO is found to decrease from 4.00 pm. Therefore, the result concludes that more emission of carbon monoxide gas occurs during the day, agreeing with the fact that the number of vehicles on the road increases during day time. The minor fluctuation trend of graph can be attributed

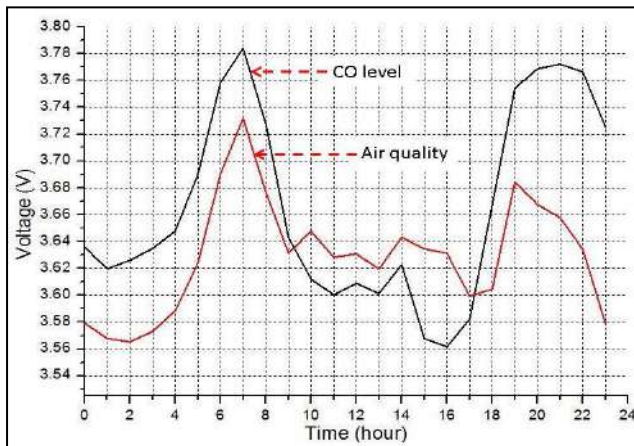
to the sudden change of atmospheric conditions like temperature, humidity, wind speed and direction. Thus, it can be concluded that the prototype is able to determine CO gas level and the air quality depending on the density of vehicles on the road. However, in future, the prototype should be compared with the commercial air monitoring device specifically designed for road traffic application to determine its efficiency.



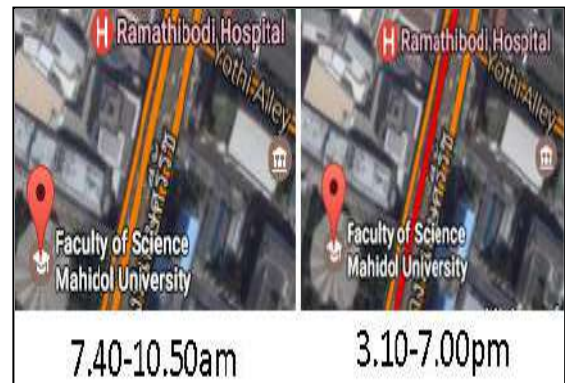
Picture 1: Schematic diagram of the system



Picture 2: Prototype installed near traffic zone



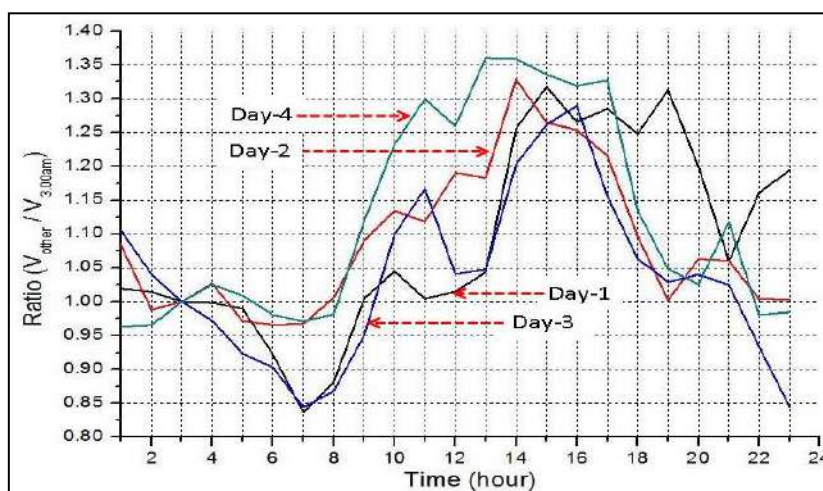
Picture 3: CO level and air quality



Picture 4: Typical traffic condition on the day of monitoring

Source: Google map





Picture 5: Graph showing CO level for four consecutive days at different times

## CONCLUSION

In this work, the prototype for air pollution monitoring within the cost range of \$142.9 is designed and described based on hardware and software components requirements. The system has the advantages of being low cost, real time, flexible and easy design methods and operation. The results have shown that the system is efficient enough to measure CO level and air quality near the highway. However, the prototype should be compared with the standard air monitoring devices to evaluate its performance. In future, we hope to analyze other gas pollutants and describe the calibration process for gas concentration in ppm level, and also to incorporate warning system to the prototype. In conclusion, we hope that the prototype elucidated in this work open up new avenues for beginners to refer while designing their own air monitoring system of interest.

## REFERENCES

- Araki, H., & Omata, S. (2013). Measurement system for metal-oxide gas sensors, (3), 357–361.
- Blit, I. W., Juwita, A. B., Suprijanto, & Nugraha. (2016). Prototype instruments for determination of aroma and flavor quality of brewed black tea. *4th International Conference on Instrumentation, Communications, Information Technology, and Biomedical Engineering (ICICI-BME)*, 138-142.
- Capelli, L., Sironi, S., & Del Rosso, R. (2014). Electronic noses for environmental monitoring applications. *Sensors (Basel)*, 14(11), 19979-20007.
- Chaiwatpongsakorn, C., Lu, M., Keener, T. C., & Khang, S. J. (2014). The deployment of carbon monoxide wireless sensor network (CO-WSN) for ambient air monitoring, *Int J Environ Res Public Health*, 11(6), 6246-6264.
- Fine, G. F., Cavanagh, L. M., Afonja, A., & Binions, R. (2010). Metal oxide semi-conductor gas sensors in environmental monitoring. *Sensors*, 10, 5469-5502.

- Firdaus, Ahriman, N., Yulianto, A., & Kusriyanto, M. (2015). Wireless sensor network application for carbon monoxide monitoring, *in proceedings for International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications (TSSA)*.
- Jindarat, S., & Wuttidittachotti, P. (2015). Smart Farm Monitoring Using Raspberry Pi and Arduino. *International Conference on Computer, Communications, and Control Technology (I4CT)*, 284-288.
- Katyal, A., Yadav, R., & Pandey, M. (2016). Wireless Arduino Based Weather Station. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, (5), 274-276.
- Kumar, P., Skouloudis, A. N., Bell, M., Viana, M., Carotta, M. C., Biskos, G., & Morawska, L. (2016). Real-time sensors for indoor air monitoring and challenges ahead in deploying them to urban buildings. *Sci Total Environ*, 150-159.
- Kumar, R., Khan, S., Yadav, M. C., & Dubey, S. K. (2014). Zigbee based weather monitoring system. *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, (2), 51-59.
- Lecce, V. D., Daria, R., & Uva, J. (2011). A Wireless Electronic Nose for Emergency Indoor Monitoring. *fifth international conference on sensors technologies and applications*, 274-279.
- Lin, C., Gillespie, J., Schuder, M. D., Duberstein, W., Beverland, I. J., & Heal, M. R. (2015). Evaluation and calibration of Aeroqual series 500 portable gas sensors for accurate measurement of ambient ozone and nitrogen dioxide, *Atmospheric Environment*, (100), 111-116.
- Ngoc, T. Q., Lee, J., Gil, K. J., Jeong, K., & Lim, S. B. (2010). An ESB Based Micro-scale Urban Air Quality Monitoring System. *Fifth International Conference on Networking, Architecture, and Storage*, 288-293.
- Wang, W., Yuan, Y., & Ling, Z. (October 2011). The Research and Implement of Air Quality Monitoring System Based on ZigBee. *7th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*.
- Wilson, A. D. (2013). Diverse applications of electronic-nose technologies in agriculture and forestry. *Sensors (Basel)*, 13(2), 2295-2348.
- Wongchoosuk, C., Khunarak, C., Lutz, M., & Kerdcharoen, T. (August 2012). WiFi Electronic Nose for Indoor Air Monitoring. *9th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology*.
- Yang, Q., Zhou, G., Qin, W., Zhang, B., & Chiang, P. Y. (July 2015). Air-Kare: A Wi-Fi Based, Multi-Sensor, Real-Time Indoor Air Quality Monitor, *IEEE International Wireless Symposium (IWS 2015)*.

Zhuang, Y., Lin, F., Yoo, E.-H., & Xu, W. (June 2015). AirSense: A Portable Context-sensing Device for Personal Air Quality Monitoring, *2015 Workshop on Pervasive Wireless Healthcare*, 17-22.

Zoroufchi Benis, K., Fatehifar, E., Shafiei, S., Keivani Nahr, F., & Purfarhadi, Y. (2015). Design of a sensitive air quality monitoring network using an integrated optimization approach. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 30(3), 779-793.

\* This cost is referenced from <http://www.gas-sensing.com/aeroqual-series-500.html>

## DEVELOPMENT OF SOIL MONITORING SYSTEM AND FINGERPRINTING SOIL NUTRIENTS IN SMART FARMING USING ELECTRONIC NOSE

Ugyen Dorji<sup>1</sup>, Teerakiat Kerdcharoen<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Materials Science and Engineering Programme, Faculty of Science, Mahidol University

<sup>2</sup>Department of Physics, Faculty of Science, Mahidol University

<sup>3</sup>NANOTEC Center of Excellence, National Nanotechnology Center, Thailand

\*Corresponding author E-mail: teerakiat@yahoo.com

### ABSTRACT

With the population growth projected to 9 billion by 2050, food demand will rapidly rise and the agricultural produce needs to be quantified accordingly in order to sustain the food mandate. Soil nutrient monitoring and management is a key factor that affect crop yield of the farms. Though the technology has promptly progressed in the field of smart farming system that assisted in producing the optimal farm yield, soil nutrients management is still a concern and challenging task as intensive sampling is required for laboratory analysis. To resolve this issue, we have designed an electronic nose using gas sensor array to classify soil fertility through analysis of soil volatile organic compounds (VOCs). Different soil samples by varying mass of compound fertilizer including organic fertilizer were examined using electronic nose. Electronic nose was able to discriminate soil VOCs released from sample with fertilizer and sample without fertilizer that was revealed by the principal component analysis patterns. Electronic nose networking system was developed for real time monitoring of soil volatiles in the farm. Electronic nose networking system was installed in an actual field over two months to fingerprint variation of soil volatiles. Soil nutrients information was displayed online for the benefit of farmers that ensured them in making informed decision. Soil organic nutrients levels and NPK fertilizers were graded successfully by lab-made electronic nose and actual real time variation of soil VOCs were examined using the electronic nose system.

**Keywords:** sensor array, electronic nose, soil VOCs, PCA, smart farming.

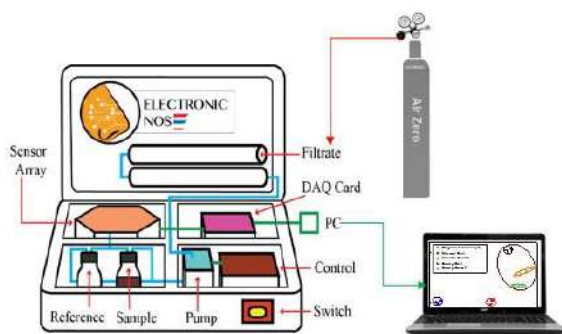
### Introduction

Electronic nose is a device that has an array of gas sensors to classify complex and simple odors using pattern recognition principle. It has been rewarding in various fields such as in identifying food and beverage odors, breath odor of patients for early diabetes and cancer (Seesaard, Khunarak, Kerdcharoen, & Kitiyakara, 2012: 1622-1626), classification of human body odor (C. Wongchoosuk, Lutz, & Kerdcharoen, 2009: 7234-7249), soil sensing

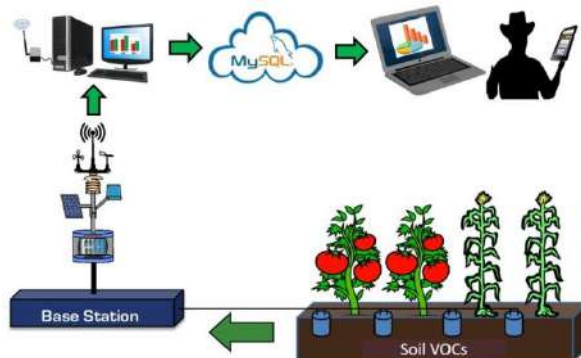
survey and soil volatile fingerprints (Pobkrut & Kerdcharoen, 2014: 1604-1609) and also in detecting gases leakage in the industries (Chatchawal Wongchoosuk, Wisitsoraat, Tuantranont, & Kerdcharoen, 2010: 392-399) but not yet appreciably used and rarely documented in the field of monitoring soil nutrients in the farming system. Accordingly, there is need to assessed and monitor the soil management system using a better techniques. Electronic nose is developed to analyze soil nutrients based on soil volatiles to monitor nutrients in the farming system because volatiles emission from the soil depends on the fertility of the soil, environmental factors, microbial activities in the soil which depends on physical and chemical properties of the soil and the climatic condition (De Cesare and team members, 2011: 2094-2107; Lopez, Giraldez, Palma, & Jesus Diaz, 2016: 174-180; Zhao and team member, 2016:1-13).

Our objective is primarily focused on application of electronic nose (see picture 1a) and development of electronic nose networking system (see picture 1b) in precision farming to fingerprint soil VOCs with compound fertilizer amendment and to grade soil fertility based on soil organic matters from soil VOCs. Our platform will provide soil nutrients information for farmers to keep track of soil status in the farming process. This will also leads to optimization of our E-nose capacity to predict and fingerprint soil fertility because the standard method requires laborious sampling which is not applicable over large area of the farm. Electronic nose networking system provide a greater efficiency in terms of soil fertility mapping and fingerprinting in smart farming.

Portable electronic nose used in the present experiment is designed by using commercial metal oxide semiconductor gas sensors. This device is potable as well time saving device as compared to any other devices. The electronic nose comprises of three different components; (a) sensor chamber, an array consisting of eight different metal oxide semiconductor gas sensors. (b) Gas flow system that consists of three way solenoid valve that switched between sample gas and reference gas. (c) Data acquisition part has DAQ card that convert analog data to digital data for analysis using recognition pattern of sensor responses that are archived using LABVIEW program.



Picture 1a: Portable electronic nose.



Picture 1b: Soil volatiles monitoring system.

The electronic nose networking system has a flow system controlled by air suction pump to deliver soil odors to the sensor chamber that has an array of gas sensors. Data transmitter had an Arduino Nano to read sensor data and Zigbee to transmit data from the station. And the data receiver for collecting data via Zigbee to computer for analysis and upload into the website. Unlike the portable electronic nose, the electronic nose networking system does not require data acquisition DAQ card instead Arduino Nano reads analog data. It uses the properties of Arduino Nano, circuit voltage and the load resistance for calculating resistance of the sensors.

The present work describe the application of electronic nose and development of electronic nose networking system integrating both hardware engineering and software application in soil volatiles classification to fingerprint soil fertility. Data from both device and the system are statistically analyzed using principal component analysis.

### Literature Review

Soil analysis methods includes wet chemical analysis such as extraction of liquid followed by subsequent analysis with laboratory based instrument to determine concentration of micronutrients in soil, wet oxidation to determine concentration of organic matter in soil and combustion method such as CHN analyzer. Over the years dry chemical method like X-ray Fluorescence (XRF) and infrared (IR) spectroscopic are seen as more cost effective and non-destructive soil analysis. Recently Fourier transform infrared (FT-IR), near infrared (NIR) and X-ray fluorescence (XRF) has been used for predicting the soil properties.

At present, application of semiconducting gas sensors as an electronic nose is a popular ongoing research to analyze soil non-destructively. As soil nutrients are the intrinsic property of the farm management system, researchers have been deploying sensors technologies in the field of nutrient management system to collect soil data and interpret using different statistical methods. (Bastos & Magan, 2007: 556-562) has discriminated soil types under different soil environmental conditions to detect the impact of nutrients to the soil using conducting polymer sensor array with PCA pattern analysis. They found out that nutrient type rather than concentration was found to influence soil volatile fingerprints the most. The separation between glucose and straw treated samples after an incubation period

of 10 days implied substantial differences between volatiles produced in both treatments. (Pobkrut & Kerdcharoen, 2014: 1604-1609) classified different volatile organic compound in soil using electronic nose designed with metal oxide semiconducting gas sensor array which was installed on robotic vehicle enabling real time soil data collection. Soil samples treated with chemicals fertilizers were also differentiated using PCA pattern. (Bieganski and team members, 2016: 1-13) discriminated different moisture level based on eight metal oxide gas sensors interpreted that at the same soil moisture levels, the same soil types follow similar locations in PCA plots. (Sudarmaji & Kitagawa, 2016: 1-11) captured soil gaseous profile under different nutrients additions at modulated temperature using six metal oxide gas sensors. PCA pattern showed that the temperature modulation leads to distinguishing of the soils clearly to indicate the nutrient addition in soil.

Therefore the soil sensing techniques using sensor array offer a potential approach to substitute conventional soil testing methodologies and environmental monitoring. Together with electronic nose system we can monitor microbial activity within the soil in our farming system to manage soil nutrients and enhanced crop yield in order to withstand global food demand. However, the choice of specific sensors is a crucial role that can lead to a better performance of the system as a whole.

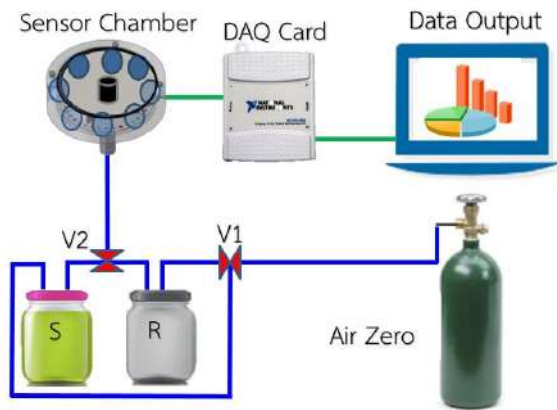
## Objectives

1. Integrate lab-made portable electronic nose for fingerprinting soil fertility variability based on NPK compound fertilizer and organic matter content.
2. Develop electronic nose networking system for real time soil VOCs monitoring in smart farm.

## Methods

### 1. Portable electronic nose

Eight gas sensors developed by FIGARO USA, INC. were arranged and installed in a circular chamber where the sample gas was allowed to flow through each sensor uniformly. These sensors were connected to DAQ card that can convert analog data to digital data (see picture 1c). The flow rate of the electronic nose was regulated at the rate of 0.5 L/min with sample timing of 120 seconds and reference timing of 180 seconds. Zero grade air was used as reference gas to deliver the odor from the soil sample into the sensor chamber. Switching between the sample gas and reference gas while delivering the odor of the soil was controlled by the solenoid valve that switched with the command time. A total of five replicates were conducted for each sample to archive the data. The data were analyzed using principal component analysis with LABVIEW program that classified in the form of patterns and sensing response with bar graph. The types of sensors used in our electronic nose for specific gas detection is given in table 1.



Picture 1c. E-nose working concept.

Table 1: Gas sensors and target gases.

No.	Sensors	Detection
1	MQ-8	Hydrogen gas
2	TGS 2444	Ammonia
3	TGS 823	Organic Solvent Vapors
4	TGS 2600	Air Contaminants
5	TGS 2603	odorous gases
6	TGS 2610	LP Gas
7	TGS 825	Hydrogen sulfide
8	TGS 2620	Organic vapor

### 1.1 Sample Preparation

Various Soil samples with varying fertility by adding NPK fertilizer and organic fertilizers were prepared and examined under ambient temperature. For instance, soil sample amendments of loam and sandy soil are given in table 2. The gain size organic fertilizer was made into powder using mortar and mixed with sample soil homogenously and kept in a closed sample bottle for a week in order to normalize the sample to emit enough soil VOCs. We also prepared different soil samples using inorganic compound fertilizers for soil VOCs differentiation.

Table 2: Mass composition of soil and fertilizers.

Sample	Loam Soil	Sandy Soil	Organic Fertilizer	NPK Fertilizer
A	-	-	100 g	10 g
B	-	80 g	20 g	10 g
C	-	100 g	-	10 g
D	100 g	-	-	10 g
E	80 g	-	20 g	10

## 2. Electronic nose networking system

In the system, we customized Arduino Nano with six output and eight analog input pins. Analog input pins connected to eight different sensors orated analog values from each sensor at the magnitude from 0 to 1023 when the operating potential was five volts. The electronic nose system was integrated with Xbee PRO version (S2B) module that triggers with TX peak current of 205 mA and RX current 47 mA when regulated at 3.3 volts as transmitter



node. RX pin connected to Arduino Nano transmitted the data at the rate of 9600 bauds. On the other hand, Xbee PRO version (S2) module was connected to computer via USB as coordinator node to communicate and receive data from the transmitter node for further analysis. Data were recorded using python script to plot sensor signals as well upload on the website.

### **2.1 Soil gas sampling technique**

In order to collect the soil odor, PVC hub cap were placed on the soil surface at different locations whose end terminals were connected to a common terminal tube. From the common terminal tube, with the help of suction pump, the odors were delivered to the sensor chamber. Before reaching the sensor chamber, soil gas had to pass through next common three way terminal where a switching valve controlled the soil odor flow into the chamber. The switching valve switched every two minutes allowing the flow of filtered air and soil odor into the sensor chamber alternately. Air filtered using activated carbon was the standard reference gas opted by comparing with zero grade air and the soil odor was the sample gas.

### **2.2 Software application**

The electronic nose networking system used python programming for receiving data from the base station and simultaneously uploaded to MySQL online database. We have integrated Hypertext Markup Language (HTML), JavaScript and Hypertext Preprocessor (PHP) to display result online. To fingerprint soil fertility we applied PCA recognition pattern along with LabVIEW programming. For data communication among the electronic nose system Arduino IDE software and XCTU DIGI software were used.

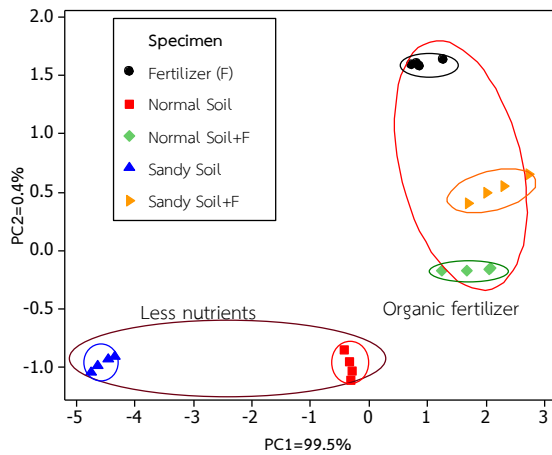
## **Results and Discussion**

### **1. Result from portable electronic nose**

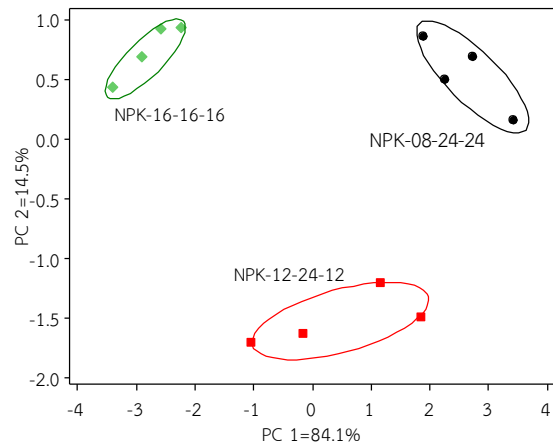
The results from the samples were categorized into two parts successfully by PCA patterns. The data analyzed with PCA indicated that the VOCs of sample soil was changed after introducing fertilizer and was able to separate normal soil samples from soil samples with fertilizer distinctively in two different categories as shown in picture 2a. The scatter variance of PC1, PC2 and PC3 was 99.5%, 0.4%, 0.1% respectively. VOCs from samples were displayed in two distinctive groups. Much differences between VOCs of sample with less nutrients and organic fertilizer was observed, however on adding organic fertilizer to sample with less nutrients emitted similar VOCs to that of fertilizer which indicated the VOCs emission from soil depends on the presence of nutrients or fertilizers (Insam and Seewald, 2010:199-213). Similarly the normal soil sample had also indicated much difference of VOCs as it contained more nutrients but up on addition of fertilizer the VOCs from normal soil sample was also enhanced clearly justifying that the VOCs of normal soil too altered due

the presence of fertilizer. The sensor array was also successful in discriminating different NPK compound fertilizers as shown in picture 2b.

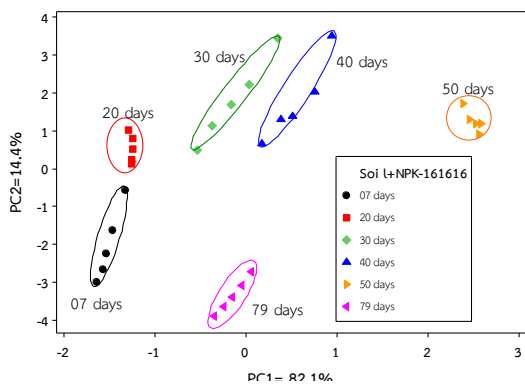
The soil samples were also amended with NPK fertilizers and examined by varying the days to fingerprint VOCs. PCA pattern successfully differentiated soil volatiles of different days as shown in picture 3a. PCA patterns and percentage sensing response (see picture 3b) indicated that the volatiles of the soil VOCs changed with the incubation days which affirmed that electronic nose can classify soil fertility based on soil volatiles.



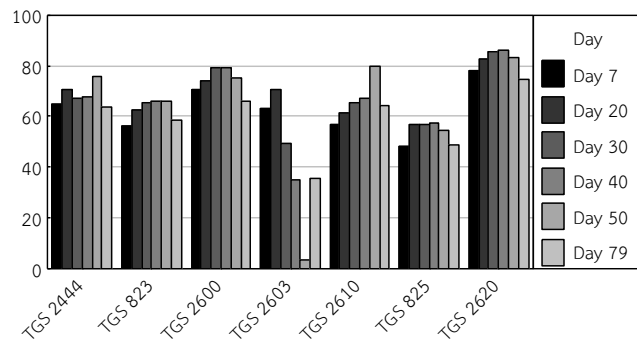
Picture 2a: PCA of soil VOCs variation.



Picture 2b: PCA pattern of NPK fertilizers.



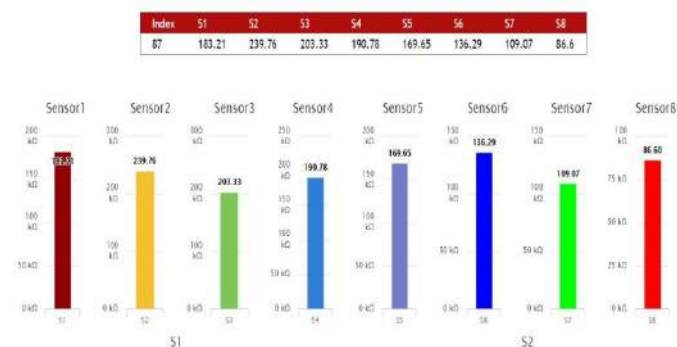
Picture 3a: Soil VOCs fingerprints.



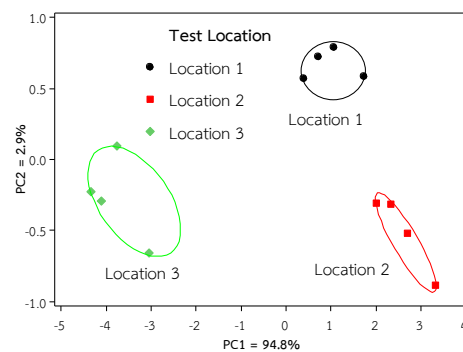
Picture 3b: Percentage sensing response.

## 2. Result from electronic nose system

Our system was installed at different locations in the actual field to collect soil data. The system was first pretested to find the sensing response signals upon inducing soil VOCs and the air filtered using activated carbon. Soil VOCs data were collected from three different locations within the field. Online data on soil nutrients were also displayed on the website as shown in picture 4a. When we observe PCA patterns in picture 4b, the third location indicated more fertile as expected (Dorji, Pobkrut & Kerdcharoen, 2017: 182-186) since the soil was more fertile whereas the other two locations were fixed at the less fertile areas such as sandy soil.



Picture 4a: Online soil information on website



Picture 4b: PCA pattern of online data

## Conclusions

Portable electronic nose was successful in fingerprinting soil volatiles that were amended with organic fertilizer and chemical fertilizer. PCA recognition patterns indicated level of nutrients in the soil with respect to organic matter which affirms that the sensor array had differentiated organic richness in the farm. Real time soil monitoring system was developed and tested in the actual field for archiving soil data based on volatiles. Analyzed data were also in accordance with portable electronic nose result that were compared to the standard method. A user friendly soil nutrients status information were provided on the website so that our farmers can keep tract of soil nutrients to make informed decision for next cultivation. Therefore, electronic nose system in field of smart farming system provides potential benefits to combat global food demand by monitoring soil nutrients to increase farm yields. In future we opt for in developing mobile application particularly for monitoring soil fertility in the farm.

## References

- Bastos, A. C., & Magan, N. (2007). Discrimination between soil types under different environmental conditions. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 125(2), 556-562.
- Bieganowski, A., Jaromin-Glen, K., Guz, L., Lagod, G., Jozefaciuk, G., Franus, W., & Sobczuk, H. (2016). Evaluating Soil Moisture Status Using an e-Nose. *Sensors (Basel)*, 16(6), 1-13.
- De Cesare, F., Di Mattia, E., Pantalei, S., Zampetti, E., Vinciguerra, V., Canganella, F., & Macagnano, A. (2011). Use of electronic nose technology to measure soil microbial activity through biogenic volatile organic compounds and gases release. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(10), 2094-2107.
- Dorji, U., Pobrut, T., Kerdcharoen, T. (2017). Electronic Nose Based Wireless Sensor Network for Soil Monitoring in Precision Farming System. 2017 9<sup>th</sup> International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST), 182-186.
- Insam, H., Seewald, M.S.A. (2010). Volatiles organic compounds (VOCs) in soils. *Review*, 199-213.

- Lopez, R., Giraldez, I., Palma, A., & Jesus Diaz, M. (2016). Assessment of compost maturity by using an electronic nose. *Waste Management*, 48, 174-180.
- Pobkrut, T., & Kerdcharoen, T. (2014). Soil sensing survey robots based on electronic nose. 14th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2014), 1604-1609.
- Seesaard, T., Khunarak, C., Kerdcharoen, T., & Kitiyakara, T. (2012). Development of an Electronic Nose for Detection and Discrimination of Exhaled Breath of Hepatocellular Carcinoma Patients. 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics October 14-17, 2012, COEX, Seoul, Korea, 1622-1626.
- Sudarmaji, A., & Kitagawa, A. (2016). Application of Temperature Modulation-SDP on MOS Gas Sensors: Capturing Soil Gaseous Profile for Discrimination of Soil under Different Nutrient Addition. *Journal of Sensors*, 2016, 1-11.
- Wongchoosuk, C., Lutz, M., & Kerdcharoen, T. (2009). Detection and classification of human body odor using an electronic nose. *Sensors (Basel)*, 9(9), 7234-7249.
- Wongchoosuk, C., Wisitsoraat, A., Tuantranont, A., & Kerdcharoen, T. (2010). Portable electronic nose based on carbon nanotube-SnO<sup>2</sup> gas sensors and its application for detection of methanol contamination in whiskeys. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 147(2), 392-399.
- Zhao, J., Wang, Z., Wu, T., Wang, X., Dai, W., Zhang, Y, et al. (2016). Volatile organic compound emissions from straw-amended agricultural soils and their relations to bacterial communities: A laboratory study. *Journal of Environmental Sciences*, 1-13.

## ระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

### REMOTE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM CONTROL BY MICROCONTROLLER

กীরดิช สายพัทลุง<sup>1\*</sup>, ธงชัย ทองอยู่<sup>2</sup>, ปาริฉัตร แก่นสม<sup>3</sup>  
Keeradit Saipattalung<sup>1\*</sup>, Thongchai Thongyoo<sup>2</sup>, Parichart Kaensom<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

<sup>1</sup>Electronic and Computer Technology, Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University

<sup>2</sup>สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

<sup>2</sup>Electronic and Computer Technology, Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University

<sup>3</sup>สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

<sup>3</sup>Electronic and Computer Technology, Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University

\*Corresponding author, E-mail: keeradit@pnru.ac.th

#### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว โดยมีการนำระบบควบคุมอัตโนมัติไปใช้ในหลายภาคส่วน ทั้งในภาคอุตสาหกรรม, การเกษตร, การบริการต่าง ๆ, ระบบการสื่อสาร และอุตสาหกรรมอื่น ๆ อีกหลากหลายประเภท ทำให้ระบบควบคุมอัตโนมัติก้าวเข้ามามีบทบาทอย่างยิ่งในการพัฒนา แต่สืบเนื่องจากระบบควบคุมอัตโนมัติค่อนข้างมีความซับซ้อนทั้งการเขียนโปรแกรมควบคุม และการใช้งาน อุปกรณ์ ซึ่งโดยทั่วไปองค์ประกอบหลักของระบบควบคุมอัตโนมัติ จะประกอบไปด้วยหน่วยรับข้อมูลเข้า หน่วยประมวลผล หน่วยควบคุม และหน่วยแสดงผล ซึ่งอาศัยการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหัวใจหลักในการควบคุม ดังนั้นในการเรียนรู้ระบบควบคุมอัตโนมัติจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ หรือสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับการฝึกใช้งาน และศึกษาการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้ความสำคัญในการออกแบบและพัฒนาาระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล อาร์ดูโน้ ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับความนิยมค่อนข้างมาก โดยเป็นการออกแบบระบบซึ่งรวมอุปกรณ์พื้นฐานไว้ทั้งหมดทั้งนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญ อาจารย์ นักศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน และการออกแบบ ซึ่งได้ผลการประเมินอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 โดยรายการที่ได้รับการประเมินมากที่สุดคือความปลอดภัยในการใช้งาน และมีเทคนิคในการนำเสนอที่น่าสนใจ ที่ค่าประเมินเท่ากับ 4.73 และการผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบจากการนำไปใช้ในการสอนกับกลุ่มตัวอย่างอยู่ที่ 84.5/84.8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพในการเรียนการสอน และการทำงานของอุปกรณ์ทุกสถานีมีความถูกต้องและแม่นยำ สะดวกต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง

**คำสำคัญ:** ระบบควบคุมอัตโนมัติ ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูโน้ ออกแบบและพัฒนา

#### ABSTRACT

Present, automatic control technology has been developed rapidly. It was used in several sectors. Such as the industry, agriculture, services, communications. And many other type of industry. Automatic control system have taken an active role in the development. On

the other hand, automatic control system which was quite complex in term of programming and using the device. Generally, the main components of an automatic control system. There are sensor unit, processing unit, control unit and display unit that they have been controlled by microcontroller which was the center of control. Therefore, learning the automatic control system was required a devices or equipment models which was appropriated. And studying the process of remote automatic control system. Accordingly, the researcher emphasized about the design and development of a microcontroller remote automatic control system in arduino family, which was a very popular in term of microcontroller. When, it was creating a system that was consisted of all basic equipment. The result of the research was evaluated by the experts, lecturer and students. For evaluation in term of performance and design. The satisfaction rating was at the most agreeable level at an average of 4.54. The most evaluated items are: safety and interesting presentation techniques at the value of equal 4.73 and the results of the performance analysis of the system from the teaching of the sample were 84.5/84.8, which was showed effectively in teaching. And the work of all stations equipment is accurate and accurate to conveniently apply to the real world.

**Keywords:** Automatic Control System, microcontroller, Arduino, Design and Development

## บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านระบบควบคุมอัตโนมัติได้เจริญรุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว มีการนำระบบควบคุมอัตโนมัติไปใช้ทั้งในภาคอุตสาหกรรม การเกษตร การบริการต่างๆ ระบบการสื่อสาร และอุตสาหกรรมอื่นๆ อีกหลากหลายประเภท อันเป็นการสร้างแรงจูงใจให้บุคคลทั่วไปหันมาให้ความสนใจในเรื่องระบบควบคุมอัตโนมัติค่อนข้างมาก เนื่องจากเป็นระบบที่ช่วยอำนวยความสะดวก ทดแทนแรงงาน ทำงานได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ ส่งผลให้สถาบันการศึกษาทางด้านที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นไฟฟ้า แมคคาทรอนิกส์ หรืออิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องพัฒนาสื่อการเรียนการสอนให้ตอบโจทย์การทำงานด้านระบบควบคุมอัตโนมัติ เพื่อให้ได้บัณฑิตที่มีคุณภาพ มีความสามารถด้านระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยองค์ประกอบหลักของระบบควบคุมอัตโนมัติที่จำเป็นต่อการรู้เพื่อใช้งานระบบควบคุมอัตโนมัติ ประกอบไปด้วยหน่วยรับข้อมูลเข้า หน่วยประมวลผล หน่วยขับเคลื่อน และหน่วยแสดงผล ซึ่งอาศัยการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลักในการควบคุมการทำงาน โดยที่สนใจที่จะศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติจำเป็นต้องมีความเข้าใจ ทั้งทางด้านโครงสร้าง การทำงานของหน่วยต่างๆ รวมถึงการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบเป็นอย่างดี จึงจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้

แต่เนื่องจากงานด้านระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์แบบอัตโนมัติมีความยากและซับซ้อน จึงจำเป็นต้องมีสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสม โดยเฉพาะในภาคปฏิบัติจึงจำเป็นต้องมีระบบจำลอง ที่เมื่อนักศึกษาหรือผู้ที่สนใจได้ผ่านการฝึกใช้แล้ว สามารถเกิดการเรียนรู้บรรลุวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และสามารถบูรณาการความรู้ ความคิด และทักษะไปใช้ในการทำงานในจริงได้ ซึ่งจากปัจจัยดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้เสนอโครงการวิจัยการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARDUINO UNO R3 ที่ได้รับความนิยมอย่างยิ่ง และสามารถปรับเปลี่ยนให้เป็นแบบ IoT (Internet of Thing) ได้ เพียงเพิ่มโมดูล Ethernet Shield สำหรับ ARDUINO หรือแม้กระทั่งการเพิ่ม NodeMCU ลงบน Breadboard แล้วต่อวงจรเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ในเรื่องการควบคุมอย่างมี

ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อันจะส่งผลให้ผู้เรียนที่ได้ใช้งานระบบในการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนที่สูงขึ้น และยิ่งไปกว่านั้น ผู้เรียนสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้รับจากการเรียนไปประยุกต์ใช้ในการทำงานในสถานการณ์จริงของภาคอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดี

### บททวนวรรณกรรม

ระบบควบคุมอัตโนมัติ เป็นการนำคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น เซอร์ ตัวตรวจจับ มอเตอร์ ชุดแสดงผล และอื่น ๆ มาทำงานร่วมกันอย่างเหมาะสม ซึ่งก่อให้เกิดความสามารถในการควบคุมการปฏิบัติงานต่าง ๆ ด้วยตัวระบบเอง ทั้งนี้เพื่อใช้อำนวยความสะดวกในการทำงานตามคำสั่ง และการจัดการที่ผู้ใช้กำหนด เพื่อช่วยแบ่งเบาการทำงานแบบซ้ำซากอันน่าเบื่อหน่าย มนุษย์จะได้ปลีกตัวไปใช้เวลาและความสามารถสำหรับทำงานอื่น ๆ ให้เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น ในการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ ระยะไกลมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (เฉลิมชนม์ ไวศยดำรง, 2553)

1. ศึกษากระบวนการเดิม ลักษณะการทำงานและเงื่อนไขต่าง ๆ ของการทำงาน
2. ออกแบบอุปกรณ์เคลื่อนที่และอุปกรณ์กำลัง
3. วิเคราะห์หาสัญญาณควบคุม
4. ออกแบบวงจรควบคุม
5. ติดตั้งอุปกรณ์และทดสอบการทำงาน
6. ประเมินและติดตามผลการใช้งาน

กฤษณะ สุวรรณบวร. (2550). ได้สร้างและหาประสิทธิภาพของชุดประลองเรื่องการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติ วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สำนักงานการอาชีวศึกษา โดยอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นประกอบไปด้วยชุดอุปกรณ์ ใบประลองแบบทดสอบท้ายการประลอง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ครอบคลุมเนื้อหาเรื่องการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติ แล้วนำชุดประลองไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระบบประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่สอง โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ชส.ทบ. จำนวน 34 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดประลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.91/81.16 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80

เสนีย์ เทียนเรียว. (2551). ได้สร้างและหาประสิทธิภาพของชุดประลองเรื่อง การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ เพื่อใช้ในการเรียนการสอนในวิชาวิศวกรรมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โวของนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาแมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยชุดประลองประกอบด้วยตัวเครื่องชุดประลองพร้อมเอกสารที่จำเป็นสำหรับการฝึกปฏิบัติการประลอง และชุดประลองได้ถูกประเมินในด้านต่าง ๆ หลายด้านรวมทั้งการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยพบว่า ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนเท่ากับ 90.12 และหลังเรียนเท่ากับ 88.06 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80 และพบว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นไประดับความเชื่อมั่น .01

รวี อุตตมธนิทร์.(2550) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาต้นแบบชุดฝึกวิชาการระบบควบคุมอัตโนมัติที่เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสื่อในรูปแบบของชุดฝึกการทดลองระบบควบคุมอัตโนมัติ สำหรับนำไปประกอบการเรียนการสอนของโปรแกรมวิชาไฟฟ้า – อิเล็กทรอนิกส์ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมอัตโนมัติให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงการควบคุมในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งเป็นการควบคุมทางไฟฟ้าทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ โดยให้มีการเรียนรู้ถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ใช้ในการควบคุมเบื้องต้น ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถใช้ในการเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุม เช่น

การใช้ความถี่ในการควบคุมสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงและสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ รวมถึงการเชื่อมต่อไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก ผลการวิจัยพบว่าชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในการทำไปใช้ในการเรียนการสอนอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
2. เพื่อออกแบบใบงานประกอบระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ให้นักศึกษาได้ฝึกกระบวนการคิด กระบวนการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า
3. เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบด้านสมรรถนะของชุดประลอง

### กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพมากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 80/80

#### ผลลัพธ์โดยตรงจากงานวิจัย

- ระบบ
- ใบงาน
- คู่มือการใช้งาน
- แบบทดสอบวัดผลการใช้งาน

#### ผลลัพธ์หลังจากการใช้งานวิจัย

- ทักษะด้านกระบวนการคิด
- ทักษะการปฏิบัติงานด้านอิเล็กทรอนิกส์
- ทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า
- ทักษะการประยุกต์ความรู้ไปใช้งาน
- ทักษะการปฏิบัติงานเป็นทีม

จากผลลัพธ์โดยตรงที่ได้จากงานวิจัยนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย 4 อย่างด้วยกัน คือ ระบบ ใบงาน คู่มือการใช้งาน และแบบทดสอบวัดผลการใช้งานระบบ ซึ่งเป็นผลลัพธ์โดยตรงจากงานวิจัย ส่วนผลที่ตามมาหลังจากการใช้งานวิจัยนี้นั้นสามารถแบ่งทักษะได้เป็น 5 ด้าน คือ ทักษะด้านกระบวนการคิด ทักษะการปฏิบัติงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ ทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ทักษะการประยุกต์ความรู้ไปใช้งาน ทักษะการปฏิบัติงานเป็นทีม โดยเมื่อพิจารณาแล้วนั้นผลลัพธ์โดยตรงที่ได้จากงานวิจัยทั้ง 4 สามารถเชื่อมโยงไปยังผลลัพธ์หลังจากการใช้งานวิจัยดังนี้

ระบบสามารถสร้างทักษะได้ทั้ง 5 ด้าน คือ ทักษะด้านกระบวนการคิด ทักษะการปฏิบัติงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ ทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ทักษะการประยุกต์ความรู้ไปใช้งาน ทักษะการปฏิบัติงานเป็นทีม

ใบงานประกอบการใช้งาน สามารถสร้างทักษะได้ทั้ง 5 ด้าน คือ ทักษะด้านกระบวนการคิด ทักษะการปฏิบัติงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ ทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ทักษะการประยุกต์ความรู้ไปใช้งาน ทักษะการปฏิบัติงานเป็นทีม

คู่มือการใช้งาน สามารถสร้างทักษะได้ 3 ด้าน คือ ทักษะการปฏิบัติงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ ทักษะการปฏิบัติงานเป็นทีม

แบบทดสอบวัดผลการใช้งาน สามารถสร้างทักษะได้ 3 ด้าน คือ ทักษะด้านกระบวนการคิด ทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ทักษะการประยุกต์ความรู้ไปใช้งาน

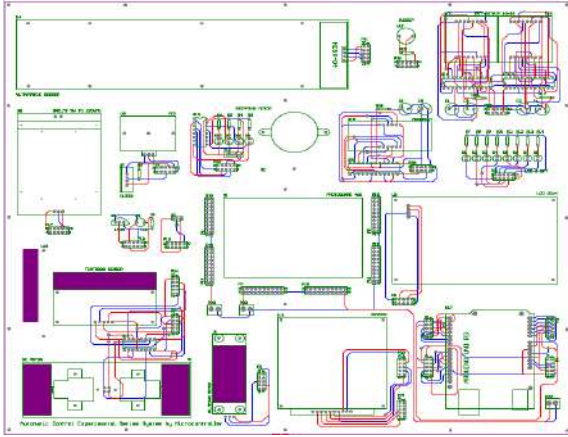


## วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาและออกแบบระบบ
2. ประเมินคุณภาพขั้นต้นโดยผู้เชี่ยวชาญ
3. สร้างระบบ คู่มือการใช้งาน ใบงาน แบบฝึกหัดหลังใช้งาน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ
4. ทดลองใช้งานระบบกับกลุ่มตัวอย่างย่อย
5. ประเมินคุณภาพขั้นสุดท้ายโดยผู้เชี่ยวชาญ
6. ปรับปรุงระบบควบคุมขั้นสุดท้ายตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
7. ทดลองใช้งาน คู่มือการใช้งาน ใบงาน แบบฝึกหัดท้ายหลังใช้งาน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับกลุ่มตัวอย่าง
8. หาประสิทธิภาพของระบบทั้งด้านการเรียนรู้ และด้านสมรรถภาพของระบบที่ได้พัฒนาขึ้น

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเริ่มต้นจากการออกแบบอุปกรณ์โดยรวมของระบบ จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ชนิดใดบ้าง เพื่อให้ครอบคลุมการเรียนการสอนและการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ที่วางไว้มากที่สุด ซึ่งจากการสืบค้นข้อมูลและการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ทางผู้วิจัยจึงได้กำหนดรายละเอียดของอุปกรณ์ที่จะเป็นส่วนประกอบของระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนี้ 1) LED (Light-Emitting Diode), 2) 7-Segment ขนาด 4-digit, 3) LCD (Liquid Crystal Display) ขนาด 20x4, 4) Dot Matrix ขนาด 8x8 จำนวน 2 ชุด, 5) มอเตอร์ DC 2 ตัว, 6) Stepping Motor และ RC-Servo Motor, 7) Ultrasonic Sensor, 8) Relay 5V to 220V, 9) Remote Control, 10) Sensor (DHT11, PIR, Infrared, LM35, TCRT5000), 11). Keypad, 12).LED ขนาด 8 bit เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวจะครอบคลุมการใช้งานด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สืบค้นข้อมูล วงจร และตัวอุปกรณ์ แล้วจึงทำการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จากโปรแกรม Altium Designer ซึ่งได้ทำการออกแบบ โดยแบ่งส่วนของวงจรมายกในบอร์ดได้เป็น 4 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่หนึ่งส่วนของตัวประมวลผลกลาง Arduino Uno R3 ส่วนที่สองส่วนของชุดอุปกรณ์แสดงผล ส่วนที่สามส่วนของเซนเซอร์ชนิดต่าง ๆ ส่วนที่สี่ส่วนของชุดมอเตอร์กระแสตรงและชุดควบคุม ซึ่งทุกส่วนจะเชื่อมโยงกัน ตามลักษณะการทดลองที่แตกต่างกันออกไป ด้วยสายสัญญาณ ซึ่งวงจรถูกกล่าวเป็นวงจรถูกได้รับการพิจารณา วิเคราะห์ และตรวจสอบจากชุดทดลองต้นแบบ ซึ่งมีข้อผิดพลาดหลายประการอันไปสู่การแก้ไข จนได้วงจรถูกต้อง สวยงาม และเพิ่มเติมอุปกรณ์ต่างๆ ดังรูปที่ 1 จากนั้นดำเนินการประกอบระบบหลังจากออกแบบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ได้ประกอบบอร์ดตามการออกแบบ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1: การออกแบบระบบจากโปรแกรม  
Altium Designer



รูปที่ 2: บอร์ดการใช้งานระบบ

จากรูปที่ 2 ระบบที่ประกอบเสร็จตามการออกแบบ ซึ่งประกอบและบรรจุอยู่กล่องอเนกประสงค์ เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนที่ในการทดลองในสถานที่ต่างๆ โดยจุดเด่นของการออกแบบบอร์ดชุดทดลอง คือ การรวมอุปกรณ์ เช่น เซอร์ต่างๆ ที่ใช้งานสำหรับ Arduino พื้นฐานทั้งหมด ซึ่งเมื่อเทียบกับวรรณกรรมที่ศึกษาในข้างต้น ระบบที่สร้างขึ้นนี้มีอุปกรณ์พื้นฐานที่ครอบคลุมมากกว่า และมีการออกแบบระบบให้มีจุดเด่นเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้ที่ทำการศึกษายู่อีก 2 สถานีทดลอง คือ 1) ชุดทดสอบการวัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิกที่สามารถเคลื่อนสำหรับการทดสอบการวัดระยะได้ และ 2) ชุดทดสอบรถวิ่งตามเส้น ซึ่งทั้ง 2 สถานีทดลองได้ผ่านการออกแบบด้วยโปรแกรม 3 มิติ เพื่อจำลองกลไกของอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ตามลำดับ จากนั้นดำเนินการประกอบอุปกรณ์ตามออกแบบซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ และกลไกตามหลักวิศวกรรมในการพัฒนา ดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 3: แบบจำลองชุดทดสอบการวัด  
ระยะทางด้วยอัลตราโซนิก



รูปที่ 4: แบบจำลองชุดจำลองรถวิ่งตามเส้น

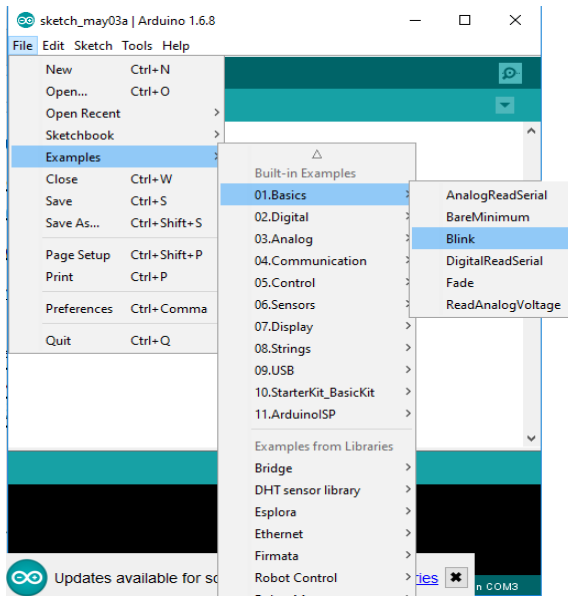


รูปที่ 5: ชุดทดสอบการวัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิก

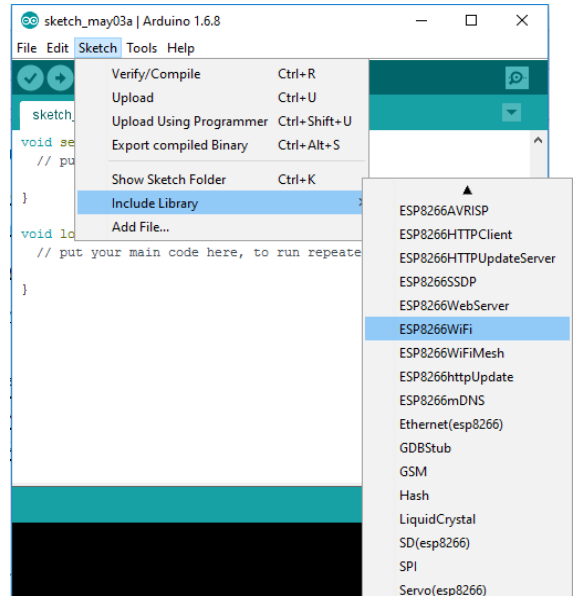


รูปที่ 6: ชุดจำลองรอกวิ่งตามเส้น

โดยการใช้งานระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ นี้จะใช้งานร่วมกับโปรแกรม Arduino ซึ่งมีหลายเวอร์ชันให้ใช้งาน โดยเวอร์ชันที่ผู้วิจัยใช้งานคือ Arduino 1.6.8 ซึ่งโปรแกรม Arduino เป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่าย มีตัวอย่างโปรแกรมให้เรียนรู้ ดังรูปที่ 7 และรองรับการเชื่อมต่อแบบ IoT ด้วย โดยในการเขียนโปรแกรม Arduino จะอาศัยการเรียกใช้งาน Library ทำให้การเขียนโปรแกรมง่ายกว่าการเขียนโปรแกรมอื่นๆ ดังรูปที่ 8 ซึ่งเมื่อนำโปรแกรมไปใช้งานกับระบบในรูปที่ 1 จำเป็นต้องต่อสายแพ 10 พิน สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ต้องการใช้งาน จากนั้นทำการเขียนโปรแกรมและโหลดลงบอร์ดเพื่อใช้งาน โดยระบบจะมีอุปกรณ์ที่รองรับอินพุต/เอาต์พุต ที่เพียงพอต่อการใช้งานเบื้องต้น



รูปที่ 7: โปรแกรม Arduino



รูปที่ 8: การเรียกใช้งาน Library

## สรุป

1. ผลการประเมินผลความพึงพอใจของระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีการประเมินผลความพึงพอใจของการใช้งานโดยผู้เชี่ยวชาญ อาจารย์ และนักศึกษา ซึ่งเป็นการประเมินถึงรูปแบบการออกแบบ สร้าง รูปลักษณ์ภายนอก ความคงทน ความปลอดภัย การใช้งาน และการนำเสนอ เป็นต้น เพื่อประเมินผลการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ อาจารย์ และนักศึกษา จำนวน 20 คน ซึ่งได้ผลการประเมิน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ประเมินผลความพึงพอใจของการใช้งานโดยผู้เชี่ยวชาญ อาจารย์ และนักศึกษา

รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. การออกแบบรูปร่างเหมาะสมกับการทดลอง	4.4	0.51	เห็นด้วยมาก
2. ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ในการทำชุดทดลอง	4.6	0.51	เห็นด้วยมากที่สุด
3. มีความแข็งแรง ทนทาน	4.46	0.52	เห็นด้วยมาก
4. สามารถทดลองได้ตรงตามวัตถุประสงค์	4.46	0.52	เห็นด้วยมาก
5. ความสะดวกในการใช้งาน	4.67	0.48	เห็นด้วยมากที่สุด
6. ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.73	0.46	เห็นด้วยมากที่สุด
7. ผลการทดลองได้ค่าใกล้เคียงกับผลที่แท้จริง	4.53	0.52	เห็นด้วยมากที่สุด
8. สามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย	4.6	0.50	เห็นด้วยมากที่สุด
9. สามารถใช้กับการทดลองได้อย่างหลากหลาย	4.67	0.63	เห็นด้วยมากที่สุด
10. ความเหมาะสมในการจัดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์	4.33	0.48	เห็นด้วยมาก
11. มีความสัมพันธ์การใช้งานร่วมกับใบทดลอง	4.53	0.63	เห็นด้วยมากที่สุด
12. มีเทคนิคในการนำเสนอที่น่าสนใจ	4.73	0.46	เห็นด้วยมากที่สุด
รวม	4.54	0.52	เห็นด้วยมากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินผลความพึงพอใจของการใช้งานโดยผู้เชี่ยวชาญ อาจารย์ และนักศึกษา ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลการประเมินแสดงให้เห็นถึงคุณภาพของระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ อยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 โดยรายการที่ได้รับการประเมินมากที่สุดคือความปลอดภัยในการใช้งาน และมีเทคนิคในการนำเสนอที่น่าสนใจ ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73 รองลงมาคือความสะดวกในการใช้งาน และสามารถใช้กับการทดลองได้อย่างหลากหลาย ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67

2. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จากการนำไปใช้ในการสอนกับกลุ่มตัวอย่าง โดยให้นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียน ทดสอบย่อย และการทดสอบหลังเรียน โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา จำนวน 15 คน ซึ่งผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบจากการนำไปใช้ในการสอนกับกลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษา	ทดสอบก่อนเรียน	ทดสอบย่อย	ทดสอบหลังเรียน
1	67	81	83
2	72	85	86
3	58	80	84
4	77	90	92
5	72	83	81
6	64	86	85
7	63	81	82
8	75	90	86
9	65	85	84
10	69	86	88
11	72	88	85
12	75	91	89
13	62	80	82
14	61	81	83
15	59	80	83
ค่าเฉลี่ย	67.4	84.5	84.8

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบจากการนำไปใช้ในการสอนกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผลการทดสอบพบว่า นักศึกษาในกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนทดสอบก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 67.4 ทดสอบย่อยเฉลี่ยเท่ากับ 84.5 และผลการทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 84.8 เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบพบว่า เมื่อเปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจะเห็นได้ถึงพัฒนาการในการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง คือจากทดสอบก่อนเรียน 67.4 มีคะแนนเพิ่มขึ้นจากผลการทดสอบหลังเรียนเป็น 84.8 และเมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ระหว่างการทดสอบย่อยกับการทดสอบหลังเรียนที่ตั้งไว้ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 80/80 ซึ่งชุดประลองที่สร้างขึ้น มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ 84.5/84.8 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์มีประสิทธิภาพในการเรียนการสอน

### ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะการนำความรู้ที่ได้รับจากการใช้งานระบบควบคุมอัตโนมัติระยะไกลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถนำไปใช้งานในการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติต่างๆ เช่น ระบบสายพาน ระบบเตือนภัย ระบบเปิด/ปิด อุปกรณ์ต่างๆ และสามารถรายงานผล ควบคุมผ่านระยะไกลได้ หรืออาจนำไปใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์ที่มีอันตราย ต้องอาศัยการควบคุมระยะไกลได้

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการทุนอุดหนุนการวิจัย จากกองทุนวิจัยครั้งที่ 3/2559 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ผู้เชี่ยวชาญ และนักศึกษาระดับปริญญาโทสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบและทดลองใช้งาน ชุดทดลอง

## เอกสารอ้างอิง

- กฤษณะ สุวรรณบวร. (2550). *การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเรื่องการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- กิริติช สายพัทลุง. (2558). *คู่มือการใช้งาน Altium Designer Winter 09*. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
- เฉลิมชนม์ ไวศยดำรง. (2553). *ระบบอัตโนมัติ*. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- ธงชัย ทองอยู่ และคณะ. (2558). *การพัฒนาชุดทดลองระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์แบบอัตโนมัติ*. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
- รวี อุตตมธนิทร์. (2550). *การพัฒนาต้นแบบชุดฝึกวิชาการระบบควบคุมอัตโนมัติที่เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์*. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- เสนีย์ เทียนเรียว. (2551). *การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- เอกชัย มะการ. (2552). *เรียนรู้ เข้าใจ ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino*. บริษัท อีทีที จำกัด. กรุงเทพฯ.

## SPEED UP COMPUTATION FOR AN ONLINE TEST SERVER

Sompan Chansilp<sup>1</sup>, Kacha Chansilp<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> School of Computer Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

### ABSTRACT

Once in a while, many applications on the Linux server need more computation powers to finish their jobs. One of the most popular server side programming language is PHP and PHP has not been designed for parallel execution. This paper is to study and find a way to speed up computation on the Linux server to its possible maximum. The result of this study is the combination of using opcode caching and optimization, opcode, to speed up PHP script execution and using separate computation calls to maximize CPU usage. Upon using this method, the experimentation had shown that computation for test score on Stand-alone Online Test System (SOTS) for 5,000 testers could speed up by a factor of 7.

**Keywords:** Speed up PHP, Speed up server scripts, Run PHP faster, Stand-alone Online Test System, Maximize CPU usage

### Introduction

Most of stand-alone web servers at present have 4 or more CPUs available for executing instructions. User may write a server side script to provide web service and the most probable choice is to use PHP as a programming language for the Linux server. The authors are the developers of Stand-alone Online Test System (SOTS) (SUTLinux, 2017 and Chansilp et. al., 2011) which is a ready to used online test server. It is an open source, Linux, and free of charge for everyone to download and use. Once, 50 schools in Nakhon Ratchasima province in Thailand had used SOTS to take a test on five subjects. Each school took the test separately and then later all test doings would be combined with the right solution for score grading. The authors were informed by the head teacher who did the combining that the server was hung. The test doings of all 50 schools were sent to the authors to examine. During examination, it was found that each combining took longer and after the right solution was included and calculation for test scores was performed, the browser appeared stand still. At first glance, the server seemed to hang but carefully look at the bottom of the browser, a message “Transferring data from the server” was noticed which meant the server was still processing. At that time, it took 47 minutes for the calculation to finish while the number of the testers was about 10,000. It was the first time for the developers to confront with this situation. Normally, the maximum number of testers on normal course is less than 120 students and calculating for scores only take 1 or 2 seconds. To accommodate calculating score for such large number of testers, code rewrite was

needed but the result was just a little improvement on calculation speed. The calculation is complicated and takes a lot of time because there are 9 types of test questions and there are some scoring rules attached for each type as well. At the time of diagnosing the problem, it was also noticed that during the computation, one of the CPU was 100% busy while the other 3 CPUs did little thing. After literature review, preliminary conclusion to crop with this calculation problem is to find how to speed up PHP execution and how to maximize CPU utilization. The following sections involve how to go about doing these and display experimental data associated with each and overall accomplishments.

## Literature Review

Vaswani (2009) explains how to install and configure Linux server with Apache, PHP and Mysql. R. Richards (2006) has introduced “Service Oriented Architecture and Web Services”. In “php|architect’s Guide to Programming with Zend Framework”, “Model-View-Controller” (MVC) had been discussed (Evans, 2008).

Maržić et al. (2011) had created dynamic Web applications, “Exam scheduler”, but at that time speed had not been an important factor, instead, they focused only on methodology. Ahmad et al. (2013) had developed PHP and MySQL based online examination system with power failure handling and dropbox capability but they were also not concerned about speed. Wen et al. (2005) raised many arguments to support for using PHP on the server but the paper had nothing to do with speed of PHP execution while Johnlim (2008), Haddad (2008), Steve (2014), Svennd (2017) and Raffael (2017) discuss how to deal with PHP execution speed.

All the reviews suggest two things could be done. The first thing is finding tools to make PHP run faster and the second thing is finding how to spread running PHP code across all of available CPUs.

## Objectives

1. Study how to make PHP run faster and to finish its job quicker.
2. Study how to spread running PHP code across CPUs to maximize CPU usage.

## Methods

There are two steps to speed up overall computation on the server side. The first step is to setup and configure PHP to use opcode caching and optimization in order to speed up interpretation of PHP scripts. The second step is to make separate computation calls in order to spread computation to other available CPUs to maximize CPU usage. The details of these two steps are described below.

### Step 1. PHP opcode caching and optimization

To make PHP scripts on the server side runs faster may involve many factors such as how to specify in PHP config file (PHP, 2017), how to specify configure file for apache web server,



how to write PHP program and so on. However, without going into details of all these issues, there are many suggestions such as Johnlim (2010) had suggested “writing clever parallel software” and Svennd (2008) had explained what were these: APC, Opcache, Memcached, XCache, Varnish and WP Super Cache where all help make server process faster. For SOTS however, it is more appropriate to use PHP opcode caching. PHP is an interpreted programming language. While running a PHP script, each instruction of the script will be interpreted or translated into machine language or byte code before execution. PHP opcode caching is a tool to intercept this translation step. When a PHP code is run and translated, the machine code will be cached or saved. Next time when the same script is run, the saved machine code will be used and run without the need to do translation again. We configured SOTS to use this feature by enabling opcache that comes with PHP 7. The following steps are to configure PHP 7 to use opcache for opcode caching (Steve, 2014).

1. Create opcache\_blacklist file at /etc/php/7.0/apache2/opcache\_blacklist.txt contains  
`/var/www/html/testweb/*/data/*.php`  
opcache\_blacklist.txt is a configure file contains which PHP files would be bypassed (not do caching) by opcache (Raffael, 2017).

2. Configure php.ini, /etc/php/7.0/apache2/php.ini, and in opcahe section do these:

```
[opcache]
opcache.enable=1
;opcache.enable_cli=0
opcache.memory_consumption=64
opcache.interned_strings_buffer=4
opcache.max_accelerated_files=2000
opcache.max_wasted_percentage=5
opcache.use_cwd=1
opcache.validate_timestamps=1
opcache.revalidate_freq=0
opcache.blacklist_filename=/etc/php/7.0/apache2/opcache_blacklist.txt
```

3. Configue the system to enable opcache

```
sudo service apache2 stop
sudo phpenmod opcache
sudo service apache2 start
```

4. Checking if opcache is running

Use comand: `sudo php -v`

If below message is obtained, opcahe is working

```
PHP 7.0.8-0ubuntu0.16.04.3 (cli) ( NTS )
Copyright (c) 1997-2016 The PHP Group
Zend Engine v3.0.0, Copyright (c) 1998-2016 Zend Technologies with Zend
OPcache v7.0.8-0ubuntu0.16.04.3, Copyright (c) 1999-2016, by Zend
Technologies
```

5. Stop using opcache

For whatever reason, to stop using opcache, do this:

Stop web server with command: `sudo service apache2 stop`

Disable opcache with command: `sudo phpdismod opcache`

Start web server again with command: `sudo service apache2 start`

Display information on PHP with command: `sudo php -v`

will get:

```
PHP 7.0.8-0ubuntu0.16.04.3 (cli) ( NTS )
Copyright (c) 1997-2016 The PHP Group
Zend Engine v3.0.0, Copyright (c) 1998-2016 Zend Technologies
```

## Step 2. Separate computation calls

PHP was not designed for parallel execution. One way to increase computation power is to maximize CPU usage. How would one do about this? Fortunately, PHP provides an instruction, `curl_multi_exec()` (Haddad, 2008 and PHP, 2017), to allow PHP to make calls to other PHP code on the server and monitor when all the calls have finished. Therefore, for SOTS, the computation for score grading will be divided into many parts, then call each part with `curl_multi_exec()`. When all parts are finished, combining the results will be performed. Below is a part of the script.

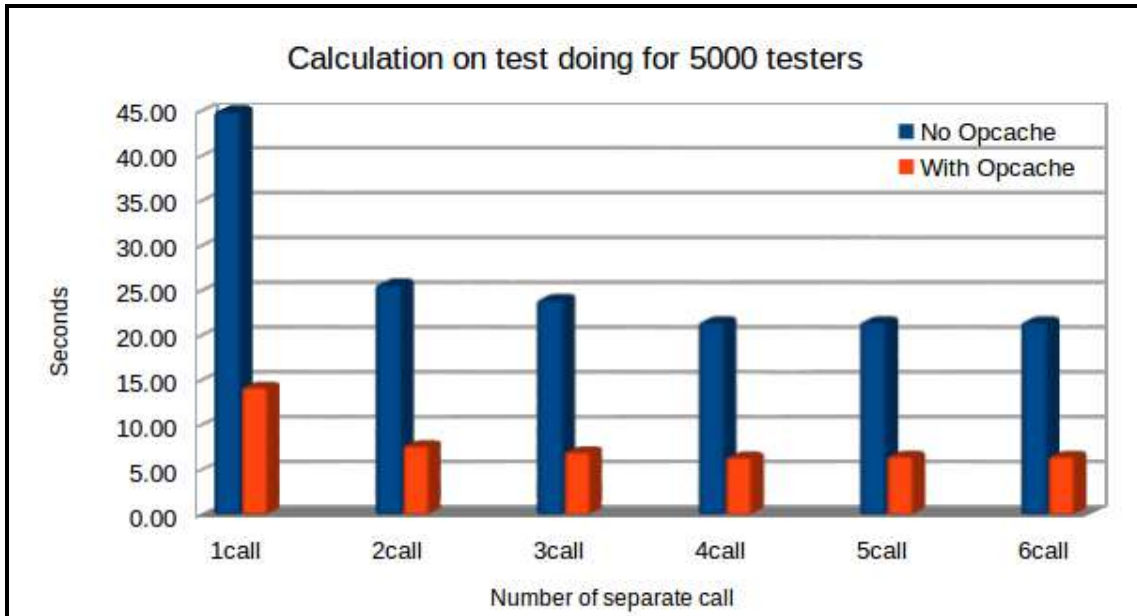
```
1. $mh = curl_multi_init();
2. for($k=1;$k<=5;$k++){
3.     $ch = curl_init();
4.     : : :
5.     curl_setopt($ch, CURLOPT_URL,
        "http://localhost/cal_part.php?num=$k&total=5");
6.     curl_multi_add_handle($mh, $ch);
7. }
8. $running=null;
9. do{
10.    usleep(1000);
11.    curl_multi_exec($mh, $running);
12. }while ($running > 0);
13. curl_multi_close($mh);
```

Line 1 is to initialize the calling. Lines 2 to 7 are the calling. Lines 8 to 12 are to monitor whether all the callings are finished. Line 13 is to close the calling. After these lines, combining the result of all calling could be performed.

## Results and Discussion

### A. Computation for 5,000 testers on a notebook

For test questions, 120 multiple choice questions with 5 choices were used. First experimentation, simulation for 5,000 test doings (5,000 testers) was performed on SOTS where it was installed on a notebook having 4 CPUs and RAM 8GB. Data were collected while using opcache, not using opcache, separate computation calls (2calls to 6calls) and not separate computation call (1call). The result was plotted in Picture 1 below.

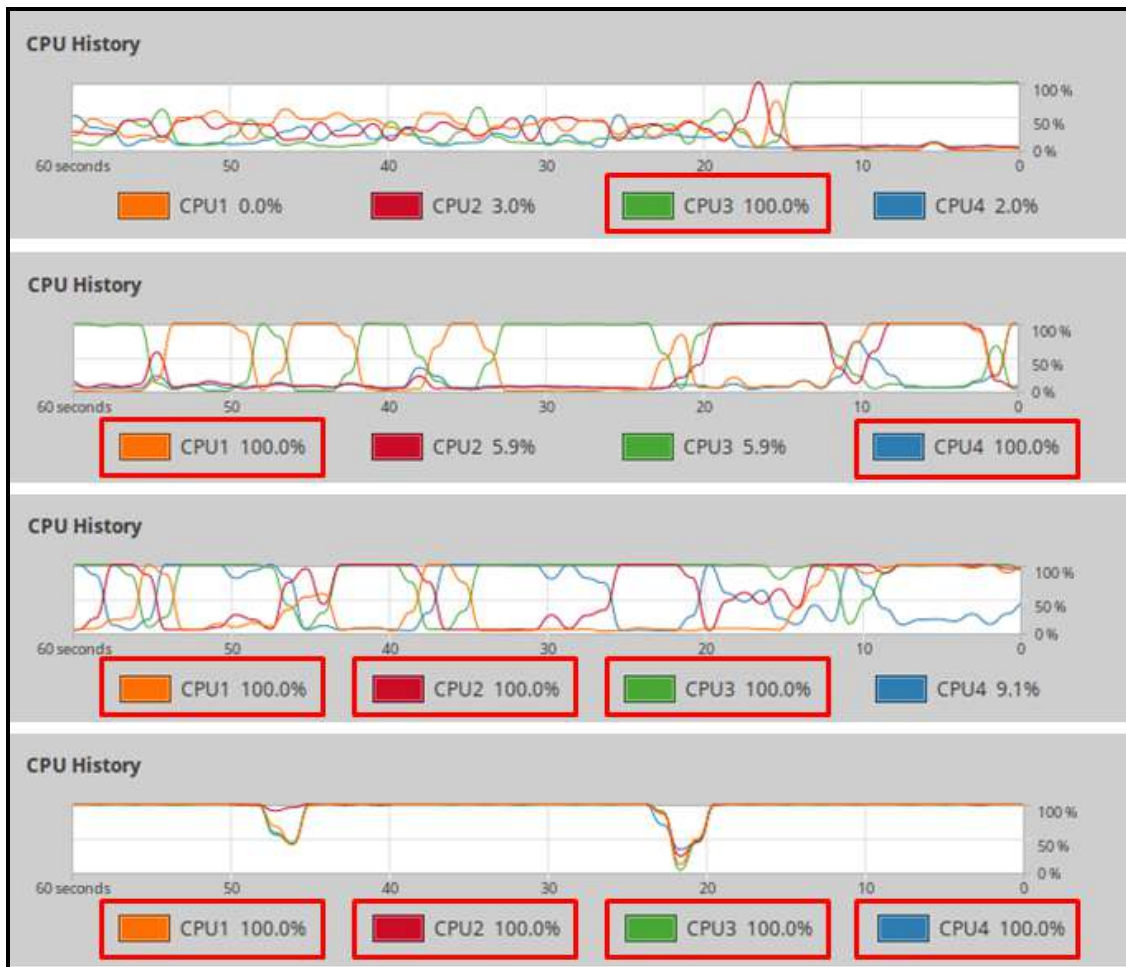


Picture 1: Computation for 5,000 test doings on a notebook server

Table 1: Raw data

# of call	No Opcache	With Opcache	Faster Factor
1call	45.00	14.20	3.17
2call	25.70	7.70	3.34
3call	24.00	7.70	3.43
4call	21.50	6.40	3.36
5call	21.50	6.50	3.31
6call	21.50	6.50	3.31
Overall speed up factor = $45.00/6.40 = 7.03$			

Picture 2 shows CUP usage during 1call (one CPU 100% busy), 2call (two CPUs 100% busy), 3call (three CPUs 100% busy) and 4-6calls (four CPUs 100% busy).

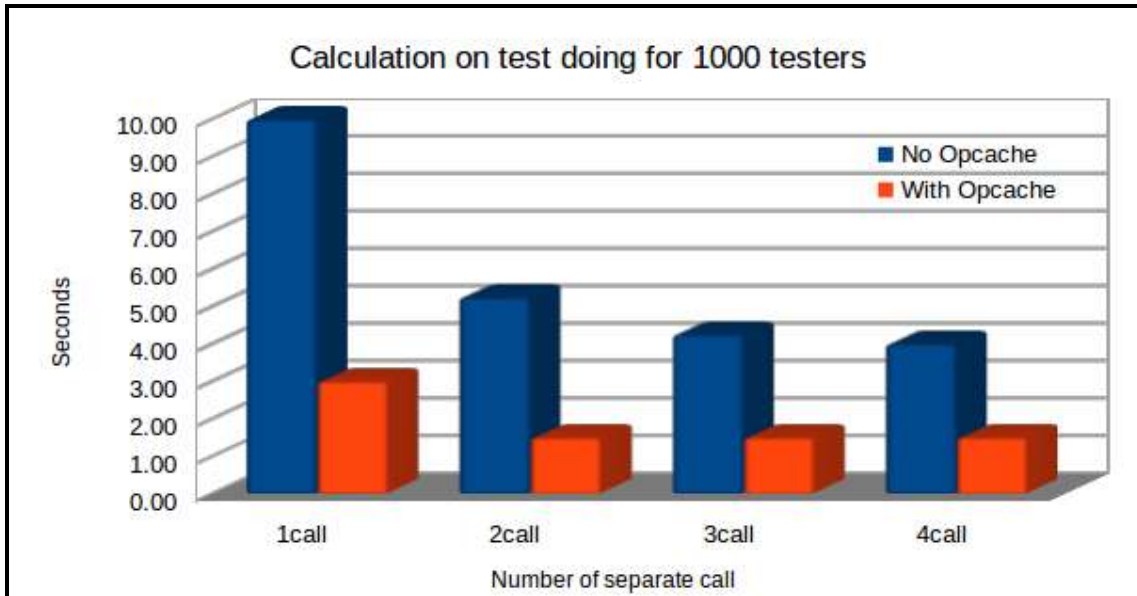


Picture 2: CPU usage

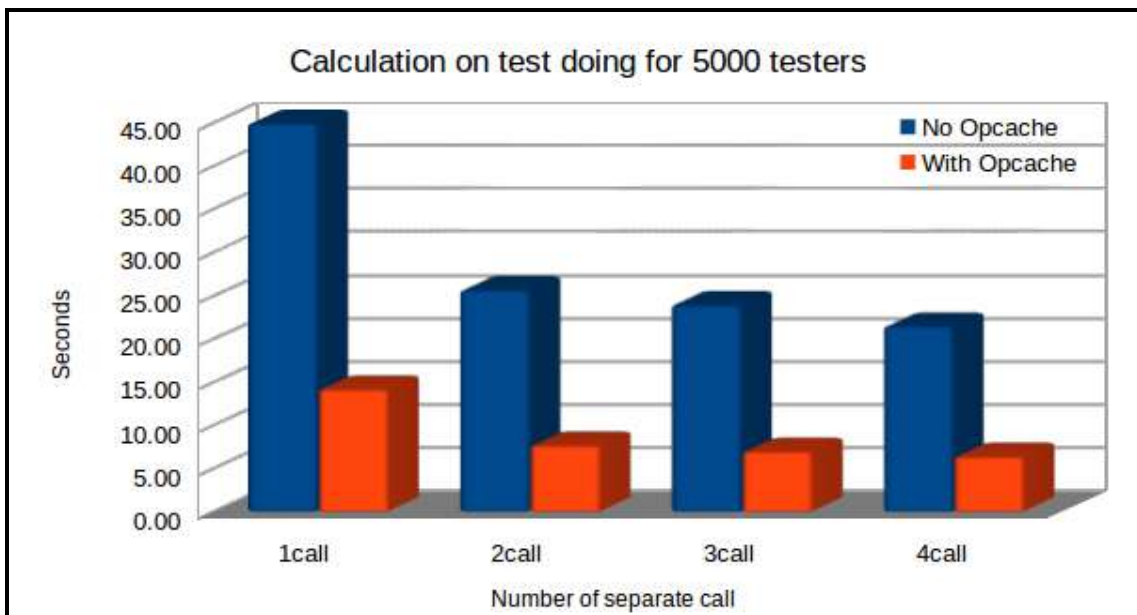
Data results in Table 1 had shown that using opcode alone could speed up computation by about 3 times and when combining with separate computation callings up to the number of CPUs would speed up computation to about 7 times.

#### B. Various amount of testers on the notebook

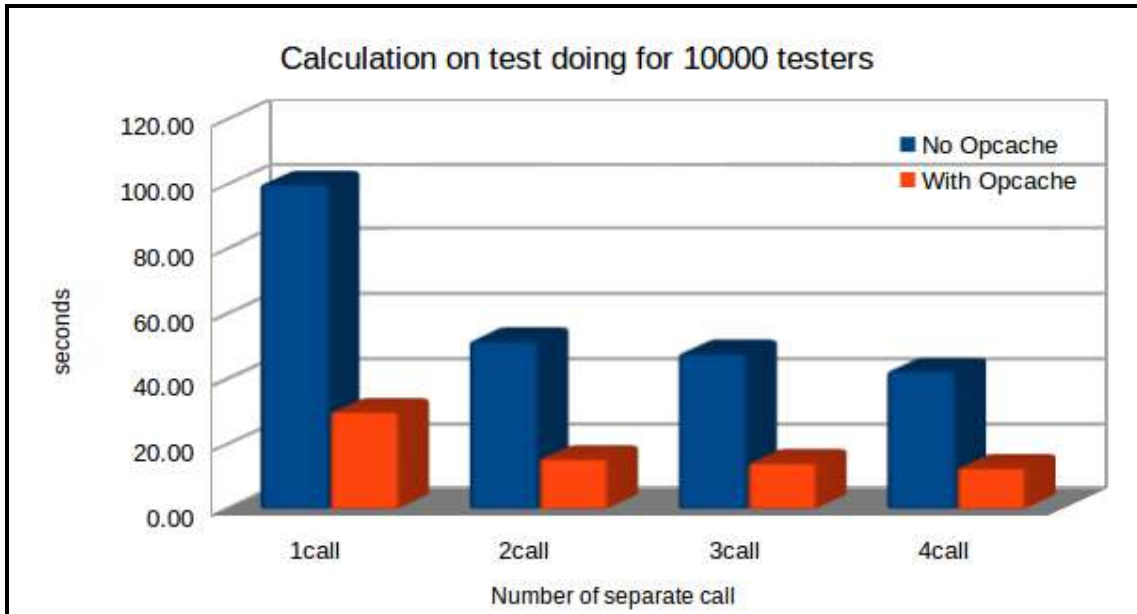
On the same notebook, amount of testers (test doings) were vary from 1,000, 5,000, 10,000 and 50,000 and obtained the plots as shown in Picture 3, 4, 5 and 6.



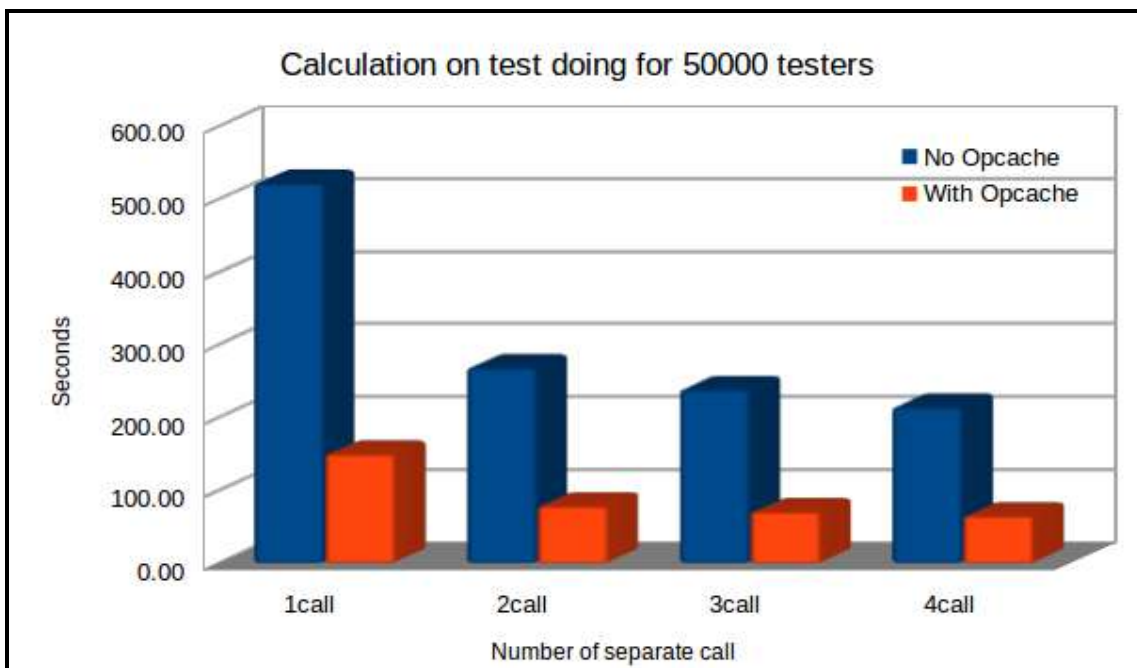
Picture 3: For 1,000 testers



Picture 4: For 5,000 testers



Picture 5: For 10,000 testers



Picture 6: For 50,000 testers

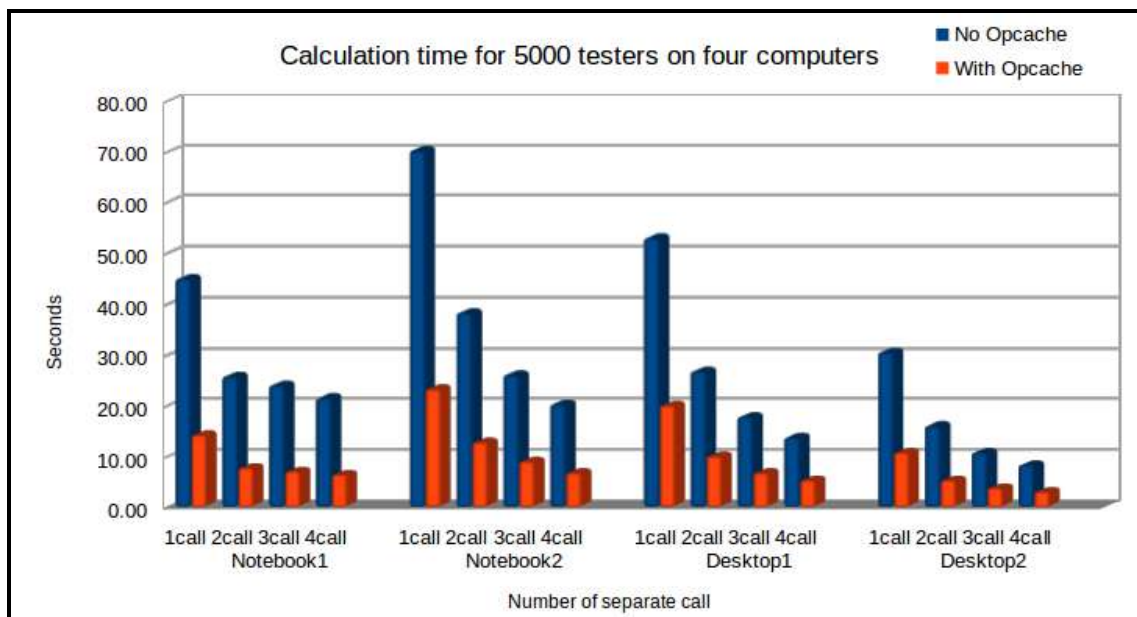
Picture 3, 4, 5 and 6 showed that on the same computer, computation speed up would stay almost the same independently on how many test doings.

### C. Experimentation on various computers

This step is to perform computation on 4 different computers for 5,000 test doings. The specifications of these computers are shown in Table 2 and the results of computations were shown in Picture 7. It was obvious that the same result patterns were repeated.

**Table 2:** The specifications of 4 computers

Type	RAM	CPU	Cores
Notebook1	8GB	Intel(R) Core(TM) i5-3230M CPU @ 2.60GHz	CPU 2 cores works as 4 processors
Notebook2	4GB	AMD FX-7600P Radeon R7, 12 Compute Cores 4C+8G	CPU 4 cores works as 4 processors
Desktop1	8GB	AMD Phenom(tm) II X4 840 Processor	CPU 4 cores works as 4 processors
Desktop2	4GB	Intel(R) Core(TM) i5-6500 CPU @ 3.20GHz	CPU 4 cores works as 4 processors



**Picture 7:** 5,000 test does on 4 computers

### Conclusions

PHP cache optimizer, opcache, could be enabled and when it was used for SOTS, computation speed up was obtained. To use opcache, one may have to create blacklist file which would tell opcache to bypass some PHP files for caching. Separate computation calls also increase performance, however separate computation calls must be carefully utilized because while doing this, the system will not have CPU left to perform other chores and may degrade other applications performance.

PHP cache optimizer and separate computation calls can help speed up server side scripts on SOTS when a lot of computation powers are required and the same PHP scripts are used over frequently. Both techniques have been applied to SOTS in present version. This method has improved performance for SOTS and could result in making it more suitable for handling large scale online test.

## Acknowledgment

We would like to thank 50 schools in Nakhon Ratchasima province of having used SOTS for the test and inspired the authors to improve the system and found out how to speed up server side scripts running on the server.

## References

- A. Ahmad, N. U. Khan, A. W. Abbas. (2013). *PHP+MySQL based Online Examination System with Power Failure Handling and Dropbox Capability*. Seventh International Conference on Software, Security and Reliability Companion. (pp. 21-25). Washington, D.C., USA. 18-20 June 2013. IEEE Computer Society Conference Publishing Services.
- Chansilp, S., Chansilp, K., Pongpanich, P. and Chaimongkol, S. (2011). *A Complete Online Test System for Thai Schools*. Paper presented at the 2011 Eight International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE). (pp. 283-287). Faculty of ICT, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand. May 11-13, 2011.
- Evans, C. (2008). *php/architect's Guide to Programming with Zend Framework* (1<sup>st</sup> ed.). Marco Tabini & Associates, Inc.
- Haddad, J. (2008, February 20). *Executing multiple curl requests in parallel with PHP and curl\_multi\_exec*. Retrieved from [http://rustyrazorblade.com/2008/02/curl\\_multi\\_exec/](http://rustyrazorblade.com/2008/02/curl_multi_exec/)
- Johnlim. (2008, September 10). *Easy Parallel Processing in PHP*, Retrieved from <http://phplens.com/phpeverywhere/?q=node/view/254>
- Maržić, S., Jugo, Radovan, I. (2011). *Developing dynamic Web applications: Exam scheduler*. MIPRO 2011. May 23-27, 2011. Opatija, Croatia.
- PHP. (2017). Retrieved from <http://www.php.net/>
- Raffael. (2017, February 11). *How to disable PHP OPcache for certain directories*. Retrieved from <https://en.code-bude.net/2017/02/11/how-to-disable-php-opcache-for-certain-directories/>
- Richards, R. (2006). *Pro PHP XML and Web Services*, Apress, Berkeley, CA, 2006.
- Steve. (2014, February 14). *Best Zend OpCache Settings/Tuning/Config*. Retrieved from <https://www.scalingphpbook.com/blog/2014/02/14/best-zend-opcache-settings.html>
- SUTLinux. (2017). Retrieved from <http://linux.sut.ac.th/>
- Svennd. (2016, February 23). *APC, OpCache, Memcached, XCache, Varnish and WP Super Cache*. Retrieved from <https://www.svennd.be/apc-opcache-memcached-xcache-varnish-and-wp-super-cache/>
- Vaswani, V. (2009). *PHP A Beginner's Guide*. The McGraw-Hill Companies.
- Wen, J., Zang, Y., Xia, S., Yan, Y. (2005), *A web-based examination system based on PHP+Mysql*. Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference. (pp. 2882-2885). Shanghai, China, September 1-4. IEEE-EMBS 2005.



## ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยี SAP B1

### Factors Influencing the Acceptance of SAP B1

วรรณวิภา วงศ์วิไลสกุล<sup>1\*</sup>, จิราพร เทพทอง<sup>1</sup>, อติสร แยกทอง<sup>1</sup>, วรพร เมืองธนชัย<sup>2</sup>  
Chiraporn Thepthong<sup>1\*</sup>, Wanvipa Wongvilaisakul<sup>1</sup>, Adisorn Kheaksong<sup>1</sup>,  
Woraporn Muangthanachai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

<sup>1</sup>Faculty of Engineering and Technology, Panyapiwat Institute of Management

<sup>2</sup>วิทยาลัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยรังสิต

<sup>1</sup>College of Information and Communication Technology, Rangsit University

\*Corresponding author, E-mail: wanvipawon@pim.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการใช้งาน SAP B1 ของผู้ใช้งานระบบ และตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ตามทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี โดยเก็บข้อมูลจากผู้มีประสบการณ์การใช้งาน SAP B1 ซึ่งโมเดลประกอบด้วยตัวแปรแฝง ได้แก่ การรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ การรับรู้ถึงความง่ายต่อการใช้งาน ความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลง ลักษณะการเกี่ยวข้องของงานและประสบการณ์ การฝึกอบรม ความเข้ากันได้ของระบบ และระดับการยอมรับ SAP B1 จากผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดล พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เป็นอย่างดี โดยมีค่าสถิติ ไค-สแควร์ ( $\chi^2$ ) = 447.94 องศาอิสระ(df) = 394 CMIN/DF = 1.13 GFI = 0.95 AGFI = 0.94 SRMR = 0.03 และ RMSEA = 0.02 มีค่าอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของสัมประสิทธิ์เส้นทางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**คำสำคัญ:** แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี ระบบการวางแผนทรัพยากรองค์กร

#### ABSTRACT

The objective of this research is to study the factors that influence the acceptance of the usability of SAP B1 for system users. It will also examine the correlation of developed model based on the Technology Acceptance Model by collecting data from the real user experiences of SAP B1. The model consists of a latent variable; such as, the acceptance of the achieved benefits, the acceptance of the easiness for the usability, the readiness for changes, the characteristics in relation to tasks and experiences, the training session, the system compatibility and the acceptance of SAP B1. Based on the analysis for the correlation of the model, it is found that the model has high correlation with an empirical data. The Chi-square( $\chi^2$ ) = 447.94, degree of freedom(df) = 394, CMIN/DF = 1.13, GFI = 0.95, AGFI = 0.94, SRMR = 0.03 and RMSEA = 0.02 direct with DE and IE of path coefficient in a statistically significant.

**Keywords:** Technology Acceptance Model (TAM), Enterprise Resource Planning (ERP)

## บทนำ

ปัจจุบันองค์กรส่วนใหญ่ในประเทศไทยได้หันมาใช้ระบบการวางแผนทรัพยากรองค์กร (Enterprise Resource Planning: ERP) กันมากยิ่งขึ้น เนื่องจากต้องการเชื่อมโยงระบบข้อมูลภายในองค์กรให้มีประสิทธิภาพ เพื่อสนับสนุนการทำงานของฝ่ายต่าง ๆ ให้มีความรวดเร็วและทันต่อความต้องการ รวมถึงเป็นการเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันให้แก่องค์กร ทั้งนี้ หลายบริษัทที่มีการนำระบบ ERP เข้ามาใช้ในองค์กรกลับไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ซึ่งปัจจัยหลัก ๆ ที่เป็นสาเหตุสำคัญของความล้มเหลว ได้แก่ ความไม่เข้าใจระบบและประโยชน์ที่ควรจะได้ทั้งหมดของระบบ อันเนื่องมาจากความไม่พร้อมของแผนกต่าง ๆ ในการรวมระบบงานเข้าด้วยกัน รวมถึงความแตกต่างระหว่างระบบเดิมกับระบบใหม่ ซึ่งหากองค์กรไม่สามารถสร้างความเข้าใจได้ทั้งองค์กรถึงข้อกำหนดเหล่านี้ ก็อาจส่งผลเสียตามมา (รัศสลิทธิ์ ชินภัทรจิรัสย์, 2554)

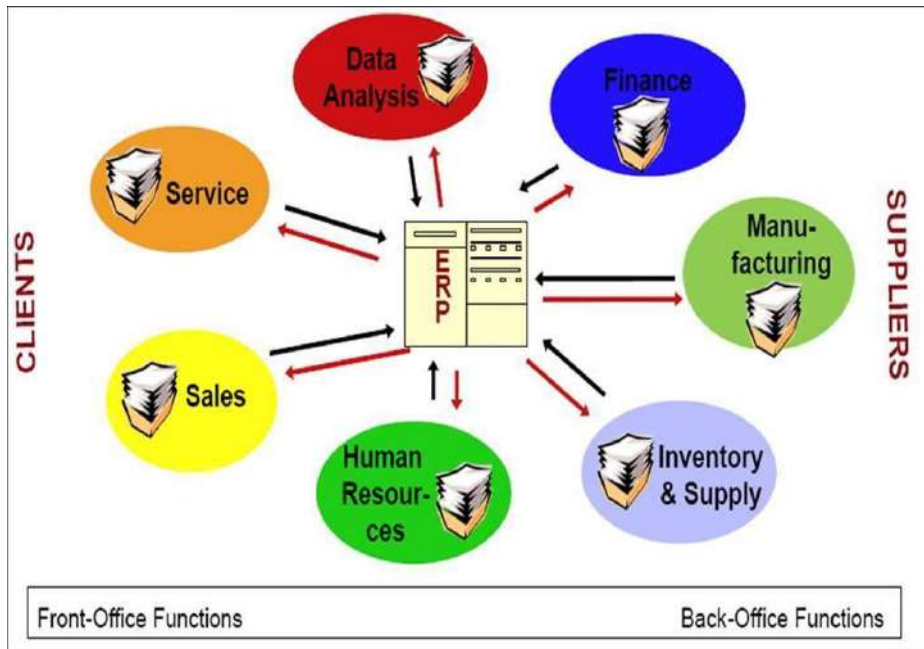
บริษัท ศาลาแดง จำกัด เป็นบริษัทที่ให้บริการเกี่ยวกับระบบ ERP แบบครบวงจร ซึ่งให้บริการด้านการวางแผนระบบ ให้คำปรึกษา ตลอดจนจัดอบรมผู้ใช้งานโปรแกรม ซึ่งผลิตภัณฑ์หลักของบริษัทคือโปรแกรม SAP B1 (SAP Business One) ที่เหมาะสำหรับการดำเนินงานทางธุรกิจขนาดกลางและเล็ก ทั้งนี้ ทางบริษัทมุ่งหวังให้องค์กรลูกค้าที่เปลี่ยนมาใช้ระบบ SAP B1 มีความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงและเกิดการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากระบบได้อย่างคุ้มค่าและนำมาสู่ความสำเร็จขององค์กร ซึ่งต้องอาศัยความเข้าใจของผู้ใช้งานระบบเป็นหลัก ดังนั้น การสร้างการยอมรับในเทคโนโลยี SAP B1 ต่อผู้ใช้งานจึงเป็นหน้าที่หลักขององค์กร เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงการทำงานจากระบบงานเดิมมาเป็นระบบงานใหม่เป็นไปตามเป้าหมายขององค์กร

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยี SAP B1 โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model : TAM) มาเป็นทฤษฎีที่ใช้ในอธิบายและสร้างความเข้าใจในอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นตัวช่วยให้เกิดการยอมรับในการใช้เทคโนโลยี SAP B1 ของผู้ใช้งานระบบในองค์กรที่เป็นลูกค้าของบริษัท ศาลาแดง จำกัด เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนกลยุทธ์ทางธุรกิจ และช่วยสนับสนุนให้เกิดการยอมรับเทคโนโลยี SAP B1 มากยิ่งขึ้น

## ทบทวนวรรณกรรม

### 1) ระบบการวางแผนทรัพยากรองค์กร (Enterprise Resource Planning: ERP)

ระบบ ERP คือ ระบบที่สนับสนุนการบริหารขององค์กร โดยลดขั้นตอนในการปฏิบัติงานและลดค่าใช้จ่ายขององค์กรด้วยการรวบรวมระบบงานหลักต่าง ๆ ขององค์กรเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดภาระงานและการจัดเก็บข้อมูลที่ซ้ำซ้อน ซึ่งประกอบด้วย ระบบงานบัญชีการเงิน ทรัพยากรมนุษย์ การบริหารการผลิต การกระจายสินค้า เป็นต้น ส่งผลให้ผู้บริหารและบุคลากรสามารถรับรู้ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจได้อย่างรวดเร็วและทันต่อเหตุการณ์มากยิ่งขึ้น โดยเป็นที่นิยมทั้งองค์กรภาครัฐและเอกชน (ศิจุฬา ปอน้อง, 2555) ทั้งนี้ สามารถแสดงแบบจำลองของระบบ ERP อย่างง่าย ได้ดังรูปที่ 1



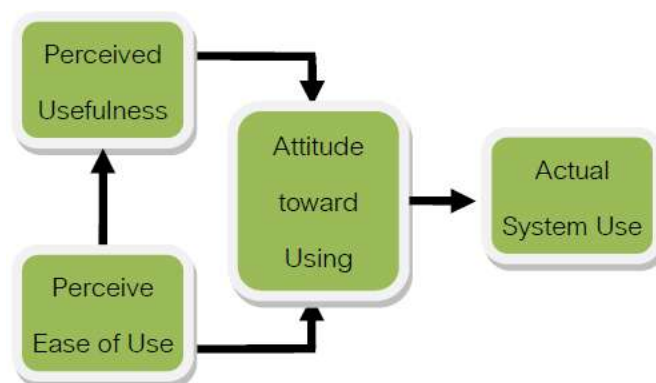
รูปที่ 1: แบบจำลองระบบ ERP อย่างง่าย

ที่มา : <http://www.bloorresearch.com/analysis/erp-what-does-it-mean-to-us-today>

2) แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model : TAM)

งานวิจัยเกี่ยวกับระบบสารสนเทศ (Information system) ในระดับนานาชาติได้ให้ความสำคัญกับ ทฤษฎีการยอมรับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ในการอธิบายวิธีการและเหตุผลของการยอมรับการใช้ เทคโนโลยีสารสนเทศใหม่ของแต่ละบุคคลหรือองค์กร โดยได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน หนึ่งใน แบบจำลองที่ได้รับความนิยม คือ แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (A technology acceptance model หรือ TAM) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่เป็นตัวชี้วัดความสำเร็จของการใช้เทคโนโลยี ถูกนำเสนอโดย Davis (สิงหะ ฉวีสุข และสุนันทา วงศ์จตุรภัทร, 2555)

หลักการของ TAM เป็นการศึกษปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจแสดงพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยี สารสนเทศ ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยหลัก คือ การรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived usefulness หรือ PU) การรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน (Perceived ease of Use หรือ PEOU) และทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน (Attitude toward using) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของพฤติกรรมการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งแสดง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2: แบบจำลองต้นฉบับของ TAM (สิงหะ ฉวีสุข และสุนันทา วงศ์จตุรภัทร, 2555)

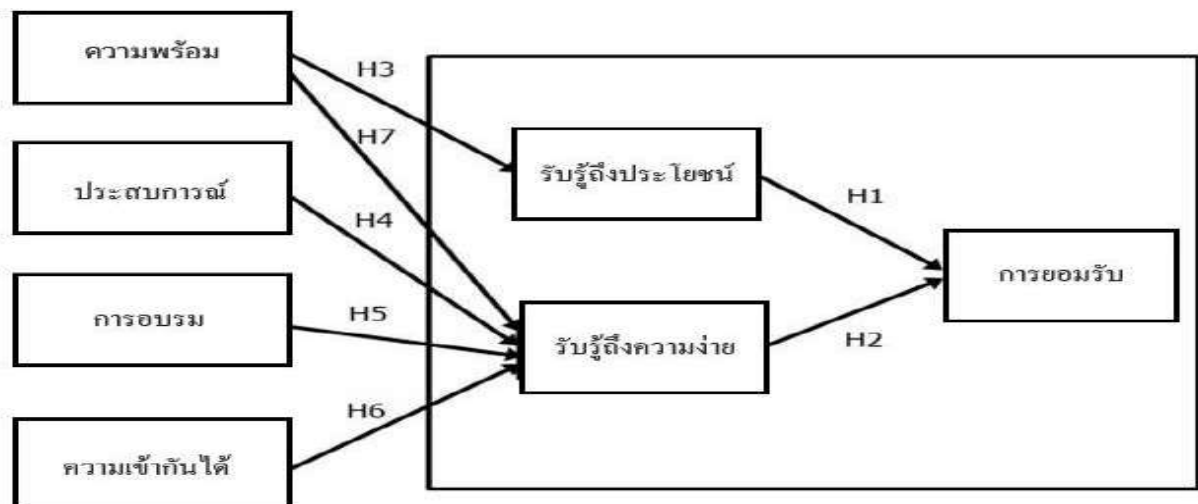
## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยี SAP B1
2. เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ในรูปแบบของการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research)

1. ประชากร คือ ผู้ที่มีประสบการณ์การใช้งานระบบ SAP B1 ซึ่งอยู่ในองค์กรที่เป็นลูกค้าของบริษัท ศาลาแดง จำนวน 125 คน
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ลักษณะของเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้เป็นแบบสอบถามจำนวน 1 ชุด โดยกำหนดระดับพฤติกรรมออกเป็น 5 ระดับ การหาคุณภาพเครื่องมือเมื่อสร้างเสร็จแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาปรับปรุงแก้ไข แล้วนำแบบสอบถามไปหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยวิธีของครอนบาค (Cronbach's Alpha) พบว่าข้อคำถามทั้งฉบับเท่ากับ 0.97 สอดคล้องกับเกณฑ์คุณภาพของเครื่องมือ
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลจากผู้ใช้ระบบที่อยู่ในองค์กรที่เป็นลูกค้าของบริษัท ศาลาแดง จำกัด จำนวน 7 บริษัท หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกแบบสอบถามที่มีความสมบูรณ์ได้จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 125 ชุด ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป
4. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยี โดยมีกรอบแนวคิด ดังรูปที่ 3 ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์เทคนิคสมการโครงสร้างเพื่อหาเส้นทางอิทธิพลเชิงสาเหตุของตัวแปร หาขนาดอิทธิพลว่ามีมากน้อยเพียงใด และมีทิศทางแบบใด จากแนวคิดและทฤษฎีที่ผู้วิจัยใช้อย่างอิงโดยมีการทดสอบความกลมกลืนระหว่างโมเดลสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยพิจารณาจากค่าสถิติได้แก่ Chi-square p-value ( $<0.05$ ) CMIN/DF ( $<2$ ) GFI ( $\geq 0.90$ ) AGFI ( $\geq 0.90$ ) และ RMAEA ( $<0.05$ ) ซึ่งสอดคล้องตามทฤษฎีสถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย (กรีซ แรงสูงเนิน, 2554)

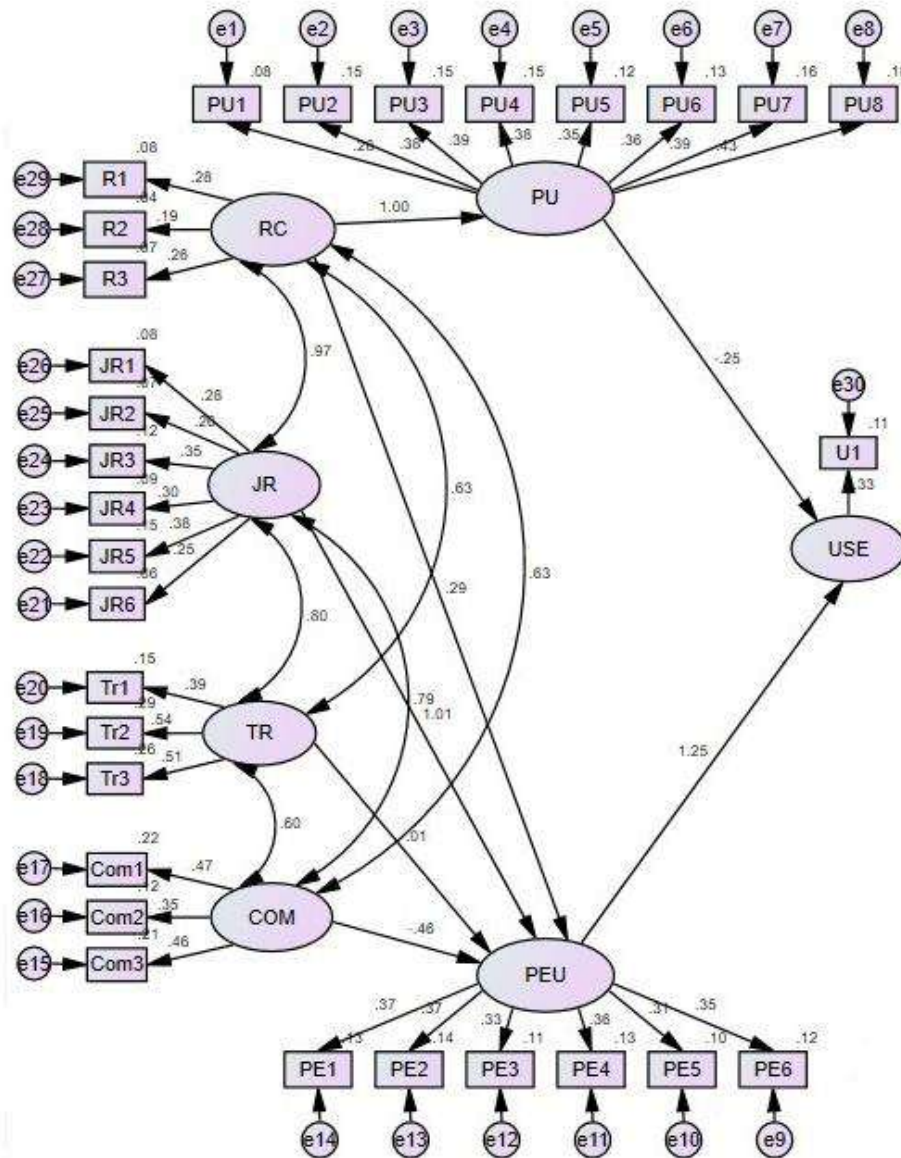


รูปที่ 3 : กรอบแนวคิดทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี SAP B1 (ศศิพร เหมือนศรีชัย, 2554)

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่าเป็นเพศหญิงถึงร้อยละ 76.8 มีอายุอยู่ในช่วง 21-30 ปีกว่าร้อยละ 60 ระดับการศึกษาสูงสุดคือปริญญาตรีร้อยละ 82.4 ตำแหน่งงานค่อนข้างกระจาย ไม่ว่าจะเป็นฝ่ายผลิต Sale การเงิน บัญชี และอื่นๆ ประสบการณ์ในการทำงานสูงสุดที่ 1-5 ปี กว่าร้อยละ 40 และมีประสบการณ์การใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูปด้าน ERP ด้าน SAP สูงถึงร้อยละ 40.76

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เทคนิคสมการโครงสร้างเพื่อหาเส้นทางอิทธิพลเชิงสาเหตุของตัวแปรพบว่าแบบจำลองเชิงสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ผลการตรวจสอบค่าสถิติ Chi-Square มีค่าเท่ากับ 447.94 องศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 394 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (GFI) เท่ากับ 0.95 ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.94 ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 0.95 ค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ 0.03 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ 0.02 สรุปได้ว่าโมเดลมีความสอดคล้องและกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์เป็นอย่างดี



รูปที่ 4 : ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องและความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์

**ตารางที่ 1 :** ตารางค่าอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อมปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยี SAP B1

ตัวแปรภายนอก	ตัวแปรภายใน									หมายเหตุ
	การรับรู้ถึงความง่ายต่อการใช้งาน (PEU)			การรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (PU)			USE (การยอมรับ SAP B1)			
	อิทธิพลทางตรง	อิทธิพลทางอ้อม	ผลรวม	อิทธิพลทางตรง	อิทธิพลทางอ้อม	ผลรวม	อิทธิพลทางตรง	อิทธิพลทางอ้อม	ผลรวม	
การรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (PU)	-	-	-	-	-	-	0.25**	-	0.25	ผ่านเกณฑ์
การรับรู้ถึงความง่ายต่อการใช้งาน (PEU)	-	-	-	-	-	-	1.25**	-	1.25	ผ่านเกณฑ์
ลักษณะการเกี่ยวข้องของงานและประสบการณ์ (JR)	1.01**	-	1.01	-	-	-	-	1.26*	1.26	ผ่านเกณฑ์
ความเข้ากันได้ของระบบ (Com)	0.48**	-	0.48	-	-	-	-	0.57*	0.57	ผ่านเกณฑ์
การอบรม (Tr)	0.01**	-	0.01	-	-	-	-	0.01*	0.01	ผ่านเกณฑ์
ความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลง (RC)	0.29**	-	0.29	1.00*	-	1.00	-	0.36*	0.36	ผ่านเกณฑ์

**ตารางที่ 2 :** สรุปผลการทดสอบสมมติฐานย่อยที่ 1-7

สมมติฐานการวิจัย	ผลการทดสอบสมมติฐาน
H1 : การรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพฤติกรรมการยอมรับ SAP B1	ยอมรับ
H2 : การรับรู้ถึงความง่ายต่อการใช้งานมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพฤติกรรมการยอมรับ SAP B1	ยอมรับ
H3 : ความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับจาก SAP B1	ยอมรับ
H4 : ลักษณะการเกี่ยวข้องกังานและประสบการณ์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการรับรู้ถึงความง่ายต่อการใช้งาน SAP B1	ยอมรับ
H5 : การฝึกอบรมมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการรับรู้ถึงความง่ายต่อการใช้งาน SAP B1	ยอมรับ
H6 : ความเข้ากันได้ของระบบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการรับรู้ถึงความง่ายต่อการใช้งาน SAP B1	ยอมรับ
H7 : ความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการรับรู้ถึงความง่ายต่อการใช้งาน SAP B1	ยอมรับ

## สรุป

จากผลการวิจัยพบว่า การรับรู้ถึงความง่ายต่อการใช้งานมีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยี SAP B1 มากที่สุด เพราะระบบมีขั้นตอนการทำงานชัดเจนและเข้าใจง่าย ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดของระบบได้ด้วยตัวเอง ช่วยให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น และสามารถทำงานได้ดีกว่าระบบเดิมที่เคยใช้ และนอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเทคโนโลยีใหม่ที่น่าสนใจนำมาใช้ในองค์กรมีความเกี่ยวข้องกับงานและประสบการณ์โดยตรงของผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานจะเกิดความรู้สึกคุ้นเคยกับโปรแกรม เกิดการเรียนรู้การใช้งานโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว และรู้สึกว่าโปรแกรมช่วยสนับสนุนงานที่ทำอยู่ในปัจจุบัน ช่วยให้ใช้ความสามารถที่มีได้อย่างเต็มที่จนประสบความสำเร็จในการทำงานมากยิ่งขึ้น และรับรู้ถึงความง่ายต่อการใช้งานเทคโนโลยีนั้น ๆ ซึ่งจะส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีในที่สุด

ดังนั้น เมื่อองค์กรมีนโยบายที่จะนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาใช้ในองค์กรองค์กรควรมีการประชุมปรึกษาให้พนักงานได้มีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นในการเลือกเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ให้มีความสอดคล้องกับลักษณะงานที่ทำอยู่ในปัจจุบันซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานเห็นว่าเทคโนโลยีใหม่ที่น่าสนใจในองค์กรนั้นไม่ได้มีความยุ่งยากซับซ้อน มีลักษณะการใช้งานใกล้เคียงกับระบบงานเดิม หรือถ้าองค์กรมีการรับพนักงานเข้ามาใหม่ก็ควรเลือกรับสมัครผู้ที่เคยมีประสบการณ์ในการใช้งานโปรแกรม ERP ที่ใกล้เคียงกับ SAP B1 มาก่อนด้วย เพื่อให้ลดเวลาในการสอนงานและเกิดความต่อเนื่องในการทำงานอีกด้วย

จากการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยี SAP B1 ทำให้เห็นว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยี SAP B1 น้อยที่สุดคือการอบรม ซึ่งการอบรมการใช้งานโปรแกรมใหม่ ๆ ที่นำมาใช้ในองค์กรถือเป็นสิ่งสำคัญอันดับต้น ๆ ของการเริ่มใช้งานเทคโนโลยีใหม่ ซึ่งการอบรมพนักงานจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อพนักงานได้รับการอบรมจนครบหลักสูตรตามเวลาที่กำหนด แต่ในกรณีนี้อาจเป็นเพราะพนักงานเรียนรู้การใช้งานโปรแกรม SAP B1 มาจากการทำงานจริง ดังนั้นทางองค์กรจึงควรมีการวางแผนเตรียมรับมือสำหรับพนักงานที่ต้องเรียนรู้การใช้งานโปรแกรมจากการทำงานจริง โดยการทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมเบื้องต้น การทำสื่อการสอนขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม ทำคู่มือ FAQ เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และประสบความสำเร็จในการใช้งานโปรแกรมปฏิบัติงานภายในองค์กรได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด

## เอกสารอ้างอิง

- กริช แรงสูงเนิน. (2554). *การวิเคราะห์ปัจจัยด้วย SPSS และ AMOS เพื่อการวิจัย*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ภัสสิทธิ์ ชินภัทรจิรัสย์. (2554). ปัจจัยสำคัญของความล้มเหลวในการนำระบบ ERP มาใช้ในองค์กร. *วารสารสารสนเทศศาสตร์*. 29(1). 67-74.
- ศศิพร เหมือนศรีชัย. (2554). ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับ ERP Software ของผู้ใช้งานด้านบัญชี. *วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*. กรุงเทพฯ.
- ศิจจุฬา ปอน้อง. (2555). *ความรู้และทัศนคติต่อการใช้งานระบบการวางแผนทรัพยากรองค์กรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*. บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- สิงหะ ฉวีสุข และสุนันทา วงศ์จตุรภัทร. (2555). ทฤษฎีการยอมรับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ. *KMITL Information Technology Journal*, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. สืบค้นจาก <http://journal.it.kmitl.ac.th>

## การปรับปรุงกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนภายในตัวถังรถยนต์

### PROCESS IMPROVEMENT FOR MOVING PART BOXES INSIDE THE VEHICLE BODY

จตุชาติพิทย์ ลีลาธนาพิพัฒน์<sup>1</sup>, ณัฐดนัย มะโน<sup>2</sup>  
Jutathip Leelathanapipat<sup>1</sup>, Nutdanai Mano<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

<sup>1,2</sup>Department of Industrial Engineering, Panyapiwat Institute of Management

\*Corresponding author, E-mail: Jutathip-lee@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนภายในตัวถังรถยนต์ กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์ จากการรวบรวมข้อมูลเวลาการทำงาน พบว่ามีระยะทางและเวลาในการขนส่งกล่องขึ้นส่วนมากเกินไป ส่งผลให้กระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนล่าช้า ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการทำงานด้วยแผนภาพแสดงการทำงาน (Flow Process Chart) และใช้เทคนิค why-why analysis สำหรับการวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุของปัญหา อีกทั้งใช้หลักการ ECRS และ KAIZEN ในการปรับปรุงแก้ไขปัญหา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความสูญเปล่าของกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนภายในตัวถังรถยนต์

ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้หลัก ECRS ในการปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน และใช้หลัก KAIZEN เพื่อการปรับปรุงพื้นที่การทำงาน รวมทั้งปรับปรุงรถเข็นคัดแยกกล่องขึ้นส่วน พบว่าสามารถลดความสูญเปล่าของกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนได้ ส่งผลให้ขั้นตอนการทำงานในกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนจากเดิม 71 ขั้นตอน ลดลงเหลือ 65 ขั้นตอน เวลาการทำงานจากเดิม 7,821 วินาที ลดลงเหลือ 6,623 วินาที ระยะทางการทำงานจากเดิม 1,135 เมตร ลดลงเหลือ 990 เมตร และสามารถลดจำนวนพนักงานในกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนภายในตัวถังรถยนต์จากเดิม 10 คน ลดลงเหลือ 6 คน คิดเป็นมูลค่าต้นทุนแรงงาน 350,000 บาทต่อปี

**คำสำคัญ :** การลดความสูญเปล่า การปรับปรุงกระบวนการทำงาน การปรับปรุงพื้นที่การทำงาน

#### ABSTRACT

This research aims to reduce the waste in the process of moving part boxes inside the vehicle body using case study of automotive assemble plant. Found that the operators were wasted due to transportation and waiting in process too much. The impact of unloading part boxes process was delayed. Researcher had studied the workflow by flow process chart and analyzed the cause of problem by why-why analysis for choosing work procedures which causing the waste in the process and improved by using ECRS and KAIZEN to increased efficiency and reduced waste of unloading part boxes process

The results of process improvement had been decreased work procedures from 71 steps to 65 steps. The time of working from 7,821 seconds to 6,623 seconds. The distance of

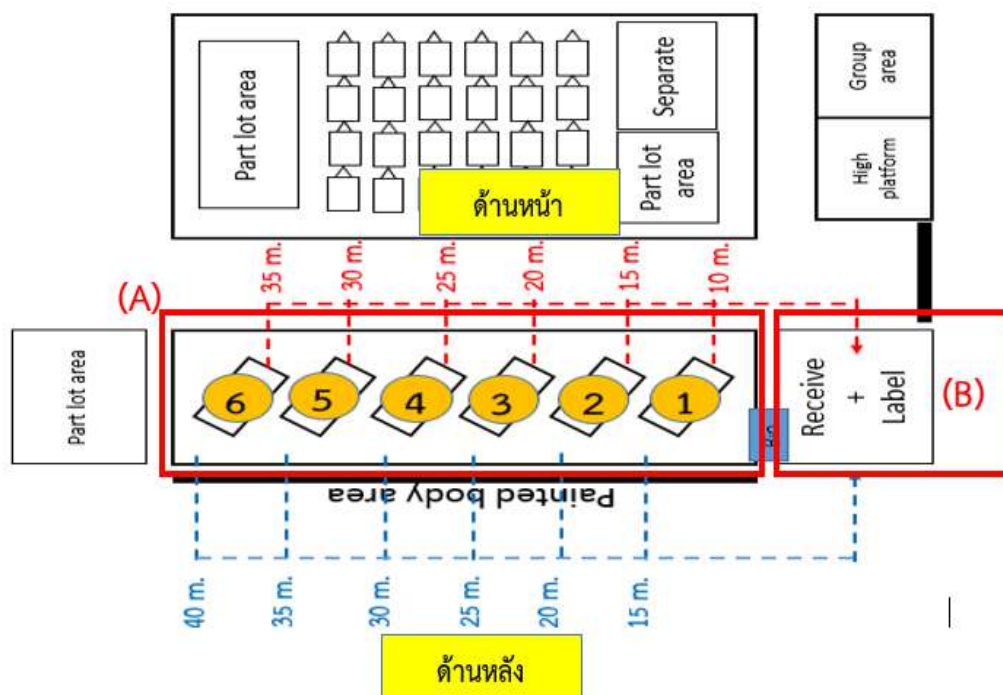


working from 1,135 meters to 990 meters and the operators form 10 persons to 6 persons or 350,000 baht per year.

**Keywords:** Waste reduction, Process improvement, and Working area improvement

## บทนำ

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานที่ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการประกอบรถยนต์ โดยโรงงานกรณีศึกษามุ่งเน้นที่จะปรับปรุงกระบวนการทำงานในแต่ละพื้นที่ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น เพื่อนำไปสู่การลดต้นทุนของกระบวนการขนถ่ายกล่องชิ้นส่วน ซึ่งปัญหาในการขนถ่ายกล่องชิ้นส่วนจะประกอบไปด้วยปัญหาย่อยอีก 2 ปัญหา คือ จุดขนถ่ายกล่องชิ้นส่วน (A) และจุดคัดแยกกล่องชิ้นส่วน (B) ดังรูปที่ 1 ผู้วิจัยจึงขออธิบายถึงจุดขนถ่ายกล่องชิ้นส่วนเป็นปัญหาอันดับที่หนึ่ง และปัญหาจุดคัดแยกกล่องชิ้นส่วนเป็นปัญหาอันดับสอง ตามลำดับ



รูปที่ 1: พื้นที่กระบวนการขนถ่ายกล่องชิ้นส่วนออกจากตัวถังรถยนต์

ปัญหาจุดขนถ่ายกล่องชิ้นส่วน (A) จากการศึกษาค้นคว้า พบว่า กระบวนการขนถ่ายกล่องชิ้นส่วนประสบปัญหาพนักงานมีลักษณะการทำงานที่มีการเคลื่อนที่มากเกินไป ส่งผลให้เกิดความสูญเปล่าในกระบวนการขนถ่ายชิ้นส่วนขึ้น เนื่องจากจุดการทำงานระหว่างกระบวนการขนถ่ายกล่องชิ้นส่วนภายในตัวถังรถยนต์มีทั้งหมด 2 จุด คือ จุดขนถ่ายกล่องชิ้นส่วน และจุดคัดแยกกล่องชิ้นส่วนมีระยะทางที่ค่อนข้างไกลกัน ซึ่งตำแหน่งของจุดขนถ่ายกล่องชิ้นส่วนมีทั้งหมด 12 ตำแหน่ง แบ่งเป็นจุดขนถ่ายกล่องชิ้นส่วนด้านหน้าและด้านหลัง คือ การขนถ่ายกล่องชิ้นส่วนจากด้านหน้า 6 ตำแหน่ง โดยมีระยะทางไปและกลับทั้งหมด 425 เมตร และการขนถ่ายกล่องชิ้นส่วนจากด้านหลัง 6 ตำแหน่ง มีระยะทางไปและกลับทั้งหมด 510 เมตร ซึ่งกำลังการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาอยู่ที่ 6 หน่วยต่อชั่วโมง และทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้น พนักงานจะมีระยะทางในการเคลื่อนที่เฉพาะส่วนของการขนถ่ายกล่องชิ้นส่วนไปยังจุดคัดแยก 3,740 เมตรต่อวัน

ปัญหาอันดับที่สอง คือ จุดคัดแยกกล่องชิ้นส่วน (B) พบว่า ในขั้นตอนของการติด label ใช้เวลาการทำงานมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดเตรียม label ใช้เวลาการทำงานถึง 2,302 วินาที หรือคิดเป็นร้อยละ

64.8 ของกระบวนการคัดแยกกล่องขึ้นส่วน อีกทั้งยังมีระยะทางเพื่อทำการจัดเตรียมรวมไปและกลับทั้งหมด 200 เมตร ส่งผลให้เวลาการทำงานของกระบวนการนี้สูญเสียไปการเคลื่อนที่ ซึ่งทางผู้วิจัยเล็งเห็นว่า เป็นการเคลื่อนที่ที่ไม่เกิดคุณค่า (Non-value added)

ดังนั้น จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาให้มีประสิทธิภาพ โดยนำเสนอแนวทางการแก้ไขในรูปแบบของการจัดแผนผังการทำงานใหม่ของโรงงาน วิทยาลัยฯ เพื่อให้การเคลื่อนที่ของพนักงานเกิดความสูญเสียเวลาน้อยที่สุดใน และลดขั้นตอน เวลา ระยะทาง ต้นทุนต่างๆ ที่ไม่จำเป็นในกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน

### ทบทวนวรรณกรรม

ธัญพร (2551) ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานโดยการวางผังกระบวนการผลิตและการจัดการคลังสินค้า โดยเริ่มจากการลดปริมาณสินค้ารอซ่อม/เปลี่ยนเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการผลิตและปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตหลังจากนั้นวางผัง layout กระบวนการผลิตใหม่ เน้นให้เกิดความคล่องตัวและความต่อเนื่องในการเคลื่อนย้ายจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งและให้มีความต่อเนื่องในการผลิตและวางแผนการจัดเก็บวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูป ปรับให้มีการจัดเก็บวัตถุดิบให้มิดชิดเพื่อไม่ให้เสี่ยงต่อการชำรุดเสียหายก่อนผลิต และเพื่อให้สะดวกนำวัตถุดิบนั้นๆ มาผลิต จากการศึกษาพบว่า โรงงานควรจ้าง พนักงานชั่วคราว 2 คน เข้ามาดำเนินการซ่อม/เปลี่ยนสินค้าเพื่อขยายพื้นที่ในการผลิตและโรงงานควรปรับ จำนวนพนักงานให้เหมาะสมกับปริมาณงานพร้อมทั้งกำหนดมาตรฐานระยะเวลาในการผลิตเพื่อให้พนักงาน ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ พร้อมกันนี้ได้ปรับปรุงผังกระบวนการการผลิตขึ้นใหม่เพื่อลดเวลาการเคลื่อนที่ที่เพิ่มเติมไปด้วยสินค้ารอซ่อม/เปลี่ยนและปรับให้ผังกระบวนการผลิตให้มีความต่อเนื่อง และมีพื้นที่จัดเก็บทั้ง วัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปอย่างเป็นสัดส่วนด้วย

กัญญา (2552) ได้ทำการศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ไม้ ซึ่งมีปัญหาด้านความคล่องตัวของกระบวนการผลิต เนื่องจากเครื่องจักรถูกจัดวางแบบไม่ต่อเนื่องและระยะทางระหว่างเครื่องจักรแต่ละเครื่องนั้นอยู่ไกลกัน ทำให้ขาดความไม่ต่อเนื่องในการผลิต ผู้วิจัยได้นำเทคนิคแผนภาพแสดงการทำงาน (Flow Process Chart) มาใช้ทำการศึกษาการทำงานตั้งแต่วัตถุดิบเข้ามาในโรงงานจนกระทั่งทำสำเร็จเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมที่จะทำการจัดส่งภายหลัง การปรับปรุงสามารถสรุประยะทาง ระยะเวลาและขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้ (1) ขั้นตอนไม่เข้ามาในโรงงาน เวลาลดลงจากเดิม 8.50 ชั่วโมง เหลือ 7 ชั่วโมง เวลาลดลงทั้งสิ้น 1.50 ชั่วโมง หรือลดลง 17.65% (2) ขั้นตอนการแปรรูปท่อนไม้ ระยะทางลดลงจากเดิม 330.5 เมตร เหลือ 141.5 เมตร ระยะทางลดลงทั้งสิ้น 189 เมตร หรือลดลง 57.19% เวลาลดลงจากเดิม 25 นาที เหลือ 17 นาที เวลาลดลงทั้งสิ้น 8 นาที หรือลดลง 32% และขั้นตอนการทำงานลดลงจากเดิม 34 ขั้นตอน เหลือ 31 ขั้นตอน ลดลงทั้งสิ้น 3 ขั้นตอน หรือลดลง 8.82% (3) ขั้นตอนนำไม้เข้าอบ เวลาลดลงจากเดิม 28 นาที เหลือ 22 นาที เวลาลดลงทั้งสิ้น 6 นาที หรือลดลง 21.42% และขั้นตอนการทำงานลดลงจากเดิม 9 ขั้นตอน เหลือ 7 ขั้นตอน ขั้นตอนลดลงทั้งสิ้น 2 ขั้นตอน หรือลดลง 22.22% (4) ขั้นตอนขึ้นรูปชิ้นงาน ระยะทางลดลงจากเดิม 209.1 เมตร เหลือ 161.6 เมตร ระยะทางลดลงทั้งสิ้น 47.5 เมตร หรือลดลง 22.72% เวลาลดลงจากเดิม 33 นาที เหลือ 29 นาที เวลาลดลงทั้งสิ้น 4 นาที หรือลดลง 12.12% และขั้นตอนการทำงานลดลงจากเดิม 47 ขั้นตอน เหลือ 42 ขั้นตอน ขั้นตอนลดลงทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน หรือลดลง 10.64% สรุปค่าเฉลี่ยที่ (1) ถึงขั้นตอนที่ (4) ระยะทางลดลงทั้งสิ้น 39.96% เวลาลดลงทั้งสิ้น 20.8% และขั้นตอนลดลงทั้งสิ้น 13.89% โรงงานสามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึง 1,075 มัด คิดเป็น 408,500 บาทต่อเดือน และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานได้ถึง 12,000 บาทในแต่ละเดือน

เลิศพงษ์ และ ฤกษ์วัลย์ (2555) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงแผนผังของบริษัทตัวอย่างซึ่งเป็นบริษัทให้บริการเช่าพื้นที่จอดฝากเก็บรถยนต์และประกอบอุปกรณ์ตกแต่งรถยนต์ ให้มีการไหลของวัสดุในกระบวนการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จากการศึกษาแผนผังของบริษัทตัวอย่างพบว่า มีสภาพและเส้นทางการไหลของวัสดุที่ขาดประสิทธิภาพ ส่งผลให้ ระยะทางการเคลื่อนที่ของวัสดุระหว่างหน่วยงานไกล ต้นทุนการขนถ่ายสูง และมีจุดตัดของเส้นทางการไหลจำนวนมาก ทำให้โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุสูงขึ้น การศึกษานี้ได้ดำเนินการโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การวิเคราะห์การไหลของวัสดุ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม การวิเคราะห์หาพื้นที่ที่ต้องการ และการประเมินผลโดยใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบร่วมกับเจ้าหน้าที่ของบริษัท การศึกษาจะเน้นในส่วนการวางผังโรงงาน ตามแผนงานและการวางผังโรงงานอย่างละเอียดในบางส่วน ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่าผังของบริษัทตัวอย่างที่ได้ปรับปรุง สามารถลดระยะทางที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุระหว่างหน่วยงานรวมจาก 5,448 เมตร เหลือ 4,309 เมตร คิดเป็นสัดส่วนที่ลดลงเทียบเท่ากับระยะทางเดิม 20.91% จำนวนจุดตัดของเส้นทางการไหลลดลงจาก 24 จุดเหลือ 10 จุด คิดเป็นสัดส่วนที่ลดลง 58.33% และสามารถขจัดคาร์ไหลย้อนกลับในกระบวนการผลิตจาก 8 จุดเหลือ 0 จุด

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อลดขั้นตอนของกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนโดยใช้หลักการ ECRS
2. เพื่อลดระยะทางเคลื่อนที่ของกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนภายในตัวถังรถยนต์
3. เพื่อลดต้นทุนด้านแรงงานได้

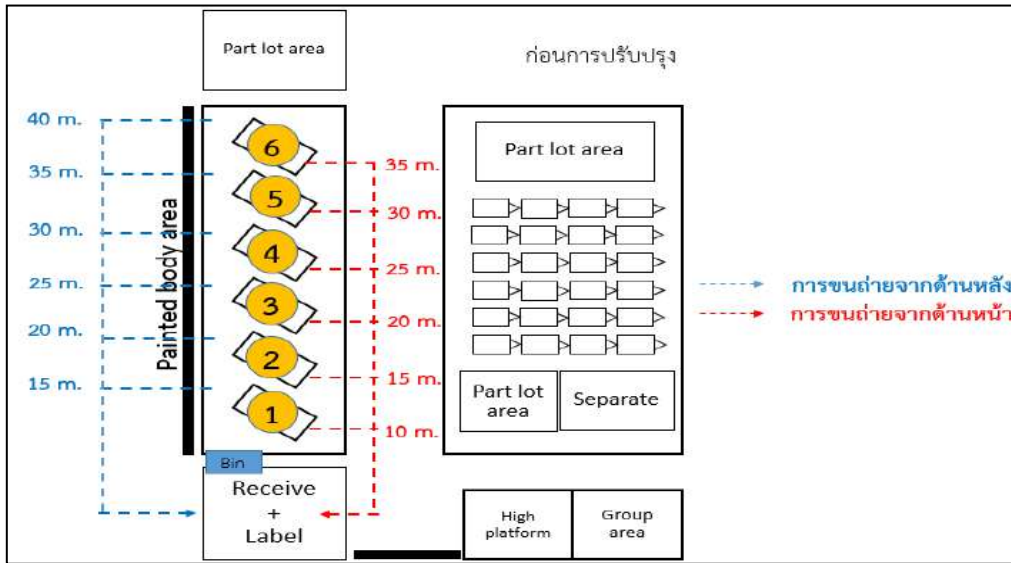
### วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสภาพปัจจุบันของกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนภายในตัวถังรถยนต์ ตั้งแต่จุดขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนจนถึงจุดคัดแยกกล่องขึ้นส่วนเพื่อส่งเข้าสู่สายการผลิต โดยสามารถแบ่งกระบวนการทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ กระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้านหน้า กระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้านหลัง และกระบวนการคัดแยกกล่องขึ้นส่วน โดยสารสรุปข้อมูลขั้นตอน เวลา ระยะทาง จำนวนพนักงาน ของกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนภายในตัวถังรถยนต์ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน

ลักษณะการทำงาน	จำนวนพนักงาน (คน)	ขั้นตอนการทำงาน	เวลาการทำงาน (วินาที)	ระยะทางการทำงาน (เมตร)
ขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้านบน	6	71	2,207	425
ขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้านล่าง		65	2,062	510
จุดคัดแยก	4	8	3,552	200
รวม	10	144	7,821	1,135

2. ศึกษารูปแบบการเคลื่อนที่ของพนักงานในกระบวนการขนถ่ายและคัดแยกกล่องขึ้นส่วน



รูปที่ 2: แสดงรูปการเคลื่อนที่ของพนักงาน

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ระยะทางเมื่อเปลี่ยนจุดขนถ่าย พนักงานจะมีการเคลื่อนที่เป็นระยะทางที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 5 เมตร จากการคำนวณระยะทางการเคลื่อนที่ของพนักงาน ในกำลังการผลิต 6 หน่วยต่อชั่วโมง และ 1 วัน ทำงาน 8 ชั่วโมง เมื่อมีการขนถ่ายจะมีระยะทางการเคลื่อนที่ทั้งหมดโดยแบ่งแยกเป็นการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนจากด้านหน้า มีระยะทางไปและกลับทั้งหมด 425 เมตร หรือ 1,700 เมตรต่อวัน และ การขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนจากด้านหลัง มีระยะทางไปและกลับทั้งหมด 510 เมตร หรือ 2,040 เมตรต่อวัน ดังนั้น ระยะทางในการทำงาน เท่ากับ 3,740 เมตรต่อวัน ซึ่งเป็นความสูญเสียเปล่าในกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนที่สูญเสียไปกับการเคลื่อนที่ หรือความสูญเสียจากการขนส่ง (Transportation Waste)

3. วิเคราะห์ข้อมูลและปัญหาด้วยหลักการของ ECRS และ ความสูญเสีย 7 ประการ โดยจะทำการวิเคราะห์ตั้งแต่จุดขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนจนถึงจุดคัดแยกกล่องขึ้นส่วน มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การวิเคราะห์โดยใช้หลักการ ECRS จุดขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน

ตารางที่ 2: แสดงการวิเคราะห์โดยใช้หลักการ ECRS ในขั้นตอนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้านหน้า

งาน	การปรับปรุง	E	C	R	S
1) ปลดผ้าคลุมตัวถังรถยนต์และตัดสาย Cable tire					
2) ปรับระดับรถเข็นช่วยยกให้อยู่ในตำแหน่งยก					
3) เคลื่อนรถเข็นช่วยยกไปยังจุดคัดแยก					
4) ทำการเปิดประตูถังรถยนต์ โดยใช้ Jig ค้ำยัน					
5) ลากรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วนมาจอด	ได้	√			
6) ทำการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน					
7) ยกกล่องขึ้นส่วนลงไว้ในรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วน	ได้	√			
8) นำพาเลทไม้และขยะออกจากตัวถังรถยนต์					

งาน	การปรับปรุง	E	C	R	S
9) ปรับระดับรถเข็นช่วยยกให้อยู่ในตำแหน่งปกติ					
10) ถี้อคประตูด้วยสาย Belt					
11) ย้ายรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วนไปยังจุดคัดแยก	ได้	√			
12) เดินกลับไปยังจุดขนถ่ายต่อไป					

ตารางที่ 3: แสดงการวิเคราะห์โดยใช้หลักการ ECRS ในขั้นตอนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้านหลัง

งาน	การปรับปรุง	E	C	R	S
1) ปลดผ้าคลุมตัวถังรถยนต์และตัดสาย Cable tire					
2) เคลื่อนรถเข็นช่วยยกไปยังจุดขนถ่าย					
3) ทำการเปิดประตูถังรถยนต์					
4) ลากรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วนมาจอด	ได้	√			
5) ดันแผ่น Roller เข้าในตัวถังรถยนต์					
6) ทำการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน					
7) ยกกล่องขึ้นส่วนลงไว้ในรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วน	ได้	√			
8) นำพาเลทไม้และขยะออกจากตัวถังรถยนต์					
9) ปิดประตู					
10) ย้ายรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วนไปยังจุดคัดแยก	ได้	√			
11) เดินกลับไปยังจุดคัดแยกต่อไป					

ตารางที่ 2 และ 3 จากการวิเคราะห์ขั้นตอนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้านหน้าและด้านหลังพบว่าเมื่อทำการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนมายังรถเข็นช่วยยกแล้ว จะต้องมีการถ่ายซ้ำอีกครั้งลงบนรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วน และส่งต่อไปยังจุดขนถ่ายซึ่งมีระยะทางไกลขึ้นเรื่อยๆ ทำให้พนักงานสูญเสียเวลาไปกับ การเคลื่อนที่ไม่จำเป็น จึงนำไปสู่การวิเคราะห์โดยใช้ why-why analysis ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4: การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดย why-why analysis

	คำถาม	คำตอบ
Why 1	ทำไมต้องยกกล่องขึ้นส่วนลงรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วนอีกครั้ง	เพราะเป็นมาตรฐานการทำงานที่กำหนดไว้ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนรูปแบบการทำงาน
Why 2	ทำไมมาตรฐานการทำงานถึงไม่มีการปรับปรุงให้เหมาะสมกับหน้างานปัจจุบัน	เพราะไม่มีคนมาดำเนินการปรับปรุง และ ระยะทางจุดขนถ่ายกับจุดคัดแยกค่อนข้างไกล หากจะให้ลากรถเข็นช่วยขนถ่ายไปนั้นค่อนข้างลำบาก
Why 3	ทำไมถึงมีระยะทางระหว่างกระบวนการทำงานไกล	เพราะมีการออกแบบผังการทำงานที่ไม่เหมาะสม

จากการใช้เทคนิคการตั้งคำถาม why-why analysis ข้างต้น พบว่าความสูญเปล่าจากขั้นตอนการยกในกระบวนการขนถ่ายชิ้นส่วน ซึ่งเกิดจากการไม่มีการปรับปรุงมาตรฐานการทำงาน ตลอดจนการออกแบบแผนผังการทำงานไม่เหมาะสม

### 3.2 การวิเคราะห์โดยใช้หลักการ ECRS จุดคัดแยกกล่องชิ้นส่วน

ตารางที่ 5: แสดงการวิเคราะห์โดยใช้หลักการ ECRS ขั้นตอนการคัดแยกกล่องชิ้นส่วน

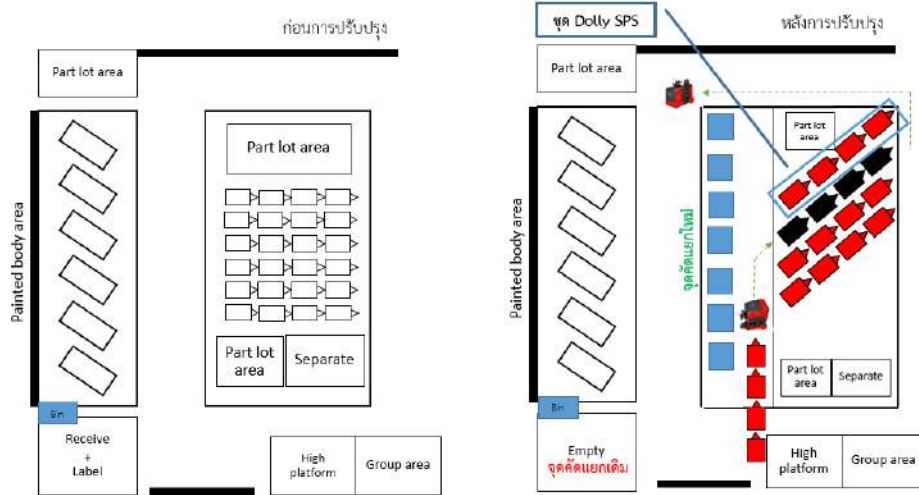
งาน	การปรับปรุง	E	C	R	S
1) ทำการรับกล่องชิ้นส่วนและทำการตรวจสอบ					
2) เดินไปยังจุดจัดเตรียมจัด label	ได้	√			
3) รอรายการจาก แพนคอลลิ่งสินค้า	ได้	√			
4) ปรีน label	ได้	√			
5) เดินกลับมายังจุดคัดแยก	ได้	√			
6) ทำการตัดเพื่อแยกแผ่น label	ได้	√			
7) ทำการติด label	ได้	√			
8) คัดแยกกล่องชิ้นส่วนตามจุด	ได้		√		

ตารางที่ 5 จากการวิเคราะห์โดยใช้หลักการ ECRS ในส่วนของกระบวนการคัดแยกชิ้นส่วน สามารถสรุปได้อยู่ 2 เรื่อง คือ

3.2.1 การติด label จากการวิเคราะห์โดยใช้หลักการ ECRS พบว่า กล่องชิ้นส่วนที่ส่งมาจากบริษัทต้นสังกัด มี label ระบุรายละเอียดของกล่องชิ้นส่วนนั้นๆอยู่แล้ว แต่เหตุผลที่ทางโรงงานกรณีศึกษาทำการติด label ซ้ำ เพื่อเป็นการระบุตำแหน่งในการขนส่งไปยังสายการผลิต ซึ่งเป็นข้อมูลที่บริษัทต้นสังกัดไม่ได้ระบุมาตั้งแต่แรก จึงทำให้ทางโรงงานกรณีศึกษาสูญเสียเวลาไปกับการติด label ค่อนข้างมาก จึงเป็นเหตุผลในการกำจัด (Eliminate) ขั้นตอนการติด label

3.2.2 การคัดแยกกล่องชิ้นส่วนตามจุด จากการวิเคราะห์โดยใช้หลักการ ECRS พบว่า ขั้นตอนการคัดแยกมีเวลาในการรอคอยงานจากการติด label ทำให้เกิดเวลาสูญเปล่า อีกทั้งในขั้นตอนการคัดแยกกล่องชิ้นส่วน ทางผู้วิจัยเล็งเห็นว่า ควรใช้พนักงานร่วมกับกลุ่มงานของการขนถ่ายกล่องชิ้นส่วนได้ เนื่องจากในกลุ่มงานการขนถ่ายกล่องชิ้นส่วน มีจำนวนพนักงาน 6 คน ซึ่งคาดว่าจะเพียงพอหากเพิ่มขั้นตอนการคัดแยกกล่องชิ้นส่วนเข้าไป จึงเป็นเหตุผลในการรวมขั้นตอนเข้าด้วยกัน (Combine)

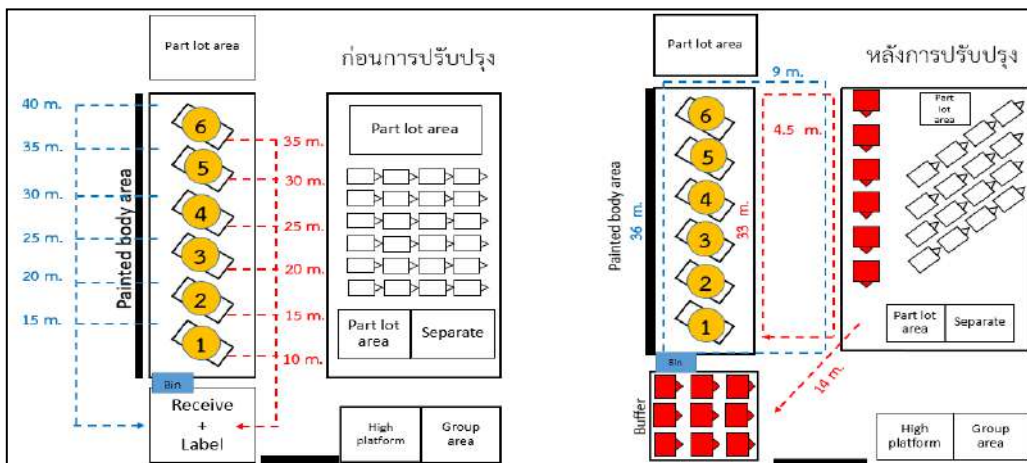
4. การกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหา ทดลอง และติดตามผลการปรับปรุง เริ่มจากการปรับปรุงจุดคัดแยกกล่องชิ้นส่วน โดยการปรับปรุงพื้นที่การทำงานเพื่อย้ายจุดคัดแยกชิ้นส่วน โดยปรับการจอดชุด Dolly SPS จากเดิม 90 องศา เป็น 45 องศา ส่งผลให้ระยะทางการทำงานระหว่างจุดขนถ่ายกล่องชิ้นส่วนและจุดคัดแยกกล่องชิ้นส่วนลดลง รวมถึงการออกแบบอุปกรณ์ช่วยคัดแยกเพื่อลดขั้นตอนการทำงานของทั้ง 2 จุด และทำการปรับปรุงจุดขนถ่ายกล่องชิ้นส่วน โดยทำการปรับปรุงรูปแบบการเคลื่อนที่ของพนักงานกลุ่มขนถ่ายกล่องชิ้นส่วนให้การทำงานสอดคล้องกับพื้นที่ปัจจุบัน



รูปที่ 3: พื้นที่เปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง



รูปที่ 4: รถเข็นคัดแยกกล่องขึ้นส่วน



รูปที่ 5: การปรับปรุงรูปแบบการเคลื่อนที่ของพนักงานกลุ่มขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน

### ผลการดำเนินงาน

#### 1. ผลการปรับปรุงจุดคัดแยกกล่องขึ้นส่วน

จากการปรับปรุงพื้นที่จุดคัดแยกและรถเข็นคัดแยกกล่องขึ้นส่วน จึงดำเนินการแก้ไขตามผลการวิเคราะห์ด้วยหลัก ECRS ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งจะมุ่งเน้นในการขจัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็น (Eliminate) ในกระบวนการคัดแยก คือ กลุ่มขั้นตอนการติด label ทั้งหมด และทำการรวมขั้นตอนการคัด

แยก (Combine) เข้ากับกลุ่มพนักงานขนถ่ายของชิ้นส่วน สามารถสรุปขั้นตอนการทำงานภายหลังการปรับปรุงและเรียบเรียงใหม่ ดังตารางที่ 6 – 8

ตารางที่ 6: สรุปผลการปรับปรุงจุดคัดแยกกล่องชิ้นส่วน

งาน	เวลาทำงาน (วินาที)		ระยะทาง (เมตร)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1) ทำการรับกล่องชิ้นส่วนและทำการตรวจสอบ	136	0		
2) เดินไปยังจุดจัดเตรียมจัด label	158	0	100	0
3) รอรายการจาก แพนคอลลิ่งสินค้า	57	0		
4) ปรีน label	124	0		
5) เดินกลับมายังจุดคัดแยก	158	0	100	0
6) ทำการตัดเพื่อแยกแผ่น label	1,023	0		
7) ทำการติด label	646	0		
8) คัดแยกกล่องชิ้นส่วนตามจุด	1,250	0		
รวม	3,552	0	200	0

ตารางที่ 7: ตัวอย่างขั้นตอนการขนถ่ายกล่องชิ้นส่วนด้านหน้าหลังการปรับปรุง

ขั้นตอนการทำงานก่อนการปรับปรุง	ขั้นตอนการทำงานหลังการปรับปรุง
1) ปลดผ้าคลุมตัวถังรถยนต์และตัดสาย Cable tire	1) ปลดผ้าคลุมตัวถังรถยนต์และตัดสาย Cable tire
2) ปรับระดับรถเข็นช่วยยกให้อยู่ในตำแหน่งยก	2) ปรับระดับรถเข็นช่วยยกให้อยู่ในตำแหน่งยก
3) เคลื่อนรถเข็นช่วยยกไปยังจุดคัดแยก	3) เคลื่อนรถเข็นช่วยยกไปยังจุดคัดแยก
4) ทำการเปิดประตูถังรถยนต์ โดยใช้ Jig ค้ำยัน	4) ทำการเปิดประตูถังรถยนต์ โดยใช้ Jig ค้ำยัน
5) ลากรถเข็นขนส่งกล่องชิ้นส่วนมาจอด	5) ลากรถเข็นขนส่งกล่องชิ้นส่วนมาจอด
6) ทำการขนถ่ายกล่องชิ้นส่วน	6) ทำการขนถ่ายกล่องชิ้นส่วน
7) ยกกล่องชิ้นส่วนลงไว้ในรถเข็นขนส่งกล่องชิ้นส่วน	7) ยกกล่องชิ้นส่วนลงไว้ในรถเข็นขนส่งกล่องชิ้นส่วน
8) นำพาเลทไม้และขยะออกจากตัวถังรถยนต์	8) นำพาเลทไม้และขยะออกจากตัวถังรถยนต์
9) ปรับระดับรถเข็นช่วยยกให้อยู่ในตำแหน่งปกติ	9) ปรับระดับรถเข็นช่วยยกให้อยู่ในตำแหน่งปกติ
10) ล็อคประตูด้วยสาย Belt	10) ล็อคประตูด้วยสาย Belt
11) ย้ายรถเข็นขนส่งกล่องชิ้นส่วนไปยังจุดคัดแยก	11) ย้ายรถเข็นขนส่งกล่องชิ้นส่วนไปยังจุดคัดแยก
12) เดินกลับไปยังจุดขนถ่ายที่ 2	12) คัดแยกกล่องชิ้นส่วนตามจุด
	13) เดินกลับไปยังจุดขนถ่ายที่ 2
12 ขั้นตอน	13 ขั้นตอน



**ตารางที่ 8:** ตัวอย่างขั้นตอนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้านหลังหลังการปรับปรุง

ขั้นตอนการทำงานก่อนการปรับปรุง	ขั้นตอนการทำงานหลังการปรับปรุง
1) ปลดผ้าคลุมตัวถังรถยนต์และตัดสาย Cable tire	1) ปลดผ้าคลุมตัวถังรถยนต์และตัดสาย Cable tire
2) เคลื่อนรถเข็นช่วยยกไปยังจุดขนถ่าย	2) เคลื่อนรถเข็นช่วยยกไปยังจุดขนถ่าย
3) ทำการเปิดประตูถังรถยนต์	3) ทำการเปิดประตูถังรถยนต์
4) ลากรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วนมาจอด	4) ลากรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วนมาจอด
5) ดันแผ่น Roller เข้าในตัวถังรถยนต์	5) ดันแผ่น Roller เข้าในตัวถังรถยนต์
6) ทำการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน	6) ทำการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน
7) ยกกล่องขึ้นส่วนลงไว้ในรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วน	7) ยกกล่องขึ้นส่วนลงไว้ในรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วน
8) นำพาเลทไม้และขยะออกจากตัวถังรถยนต์	8) นำพาเลทไม้และขยะออกจากตัวถังรถยนต์
9) ปิดประตู	9) ปิดประตู
10) ย้ายรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วนไปยังจุดคัดแยก	10) ย้ายรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วนไปยังจุดคัดแยก
11) เดินกลับไปยังจุดคัดแยกที่ 2	11) คัดแยกกล่องขึ้นส่วนตามจุด
	12) เดินกลับไปยังจุดคัดแยกที่ 2
11 ขั้นตอน	12 ขั้นตอน

**2. ผลการปรับปรุงจุดขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน**

**2.1 การปรับปรุงตามผลการวิเคราะห์กระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้วยหลัก ECRS**

จากผลการวิเคราะห์กระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้วยหลัก ECRS ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น จึงนำมาทำการปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน โดยจะดำเนินการแก้ไขตามผลการวิเคราะห์กระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน คือ การทำให้ง่ายขึ้น (Simplify) สืบเนื่องจากการปรับปรุงพื้นที่จุดคัดแยกกล่องขึ้นส่วน ส่งผลให้ระยะทางระหว่างจุดขนถ่ายและจุดคัดแยกกล่องขึ้นส่วนใกล้กันมากยิ่งขึ้น จึงสามารถใช้รถเข็นช่วยยกขนส่งกล่องขึ้นส่วนไปยังจุดคัดแยกแทนจากเดิมใช้รถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วน ดังรูปที่ 6 และสามารถทำการขจัดขั้นตอนการทำงาน (Eliminate) ที่เกี่ยวข้องกับการใช้รถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วนทั้งหมด สามารถสรุปขั้นตอนการทำงานได้ดังตารางที่ 9 – 10



**รูปที่ 6:** เปรียบเทียบวิธีการเคลื่อนย้ายกล่องขึ้นส่วนไปยังจุดคัดแยก

**ตารางที่ 9:** ตัวอย่างขั้นตอนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้านหน้าหลังการปรับปรุง

ขั้นตอนการทำงานก่อนการปรับปรุง	ขั้นตอนการทำงานหลังการปรับปรุง
1) ปลดผ้าคลุมตัวถังรถยนต์และตัดสาย Cable tire	1) ปลดผ้าคลุมตัวถังรถยนต์และตัดสาย Cable tire
2) ปรับระดับรถเข็นช่วยยกให้อยู่ในตำแหน่งยก	2) ปรับระดับรถเข็นช่วยยกให้อยู่ในตำแหน่งยก
3) เคลื่อนรถเข็นช่วยยกไปยังจุดคัดแยก	3) เคลื่อนรถเข็นช่วยยกไปยังจุดคัดแยก
4) ทำการเปิดประตูถังรถยนต์ โดยใช้ Jig ค้ำยัน	4) ทำการเปิดประตูถังรถยนต์ โดยใช้ Jig ค้ำยัน
5) ลากรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วนมาจอด	5) ทำการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน
6) ทำการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน	6) นำพาเลทไม้และขยะออกจากตัวถังรถยนต์
7) ยกกล่องขึ้นส่วนลงไว้ในรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วน	7) ปรับระดับรถเข็นช่วยยกให้อยู่ในตำแหน่งปกติ
8) นำพาเลทไม้และขยะออกจากตัวถังรถยนต์	8) ล็อคประตูด้วยสาย Belt
9) ปรับระดับรถเข็นช่วยยกให้อยู่ในตำแหน่งปกติ	9) ย้ายรถเข็นช่วยยกไปยังจุดคัดแยก
10) ล็อคประตูด้วยสาย Belt	10) คัดแยกกล่องขึ้นส่วนตามจุด
11) ย้ายรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วนไปยังจุดคัดแยก	11) เดินกลับไปยังจุดขนถ่ายที่ 2
12) คัดแยกกล่องขึ้นส่วนตามจุด	
13) เดินกลับไปยังจุดขนถ่ายที่ 2	
13 ขั้นตอน	11 ขั้นตอน

**ตารางที่ 10:** ตัวอย่างขั้นตอนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้านหลังหลังการปรับปรุง

ขั้นตอนการทำงานก่อนการปรับปรุง	ขั้นตอนการทำงานหลังการปรับปรุง
1) ปลดผ้าคลุมตัวถังรถยนต์และตัดสาย Cable tire	1) ปลดผ้าคลุมตัวถังรถยนต์และตัดสาย Cable tire
2) เคลื่อนรถเข็นช่วยยกไปยังจุดขนถ่าย	2) เคลื่อนรถเข็นช่วยยกไปยังจุดขนถ่าย
3) ทำการเปิดประตูถังรถยนต์	3) ทำการเปิดประตูถังรถยนต์
4) ลากรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วนมาจอด	4) ดันแผ่น Roller เข้าในตัวถังรถยนต์
5) ดันแผ่น Roller เข้าในตัวถังรถยนต์	5) ทำการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน
6) ทำการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน	6) นำพาเลทไม้และขยะออกจากตัวถังรถยนต์
7) ยกกล่องขึ้นส่วนลงไว้ในรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วน	7) ปิดประตู
8) นำพาเลทไม้และขยะออกจากตัวถังรถยนต์	8) ย้ายรถเข็นช่วยยกไปยังจุดคัดแยก
9) ปิดประตู	9) คัดแยกกล่องขึ้นส่วนตามจุด
10) ย้ายรถเข็นขนส่งกล่องขึ้นส่วนไปยังจุดคัดแยก	10) เดินกลับไปยังจุดคัดแยกที่ 2
11) คัดแยกกล่องขึ้นส่วนตามจุด	
12) เดินกลับไปยังจุดคัดแยกที่ 2	
12 ขั้นตอน	10 ขั้นตอน

### 3. การปรับปรุงรูปแบบการเคลื่อนที่ของพนักงานกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน

จากรูปแบบการเคลื่อนที่ก่อนการปรับปรุง มีระยะทางระหว่างจุดขนถ่ายและจุดคัดแยกที่ค่อนข้างไกลกัน จากการปรับปรุงพื้นที่จุดคัดแยกกล่องขึ้นส่วน ด้วยพื้นที่การทำงานที่เปลี่ยนไป จึงจำเป็นต้องปรับปรุงรูปแบบการเคลื่อนที่ของพนักงานให้เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติงานในพื้นที่ปัจจุบัน ดังนั้น จึงปรับปรุงวิธีการเคลื่อนที่เป็นรูปแบบของการเดินวนรอบ โดยใช้พนักงานในกลุ่มงานของการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนออกจากตัวถังรถยนต์เพียงกลุ่มเดียว ทำงานทั้งในส่วนของการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนออกจากตัวถังรถยนต์และคัดแยกกล่องขึ้นส่วน ตามผลการปรับปรุงด้วยหลัก ECRS ที่ได้ทำการปรับปรุงมาแล้วข้างต้น เมื่อทำการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนเสร็จสิ้น พนักงานจะเคลื่อนที่ในรูปแบบเดินวนรอบเพื่อคัดแยกกล่องขึ้นส่วนตามจุดรถเข็นคัดแยกกล่องขึ้นส่วน

### สรุป

#### 1. ผลการปรับปรุงจุดคัดแยกและจุดขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนตามผลการวิเคราะห์ด้วยหลัก ECRC

จากการปรับปรุงแผนผังจุดคัดแยกและรถเข็นคัดแยกกล่องขึ้นส่วน พร้อมทั้งการทดสอบใช้งาน สามารถลดขั้นตอนการทำงานที่เกิดความสูญเปล่าในกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนภายในตัวถังรถยนต์ อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนลงต่างๆ ได้ สามารถสรุปได้ดังรายละเอียดดังนี้

##### 1.1 จุดคัดแยกกล่องขึ้นส่วน

จากเดิมมีขั้นตอนการทำงาน 8 ขั้นตอน ลดลงเหลือ 0 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 100 จากเดิมมีเวลาการทำงาน 3,552 นาที ลดลงเหลือ 0 วินาที คิดเป็นร้อยละ 100 และจากเดิมมีจำนวนพนักงาน 4 คน ลดลงเหลือ 0 คน คิดเป็นร้อยละ 100

##### 1.2 จุดขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน

จากเดิมมีขั้นตอนการทำงาน 144 ขั้นตอน ลดลงเหลือ 125 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 13.19 จากเดิมมีเวลาการทำงาน 7,821 วินาที ลดลงเหลือ 6,623 วินาที คิดเป็นร้อยละ 8.31

#### 2. การปรับปรุงรูปแบบการเคลื่อนที่ของพนักงานกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วน

จากผลของการปรับเปลี่ยนจุดการคัดแยกกล่องขึ้นส่วน และได้ทำการปรับปรุงรูปแบบการเคลื่อนที่ของพนักงาน เพื่อให้สอดคล้องกับพื้นที่ทำงานปัจจุบันและพนักงานทำงานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น โดยใช้รูปแบบการเคลื่อนที่แบบวนรอบ จึงสามารถลดระยะทางการทำงานของพนักงานได้ จาก 1,135 เมตร ลดลงเหลือ 990 เมตร คิดเป็นร้อยละ 12.78

สามารถสรุปการปรับปรุงกระบวนการขนถ่ายขึ้นส่วนภายในตัวถังรถยนต์ได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11: สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนภายในตัวถังรถยนต์

ลักษณะการทำงาน	จำนวนพนักงาน (คน)		ขั้นตอนการทำงาน		เวลาการทำงาน (วินาที)		ระยะทางการทำงาน (เมตร)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้านบน	6	6	71	66	2,207	3,354	425	450
ขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้านล่าง			65	59	2,062	3,269	510	540
จุดคัดแยก	4	0	8	0	3,552	0	200	0
รวม	10	6	144	125	7,821	6,623	1,135	990
สามารถลดได้	4		19		1198		145	

### ข้อเสนอแนะ

1. สำหรับพื้นที่การขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนออกจากตัวถังรถยนต์นั้น ควรเพิ่มพื้นที่หรือระยะห่างระหว่าง Gray skid เพื่อให้รถเข็นช่วยยกสามารถลากผ่านได้ ซึ่งจะสามารถลดระยะทางการเคลื่อนที่ของพนักงานในการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนด้านหลังได้เพิ่มมากขึ้น

2. ควรพัฒนาและออกแบบรถเข็นคัดแยกกล่องขึ้นส่วน โดยเพิ่มชั้นวางแยกตามชนิดของขึ้นส่วนให้ชัดเจนตามประเภท เพื่อให้พร้อมใช้งานมากยิ่งขึ้นในกระบวนการถัดไป จะสามารถลดจำนวนพนักงานขั้นตอนการทำงาน และเวลาการทำงานได้อีกเช่นกัน

### เอกสารอ้างอิง

- กัญญา เบ็ญจศิริวรรณ. (2552). “การศึกษาวิธีการทำงานและปรับปรุงโลจิสติกส์ ภาคการผลิต กล่องขึ้นส่วน เฟอร์นิเจอร์ไม้.” สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโซ่อุปทานแบบบูรณาการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, กรุงเทพฯ.
- ฉันทพร ทองเถื่อน. (2551). “การปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานโดยการวางแผนกระบวนการผลิตและการจัดการคลังสินค้า กรณีศึกษาอุตสาหกรรมทำเบาะ AAA.” วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพฯ.
- เลิศพงษ์ เศกใจเสื่อ และ ฤกษ์วัลย์ จัทรสา. (2555). “การปรับปรุงผังบริษัทประกอบอุปกรณ์เสริมรถยนต์ด้วยหลักการออกแบบแผนผัง.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

## การเปรียบเทียบวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขและกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่น สำหรับหาค่าความลึกที่เหมาะสมในการกลึงปอกหยาบเหล็ก SKD11

### COMPARISON OF NUMERICAL METHOD AND STABILITY LOBE DIAGRAM FOR DETERMINING OPTIMAL CUTTING DEPTH IN SKD 11 ROUGH TURNING

ชนิกานต์ เพิ่มอุตสาห<sup>1</sup> กิติศักดิ์ ฉิมกลิ่น<sup>2</sup> และบัณฑิต สุขสวัสดิ์<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
ถ.ประชากรศาสตร์สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800

E-mails: S5802016811017@email.kmutnb.ac.th<sup>1</sup> kitisak.c@fte.kmutnb.ac.th<sup>2</sup> bandit.s@fte.kmutnb.ac.th<sup>3</sup>

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการใช้วิธีการคำนวณเชิงตัวเลขและกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นสำหรับหาค่าความลึกที่เหมาะสมในการกลึงปอกเหล็ก SKD11 เมื่อความยาวจับชิ้นงานแตกต่างกัน ชิ้นงานขนาด 25.4 มิลลิเมตร ถูกนำมาหาอัตราส่วนความหน่วงและความถี่ธรรมชาติด้วยเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน การทดสอบพบว่าความยาวจับชิ้นงาน 100, 150, 200 และ 250 มิลลิเมตร มีค่าอัตราส่วนการหน่วงคือ 0.03639, 0.06221, 0.05609 และ 0.01898 ตามลำดับ และมีค่าความถี่ธรรมชาติ 404.62, 185.46, 176.89 และ 136.85 เฮิรต ตามลำดับ จากนั้นจึงหาค่าความลึกที่เหมาะสมในการกลึงปอกโดยไม่เกิด chatter ด้วยวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขแบบแบ่งครึ่งช่วงและหาจากกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่น โดยอ้างอิงตามความเร็วรอบเครื่องกลึงตามมาตรฐาน DIN 804 อัตราส่วนการส่งกำลัง 1.41 ผลการศึกษาพบว่าจากวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขและจากกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นมีค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างสัมพัทธ์เฉลี่ย 23.86% - 13.79% เมื่อคำนวณหาความลึกที่เหมาะสมในการกลึงปอกหยาบพบว่าวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขให้ค่าเหมาะสมเท่ากับ 1.5 - 3.1 มิลลิเมตร ส่วนการหาจากกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นพบว่ามีค่าเท่ากับ 1.5 ถึง 2.3 มิลลิเมตร เมื่อพิจารณาความแตกต่างสัมพัทธ์ของทั้งสองวิธีที่มีค่าประมาณน้อยกว่า 10% จะได้ความลึกกลึงที่เหมาะสม 1.5 - 1.67 มิลลิเมตร สำหรับบางช่วงความเร็วรอบและความยาวจับชิ้นงานที่แตกต่างกัน

**คำสำคัญ:** chatter วิธีเชิงตัวเลข กราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่น ความถี่ธรรมชาติ ค่าเหมาะสมที่สุด

#### ABSTRACT

This work aimed to compare numerical method and stability lobe diagram for determining optimal cutting depth of SKD11 by different of clamp length. The 25 mm diameter of specimen was employed for damping ratio and natural frequency determination using vibration apparatuses. The experiments showed that the clamping length 100, 150, 200 and 250 mm was 0.03639, 0.06221, 0.05609 and 0.01898 of damping ratio, respectively. The natural frequency on each clamping length was 404.62, 185.46, 176.89 and 136.85 Hz, respectively. These value were used to calculate the optimum cutting depth in turning without chatter by bisection technique of numerical method and stability lobe diagram. The calculation was also

referred to DIN 804 with transmission ratio 1.41 for rotation speed of lathe machine. The results exhibited that the dimensionless cutting depth ratio comparing of numerical method and stability lobe diagram was difference average 23.86% - 13.79%. The optimal cutting depth in rough turning process was in range of 1.5 to 3.1 mm and 1.5 to 2.3 mm for numerical solution and stability lobe diagram. The relative difference analysis within 10% of both solution methods presented optimal cutting depth approximately in rang 1.5-1.67 mm for some range of turning revolution and various workpiece campling lengths.

**Keywords:** chatter, numerical method, stability lobe diagram, natural frequency, optimization

## บทนำ

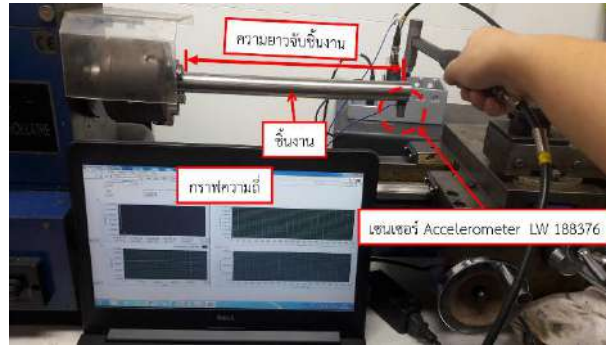
เครื่องกลึงถูกใช้ในการผลิตชิ้นส่วน อุปกรณ์ต่าง ๆ โดยกระบวนการการตัดเฉือนโลหะด้วยคมตัดเดียวในระหว่างการตัดเฉือน (Siddhpura & Paurobally, 2013:968-973) อาจมีการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นระหว่างชิ้นงานและเครื่องมือที่ใช้ในการตัดเฉือนวัสดุ การสั่นสะเทือนรูปแบบนี้เรียกว่า แชตเตอร์ (Chatter) ซึ่งจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ผิวของชิ้นงานเป็นลูกคลื่นไม่เรียบและไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการ ขนาดของชิ้นงานเกิดความความผิดพลาด และเครื่องมือที่ใช้ในการตัดเฉือนแตกหักหรือเกิดความเสียหายได้ (Tanintorn & Somkiat, 2013: 129-137) การสั่นสะเทือนจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ใช้ในการกลึงด้วย เช่น อัตราการป้อน (Feed) ความเร็วรอบ (Spindle speed) ความลึกในการตัด (Depth of cut) เป็นต้น การเลือกใช้ความลึกที่เหมาะสมในการกลึงชิ้นงานจะช่วยลดการเกิดแชตเตอร์ที่เกิดขึ้นขณะการกลึงได้ เหล็ก SKD11 เป็นเหล็กที่มีความแข็งแรงสูง นิยมใช้สำหรับงานแม่พิมพ์ใช้เป็นเหล็กเครื่องมือ และแม่พิมพ์กด มีส่วนผสมคาร์บอน 1.5% โครเมียม 12.0% มีค่าความเค้นเฉือน 330 MPa ค่า Young's Modulus 200 GPa มีค่าความแข็ง  $61 \pm 1$  HRC (Xavierarockiaraj & Kuppan, 2014: 1657-1666) การกลึงเหล็ก SKD11 จึงต้องเลือกใช้พารามิเตอร์ในการกลึงและคมตัดที่เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงการสึกหรอของเครื่องมือที่ใช้ในการตัดเฉือนและผิวงานที่ไม่ได้คุณภาพ การจับชิ้นงานที่มีความยาวแตกต่างกันทำให้ชิ้นงานมีค่าความแข็งแรงที่แตกต่างกัน ซึ่งแชตเตอร์จะเกิดขึ้นกับวัสดุที่มีความแข็งแรงอ่อนหรือขาดค่าความแข็งแรง (Campa, López de Lacalle, Urbicain, Lamikiz, Seguy, & Arnaud, 2011:116-121) โดยสามารถเปลี่ยนความเร็วรอบได้จากวิธีการเปลี่ยนพูลเลย์หรือเกียร์ เนื่องจากแชตเตอร์เป็นสิ่งที่สามารถทำการตรวจจับได้ยากจึงต้องป้องกันการเกิดแชตเตอร์ด้วยวิธีการควบคุมพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับงานกลึง ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกันคือ ความเร็วรอบ และความลึกกลึง ในปัจจุบันมีการใช้เครื่องกลึงแบบกึ่งอัตโนมัติในการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ในกลุ่มอุตสาหกรรมระดับ SME ส่วนใหญ่มีระบบส่งกำลังตามมาตรฐาน DIN 804 ขึ้นอัตราส่วนการส่งกำลัง 1.41 มีความเร็วรอบ 7 ระดับ ได้แก่ 125, 180, 250, 355, 500, 710 และ 1000 รอบต่อนาที

การหาค่าความลึกในการกลึงที่เหมาะสมในแต่ละชั้นความเร็วรอบเพื่อป้องกันการเกิดแชตเตอร์สามารถหาได้จากกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่น (Stability Lobe Diagram) และการคำนวณ ซึ่งแต่ละวิธีมีความซับซ้อนแตกต่างกัน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการใช้วิธีการคำนวณเชิงตัวเลขและกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นสำหรับหาค่าความลึกที่เหมาะสมในการกลึงปอกเหล็ก SKD11 เมื่อความยาวจับชิ้นงานแตกต่างกัน

## วิธีการดำเนินงานวิจัย

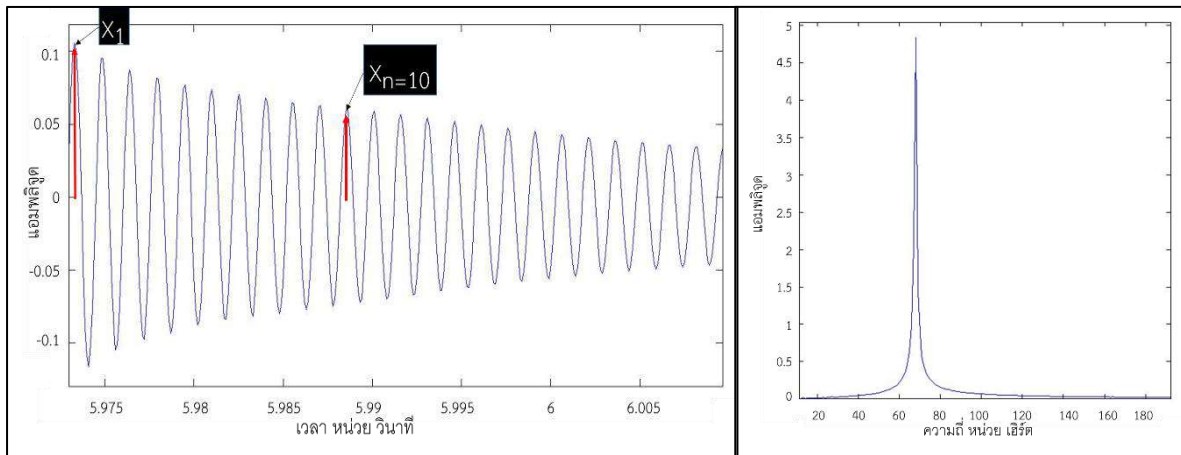
### 1) การหาค่าความถี่ธรรมชาติ

ความถี่ธรรมชาติ คือ ความถี่ในการสั่นอย่างอิสระของวัสดุ มีหน่วยเป็น เฮิรต (Hz) ในขณะทำการกลิ้งชิ้นงาน หากความถี่แชนเตอร์มีค่าใกล้เคียงกับค่าความถี่ธรรมชาติของชิ้นงาน จะทำให้เกิดแชนเตอร์ขึ้นที่ผิวของชิ้นงาน โดยการทดลองหาค่าความถี่ธรรมชาติในงานวิจัยนี้ ใช้เซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือน Accelerometer LW 188376 ติดตั้งบนชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11 ขนาดเส้นผ่าน 25.4 มิลลิเมตร ยาว 100 , 150 , 200 และ 250 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังการทดลองในรูปที่ 1



รูปที่ 1: ลักษณะการติดตั้งเซนเซอร์ Accelerometer LW 188376

จากการทดลองจะได้ค่าแอมปริจูดบนโดเมนเวลา (Time domain) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2 จากนั้นจึงทำการแปลงค่าที่ได้อยู่ในค่าโดเมนความถี่ (Frequency domain) โดยตำแหน่งคลื่นที่มีแอมปริจูดสูงที่สุดคือค่าความถี่ธรรมชาติ แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 2: การสั่นของชิ้นงานในโดเมนเวลา

รูปที่ 3: การสั่นของชิ้นงานในโดเมนความถี่

2) การหาค่าอัตราส่วนการหน่วง

ในระบบที่มีการสั่นสะเทือนจะใช้การพิจารณาค่าตัวหน่วงที่ทำให้ระบบเปลี่ยนจากระบบที่มีการสั่นไปเป็นระบบที่ไม่มีการสั่น โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวหน่วงและสามารถจัดให้อยู่ในรูปอัตราส่วนระหว่างสัมประสิทธิ์ตัวหน่วงจากการสั่นสะเทือนกับค่าตัวหน่วงวิกฤต (เจมซง และ จิระพล, 2549:1-7) จะถูกเรียกว่าอัตราส่วนการหน่วง (Damping ratio,  $\zeta$ ) ดังแสดงในสมการที่ (1)

สมการอัตราส่วนการหน่วง ( $\zeta$ )

$$\zeta = \frac{\delta}{\sqrt{4\pi^2 + \delta^2}} \quad (1)$$

ค่าการลดลงแบบลอการิทึม ( $\delta$ ) สามารถหาได้จากค่าแอมปริจูดบนโดเมนเวลา ดังตัวอย่างในรูปที่ 2 โดยสมการที่ (2) ในการคำนวณ

$$\delta = \frac{1}{n} \ln \left( \frac{X_1}{X_n} \right) \quad (2)$$

โดยที่  $X_1$  คือ ขนาดความสูงของสัญญาณโดเมนเวลายอดที่ 1

$X_n$  คือ ขนาดของสัญญาณโดเมนเวลายอดที่ n

n คือ ตำแหน่งของสัญญาณโดเมนเวลาที่เลือก

3) สมการการเกิดแซตเตอร์

แซตเตอร์จะเกิดขึ้นเมื่อความถี่ของแซตเตอร์เกิดใกล้กับความถี่ธรรมชาติ (Yue, J. 2006:129-137) เพื่อให้สามารถพิจารณาการเกิดแซตเตอร์ได้ง่าย จึงกำหนดอัตราส่วนความถี่แซตเตอร์ต่อความถี่ธรรมชาติ (r) ได้ดังสมการที่ (3)

$$r = \frac{f}{f_n} \quad (3)$$

f คือ ค่าความถี่ของแซตเตอร์ มีหน่วยเป็น เฮิรต

$f_n$  คือ ค่าความถี่ธรรมชาติ มีหน่วยเป็น เฮิรต

โดยค่าความถี่ของแซตเตอร์ (f) ต้องเป็นค่าที่มีค่ามากกว่าค่าความถี่ธรรมชาติ ( $f > f_n$ ) โดยทั่วไปการลดแซตเตอร์ทำได้โดยการลดความถี่ในการตัด (สมเกียรติ, 2555:99) ดังนั้นจึงต้องกำหนดอัตราส่วนความถี่กึ่ง (b) ต่อความถี่กึ่งต่ำสุด ( $b_{min}$ ) ซึ่งเรียกค่านี้ว่า อัตราส่วนความถี่กึ่งไว้มิติ ( $r_b$ ) ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$r_b = \frac{b}{b_{min}} \quad (4)$$

และเมื่อนำค่าอัตราส่วนความถี่แซตเตอร์ต่อความถี่ธรรมชาติ (r) และค่าอัตราส่วนการหน่วงมาพิจารณาร่วมกันจะได้ค่า  $r_b$  ดังแสดงในสมการที่ (5)

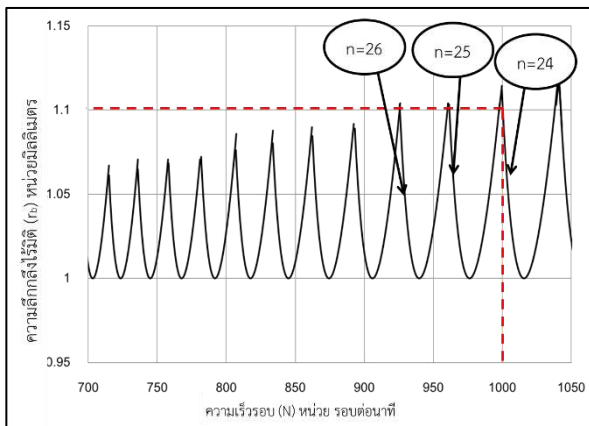


$$r_b = \frac{(1-r^2)^2 + (2\zeta r)^2}{-4\zeta(1+\zeta)(1-r^2)} \quad (5)$$

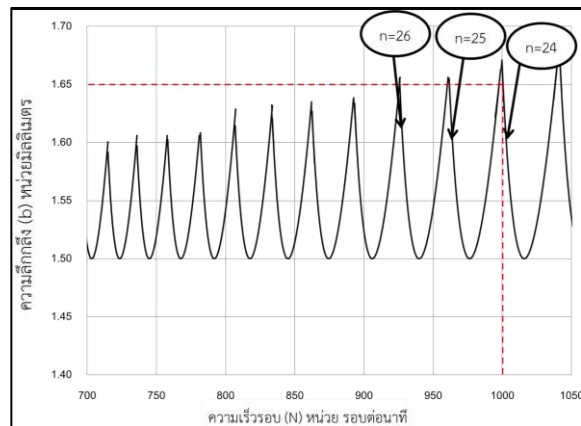
ในการหาความลึกในการตัดจะอ้างอิงที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการกลึงชิ้นงาน กำหนดให้ความถี่ธรรมชาติ ( $f_n$ ) อัตราส่วนการหน่วง ( $\zeta$ ) และอัตราส่วนความถี่แชนเตอร์ต่อความถี่ธรรมชาติ ( $r$ ) ที่หมายเลขของเส้นกราฟลูกคลื่นต่าง ๆ สามารถใช้ในการคำนวณหาความเร็วรอบ ( $N$ ) ได้จากสมการที่ (6)

$$N = \frac{r}{n + \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \tan^{-1}\left(\frac{-2\zeta r}{1-r^2}\right)} \times 60 \times f_n \quad (6)$$

$n$  คือ หมายเลขของเส้นกราฟลูกคลื่น



(ก) แบบความลึกกลึงไร้มิติ



(ข) แบบความลึกกลึง

**รูปที่ 4:** ตัวอย่างกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่น

4) การสร้างกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่น

กราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นสามารถสร้างได้ 2 แบบดังแสดงในรูปที่ 4 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 4.1) หาค่า  $r$  โดยความถี่แชนเตอร์ ( $f$ ) ที่ใช้จะต้องมีค่าเพิ่มขึ้นครั้งละเท่าๆ กันโดยเพิ่มจากค่าความถี่ธรรมชาติ
- 4.2) นำค่า  $r$  ที่ค่าความถี่แชนเตอร์เพิ่มขึ้นมาหาค่าความลึกกลึงไร้มิติ ( $r_b$ ) จากสมการที่ (5) และหาค่าความเร็วรอบ ( $N$ ) จากสมการที่ (6)
- 4.3) นำค่าความลึกกลึงไร้มิติ ( $r_b$ ) และค่าความเร็วรอบ เพื่อสร้างกราฟแสดงดังในรูปที่ 4 (ก)

หาค่าความลึกกลึง ( $b$ ) ที่ใช้การกลึงหาได้จากสมการที่ (4) กำหนดให้ความลึกหยาบต่ำสุดในการกลึง ( $b_{min}$ ) มีค่า 1.5 มิลลิเมตร ที่อัตราป้อน 0.243 มิลลิเมตรต่อรอบ กลึงด้วยเม็ดมีดกลึงซีเมนต์คาร์ไบด์เคลือบด้วยไทเทเนียม (วสันต์ นาคเสนีย์, 2554:1-13) แสดงดังรูปที่ 4 (ข)

- 5) การประมาณค่าความลึกกึ่งจากความเร็วรอบที่กำหนด
- 5.1) การประมาณค่าจากราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่น เลือกความเร็วรอบแล้วลากเส้นตรงขึ้นไปตัดบนเส้นกราฟลูกคลื่น แล้วทำการลากเส้นตั้งฉากกับเส้นความเร็วรอบให้ผ่านจุดตัดที่เส้นความเร็วรอบกับเส้นลูกคลื่นตัดกัน จะทำให้ได้ความลึก (b) ณ ความเร็วรอบที่เลือก แสดงดังรูปที่ 4 (ข)
- 5.2) การประมาณค่าจากวิธีการคำนวณเชิงตัวเลข เป็นการหารากของสมการที่มีความซับซ้อนในการคำนวณ (ธนาวุฒิ, 2555:36-41) การคำนวณหาค่าความลึกด้วยวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขต้องกำหนดค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจำนวนเส้นลูกคลื่น ( $r_t$ ) ได้จากสมการที่ (7)

$$r_t = \frac{1}{n + 1} \quad (7)$$

โดยกำหนดให้ฟังก์ชันสำหรับคำนวณหาค่าความถี่แชนเตอร์ต่อความถี่ธรรมชาติ ( $r$ ) ดังสมการที่ (8)

$$f(x) = \frac{r}{n + \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left( \frac{-2\zeta r}{1-r^2} \right)} - \frac{1}{n + 1} \quad (8)$$

สมการหาค่ากลาง ( $x$ ) หาได้จาก

$$x = \frac{a + b}{2} \quad (9)$$

สมการหาหมายเลขของเส้นกราฟลูกคลื่น ( $n$ ) หาได้จาก

$$n = \left( \frac{60 \times f_n}{N} \right) - 1 \quad (10)$$

โดยวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขแบบแบ่งครึ่งซึ่งสามารถหาคำตอบตามขั้นตอนดังนี้

- 1) กำหนดให้  $a$  และ  $b$  มีค่าเริ่มต้น 1 และ 3 เพื่อหลีกเลี่ยงค่า  $r$  ( $r = x$ ) ที่จะทำให้ค่า  $r_0$  ติดลบ
- 2) หาค่า  $x$  ได้จากสมการที่ (9) แล้วนำค่า  $x$  และ  $a$  ไปแทนหาค่าในสมการที่ (8) จะได้ค่า  $f(x)$

และ  $f(a)$

3) นำค่า  $f(x) \times f(a)$  เพื่อหาเงื่อนไขในการเลือกค่าที่จะทำให้ค่า  $x$  เป็นค่าที่ยอมรับได้ โดยทำซ้ำเรื่อย ๆ จนกว่าค่า  $x$  ต้องเป็นค่าที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า  $10^{-6}$  เงื่อนไขกำหนดให้ถ้า  $f(a) \times f(x) > 0$  แสดงว่าค่า  $x$  จะอยู่ในช่วง  $(x, b)$  แต่ถ้า  $f(a) \times f(x) < 0$  แสดงว่าค่า  $x$  จะอยู่ในช่วง  $(a, x)$  เพื่อใช้ในการปรับค่า  $a$  หรือ  $b$  ในการคำนวณรอบถัดไป (ธนาวุฒิ, 2555: 36-41)

ตารางที่ 1: ตัวอย่างความถี่กึ่งแบบไร้มิติ ( $r_b$ ) และความถี่กึ่ง (b) จากวิธีการคำนวณเชิงตัวเลข

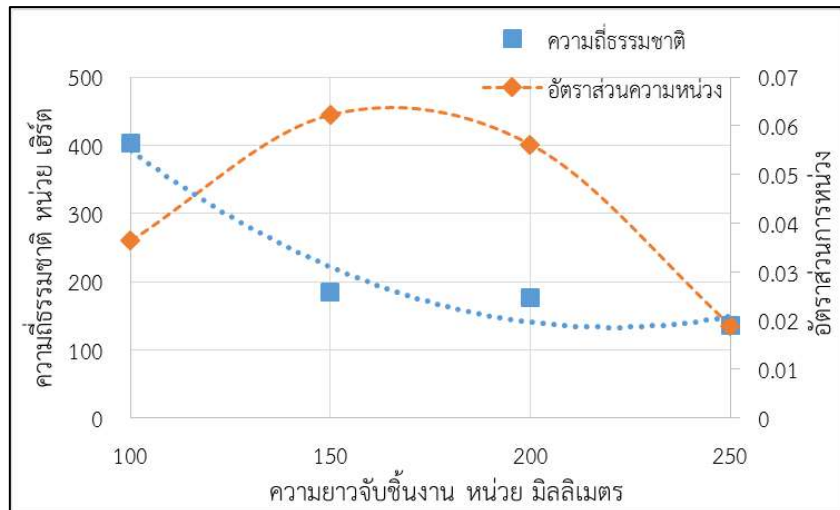
N	n	r	$r_b$	b
125	193.22	1.009	2.042	3.063
180	133.87	1.011	1.724	2.586
...	...	...	...	...

- กำหนดค่าความถี่รอบ (N) ที่ 125, 180, 250, 355, 500, 710 และ 1000 รอบต่อนาที
- หาค่าหมายเลขของเส้นกราฟลูกคลื่น (n) จากสมการที่ (10) จากนั้นนำค่า n แทนลงในสมการที่ (8) และใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขจากสมการที่ (9) เพื่อหาค่าอัตราส่วนความถี่แชนเตอร์ต่อความถี่ธรรมชาติ (r) โดยกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อน ต้องมีค่าน้อยกว่า  $10^{-6}$
- นำค่า r ที่หาได้จากวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขแบบแบ่งครึ่งช่วง มาคำนวณหาค่าความถี่กึ่งไร้มิติ ( $r_b$ ) จากสมการที่ (5) และค่าความถี่กึ่ง (b) จากสมการที่ (4) ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 1

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองหาค่าความถี่ธรรมชาติ ( $f_n$ ) และค่าอัตราส่วนการหน่วง ( $\zeta$ ) เพื่อนำมาสร้างกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่น และใช้วิธีคำนวณเชิงตัวเลข สำหรับหาค่าความถี่ในการกึ่งขึ้นงาน SKD11 โดยมีผลการวิจัยดังนี้

- ความถี่ธรรมชาติและอัตราส่วนการหน่วง  
ความถี่ธรรมชาติที่ได้จากการทดลองนั้นจะมีลักษณะลดลงคล้ายกับรูปแบบฟังก์ชันโพลีโนเมียล ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยมีค่าความถี่ธรรมชาติมากที่สุด 404.62 เฮิร์ต ที่ความยาวจับขึ้นงาน 100 มิลลิเมตร และค่าความถี่ธรรมชาติน้อยสุด 136.85 เฮิร์ต ที่ความยาวจับขึ้นงาน 250 มิลลิเมตร ค่าความถี่ธรรมชาติจะลดลงตามความยาวที่เพิ่มมากขึ้นของขึ้นงาน แต่ค่าอัตราส่วนการหน่วงที่เกิดขึ้นนั้นจะมีลักษณะคล้ายรูปประฆังคว่ำ แสดงดังรูปที่ 5 มีค่าอัตราส่วนการหน่วงที่สูงอยู่ในช่วงที่ความยาวจับขึ้นงาน 150 – 200 มิลลิเมตร เนื่องจากการคำนวณหาค่าอัตราส่วนการหน่วงในงานวิจัยนี้เป็นการนำค่าโดเมนเวลาของความยาวจับขึ้นงานต่างๆ ทำให้กราฟโดเมนเวลาแสดงดังรูปที่ 2 มีรูปแบบในการเกิดคลื่นและค่าแอมป์ริจูดที่แตกต่างกัน โดยที่ความยาวจับขึ้นงาน 100 มิลลิเมตร จะมีลักษณะการลดลงของคลื่นมากกว่าความยาวจับขึ้นงานอื่น ทำให้ค่าอัตราส่วนการหน่วงที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่าอัตราส่วนการหน่วงที่ความยาวจับขึ้นงาน 100 และ 250 มิลลิเมตร

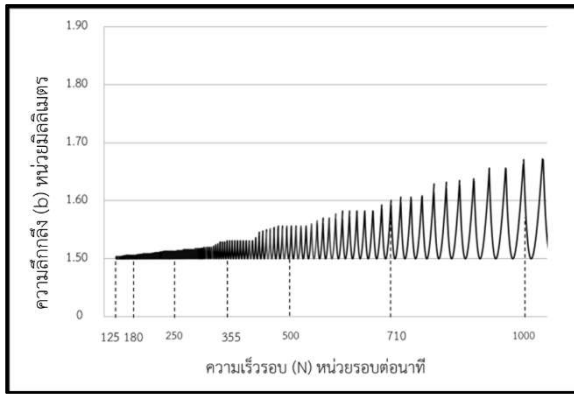


รูปที่ 5: กราฟความสัมพันธ์ค่าความถี่ธรรมชาติกับค่าอัตราส่วนการหน่วงที่ความยาวจับชิ้นงานต่างกัน

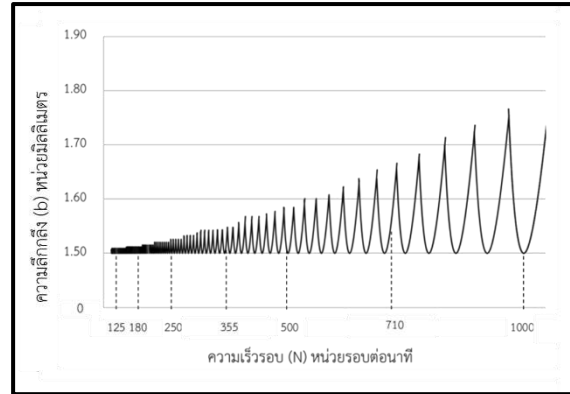
## 2) กราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่น

กราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นที่ความยาวจับชิ้นงานเพิ่มขึ้น จะมีลักษณะกราฟที่มีค่าความชันเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 6 โดยค่าความถี่ในการกลิ้งต่ำสุดของทุกความยาวจับชิ้นงานมีค่า 1.5 มิลลิเมตร แต่ความถี่ในการกลิ้งสูงสุดจะเพิ่มขึ้นตามความยาวของชิ้นงาน โดยความยาวจับชิ้นงาน 100 มิลลิเมตร ความถี่กลิ้งสูงสุด 1.68 มิลลิเมตร ความยาวจับชิ้นงาน 150 มิลลิเมตร ความถี่กลิ้งสูงสุด 1.77 มิลลิเมตร ความยาวจับชิ้นงาน 200 มิลลิเมตร ความถี่กลิ้งสูงสุด 1.85 มิลลิเมตร และความยาวจับชิ้นงาน 250 มิลลิเมตร ความถี่กลิ้งสูงสุด 3.4 มิลลิเมตร เป็นความยาวจับชิ้นงานที่ทำให้กราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นมีความชันมากที่สุด โดยการหาค่าความถี่ที่เหมาะสมในการกลิ้งหาจากการลากเส้นที่ความเร็วรอบขึ้นไปตัดเส้นลูกคลื่นดังรูปที่ 6 และได้ความถี่กลิ้งดังแสดงในตารางที่ 3

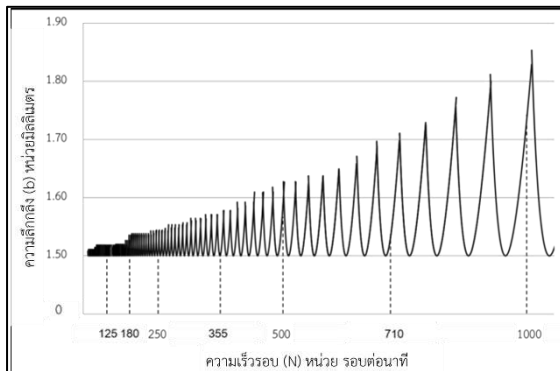
จากผลในตารางที่ 3 นำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความยาวจับชิ้นงาน โดยกำหนดเป็นช่วงค่าความถี่กลิ้งดังแสดงในรูปที่ 7 ที่ความยาวจับชิ้นงาน 100 มิลลิเมตร มีค่าความถี่ที่เหมาะสมในการกลิ้ง 1.500 - 1.661 มิลลิเมตร และความยาวจับชิ้นงาน 150 มิลลิเมตร มีค่าความถี่กลิ้ง 1.502 - 1.528 มิลลิเมตร ในช่วงความเร็วรอบ 125 - 1000 รอบต่อนาที ความยาวจับชิ้นงาน 200 และ 250 มิลลิเมตร เมื่อกลิ้งด้วยความเร็วรอบ 125 - 710 รอบต่อนาที จะต้องใช้ความถี่ที่เหมาะสมในการกลิ้ง 1.500 - 1.528 มิลลิเมตร และ 1.500 - 1.590 มิลลิเมตรตามลำดับ และความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที ความถี่ในการกลิ้ง 1.784 และ 2.275 มิลลิเมตรตามลำดับ ค่าความถี่ที่เหมาะสมในการกลิ้งที่ได้จากกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่น จะมีค่าอยู่ในช่วง 1.500 - 1.661 มิลลิเมตร อยู่จำนวน 26 ผลลัพธ์ และช่วง 1.784 - 2.276 มิลลิเมตร อยู่จำนวน 2 ผลลัพธ์ ค่าความถี่มากที่สุดของแต่ละความยาวจับชิ้นงานอยู่ในช่วงความเร็วรอบที่ 1000 รอบต่อนาที มีเพียงที่ความยาวจับชิ้นงาน 150 มิลลิเมตร มีค่าความถี่สูงสุดที่ 355 รอบต่อนาที



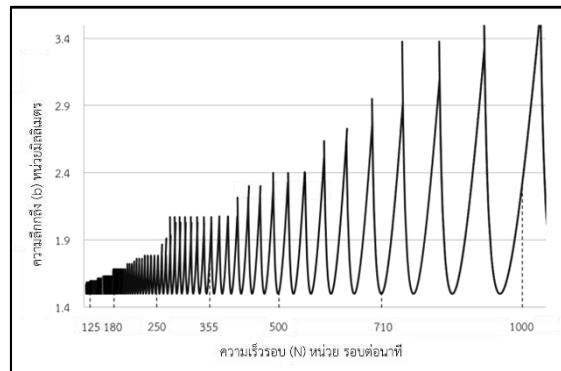
(ก) ความยาวจับชิ้นงาน 100 มิลลิเมตร



(ข) ความยาวจับชิ้นงาน 150 มิลลิเมตร



(ค) ความยาวจับชิ้นงาน 200 มิลลิเมตร



(ง) ความยาวจับชิ้นงาน 250 มิลลิเมตร

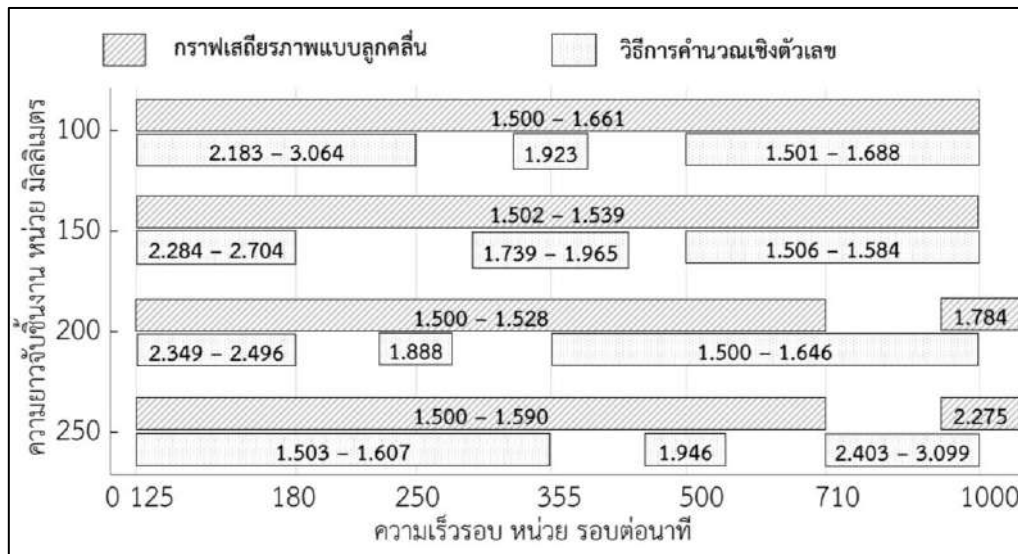
รูปที่ 6: กราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นที่ความยาวจับชิ้นงานต่างๆ

ตารางที่ 3: ค่าความลึกในการกลิ้งที่ความยาวจับชิ้นงานต่างๆ และค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างสัมพัทธ์

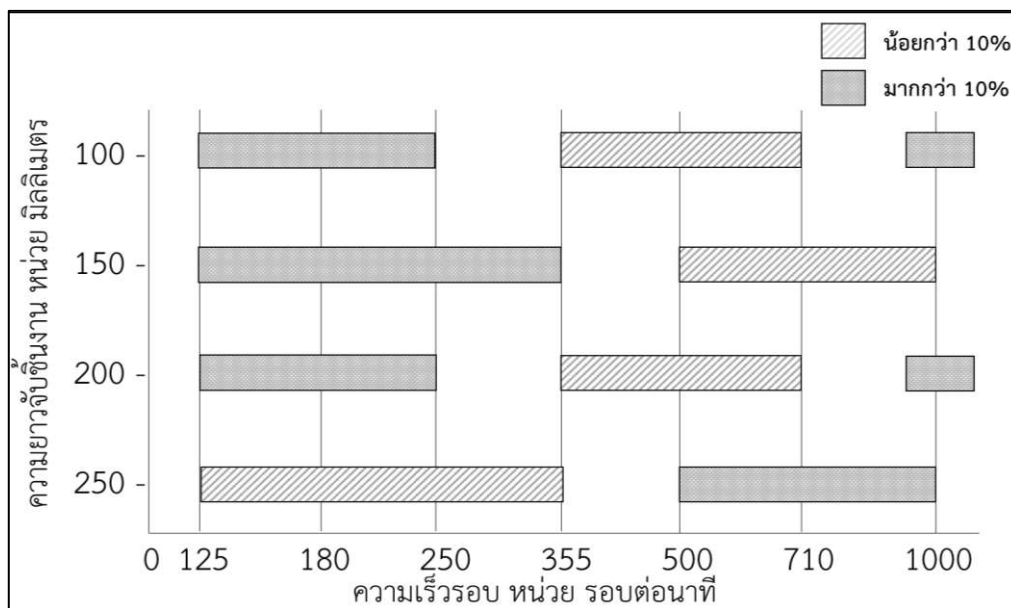
ความเร็ว รอบ	กราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่น				วิธีคำนวณเชิงตัวเลข				เปอร์เซ็นต์แตกต่างสัมพัทธ์				
	ความยาวจับชิ้นงาน หน่วยมิลลิเมตร				ความยาวจับชิ้นงาน หน่วยมิลลิเมตร								
	100	150	200	250	100	150	200	250	100	150	200	250	
125	1.502	1.503	1.502	1.512	1.501	1.506	1.500	1.561	50.962	44.422	39.833	3.113	
180	1.500	1.502	1.513	1.538	1.562	1.519	1.541	1.503	41.996	34.245	35.603	2.268	
250	1.502	1.520	1.500	1.581	1.688	1.584	1.557	1.530	31.216	22.614	20.544	3.338	
355	1.506	1.539	1.511	1.590	1.923	1.739	1.646	1.607	21.697	11.460	8.209	1.046	
500	1.537	1.508	1.505	1.502	2.183	1.965	1.888	1.946	8.982	4.804	2.344	22.836	
710	1.538	1.511	1.500	1.505	2.586	2.284	2.349	2.403	1.537	0.343	0.006	37.365	
1000	1.661	1.502	1.784	2.276	3.064	2.704	2.496	3.099	10.648	1.130	14.562	26.578	
									ค่าเฉลี่ย	23.860	17.000	17.300	13.790

### 3) วิธีคำนวณเชิงตัวเลข

จากวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขสำหรับหาค่าความลึกที่เหมาะสมในการกลึง โดยสามารถหาได้จากค่าความเร็วรอบที่ต้องการ มีผลการวิจัยแสดงในตารางที่ 3 และถูกนำมาสรุปเป็นแผนภาพดังรูปที่ 7 สามารถอธิบายได้ว่า ความยาวจับชิ้นงาน 100 - 200 มิลลิเมตร ส่วนในช่วงความเร็วรอบ 355 - 1000 รอบต่อนาที ได้ค่าความลึกกลึง 1.500 - 1.646 มิลลิเมตร ในช่วงความเร็วรอบ 125 - 250 รอบต่อนาที ได้ค่าความลึกกลึง 1.888 - 3.064 มิลลิเมตร ยกเว้นที่ความยาวจับชิ้นงาน 250 มิลลิเมตร ความเร็วรอบต่ำ 125 - 355 รอบต่อนาที ความลึกกลึง 1.503 - 1.607 มิลลิเมตร และในช่วงความเร็วรอบ 710 - 1000 รอบต่อนาที ความลึกที่เหมาะสมในการกลึง 2.403 - 3.099 มิลลิเมตร



รูปที่ 7: ค่าความลึกที่เหมาะสมในการกลึงที่ความเร็วรอบและความยาวจับชิ้นงานต่างๆ



รูปที่ 8: เปอร์เซนต์แตกต่างสัมพัทธ์ที่ความเร็วรอบและความยาวจับชิ้นงานต่าง ๆ

4) การเปรียบเทียบกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นกับวิธีคำนวณเชิงตัวเลข

ค่าความลึกกึ่งกลางที่ได้จากทั้ง 2 วิธี ดังแสดงในตารางที่ 3 เมื่อนำค่าความลึกเหมาะสมในการกลึงมาเปรียบเทียบกับพบว่าที่ความยาวจับชิ้นงาน 100 มิลลิเมตร มีค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างสัมพัทธ์เฉลี่ย 23.860% โดยมีช่วงค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างสัมพัทธ์ 1.537% - 50.962% ความยาวจับชิ้นงาน 150 มิลลิเมตร มีค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างสัมพัทธ์เฉลี่ย 17.000% มีช่วงค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างสัมพัทธ์ 0.343% - 44.422% และความยาวจับชิ้นงาน 200 มิลลิเมตร มีค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างเฉลี่ย 17.300% มีช่วงค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างสัมพัทธ์ 0.005% - 39.833% โดยจากการเปรียบเทียบค่าความลึกเหมาะสมในการกลึงที่ได้จากกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นกับวิธีคำนวณเชิงตัวเลขพบว่าค่าความลึกที่เหมาะสมในการกลึงปกติต้องมีค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างสัมพัทธ์น้อยกว่า 10% พบในช่วงความเร็วรอบ 355 - 710 รอบต่อนาที ที่ความยาวจับชิ้นงาน 100 และ 250 มิลลิเมตร และที่ความเร็วรอบ 500 - 1000 รอบต่อนาที ที่ความยาวจับชิ้นงาน 150 มิลลิเมตร ยกเว้นความยาวจับชิ้นงาน 250 มิลลิเมตร พบว่าความเร็วรอบ 125 - 250 รอบต่อนาที มีค่าเปอร์เซ็นต์สัมพัทธ์มากกว่า 10%

จากงานวิจัยพบว่ากราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นแสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งมีลักษณะของกราฟใกล้เคียงกับกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นของ Altintas, Eynian, and Onozuka. (2008) ในช่วงความเร็วรอบ 500 - 1000 รอบต่อนาที โดยวิธีของกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นจะมีการกำหนดให้หมายเลขของเส้นกราฟลูกคลื่นมีค่าเป็นจำนวนเต็ม ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) ที่เพิ่มขึ้นครั้งละเท่า ๆ กันโดยใช้การกำหนดเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 ตรงกับงานวิจัยของ Yue, J. (2006) แต่ในวิธีของวิธีคำนวณเชิงตัวเลขจะเป็นการกำหนดค่าหมายเลขของเส้นกราฟลูกคลื่นจากค่าความเร็วรอบโดยหาจากสมการที่ (10) ทำให้ค่าหมายเลขของเส้นกราฟลูกคลื่นที่คำนวณจะเป็นค่าที่เป็นทศนิยมแสดงดังตารางที่ (2) ทำให้ค่าความลึกที่เหมาะสมที่ได้มีความแตกต่างกัน โดยค่าความลึกที่เหมาะสมมีความแตกต่างกันมากที่สุดที่ 50.962% ที่ความเร็วรอบ 125 รอบต่อนาที ความยาวจับชิ้นงาน 100 มิลลิเมตร โดยมีค่าหมายเลขของเส้นกราฟลูกคลื่น ( $n$ ) ของกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นมีค่า  $n = 200$  และจากวิธีคำนวณเชิงตัวเลขได้ค่าหมายเลขของเส้นกราฟลูกคลื่น  $n = 193.22$  จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าความลึกกึ่งกลางทั้ง 2 วิธี มีความแตกต่างกัน และค่าความลึกกึ่งกลางแตกต่างกันต่ำสุด 0.006% ที่ความเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที ความยาวจับชิ้นงาน 200 มิลลิเมตร โดยมีค่าหมายเลขของเส้นกราฟลูกคลื่น ( $n$ ) ของกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นเท่ากับ  $n = 15$  และจากวิธีคำนวณเชิงตัวเลขได้ค่าหมายเลขของเส้นกราฟลูกคลื่นเท่ากับ  $n = 13.94$  โดยการหาค่าความลึกกึ่งกลางจากวิธีกราฟเสถียรภาพแบบลูกคลื่นทำให้เส้นตัดบริเวณต่ำสุดของลูกคลื่นทำให้ค่าความลึกกึ่งกลางที่หาได้มีค่าน้อย โดยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์แตกต่างสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 13.790% - 23.860% โดยทำให้ได้ค่าความลึกกึ่งกลางในช่วง 1.500 - 1.646 มิลลิเมตร เหมาะสมกับการกลึงเหล็ก SKD11 ค่าที่ได้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ วสันต์ นาคเสนีย์ (2554) ที่ใช้ความลึกในการกลึงหยาบที่ 1.500 - 4.500 มิลลิเมตร ชิ้นงานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.6 มิลลิเมตร และใช้เม็ดมีดคาร์ไบด์เคลือบด้วยไททาเนียมในการกลึง โดยกลึงหยาบที่ความลึก 1.500 มิลลิเมตร ความเร็วรอบ 1200, 675 และ 330 รอบต่อนาที ได้ค่าความหยาบผิวน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการกลึงหยาบที่ความลึกกึ่งกลางอื่น ๆ ในช่วงความเร็วดังกล่าว

## สรุป

จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของทั้งสองวิธี โดยพิจารณาจากค่าความแตกต่างสัมพัทธ์ที่น้อยกว่า 10% ในการจับชิ้นงานยาวตั้งแต่ 100 - 200 มิลลิเมตร จะได้ความลึกเหมาะสมในการกลึงประมาณ 1.5 มิลลิเมตร โดยใช้ความเร็วรอบ 355 - 710 รอบต่อนาทีในการกลึงจะไม่เกิด chatter บนผิวงาน แต่หากจับชิ้นงานยาว 250 มิลลิเมตร จะต้องใช้ความลึกเหมาะสมในการกลึงช่วง 1.5 - 1.6 มิลลิเมตร โดยใช้ความเร็วรอบ 125 - 355 รอบต่อนาทีในการกลึงจะไม่เกิด chatter เช่นกัน ส่วนความยาวจับชิ้นงานและความเร็วรอบ นอกเหนือจากข้างต้น จะมีค่าความแตกต่างสัมพัทธ์มากกว่า 10% ดังนั้นทั้งสองวิธี จึงสามารถใช้หาความลึกที่เหมาะสมในการกลึงเหล็ก SKD11 ได้ไม่แตกต่างกันเฉพาะบางช่วงความยาวจับชิ้นงานและความเร็วรอบเท่านั้น โดยจะไม่ส่งผลให้เกิดการสั่นสะเทือนที่จะเป็น chatter บนผิวงานในระหว่างการกลึง

## เอกสารอ้างอิง

- Altintas, Y., M. Eynian, and H. Onozuka. (2008). Identification of dynamic cutting force coefficients and chatter stability with process damping. *CIRP Annals-Manufacturing Technology* 57(1), 371-374.
- Campa, F. J., López de Lacalle, L. N., Urbicain, G., Lamikiz, A., Seguy, S., & Arnaud, L. (2011). Critical thickness and dynamic stiffness for chatter avoidance in thin floors milling. *Advanced Materials Research*, 188, 116-121.
- Siddhpura and R. Paurobally. (2013). Experimental Investigation of Chatter Vibrations in Facing and Turning Processes. *Internation Journal of Mechanical, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering* Vol:7, No:6, 968-973
- S. Xavierrockiaraj. And P. Kuppan. (2014). Investigation of Cutting Forces, Surface Roughness and Tool Wear during Laser Assisted Machining of SKD11 Tool Steel. *Procedia Engineering* 97. Pages 1657-1666
- Tanintorn Saksri and Somkiat Tangjitsitcharoen. (2013). Chatter Detection in Ball End Milling Procrss Using Wavelet Transformation. *The journal of KMUTNB*. 23(1), Jan. - Apr.
- Yue, J. (2006). Creating a stability lobe diagram. *IJME Session IT*, 301-501.M. pp.129-137
- เจิมธง ประารณารักษ์ และ จิระพล ศรีประเสริฐผล. (2549). การปรับค่าความแข็งสปริงของตัวดูดซับการสั่นแบบคานมวลคู่เพื่อลดการสั่นของคาน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20, 18-20 ตุลาคม จังหวัดนครราชสีมา
- ธนวุฒิ ประกอบผล. (2555). *ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ:ท้อป. หน้า 36-41
- วสันต์ นาคเสนีย์. (2554). การศึกษาอิทธิพลของสภาวะการตัดเฉือนงานกลึงเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นด้วยเม็ดเม็ดคาร์ไบด์เคลือบด้วยไททาเนียมที่มีผลต่อความขรุขระของพื้นผิว. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง. หน้า 1-13
- สมเกียรติ ตั้งจิตสถิตเจริญ. (2555). *วิศวกรรมการผลิตขั้นสูง*. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 99



## การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตพาย กรณีศึกษาอุตสาหกรรมเบเกอรี่ INCREASING EFFICIENCY OF A PIE PRODUCTION PROCESS: A CASE STUDY OF BAKERY INDUSTRY

ชลิดา ชาญวิชิต<sup>1</sup>, ฐิติรัตน์ นาคอ่อน<sup>2</sup>  
Chalida Chanwichit<sup>1</sup>, Titirat Nakon<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

<sup>1,2</sup> Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Technology  
Panyapiwat Institute of management

\*Corresponding author, E-mail: Chalidacha@pim.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการในการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตพาย ในขั้นตอนการหลังอบก่อนบรรจุภัณฑ์ โดยออกแบบและประดิษฐ์เครื่องกดพายนำมาใช้แทนพนักงานที่ทำหน้าที่กดพาย ทำให้สามารถลดจำนวนพนักงานในสายการผลิตลงได้ ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการผลิตพาย ในขั้นตอนการหลังอบไปจนถึงขั้นตอนก่อนบรรจุภัณฑ์ ต้องมีพนักงานทำหน้าที่กดพายเนื่องจากพายมีการตีตัวสูงเกินมาตรฐานที่กำหนด ส่งผลให้เวลานำเข้าเครื่องบรรจุภัณฑ์ตัวผลิตภัณฑ์จะติดกับเครื่องจักร สิ้นเปลืองเวลาในการบรรจุหีบห่อ ต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงต้องเพิ่มพนักงานมาทำหน้าที่กดพาย ทำให้พนักงานมีมากเกินความจำเป็น ผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา พร้อมทั้งหาสาเหตุจากการตั้งคำถามใช้เทคนิค Why Why Analasis ในการแก้ไข้ปัญหา

ผลการทดสอบพบว่า เมื่อมีการการออกแบบอุปกรณ์และสร้างเครื่องกดพายทำให้พนักงานปฏิบัติงานได้สะดวกขึ้นและสามารถแก้ไขปัญหาความสูงของพายสูงเกินมาตรฐานที่กำหนดโดยความสูงที่ได้อยู่ในเกณฑ์ คือ 3 - 4.5 เซนติเมตร รวมถึงสามารถลดจำนวนพนักงาน และกำจัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็น จากขั้นตอนการทำงานเดิมต้องใช้พนักงาน 6 คน มีต้นทุนด้านค่าแรง 748,800 บาทต่อปี ลดพนักงานลงจากเดิมเหลือ 2 คน คิดเป็นต้นทุนด้านค่าแรง 249,600 บาทต่อปี ลดลงได้ถึง 499,200 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 66.67

**คำสำคัญ:** การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน กระบวนการผลิตพาย

### ABSTRACT

This research aims to find ways to increase efficiency in the pie production. In the process of drying before packaging. The designer and inventor of the pie used to replace staff who served the pie. Reduce the number of employees on the production line down. The study process pie. In the process after the baking step prior to packaging. Employees must have served the pie because the pie has rebounded above the standards. As a result, the imported products with the packaging machine. Wasting time on packaging. To stop the machine to correct the problem. Need more staff to serve the pie. Employees are much

more than necessary. The researcher analyzed the problem with fishbone diagrams. The cause of the questioning techniques Why Why Analisis ECRS then applied to the problem.

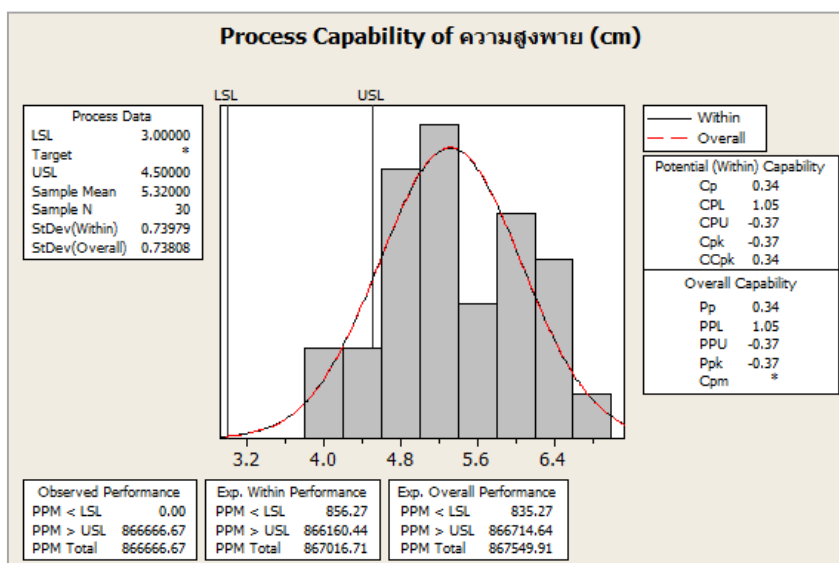
The results showed that. When designing the device and creating a press pad, employees can work more comfortably and can solve the height of the pie higher than the standard set by the height of the criteria is 3 - 4.5 cm, and can reduce the number of employees. And eliminate unnecessary work procedures. From the previous work process, it was necessary to employ 6 employees with the labor cost of 748,800 Baht / year, reduce the number of employees to 2 persons, the cost of labor was 249,600 Baht / year, decreasing to 499,200 Baht / year, or 66.67%

**Keywords :** Increase Efficiency, The Pie Production

## บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตเบเกอรี่มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง การใช้เทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัย เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้ประกอบการยังมีความพร้อมในด้านกระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพให้มียอดผลิตที่เพิ่มขึ้น และสามารถส่งเบเกอรี่ไปวางขายในร้านสะดวกซื้อได้หลายแห่งมีการแข่งขันกันมากขึ้นทั้งทางด้านราคาและคุณภาพของสินค้า จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยปัจจัยต่างๆไม่ว่าจะเป็นเครื่องจักร อุปกรณ์ บุคลากรการปรับปรุง พัฒนาระบบการผลิต และกลยุทธ์ต่างๆในการทำงาน เพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าที่มีมาตรฐานและคุณภาพที่สม่ำเสมอ ตรงตามกับความต้องการของผู้บริโภค

โรงงานผลิตเบเกอรี่ ทัศนศึกษา เป็นอีกหนึ่งองค์กรที่ผลิตเบเกอรี่ประเภทพายที่ได้รับความนิยม ซึ่งบริษัททัศนศึกษา มียอดการส่งผลิตพายประมาณ 140,000 ชิ้น/วัน หรือ 51,150,000 ชิ้น/ปี เนื่องจากมียอดการผลิตที่มากจึงพบปัญหาเกี่ยวกับการผลิต จากการศึกษากระบวนการผลิตในส่วนงานตั้งแต่พายออกจากเตาอบจนถึงกระบวนการผลิตในส่วนงานก่อนบรรจุภัณฑ์เบื้องต้นพบว่า ความสูงของชั้นพายที่เกิดจากการตีตัวของเนยทำให้ความสูงของชั้นพายเกินมาตรฐานกำหนดไว้ที่ 3 - 4.5 เซนติเมตร



รูปที่ 1: กราฟแสดงความสูงพายเกินมาตรฐาน

จากการสุ่มวัดค่าความสูงของพายหลังจากการอบจำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่าค่าเฉลี่ยความสูงของพาย (Sample Mean) อยู่ที่ 5.32 เซนติเมตร ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานตามที่โรงงานกำหนด ส่งผลให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต (Cp) อยู่ที่ 0.34 เกิดปัญหาเวลาบรรจุใส่ของพายจะติดที่เครื่องจักรบรรจุภัณฑ์พนักงานก็จำเป็นที่จะต้องหยิบออก ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ รวมถึงต้นทุนจากการผลิตที่สูงขึ้นจากการเพิ่มพนักงานเป็นจำนวน 6 คน/วัน (รวมกะเช้าและกะดึก) เพื่อมาทำหน้าที่กวดพายให้มีความสูงตามเกณฑ์มาตรฐาน แต่การกวดของแต่ละคนก็จะทำให้ได้ความสูงพายที่แตกต่างกัน จึงจะใช้เครื่องจักรที่ออกแบบมาใหม่เป็นแบบอัตโนมัติจะช่วยให้งานมีมาตรฐานรวมถึงต้นทุนในการผลิตจะลดลง เนื่องจากสามารถลดผู้ปฏิบัติงาน จึงจะแก้ปัญหาโดยจะเข้าไปศึกษางานเกี่ยวกับการพัฒนาและออกแบบเครื่องกวดพาย เพื่อลดจำนวนพนักงานในสายการผลิตในส่วนงานก่อนการบรรจุภัณฑ์ ลดขั้นตอนการทำงานกระบวนการผลิตสินค้าประเภทกลุ่มพายตลอดจนสามารถเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรและกระบวนการผลิตสินค้าพายซึ่งจะเป็นต้นแบบเครื่องจักร ในอนาคตต่อไป

### ทบทวนวรรณกรรม

พิทพจน์ (2552) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราผลิตภาพในกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่าง(อุตสาหกรรมล้างขวด) ซึ่งขอบเขตของงานวิจัยนี้ครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการรับวัตถุดิบ แยกผลิตภัณฑ์ การล้างทำความสะอาด จนกระทั่งบรรจุพร้อมส่งให้ลูกค้าต่อไป ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย (1) การศึกษาเบื้องต้นในข้อมูลต่างๆของโรงงาน (2) วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นและนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงงาน (3) ทดลองปฏิบัติงานตามแนวทางที่นำเสนอ (4) วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการดำเนินงาน ก่อน-หลังปรับปรุง (5) สรุปผล ซึ่งการปรับปรุงงานในงานวิจัยนี้ เน้นหนักไปที่การปรับปรุงเครื่องจักรใหม่และออกแบบวิธีการทำงานใหม่ ผลการศึกษาพบว่า อัตราผลิตภาพรวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 36.0 อัตราผลิตภาพแรงงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 58.5 อัตราผลิตภาพวัตถุดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.38 อัตราผลิตภาพแรงงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.50 ซึ่งแนวทางการปรับปรุงงานที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมล้างขวดอื่นๆเพื่อเพิ่มอัตราผลิตภาพโดยรวมได้

ธิดา (2555) ได้ทำการปรับปรุงการทำงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้กับสายการผลิตขดลวดแม่เหล็ก (Stator) รุ่น D Frame ของบริษัทกรณีศึกษาโดยการประยุกต์ใช้หลักการการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลาการปรับสมดุลสายการผลิตและการลดความสูญเสียเปล่าด้วยECRS ขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากศึกษากระบวนการผลิตทำการรวมขั้นตอนการปฏิบัติงานการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการปฏิบัติงานจัดทำเวลามาตรฐานเพื่อปรับความสมดุลของสายการผลิต จากนั้นทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสายการผลิตค่าความแปรปรวนและค่าความเท่าเทียมในการกระจายงานของแต่ละขั้นตอนการทำงานจากผลการดำเนินโครงการพบว่ากระบวนการผลิตหลังจากที่ได้ปรับปรุงมีประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้น 75.7 เปอร์เซนต์ค่าความแปรปรวนจาก 57.80 เหลือ 34.61 และค่าความเท่าเทียมในการกระจายงานจาก 10.60 เหลือ 9.44

ธารชุตตา ดวงพร และ ปรีดาภรณ์ (2557) ได้ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตด้วยเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการมีวัตถุประสงค์เพื่อนำความรู้ทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการมาประยุกต์ใช้จริง เพื่อช่วยในการลดต้นทุนด้านเวลาและแรงงานให้กับผู้ประกอบการ โดยโรงงานกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นโรงงานขนาดย่อมในจังหวัดอุบลราชธานีซึ่งมีผลิตภัณฑ์หลักคือจักรยาน และใช้แรงงานคนในการประกอบเป็นหลัก หลังจากศึกษาขั้นตอนการทำงานในปัจจุบันแล้วพบว่า การประกอบยังเป็นไปด้วยความล่าช้าและมีการรอคอยของพนักงานซึ่งเป็นการเสียเวลาไปโดยเปล่าประโยชน์ ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการต่าง ๆ เช่น การศึกษางาน การจับเวลา การใช้แผนภูมิกระบวนการผลิต (Operation Process

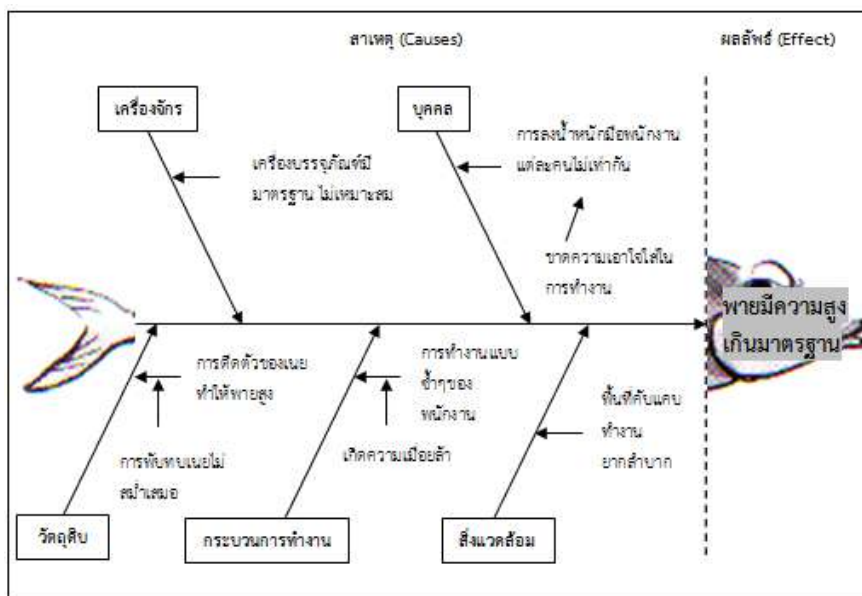
Chart; OPC) แผนผังก้างปลา และเทคนิคการปรับปรุงงาน (ECRS) เป็นต้น มาช่วยในการแก้ปัญหาให้กับโรงงาน โดยพบว่าหลังจากปรับปรุงการทำงานแล้ว สามารถลดเวลาสูญเสียในการทำงานลงได้จากเดิม 509 วินาที เหลือเพียง 43 วินาที และในภาพรวมใช้เวลาประกอบจักรยานลดลงจาก 837 วินาทีต่อคัน เหลือเพียง 595 วินาที หรือ ใช้เวลาประกอบจักรยานได้เร็วขึ้น 28.91%

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและประดิษฐ์เครื่องกวดพายในกระบวนการหลังอบก่อนบรรจุภัณฑ์
2. เพื่อลดต้นทุนแรงงานการผลิตของสายการผลิตพาย

### วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการผลิตพาย ในการศึกษาแต่ละขั้นตอนการผลิตเพื่อให้ทราบและเข้าใจถึงปัญหา พร้อมทั้งวิธีการผลิตอย่างละเอียด
2. เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหา โดยการสุ่มวัดความสูงของพายวันละ 30 ตัวอย่างตั้งแต่เดือนเมษายน 2559 ถึงเดือน มิถุนายน 2559 จากข้อมูลการสุ่มวัดความสูงของพายในช่วง 3 เดือน พบว่าค่าเฉลี่ยความสูงของพายหลังจากการอบ อยู่ที่ประมาณ 6 เซนติเมตร ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานตามที่โรงงานกำหนด เมื่อนำเข้าเครื่องบรรจุภัณฑ์ตัวผลิตภัณฑ์จะติดกับเครื่องจักร ทำให้เสียเวลาในการบรรจุหีบห่อ อาจจะต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ทางโรงงานต้องจ้างพนักงานเข้ามาทำหน้าที่ในการกวดพายจำนวนกะละ 3 คน แต่ปัญหาพายสูงเกินมาตรฐานก็ยังคงอยู่ ร่วมกันหาสาเหตุโดยใช้แผนผังก้างปลา (fish bone diagram) และหลักการ 4M 1E ที่เกิดจากคน เครื่องจักร วิธีการ วัตถุดิบ และสิ่งแวดล้อม เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ปัญหาหลักการ ECRS เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาและปรับปรุงวิธีการทำงาน



รูปที่ 2: แผนผังก้างปลาการวิเคราะห์ปัญหา

การระดมความคิดหาสาเหตุการวิเคราะห์แผนผังก้างปลาจากการศึกษาหาปัญหาพวยมีความสูงเกินมาตรฐาน ทำให้เราทราบว่าปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากวัตถุดิบ บุคคล กระบวนการทำงาน และเครื่องจักร สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาพร้อมกับหาแนวทางการแก้ไขปัญหาโดยใช้หลักการตั้งคำถาม Why Why Analysis และหลักการ ECRS แสดงดังรูปที่ 3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ประเภท	ปัญหา	Why 1	Why 2	Why 3	แนวทาง	สถานะ
คน	การลงน้ำหนักมือพนักงานแต่ละคนไม่เท่ากัน	พนักงานแต่ละคนมีประสิทธิภาพในการทำงานไม่เท่ากัน	ขาดความเอาใจใส่ในการทำงาน	-	สร้างอุปกรณ์เครื่องจักรทำหน้าที่แทนพนักงานสามารถกดขนมให้ได้ขนาดตามมาตรฐาน	แก้ไขได้
เครื่องจักร	เครื่องบรรจุภัณฑ์มีมาตรฐานไม่เหมาะสม	เพราะกำหนดมาตรฐาน จากพวยที่ส่งไปยังบริษัททาง Supplier ต่างประเทศ ที่มีการติดต่อซื้อเครื่องบรรจุภัณฑ์	-	-	ปรึกษากับทางหน่วยงาน RD กำหนดมาตรฐานใหม่	แก้ไขไม่ได้
กระบวนการทำงาน	การทำงานซ้ำๆของพนักงาน	พนักงานเกิดความเมื่อยล้า	การทำงานต้องยืนทำงานตลอดเวลา	-	สร้างอุปกรณ์เครื่องจักรทำหน้าที่กดแทนพนักงานและสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง	แก้ไขได้
วัตถุดิบ	การติดตั้งของเนยทำให้พวยสูง	เกิดจากการทับทบเนยไม่สม่ำเสมอ	แป้งมีลักษณะผิวไม่เรียบทำให้เกิดช่องว่างเวลาจับทับทบเนย	-	ประสานงานกับทางหน่วยงาน RD เปลี่ยนสูตรพวย	แก้ไขไม่ได้

### รูปที่ 3: การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากรูปที่ 3 วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา สาเหตุที่แก้ไขไม่ได้ด้านเครื่องจักร เดิมที่พวยที่ส่งให้กับบริษัท Supplier วัตถุดิบความสูงได้ 2.5 เซนติเมตรทาง RD จึงกำหนดมาตรฐานมาให้มีความสูง 3 - 4.5 เซนติเมตรการจะเปลี่ยนมาตรฐานอยู่ในส่วนงาน RD จึงไม่สามารถที่จะแก้ไข ส่วนปัญหาด้านวัตถุดิบ เป็นสูตรของทาง RD ที่คิดค้นขึ้นมาถ้าเปลี่ยนเนย หรือ ส่วนผสมของแป้งจะทำให้บริษัทต้องเปลี่ยนสูตรของพวยทั้งหมดทางบริษัทคงไม่ยินยอมจะทำให้เสียต้นทุน เสียเวลา ปัญหาที่แก้ไขได้ก็คือ คน และกระบวนการทำงาน เพราะสามารถสร้างอุปกรณ์เครื่องจักรทำหน้าที่กดพวยแทนคน ทำงานได้อย่างต่อเนื่องลดต้นทุนแรงงาน คินทุนและผลกำไรให้กับบริษัท

3. หาแนวทางปรับปรุงแก้ไข จากการศึกษาค้นหาสาเหตุ จึงมีแนวคิดที่จะใช้หลักการ ECRS โดยใช้การปรับปรุงวิธีการทำงาน ทำให้ง่ายขึ้น ( S: Simplify ) เป็นหลักโดยการสร้างอุปกรณ์เครื่องจักรมาใช้ทำงานแทนพนักงานในการกดพวย เนื่องจากว่าการกดพวยนั้น เป็นการทำงานที่ซ้ำๆ กันไปเรื่อยๆ งานในลักษณะนี้สามารถที่จะนำเครื่องจักรมาใช้งานแทนได้ เพราะเครื่องจักรสามารถลอกเลียนแบบพฤติกรรมของมนุษย์ได้

4. การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องจักรในโปรแกรม Solid work แสดงรูปแบบจำลองและส่วนประกอบของเครื่อง

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลองใช้เครื่องจักรในสายการผลิตผู้วิจัยได้ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง ดังนี้

#### การทดลองครั้งที่ 1

ทดลองใช้โดยใช้ค่าพารามิเตอร์คือแรงลมของกระบอกสูบในการกดพวย โดยใช้แรงลมปรับตามตัว Regulator คือ ประมาณ 2 บาร์และ 3 บาร์ พบว่าพวยมียังความสูงเกินมาตรฐานไม่ได้ตามที่ต้องการ มีแรงใน

การกดพายเข้าเกิน ตัวกดจะดึงพายไปข้างหลังทำให้กดต่อไปพายจะเสียรูปทรงมีลักษณะหน้าพายลอกจึงต้องทิ้งพายไปตั้งรูปที่ 4 ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้



รูปที่ 4: ลักษณะพายเมื่อใช้แรงกดพายที่ 2 บาร์และ 3 บาร์

### การทดลองครั้งที่ 2

ทดลองโดยใช้ค่าพารามิเตอร์คือแรงลมของกระบอกสูบในการกดพาย โดยใช้แรงลมปรับตามตัว Regulator ประมาณ 4 บาร์ พบว่าแรงกระแทกของกระบอกสูบน้อย แรงในการกดขนมพอดี พายมีลักษณะรูปทรงไม่แบน หน้าพายไม่ลอก และยังมี ความสูงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 5 ลักษณะพายที่มีความสูงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน



รูปที่ 5: ลักษณะพายที่มีความสูงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

### การทดลองครั้งที่ 3

ทดลองโดยใช้ค่าพารามิเตอร์คือแรงลมของกระบอกสูบในการกดพาย โดยใช้แรงลมปรับตามตัว Regulator ประมาณ 5 บาร์และ 6 บาร์ พบว่ามีความแรงและความเร็วของกระบอกสูบในการกดมากเกินไป พายจะมีลักษณะแบน หน้าพายลอกต้องทิ้งไม่สามารถนำไปยังกระบวนการผลิตพายต่อไปได้ ยังส่งผลให้กระบอกสูบกระแทกกับเครื่องกดขนม ดังรูปที่ 6 ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้



รูปที่ 6: ลักษณะพายเมื่อใช้แรงลมพายที่ 5 บาร์และ 6 บาร์

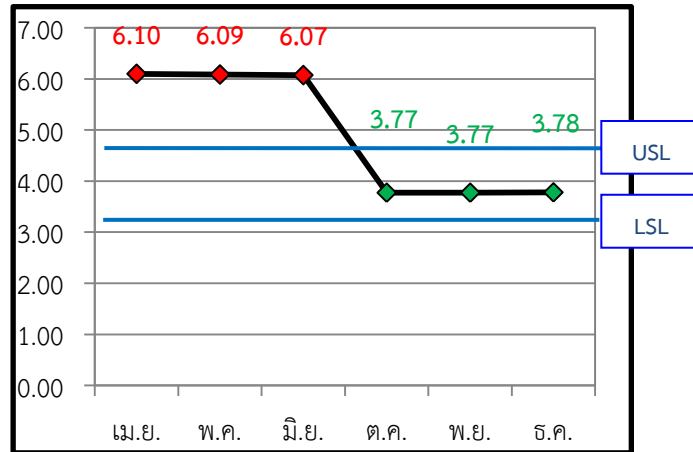
สรุปผลการทดลองปรากฏว่า ที่แรงลม 4 บาร์ พายมีความสูงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมากที่สุด และสินค้าไม่เสียรูปทรงมีลักษณะตรงตามมาตรฐานของบริษัท

จากการทำงานของเครื่องกดพายถาดจะวิ่งเข้ามาตามสายพานชุดละ 6 ถาด Photo cell จะจับสัญญาณจากตัวถาดสั่งการให้ Solenoid สั่งงานกระบอกสูบล้างให้ทำการกดพาย ในการกดพายแต่ละชุดถาดต้องหยุดนิ่งถาดแรกจะหยุดนิ่งอยู่ที่ 4.7 วินาที เวลาถาดแรกวิ่งมาถึงเครื่องกด เครื่องกดจะทำการกดพายทันที แต่ในถาดต่อไปถาดจะนิ่งอยู่ที่ 7.8 วินาที ในแต่ละชุด เวลาในการกดพายแต่ละถาดใช้เวลาในการกด 1.2 วินาที เป็นการทำงานอย่างต่อเนื่องจนเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตพาย

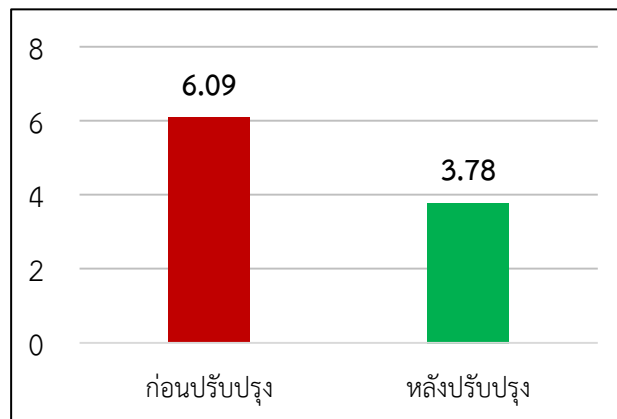
ตารางที่ 1: เปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

เดือน	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เฉลี่ย
เมษายน	6.10	-	6.09
พฤษภาคม	6.09	-	
มิถุนายน	6.07	-	
ตุลาคม	-	3.77	3.78
พฤศจิกายน	-	3.77	
ธันวาคม	-	3.78	

จากตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนปรับปรุงตั้งแต่เดือนเมษายน – มิถุนายน 2559 ค่าเฉลี่ยความสูงของพายอยู่ที่ 6.09 เซนติเมตร ซึ่งเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ 3 - 4.5 เซนติเมตรและหลังปรับปรุงที่ใช้เครื่องกดพายแทนพนักงานเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนตุลาคม – ธันวาคม 2559 ค่าเฉลี่ยความสูงของพายอยู่ที่ 3.78 เซนติเมตร ทำให้ความสูงของพายเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7 กราฟแสดงข้อมูลผลเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงแต่ละเดือน



รูปที่ 7: กราฟแสดงข้อมูลผลเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงแต่ละเดือน



รูปที่ 8: กราฟแสดงผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนออกแบบประดิษฐ์เครื่องกวดพายและหลังจากออกแบบประดิษฐ์เครื่องกวดพาย

จากผลลัพธ์ที่ได้ในรูปที่ 8 เก็บข้อมูลโดยการสุ่มตัวอย่างจะเห็นได้ว่าความสูงของพายก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงเมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกันทำให้ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งค่าเฉลี่ยสามารถลดลงได้ถึง 2.31 เซนติเมตร อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของทางบริษัทกรณีศึกษา โดยคิดเฉลี่ยลดลงเป็นร้อยละ 37.93 เมื่อนำเข้าเครื่องบรรจุภัณฑ์ตัวผลิตภัณฑ์ไม่ติดกับเครื่องบรรจุ ไม่เสียเวลาในการบรรจุหีบห่อ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องกวดพายง่ายต่อการควบคุมการผลิตสินค้า



**ตารางที่ 2:** รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการประดิษฐ์เครื่องจักรและอุปกรณ์

ลำดับที่	รายการ	รายละเอียด	จำนวนเงิน (บาท)
1	เหล็กสแตนเลส (กิโลกรัม)	15 kg X 36 บาท	540
2	แรงงานในการประดิษฐ์	2 คน X 3 เดือน X 4500 บาท	27,000
3	Timer	2 ตัว ตัวละ 962 บาท	1,924
4	Photocell	2 ตัว ตัวละ 2,700 บาท	5,400
5	Solenoid Valve	1 ตัว ตัวละ 1,300 บาท	1,300
6	แผ่น Superlene	4,000 บาท	4,000
7	กระบอกสูบ	1,295 บาท	1,295
			41,459

แสดงการคำนวณดังนี้

สามารถลดต้นทุนด้านแรงงานได้เท่ากับ 400 บาทต่อวัน โดยแสดงรายละเอียดได้ ดังนี้

ต้นทุนด้านแรงงาน = 6 คนต่อวัน x 8 ชม.ต่อคน x 50 บาทต่อชม. = 2,400 บาทต่อวัน แต่สามารถลดคนลงไปได้ 4 คน คิดเป็นต้นทุนแรงงาน = 4 คนต่อวัน x 8 ชม.ต่อคน x 50 บาทต่อชม. = 1,600 บาทต่อวัน

$$\text{ดังนั้น ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุน}}{\text{ผลตอบแทน}} = \frac{41,459\text{บาท}}{1,600\text{บาทต่อวัน}} = 25.91 \approx 26 \text{ วัน}$$

**สรุป**

จากวัตถุประสงค์ของการศึกษา งานวิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตพายในการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องกดพาย คุณภาพของพายหลังทำการปรับปรุง และการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนโดยใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัยเพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ และ Why-Why วิเคราะห์หาสาเหตุ แก้ไขปัญหาใช้หลักการ ECRS การทำให้ง่ายขึ้นคือการนำอุปกรณ์เครื่องจักรมาใช้แทนพนักงานที่ทำหน้าที่กดพาย สามารถลดต้นทุนด้านแรงงาน เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตพาย ผู้วิจัยจึงมีแล้วคิดการสร้างอุปกรณ์เครื่องจักรขึ้นมาใช้แทนแรงงานคน

การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องกดพายพร้อมทั้งทดสอบการใช้งาน

- การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องกดพายสามารถลดพนักงานกำจัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นจากขั้นตอนการทำงานเดิมต้องใช้พนักงาน 6 คน ลดพนักงานลงจากเดิมเหลือ 2 คน

- ลดต้นทุนด้านค่าแรง จากเดิมใช้พนักงาน 6 คน มีต้นทุนด้านค่าแรง 748,800 บาทต่อปี ทำให้ใช้พนักงานเพียง 2 คน คิดเป็นต้นทุนด้านค่าแรง 249,600 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 66.67

คุณภาพของพายหลังทำการปรับปรุง

จากการปรับปรุงที่ผ่านมา พบว่าความสูงของพายมีค่าเฉลี่ยประมาณ 3.7 เซนติเมตร อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ 3 - 4.5 เซนติเมตร เวลากดพายยังมีลักษณะรูปร่างไม่แบน หน้าพายไม่ลอก ใสไม่แตกออก

การประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน

จากการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนพบว่า เงินลงทุนในการทำเครื่องเท่ากับ 41,459 บาท ให้ผลตอบแทนในการลดค่าใช้จ่ายด้านค่าแรงพนักงานเท่ากับ 1,600 บาท/วัน สามารถคืนทุนได้ในเวลา 26 วัน

#### ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทำความสะอาดทุกครั้งหลังจากใช้งานเสร็จ เพื่อป้องกันไม่ให้มีเศษพวยติดกับแผ่น Superlene
2. ควรเพิ่มเกจแสดงค่าแรงดันลมเพื่อให้ง่ายต่อการปรับตั้ง

#### เอกสารอ้างอิง

- ธารชуда พันธุ์นิกุล ดวงพร สังข์มะณี และ ปรีดาภรณ์ งามสง่า. (2557). “การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตด้วยเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหกรรม กรณีศึกษา: โรงงานประกอบรถจักรยาน.” วิทยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ธิดา สุนาร์ักษ์. (2555). “ได้ทำการปรับปรุงการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้กับสายการผลิตขดลวดแม่เหล็ก (Stator) รุ่น D Frame.” ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและโลจิสติกส์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- พิทพนธ์ พิทักษ์. (2552). “กระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิต กรณีศึกษา อุตสาหกรรมล้างขวด.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิตวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและระบบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## การปรับตัวต่ออุทกภัยของประชาชนในอำเภอเมืองจันทบุรี

### FLOOD ADAPTATION OF PEOPLE IN MUEANG CHANTHABURI DISTRICT

ดวงมณี ทองคำ<sup>1\*</sup>, ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์<sup>2</sup>  
Doungmanee Thongkum<sup>1</sup>, Assistant Professor Dr.Chaiwat Ekkawatpanit<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

<sup>1</sup>Department of Industry Technology, Faculty of Industry Technology, Rambhai Barni Rajabhat University

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

<sup>2</sup>Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering,

King Mongkut's University of Technology Thonburi

\*Corresponding author, E-mail: nongdaung-30@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการนำเสนอความคิดเห็นด้านการปรับตัวของประชาชนเกี่ยวกับน้ำท่วมในอำเภอเมืองจันทบุรี เพื่อศึกษาการปรับตัวของประชาชนในอำเภอเมืองจันทบุรีจากอุทกภัย กลุ่มตัวอย่างเป็นประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมบริเวณตำบลจันทนิมิต และชุมชนตลาดน้ำพุ เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย การสัมภาษณ์ การสังเกต และแบบสอบถาม ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างสามารถยอมรับได้กับการเกิดอุทกภัย ซึ่งปัญหาอุทกภัยมีผลกระทบทำให้เกิดความเครียดร้อยละ 20.17 และมีผลต่อการดำเนินชีวิตและมีความเสียหายเพียงร้อยละ 5.88 เนื่องจากมีน้ำท่วมขังเพียง 1-3 วัน และมีความเสียหายไม่ถึง 10,000 บาท จึงทำให้ประชาชนยอมรับได้กับการเกิดอุทกภัย ซึ่งเมื่อเกิดอุทกภัยในพื้นที่มีระบบเตือนภัย และมีการช่วยเหลือจากภาครัฐครอบคลุมทุกด้าน อีกทั้งประชาชนสามารถพึ่งพาตนเองและเพื่อนบ้านได้ จึงทำให้ประชาชนสามารถปรับตัวเพื่อรับมือกับการเกิดอุทกภัยได้ แต่ยังคงขาดการมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาอุทกภัยอย่างยั่งยืน

**คำสำคัญ:** ปรับตัวจากอุทกภัย อำเภอเมืองจันทบุรี อุทกภัย ผลกระทบจากอุทกภัย

#### ABSTRACT

This study revealed local people's opinion toward flooding in Mueang Chanthaburi District. The samples were people living in the risk areas of flooding, at Chanthanimit Sub-district and Namphu Market. Data was collected by questionnaire and observation. The results showed that the flooding caused stress 20.17% of the people and affect to life 5.88% of the them this damage which occurred in 1-3 days after flooding cause less than 10,000 Baht. As a result, people in this area can accept to the flooding. Because of flood warning system and the government agencies assistance, local people can help each other. However it has still lacked of public participation in sustainable flood management solutions.

**Keywords:** Adaptation, district of Chanthaburi, flooding, flood risk areas.

## บทนำ

จังหวัดจันทบุรีเป็นจังหวัดที่อยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทยมีขนาดเนื้อที่ประมาณ 6,388 ตารางกิโลเมตรครอบคลุมพื้นที่ 10 อำเภอประกอบด้วยอำเภอเมืองจันทบุรี ท่าใหม่ โป่งน้ำร้อน มะขาม แหลมสิงห์ สอยดาว แก่งหางแมว ชลุง นายายอาม และเขาคิชฌกูฏ มีลักษณะภูมิประเทศบริเวณตอนบนและตอนกลางเป็นพื้นที่ภูเขาสลับราบสูง และบริเวณตอนล่างเป็นพื้นที่ราบลุ่ม บริเวณตัวเมืองจันทบุรีมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะและที่ราบชายฝั่งทะเล โดยที่จังหวัดจันทบุรีได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จึงส่งผลให้ประสบกับปัญหาอุทกภัยบ่อยครั้ง ซึ่งในปี พ.ศ.2542 และ 2549 จังหวัดจันทบุรีได้ประสบปัญหาอุทกภัยหลายอำเภอในจังหวัดจันทบุรี ซึ่งส่งผลกระทบต่อชีวิตได้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ และสังคมเป็นอย่างมาก มีมูลค่าเสียหายมากกว่า 2,000 ล้านบาท

ในเขตอำเภอเมืองจันทบุรีมีแม่น้ำจันทบุรีไหลผ่านและไหลออกสู่ทะเลที่บริเวณท่าแฉลบ ทำให้เป็นพื้นที่รับน้ำจากตอนบนของกลุ่มน้ำจันทบุรีเพื่อระบายสู่ทะเล ซึ่งเป็นบริเวณที่มีประชากรอยู่หนาแน่น จึงส่งผลทำให้เกิดน้ำป่าไหลหลากจากบริเวณตอนบนของกลุ่มน้ำ และเอ่อล้นเข้าท่วมจากแม่น้ำ หรือแม้แต่หากเกิดฝนตกหนักติดต่อกันหลายวันจะส่งผลให้บริเวณตัวเมืองจันทบุรีโดยเฉพาะพื้นที่บริเวณริมแม่น้ำและพื้นที่ต่ำในแอ่งกระทะเกิดน้ำท่วมขังประมาณ 1-3 วัน ในปี พ.ศ.2542, 2543, 2544 และ 2549 ได้เกิดปัญหาอุทกภัยในพื้นที่ โดยเฉพาะในปี พ.ศ.2542 และ 2549 เกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ในจังหวัดจันทบุรี ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นมูลค่ามากกว่า 2,000 ล้านบาท และทำให้ประชาชนได้รับผลกระทบทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ สังคม และเศรษฐกิจ [4]

การป้องกันน้ำท่วมอย่างยั่งยืนจำเป็นต้องมีความร่วมมือกันของทุกภาคส่วน และมีการวางแผนบริหารจัดการในช่วงของการเกิด และหลังเกิดอุทกภัย โดยจำเป็นต้องมีข้อมูลการศึกษาการปรับตัวของประชาชนในพื้นที่ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาแผนการป้องกันน้ำท่วมบูรณาการความร่วมมือกันของทุกภาคส่วน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการปรับตัวของประชาชนในอำเภอเมืองจันทบุรีจากการเกิดอุทกภัย โดยการจัดทำฐานข้อมูลอุทกภัย ฐานข้อมูลผลกระทบจากอุทกภัย และการปรับตัวของประชาชนในพื้นที่ศึกษาจากการเกิดอุทกภัย เพื่อเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการปัญหาอุทกภัยในเขตอำเภอเมืองจันทบุรี

## บททวนวรรณกรรม

### 1. การศึกษาที่เกี่ยวข้อง

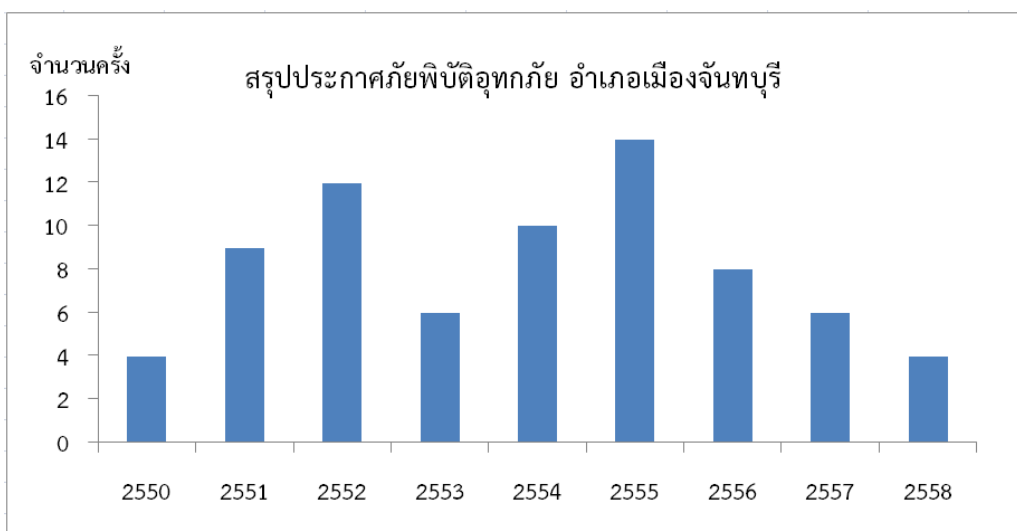
เทียนชัย ธรรมรุ่งโรจน์ (2549) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับตัวของประชาชนในตำบลน่านกกก อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อการดำรงชีวิตหลังเกิดอุทกภัย ปี พ.ศ. 2549 มีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นประชาชนในตำบลน่านกกก ที่ประสบเหตุอุทกภัยดินโคลนถล่ม จำนวน 88 คน ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัย และวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามโดยใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ผลการวิจัยพบว่าการปรับตัวในด้านต่างๆ เช่น ด้านการปรับตัวเอง, การปรับตัวทางสังคม, และปรับตัวทางเศรษฐกิจ อยู่ในระดับดี ด้านการปรับตัวทางเศรษฐกิจ ด้านการปรับตัวทางเศรษฐกิจ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 รวมถึงมีข้อเสนอแนะในการปรับตัวของประชาชนในตำบลน่านกกก ได้แก่ การย้ายบ้านให้ห่างจากริมน้ำ การยอมรับสภาพที่เกิดขึ้น การร่วมกันแสดงความคิดเห็นช่วยแก้ปัญหา การติดตามข่าวสารบ้านเมืองอยู่เสมอ

สิทธิศักดิ์ เท่าธูรี (2544) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการรับรู้และการปรับตัวของประชาชนบ้านน้ำก้อ ภายหลังจากเกิดภัยพิบัติจากอุทกภัย ในปี พ.ศ. 2544 โดยมีประชากรกลุ่มตัวอย่างเป็น หัวหน้าหรือตัวแทนครัวเรือนในบ้าน น้ำก้อ จำนวน 142 คน โดยใช้วิธีการสังเกตสภาพทั่วไปของบ้านก้อ และใช้แบบสอบถามใน

การเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการศึกษาพบว่า สภาพทั่วไปของบ้านน้ำก้อ มีการย้ายถิ่นฐานไปอยู่ในพื้นที่ที่สูงกว่าเดิม บางส่วนอพยพไปอยู่ที่อื่น สิ่งสาธารณูปโภคและสถานบริการของรัฐได้มีการปรับปรุงให้ใช้งานได้ตามปกติ และมีการป้องกันความรุนแรงจากอุทกภัย เช่น การก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ การรับรู้ต่ออุทกภัยของประชาชนบ้านน้ำก้ออยู่ในระดับสูง ทั้งในด้านความรุนแรงจากการเกิดอุทกภัยและด้านการบรรเทาความรุนแรง การปรับตัวของประชาชนบ้านน้ำก้อเพื่อบรรเทาความรุนแรงจากการเกิดอุทกภัยครั้งใหม่มีการปรับตัวอยู่ในระดับสูง นอกจากนี้ยังพบว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นส่งผลให้ประชาชนหมู่บ้านอื่นมีความตื่นตัวและตระหนักต่อต่ออุทกภัยมากกว่าเดิม และภาครัฐก็ให้ความสำคัญกับอุทกภัยมากขึ้น

## 2. ปัญหาอุทกภัยในอำเภอเมืองจันทบุรี

จากการรวบรวมข้อมูลด้านอุทกภัยในอำเภอเมืองจันทบุรี ดังแสดงรูปที่ 1 จากจากเหตุการณ์อุทกภัยที่เกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในปี พ.ศ.2550 และ 2558 ที่เกิดอุทกภัยรุนแรงสร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของราษฎรและทางราชการเป็นจำนวนมากในพื้นที่ตัวเมืองจันทบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่เศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดจันทบุรีและจากอุทกภัยครั้งใหญ่ จึงเกิดโครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองจันทบุรี สร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ.2556 ส่งผลให้ในพื้นที่อำเภอเมืองจันทบุรีมีปัญหา น้ำท่วมลดลง โดยที่ในปัจจุบันเมื่อมีฝนตกหนักปริมาณน้ำฝนวัดได้ 300 มม./วัน ติดต่อกันหลายวันส่งผลให้เกิดน้ำขังในพื้นที่ตัวเมืองประมาณ 1 วันเนื่องจากประสิทธิภาพของการระบายน้ำที่ไม่เพียงพอ ซึ่งปริมาณน้ำที่ไหลหลากจากบริเวณต้นน้ำมีการผันลงทะเลที่ปากแม่น้ำบริเวณแหลมสิงห์



รูปที่ 1: จากข้อมูลสถิติภัยพิบัติ ตั้งแต่ปี 2550– 2558 ของจังหวัดจันทบุรี [3]

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสำรวจความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่อำเภอเมืองจันทบุรีเกี่ยวกับปัญหาอุทกภัย
2. เพื่อศึกษาการปรับตัวของประชาชนในพื้นที่อำเภอเมืองจันทบุรีต่อการเกิดอุทกภัยในปัจจุบัน

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาการปรับตัวของประชาชนในเขตอำเภอเมืองจันทบุรีจากการเกิดอุทกภัย โดยการรวมข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมเพื่อกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของอำเภอเมืองจันทบุรี และออกแบบเครื่องมือที่

ใช้ในการศึกษา การเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่กำหนด ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยหลักการทางสถิติเพื่อสรุปผลการวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิจัย

การกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้การวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์พื้นที่อุทกภัยของอำเภอเมืองจันทบุรี จากข้อมูลสรุปประกาศภัยพิบัติในจังหวัดจันทบุรี ของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย และตรวจสอบข้อมูลในพื้นที่จากผู้นำชุมชนเพื่อให้ทราบพื้นที่ที่ประสบอุทกภัย ซึ่งจากการศึกษาพบว่าพื้นที่ตำบลจันทนิมิต บริเวณริมแม่น้ำ และในเขตชุมชนตลาดน้ำพุเป็นพื้นที่ประสบอุทกภัยจึงกำหนดพื้นที่ดังกล่าวเป็นกลุ่มตัวอย่างของประชาชนในอำเภอเมืองจันทบุรี

### 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยการปรับตัวของประชาชนในอำเภอเมืองจันทบุรีจากการเกิดอุทกภัย โดยใช้แบบสอบถามที่มีการวิเคราะห์ข้อมูล และเนื้อหาเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน และได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยที่แบบสอบถามแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม, ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการปรับตัวของประชาชนจากการเกิดอุทกภัย และข้อเสนอแนะ/ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีสถิติเชิงพรรณนา เพื่อสรุปผลการวิจัยการปรับตัวของประชาชนในอำเภอเมืองจันทบุรีจากการเกิดอุทกภัย

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการสำรวจกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 67.23) มีช่วงอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษามากที่สุด (ร้อยละ 42.86) และประกอบอาชีพผู้ค้าขาย (ร้อยละ 49.5) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะทั่วไป	ความถี่	ร้อยละ
กลุ่มตัวอย่าง		
<b>เพศ</b>		
ชาย	39	32.78
หญิง	80	67.22
<b>ช่วงอายุ</b>		
18-30 ปี	9	14.41
31-40 ปี	8	19.49
41-50 ปี	13	27.12
51-60 ปี	3	20.34
61 ปีขึ้นไป	6	18.64
<b>ระดับการศึกษา</b>		
ต่ำกว่าประถมศึกษา	9	7.56
ประถมศึกษา	51	42.86

ลักษณะทั่วไป	ความถี่	ร้อยละ
ปริญญาตรี	15	12.61
มัธยมศึกษาตอนต้น	13	10.92
มัธยมศึกษาตอนปลาย	25	21.01
อนุปริญญา/ปวส.	5	4.20
<b>อาชีพ</b>		
ค้าขาย	59	49.58
รับจ้าง	25	21.01
แม่บ้าน/พ่อบ้าน	14	11.76
รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ	3	2.52
เกษตรกร	1	0.84
อื่นๆ	17	14.28

## 2. ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่อำเภอเมืองจันทบุรีเกี่ยวกับปัญหาอุทกภัย

จากข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาอุทกภัยในอำเภอเมืองจันทบุรี พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าสาเหตุจากอุทกภัยเกิดจากระบบการระบายน้ำไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอมากที่สุด (ร้อยละ 33.61) และแหล่งข้อมูลการแจ้งเตือนภัยให้เฝ้าระวังภัยจากอุทกภัยส่วนใหญ่มาจากหน่วยงานของรัฐ เช่น อบต. อบจ. กรมอุตุนิยมวิทยา ฯลฯ (ร้อยละ 49.58) โดยคิดว่าข้อมูลที่จำเป็นมากที่สุดในช่วงเกิดอุทกภัยคือข้อมูลสถานการณ์อุทกภัย (ปริมาณน้ำเขตเสี่ยงภัยเวลาที่น้ำเข้า ฯลฯ) เป็นข้อมูลที่จำเป็นมากที่สุด (ร้อยละ 44.54) และหน่วยงานหลักที่เข้ามาให้ความช่วยเหลือก่อนประสบอุทกภัยมากที่สุดคือหน่วยงานของรัฐ เช่น กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน อบต. ฯลฯ (ร้อยละ 57.98) ซึ่งจะมีการช่วยเหลือทางด้านหน่วยแพทย์/หน่วยบรรเทาสาธารณภัยมากที่สุด (ร้อยละ 57.98) สิ่งของที่จำเป็นที่สุดนอกจากอาหาร น้ำดื่ม และยารักษาโรค คืออุปกรณ์การให้แสงสว่าง เช่น เทียนไข ไฟฉาย ตะเกียง ฯลฯ (ร้อยละ 57.98) ทางด้านพาหนะจะนำไปไว้ยังสถานที่ปลอดภัยมากที่สุด (ร้อยละ 57.98) นอกจากหน่วยงานของรัฐกลุ่มตัวอย่างจะพึ่งพาตัวเองมากที่สุด (ร้อยละ 41.23) และมีระยะเวลาน้ำท่วมขังมากที่สุด 1-3 วัน (ร้อยละ 50.42) ดังแสดงในตารางที่ 2

### ตารางที่ 2: ข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาอุทกภัยในอำเภอเมืองจันทบุรี

คิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาอุทกภัย	ความถี่	ร้อยละ
<b>อะไรเป็นสาเหตุทำให้เกิดอุทกภัย</b>		
1 ระบบการระบายน้ำไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ	40	33.61
2 การตัดไม้ทำลายป่า	26	21.85
3 ปริมาณน้ำฝนมีมากเกินไป	23	19.33
4 การสร้างสิ่งปลูกสร้างขวางทางน้ำ	12	10.08
5 อื่นๆ /เขาแตก	3	2.52
<b>แหล่งข้อมูลการแจ้งเตือนภัยให้เฝ้าระวังภัยจากอุทกภัย</b>		
1 หน่วยงานของรัฐเช่น อบต. อบจ. กรมอุตุนิยมวิทยา ฯลฯ	59	49.58
2 หน่วยงานเอกชน เช่น CTV ฯลฯ	30	25.21
3 ประชาชนทั่วไป	14	11.76
4 ไม่ได้รับการแจ้งเตือน	12	10.08
<b>หน่วยงานหลักที่เข้ามาให้ความช่วยเหลือก่อนประสบอุทกภัย</b>		

คิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาอุทกภัย	ความถี่	ร้อยละ
1 หน่วยงานของรัฐเช่น กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน อบต. ฯลฯ	69	57.98
2 ประชาชนทั่วไป	26	21.85
3 หน่วยงานเอกชน เช่น บริษัท ห้างร้าน ฯลฯ	16	13.45
<b>ข้อมูลที่มีความจำเป็นมากที่สุดในช่วงเกิดอุทกภัย</b>		
1 ข้อมูลสถานการณ์อุทกภัย (ปริมาณน้ำเขตเสี่ยงภัยเวลาที่น้ำเข้า ฯลฯ)	53	44.54
2 การเตือนหรือการสั่งให้อพยพ	52	43.70
3 ข้อมูลสถานที่และเส้นทางการอพยพ	10	8.40
4 การให้คำแนะนำ / คู่มือการปฏิบัติในช่วงเกิดอุทกภัย	1	0.84
5 อื่นๆ	1	0.84
<b>การช่วยเหลือขณะเกิดอุทกภัย</b>		
1 หน่วยแพทย์ / หน่วยบรรเทาสาธารณภัย	35	29.41
2 ศูนย์กระจายความช่วยเหลือ	32	26.89
3 ศูนย์พักพิง	23	19.33
4 อื่นๆ/ได้รับถุงยังชีพจากเอกชนและรัฐ	16	13.45
5 ศูนย์ประสานงานและรายงานสถานการณ์	8	6.72
<b>เมื่อน้ำท่วมนอกจากอาหาร น้ำดื่ม และยารักษาโรคแล้วสิ่งใดสำคัญเป็นอันดับแรก</b>		
1 อุปกรณ์การให้แสงสว่าง เช่น เทียนไข ไฟฉาย ตะเกียง ฯลฯ	65	54.62
2 พาหนะในการเดินทางเข้าออกที่อยู่อาศัยขณะน้ำท่วม เช่น เรือ ฯลฯ	26	21.85
3 สถานที่พักพิงที่ปลอดภัย / ศูนย์รองรับผู้อพยพ	14	11.76
4 ไม่มีการเตรียมการ	10	8.40
<b>ความช่วยเหลือจากหน่วยงานที่ไม่ใช่หน่วยงานราชการ</b>		
1 พึ่งพาตนเอง	47	41.23
2 เพื่อนบ้าน	44	38.60
3 หน่วยงานเอกชน	19	16.67
4 อื่นๆ	4	3.51
<b>การจัดการพาหนะช่วงเกิดอุทกภัย</b>		
1 นำไปไว้ยังสถานที่ปลอดภัย	81	68.07
2 ไม่มีการดำเนินการ	24	20.17
3 หาวิธีการยกพาหนะให้พ้นจากน้ำท่วม	13	10.92
<b>ระยะเวลาที่น้ำท่วมขังจนถึงวันที่น้ำแห้งสนิท</b>		
1 ไม่ท่วมขัง	3	2.52
2 ระยะเวลา 1 – 3 วัน	60	50.42
3 ระยะเวลา 4 – 7 วัน	42	35.29
4 ระยะเวลามากกว่า 7 วันขึ้นไป	14	11.76

### 3. การปรับตัวก่อนเกิดอุทกภัย

จากข้อมูลเกี่ยวกับการปรับตัวก่อนเกิดอุทกภัยในอำเภอเมืองจันทบุรี พบว่าเมื่อได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับพยากรณ์อากาศและการเกิดอุทกภัยจะรับฟังและเฝ้าดูสถานการณ์มากที่สุด (ร้อยละ 68.07) เมื่อมีการแจ้งเตือนครอบครัวจะมีการเตรียมเคลื่อนย้ายสิ่งของ (ร้อยละ 47.90) และเตรียมอาหารและยารักษาโรคไว้ทันทีมากที่สุด (ร้อยละ 54.62) พร้อมทั้งมีการเตรียมแผนในการคมนาคมเพื่อออกนอกพื้นที่ทันที



มากที่สุด (ร้อยละ 33.61) โดยที่กลุ่มตัวอย่างไม่มีการเข้าร่วมกับชุมชนเพื่อแก้ปัญหาอุทกภัย (ร้อยละ 58.82) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3: ข้อมูลการปรับตัวก่อนเกิดอุทกภัยในอำเภอเมืองจันทบุรี

การปรับตัวก่อนเกิดอุทกภัย	ความถี่	ร้อยละ
<b>เมื่อได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับพยากรณ์อากาศและการเกิดอุทกภัยจะปฏิบัติอย่างไร</b>		
1 รับฟังและเฝ้าดูสถานการณ์	81	68.07
2 รับฟังและทำการขนย้ายสิ่งของขึ้นที่สูง	33	27.73
3 รับฟังและทำการขนย้ายสิ่งของออกจากพื้นที่อยู่อาศัยไปยังที่ปลอดภัย	4	3.36
<b>มีการเตรียมแผนในการคมนาคม</b>		
1 เตรียมหาช่องทางในการคมนาคมเพื่อออกนอกพื้นที่ทันที	40	33.61
2 ไม่เตรียมหาช่องทางในการคมนาคมเพราะไม่เคยประสบอุทกภัยจนถึงขั้นต้องอพยพ	38	31.93
3 รอให้หน่วยงานราชการทำการประกาศเตือนภัยจึงค่อยหาช่องทางในการคมนาคม	37	31.09
<b>มีการเตรียมการอุทกภัยของครอบครัว</b>		
1 เตรียมเคลื่อนย้ายสิ่งของ	57	47.90
2 ไม่ต้องเตรียมการใด ๆ	22	18.49
3 ติดตามสถานการณ์อุทกภัย เพื่อขอความช่วยเหลือ	14	11.76
4 เตรียมของอุปโภคบริโภค	6	5.04
5 เตรียมป้องกันน้ำเข้าบ้าน	5	4.20
6 อื่นๆ	4	3.36
<b>การเตรียมอาหารและยารักษาโรค</b>		
1 เตรียมอาหารและยารักษาโรคไว้ทันทีที่ได้รับการแจ้งเตือน	65	54.62
2 เมื่อประกาศภาวะอุทกภัยจากส่วนราชการแล้วจึงค่อยเตรียมอาหารและยารักษาโรค	37	31.09
3 ไม่เตรียมอาหารและยารักษาโรค โดยรอความช่วยเหลือจากหน่วยงานราชการ	16	13.45
<b>การเตรียมแผนในการคมนาคม</b>		
1 เตรียมหาช่องทางในการคมนาคมเพื่อออกนอกพื้นที่ทันที	40	33.61
2 ไม่เตรียมหาช่องทางในการคมนาคมเพราะไม่เคยประสบอุทกภัยจนถึงขั้นต้องอพยพ	38	31.93
3 รอให้หน่วยงานราชการทำการประกาศเตือนภัยจึงค่อยหาช่องทางในการคมนาคม	37	31.09
<b>การมีส่วนร่วมในชุมชนเกี่ยวกับการแก้ปัญหาอุทกภัย</b>		
1 ไม่เข้าร่วม	70	58.82
2 แนะนำเพื่อนบ้านให้เกิดความรู้	18	15.13
3 เข้าร่วมเป็นอาสาสมัครในชุมชน	17	14.29
4 ประชุมกับชุมชนเพื่อหาแนวทางการป้องกันอุทกภัย	12	10.08

#### 4. การปรับตัวหลังเกิดอุทกภัย

จากข้อมูลเกี่ยวกับการปรับตัวหลังเกิดอุทกภัยในอำเภอเมืองจันทบุรี พบว่าสาเหตุที่ยังอาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยคือไม่สามารถย้ายไปอยู่ที่อื่นได้มากที่สุด (ร้อยละ 44.54) และที่สามารถทยอยรับได้กับอุทกภัยเพราะไม่ได้ส่งผลต่อการดำเนินชีวิต (ร้อยละ 44.54) โดยที่กลุ่มตัวอย่างมีการปรับเปลี่ยนข้าวของเครื่องใช้ภายในบ้านให้ทนกับน้ำได้เพื่อปรับตัวจากอุทกภัยระยะยาวมากที่สุด (ร้อยละ 47.90) และไม่มีการปรับปรุงที่อยู่อาศัยเพื่อรับมือกับอุทกภัย (ร้อยละ 42.02) ดังแสดงในตารางที่ 4

**ตารางที่ 4: ข้อมูลการปรับตัวหลังอุทกภัยในอำเภอเมืองจันทบุรี**

การปรับตัวหลังเกิดอุทกภัย	ความถี่	ร้อยละ
<b>สาเหตุหลักที่ท่านยังอาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย</b>		
1 ไม่สามารถย้ายไปอยู่ที่อื่นได้	53	44.54
2 การเกิดอุทกภัยไม่ส่งผลต่อการดำเนินชีวิต	30	25.21
3 ได้รับความช่วยเหลือด้านต่างๆ อย่างเพียงพอ	25	21.01
<b>ท่านยอมรับกับการเกิดอุทกภัยได้หรือไม่</b>		
1 ยอมรับได้ เพราะอุทกภัยที่เกิดขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อการดำเนินชีวิต	52	43.70
2 ยอมรับได้ เพราะมีการเตรียมการรับมือกับความเสียหายไว้แล้ว	47	39.50
3 ยอมรับได้ เพราะภาครัฐมีการบริหารจัดการระบบระบายน้ำเพื่อลดความเสียหาย	9	7.56
4 ยอมรับไม่ได้ เพราะส่งผลต่อการดำเนินชีวิตและได้รับความเสียหาย	7	5.88
<b>ท่านมีการปรับตัวในระยะยาว</b>		
1 ปรับเปลี่ยนข้าวของเครื่องใช้ภายในบ้านให้ทนกับน้ำได้	57	47.90
2 สร้างคันกั้นน้ำในชุมชน	28	23.53
3 วางแผนย้ายที่อยู่ใหม่	5	4.20
4 อื่นๆ	28	23.53
<b>อย่างแรกที่ท่านคิดว่าควรปรับปรุงเกี่ยวกับบ้านพักอาศัยเพื่อรับมือกับน้ำท่วมคืออะไร</b>		
1 ไม่มีการปรับปรุง	50	42.02
2 ปรับปรุงการจัดบ้านให้พร้อมับสถานการณ์น้ำท่วม	33	27.73
3 เตรียมอุปกรณ์เสริมชั่วคราวสำหรับกั้นน้ำ เช่น กระสอบทราย	18	15.13
4 ปรับปรุงตัดแปลงบ้านแบบถาวร เช่น การก่อฉาบแนวกันน้ำ ฯลฯ	14	11.76
5 อื่นๆ	1	0.84

**5. ผลกระทบจากการเกิดอุทกภัย**

จากข้อมูลเกี่ยวกับการปรับตัวหลังเกิดอุทกภัยในอำเภอเมืองจันทบุรี พบว่าสภาพจิตใจขณะเกิดอุทกภัยเป็นปกติมากที่สุด (ร้อยละ 44.54) และคิดเป็นมูลค่าเสียหายน้อยกว่า 10,000 บาทมากที่สุด (ร้อยละ 44.54) โดยที่เป็นความเสียหายทางด้านทรัพย์สิน เช่น เฟอร์นิเจอร์ สิ่งของสามารถเคลื่อนย้ายได้ ฯลฯ มากที่สุด (ร้อยละ 80.67) ซึ่งอุทกภัยครั้งที่รุนแรงที่สุด (2542, 2549) กลุ่มตัวอย่างได้รับความเสียหายทั้งด้านนอกและภายในที่อยู่อาศัยมากที่สุด (ร้อยละ 63.03) ดังแสดงในตารางที่ 5

**ตารางที่ 5: ข้อมูลผลกระทบจากการเกิดอุทกภัยในอำเภอเมืองจันทบุรี**

ผลกระทบจากการเกิดอุทกภัย	ความถี่	ร้อยละ
<b>สภาพจิตใจขณะเกิดอุทกภัย</b>		
1 ปกติ	53	44.54
2 วิตกกังวล	37	31.09
3 เครียด	24	20.17
<b>หลังจากประสบอุทกภัยมีมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นกับครอบครัว</b>		
1 น้อยกว่า 10,000 บาท	84	70.59
2 10,000 – 50,000 บาท	28	23.53
3 50,000 – 100,000 บาท	6	5.04

ผลกระทบจากการเกิดอุทกภัย	ความถี่	ร้อยละ
4 มากกว่า 100,000 บาทขึ้นไป	1	0.84
<b>ความเสียหายจากอุทกภัย</b>		
1 เสียหายบางส่วน	95	79.83
2 เสียหายทั้งหมด	15	12.61
3 ไม่เสียหาย	8	6.72
<b>ความเสียหายจากอุทกภัยเกิดขึ้นทางด้าน</b>		
1 ได้รับความเสียหายด้านทรัพย์สิน เช่น เฟอร์นิเจอร์ สิ่งของสามารถเคลื่อนย้ายได้ ฯลฯ	96	80.67
2 ไม่ได้รับความเสียหาย	9	7.56
3 ได้รับความเสียหายด้านสิ่งก่อสร้าง อาคารบ้านเรือน	5	4.20
4 ได้รับความเสียหายด้านบุคคล	4	3.36
5 ได้รับความเสียหายด้านอื่นๆ	2	1.68
<b>ความเสียหายจากอุทกภัยครั้งที่รุนแรงที่สุด (2542, 2549)</b>		
3 ได้รับความเสียหายทั้งด้านนอกและภายในที่อยู่อาศัย	75	63.03
2 ได้รับความเสียหายเฉพาะด้านนอกที่อยู่อาศัย	34	28.57
1 ไม่ได้รับความเสียหาย	9	7.56

## สรุป

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีสถิติเชิงพรรณนา พบว่าสาเหตุจากอุทกภัยเกิดจากระบบการระบายน้ำไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ และการแจ้งเตือนภัยให้เฝ้าระวังภัยจากอุทกภัยส่วนใหญ่มาจากหน่วยงานของรัฐ ซึ่งข้อมูลสถานการณ์อุทกภัย (ปริมาณน้ำเขตเสี่ยงภัยเวลาที่น้ำเข้า ฯลฯ) จำเป็นมากที่สุด และได้รับความช่วยเหลือจากหน่วยงานของรัฐทางด้านหน่วยแพทย์/หน่วยบรรเทาสาธารณภัยมากที่สุด และอุปกรณ์การให้แสงสว่างเป็นสิ่งของที่จำเป็นนอกจากอาหาร น้ำดื่ม และยารักษาโรค โดยที่กลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในพึ่งพาตัวเองมากที่สุด และมีระยะเวลาน้ำท่วมขัง 1-3 วัน

จากข้อมูลในการปรับตัวของกลุ่มตัวอย่าง พบว่ากลุ่มตัวอย่างสามารถยอมปัญหาอุทกภัยได้เนื่องจากมีระบบเตือนอุทกภัย และมีความพร้อมในการรับมือกับปัญหาอุทกภัยได้ทั้งทางด้านอาหารและยารักษาโรค แผนการคมนาคมในการอพยพ และสามารถพึ่งพาตนเองได้ อีกทั้งยังมีช่วยเหลือจากหน่วยงานของรัฐ ทั้งทางด้านศูนย์พักพิงชั่วคราว ศูนย์กระจายความช่วยเหลือ และหน่วยแพทย์/หน่วยบรรเทาสาธารณภัย ซึ่งอุทกภัยมีมูลค่าความเสียหายจากอุทกภัยไม่ถึง 10,000 บาท ซึ่งเป็นเสียหายบางส่วนเท่านั้น ส่วนใหญ่เป็นความเสียหายด้านทรัพย์สิน เช่น เฟอร์นิเจอร์ สิ่งของสามารถเคลื่อนย้ายได้ ฯลฯ

จากที่กล่าวมาจึงส่งผลให้ประชาชนในพื้นที่ศึกษาสามารถยอมรับได้กับการเกิดอุทกภัย อีกทั้งปัจจุบันอำเภอเมืองจันทบุรีมีระบบป้องกันน้ำท่วม (โครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองจันทบุรี) ซึ่งสามารถลดปัญหาอุทกภัยในพื้นที่ได้เป็นอย่างดีสอดคล้องกับข้อมูลทางสถิติอุทกภัยที่ลดลง โดยที่ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยมีการปรับตัวและมีความสามารถในการแก้ไขปัญหามุทกภัย อีกทั้งความพร้อมของหน่วยที่รับผิดชอบในการบรรเทาสาธารณภัย แต่ประชาชนในพื้นที่ยังขาดการมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหามุทกภัยอย่างยั่งยืน

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้ และขอบคุณกลุ่มตัวอย่างของจันทนิมิตบริเวณริมแม่น้ำ และในเขตชุมชนตลาดน้ำพุทุกท่านที่ให้ข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- กองนโยบายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, *สรุปประกาศภัยพิบัติกรณีฉุกเฉินในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี พ.ศ. 2558*, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย.
- เทียนชัย หรรุ่งโรจน์. (2549) *การปรับตัวของประชาชนในตำบลนานกกก อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อการดำรงชีวิตหลังเกิดอุทกภัยปี พ.ศ. 2549*. ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.
- สิทธิศักดิ์ เท่าธูรี. (2544) *การรับรู้และการปรับตัวของประชาชนบ้านน้ำก้อภายหลังเกิดภัยพิบัติจากอุทกภัยในปี พ.ศ. 2544*. ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สำนักงานชลประทานที่ 9. (2550) *งานศึกษาทบทวนและสำรวจออกแบบรายละเอียดโครงการบรรเทาอุทกภัยเมืองจันทบุรี (แผนระยะที่ 2)*, กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Yamane, Taro. (1967). *Statistics, An Introductory Analysis*, 2nd Ed., New York: Harper and Row.

## DEVELOPMENT OF IoT -BASED DATA SHOE MONITORING SYSTEM FOR DAILY LIFT STEP COUNT

Thirawut Nilpanapan<sup>1</sup>, Chayanin Khunarak<sup>1</sup>, Teerakiat Kerdcharoen<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Material Science and Engineering Program, Faculty of Science, Mahidol University

<sup>2</sup>Department of Physics, Faculty of science, Mahidol University

<sup>3</sup>NANOTEC Center of Excellence, National Nanotechnology Center, Thailand

\*Corresponding author, E-mail: teerakiat@yahoo.com

### ABSTRACT

During a few past years, Internet of Things (IoT) has unprecedentedly become a buzz word in most areas of business and industry. In this paper, we have developed and adapted an IoT solution for human gait monitoring information based on data shoe system over the internet via 3G/4G LTE or internet router. A private java application server displays the walking information via graphs and widgets together with Blynk which is a platform on android and iOS mobile apps. To observe gait information, we have adopted force sensitive resistors (FSRs) installed under the insole of the shoe for collecting walking data. ESP8266 Wi-Fi modules were used as low cost data transfer. Bridge widgets function is used for device-to-device communication between both shoes. Step countering, one of the most important gait parameters, was chosen for evaluating this solution with a simple walking algorithm. The accuracy of step countering is compared to iPhone apps in difference walking styles. The integration of sensors, wireless technology and IoT could improve the data shoe system in term of facilitating the users and administrators to access the gait monitoring primarily in step count.

**Keywords:** Data shoe, Smart home, Gait monitoring, Smart shoes, Wearable device

### INTRODUCTION

Technological advances in satellite communications and the Internet that unite covers all over the world. Communication systems using mobile wireless transmit signals in the 3G/4G LTE system are communications revolution which from only voice signals and text become voice, images and video conference in real-time. This Instantly modern technology which has created and developed from the inspiration of researchers to continue their business. The technology can be accessed and owned by all classes and all ages in design of smart phone which change in learning behavior and communication of humanity from travelers to come to just forwarding information to the target audience in a short time simultaneously all over the world.

At presents, Internet of things (IoT) has been increasing interest due to some reasons. For the example, the development of sensors with cheaper cost and smaller size which can embed on the wearable device (Seesaard, Lorzongtragool & Kerdcharoen, 2012: 1-4). Secondly, many fair price communication technology devices so researchers or developers can select a suitable communication design in length and power consuming or even the communication architecture including device-to-device and device to cloud which can applied in smart home (Lokavee, Suwansathit, Tantrakul & Kerdcharoen, 2012: 1-6) and smart farming (Pobkrut, Eamsa-ard & Kerdcharoen, 2016: 1-5). Moreover, there are many application tools to help developers can create own application to process and display sensor signals. For previous reasons, these are the opportunity for researchers to creative minded and further develop the technology into many other innovations in their interest field based on IoT.

## LITERATURE REVIEW

Generally, caring for patients and public health care, it has developed to further optimize caring for patients as well as rehabilitation equipment for support patients to help themselves healthy and longevity with quality. In addition, the business elite to apply to people who are interested in health care issues, patient care and aged care provides good quality without medical equipment through the hospitals system which nowadays are more expensive services. In contrast, take care of themselves with the equipment to develop cheaper, people can be purchased and convenient such as smart shirt for odor detection during the day (Seesaard, Lorzongtragool & Kerdcharoen, 2012: 1-4) and smart pillow for sleep monitoring during the night (Lokavee, Watthanawisuth, Mensing & Kerdcharoen, 2011: 71-75). In particular, the display in applications on mobile phone monitor makes more facilitate the user because they familiar with a daily smartphone using.

Gait monitoring based shoes design can be applied for track the behavior of the elderly and patients to create the habit of exercising regularly for those who want to walk for exercise rehabilitation and to suit the age and physical condition of the patient (W. Zhang and team members, 2016: 111004; B. Shin, 2016: 6977-6989; Y. Long and team members, 2016: E1408). Created by wireless communication based on Wi-Fi technology and mobile phone system with 3G and 4G LTE technology. Visualization via the monitor screen of a mobile phone respond to concern that families of patients and elders who wish to exercise by walking which is an exercise due to fatigue after a long sitting from the behavior that follow the news attentively from TV or even a smartphone and recognize the value of exercise. The seat-only or sleeping alone for a long time been a source of many kinds of chronic diseases such as diabetes, hypertension and hypercholesterolemia can cause clots in the veins. Which is the source of a sudden heart attack and cerebral ischemic. These

diseases can be a burden on their children in the future which these chronic diseases can be prevented by exercise, as appropriate, age and body of the individual.

## OBJECTIVES

To present an approach for the development of data shoe monitoring system based on wireless communication using Wi-Fi transmission module with commercial force sensitive resistors for gait detection focusing on step counter in difference walking style and find the accuracy comparing to step counter on a visualized smart phone application.

## METHODS

### 1. Data shoe configuration

The concept of this device is to accurately track the complete gait parameters preliminary in step count. It is also used comfortable with traditional insole by adding force sensitive resistors (FSRs) under the insole of the shoe for gait detections and step countering. Moreover, data shoe includes print circuit board (PCB), microcontroller and Wi-Fi transmission module using NodeMCU which includes firmware of ESP8266 Wi-Fi system on a chip (SoC), accelerometer (ADXL345) and a battery module.

### 2. Sensors system

To detect the pressure under the foot which can provide a good quality pressure map under the foot (F. Lin and team members, 2015: 1-6) and can also saving the cost, so we use pressure sensor under the insole of the shoe (Donkrajang, Watthanawisuth, Mensing & Kerdcharoen, 2012: 1-5). FSR sensors cover the area of toes, ball, lateral border and heel position. Thus, there are covered the two main areas that produce high pressure distribution included forefoot and rare foot (Y. Wu and team members, 2015: 2335-2343). Moreover, ADXL345 which is a 3-axis accelerometer and gyroscope in a single chip is used for the further work to obtain dynamic acceleration resulting from motion especially in an emergency case in future work such as falling.

### 3. Wi-Fi module and battery module

There are many ways to transfer the data from a motion device to the mobile display such as Zigbee or BLT which are low energy consumption and provide strong signals stability in a local area (Thepudom, Seesaard, Donkrajang & Kerdcharoen, 2013: 81-82). However, there are another interesting module that can also transfer from a motion device based on Wi-Fi technology. In this project, we adapt NodeMCU based controller and Wi-Fi module for sending the data to the server though the internet using Arduino IDE program. By sharing a 3G/4G LTE hotspot or via a router connecting the internet, NodeMCU allows local area data transfer to the server via domain name system (DNS) as shown in picture 2. Moreover, we use device-to-device communication though bridge widget function with no app involved in order to write commands for control and manage transmit or receive

calculated parameters to multiple devices so it can help prevent high loads and flood errors on the application server side. In addition, the power supply for this design contains a 3.7V, li-Po battery with lithium battery charging and protection module.

#### 4. Server and mobile application

On the mobile display, we propose that the app would have a good responsibility to show the human movement at 4 Hz with cool widgets, commercialize design and facilitate the user. Thus, we provide Blynk which is a platform with Android and iOS apps to control the MCU with Arduino and likes over the internet as shown in picture 1. Normally, this application has their own cloud service for users but it also allows a custom local server for developers to storage the raw data and libraries to control the app display which is an open source, so we can set up the local server under our own router connecting with a single board computer using a raspberry pi2 via a static local IP. For this reasons, the private local server has more advantage due to lower legacy than the Blynk cloud and easy to customize the server. For the data communication design, after the NodeMCU send the gait data to DNS via the internet connection via 3G/4G LTE hotspot from a mobile phone or the nearest Wi-Fi router in picture 2, the local server will receive the gait data through the router which is port forwarding modified via a hardware port. After that, the data is sent to the app for demonstrate the result via an application port as shown in picture 3. The completed shoes with mobile application is shown in picture 4.

#### Server and mobile application

Basically, data shoe monitoring system is designed for seniors or patients, so the algorithm that created should be high accuracy in real lift gait movement such as walking and Stair ascent/ descent. For the normal gait movement, we limit the frequency at 4 Hz that can provide good responsibility to normal gait activity and also avoids the data flood in the local server. When 4 commercial FSR sensors produce the pressure, the average pressure is defined as equation 1.

$$P_{avg}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i(t), \quad (1)$$

Where  $P_i$ , the value of each FSR sensor and  $N$  is the number of FSR sensors (F. Lin and team members, 2015: 1-6) . The average gait pattern of all FSR sensor by the number of samples is shown that in picture 5a. For the algorithm, we are interested in the difference of each plot of the data which is defined as  $\Delta P_{avg}$ . Secondly, we obtain constant values or thresholds defined as  $\alpha$  and  $\beta$ . For this beginning,  $\beta$  is equaled to  $-\alpha$  value for calculate peaks detection as shown picture 5b. After that, trigger value is used to switch the state of  $\alpha$  and the trigger value is a value of 1 and -1 to track the step state in each single gait cycles as shown in picture 5c.



## RESULTS AND DISCUSSION

In this section, IoT-based data shoe with step count algorithm results will be present. For this experiment, the data shoes are connected by 4GLTE Wi-Fi hotspot shared by iPhone 6 plus at Mahidol University, Bangkok, Thailand. Five chosen walking styles comprising normal walking, jogging, sprint, stair ascent and stair decent are step counted by the data shoes and smart phone step count application. The experiment is separate in 2 days to ensure the IoT communication system and has 4 repeated test in each walking style. The number of total step count are shown in Table 2. For the result in real-world step count, all of walking style patterns are present by average pressure values  $P_{avg}$  as shown in picture 6. Firstly, high values in the graph are generate by high force distribution under the insole of the shoes where FSR sensors are located, this phenomenon occurs in stance phases of gait cycles. In the opposite, low values in the graph are generated by low force distribution contracting under the insole during swing phases of gait cycles. For the suitability of sampling rate at 4Hz, most of the graphs can be measured by 4 Hz sampling rate except sprint posture which the amplitude of the graph is not equal in each gait cycles as shown in picture 6c. For this reason, it can be implied that the data shoe should be increased the sampling rate to support the faster gait behavior for precisely data collection in our future work. However, in other walking styles which are lower gait movement comprising normal walking, jogging, stair ascent and stair decent generate pleasantly gait monitoring data with quite stable amplitudes. For the step count algorithm, all the gait monitoring data using average pressure values  $P_{avg}$  are calculated in to  $\Delta P_{avg}$  as shown in picture 7. For this method,  $\alpha$  and  $\beta$  thresholds are used for the peak detection. Moreover, trigger value is used for track brief states of gait cycle including stance phase and swing phase respectively. In other word, the steps can be roughly counted as the number

For the experiment, the step count accuracy is defined as following equation and the result is shown in Table 2.

$$Acc (\%) = \frac{(1 - |N_{true} - N_{count}|)}{N_{true}} \times 100\% \quad (2)$$

Where  $N_{true}$  and  $N_{count}$  are the number of true steps and counted steps.

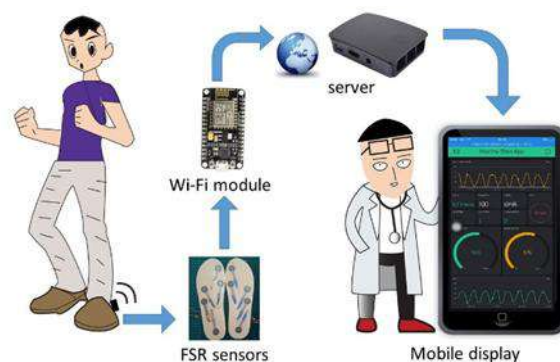
For the end of this section, we compare step count accuracy in five walking style between data shoe and smart phone using step count application downloaded from App store and the results are shown in Table 2. For the overall results, the data shoes have high ability to count the step comparing to smart phone App. As the aspect, sprint posture has lowest step count accuracy comparing to other walking styles at 96%.

**Table 1:** A simple step count algorithm with thresholds

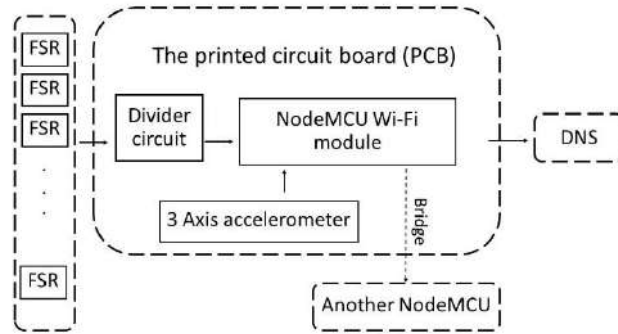
<p>1: Input: N channels pressure sensors <math>P_i(t), 1 \leq i \leq N</math></p> <p>2: <math>\alpha</math> = threshold, t = trigger;</p> <p>3: Calculate the average pressure <math>P_{avg}(t)</math>;</p> <p>4: Calculate the delta of average pressure <math>\Delta P_{avg}(t)</math>;</p> <p>5: Initial: trigger = -1, step count = 0;</p> <p>6: while 1 do</p> <p>7: if <math>\Delta P_{avg} &lt; t * \alpha</math> then</p> <p>8: if t = -1 then</p> <p>9: t = -;</p>	<p>10: end if</p> <p>11: end if</p> <p>12: else if <math>\Delta P_{avg} &gt; t * \alpha</math> then</p> <p>13: if t = 1 then</p> <p>14: step count = step count + 1;</p> <p>15: t = -t;</p> <p>16: Return: step count;</p> <p>17: end if</p> <p>18: end if</p>
---	--

**Table 2:** Step count in deference walking style.

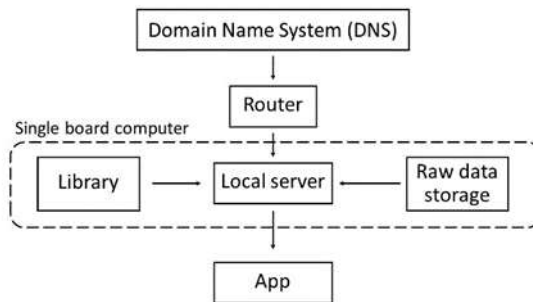
No.	Walking style	Step count		
		Total number of step	Data shoe (% Accuracy)	Smart phone (% Accuracy)
1	Normal walking	100	99.67	96.75
2	Jogging	100	99	97
3	Sprint	100	96	96
4	Stair ascent	80	100	93.75
5	Stair descent	80	99.17	97.5



**Picture 1:** Schematic diagram of IoT based data shoe monitoring system.



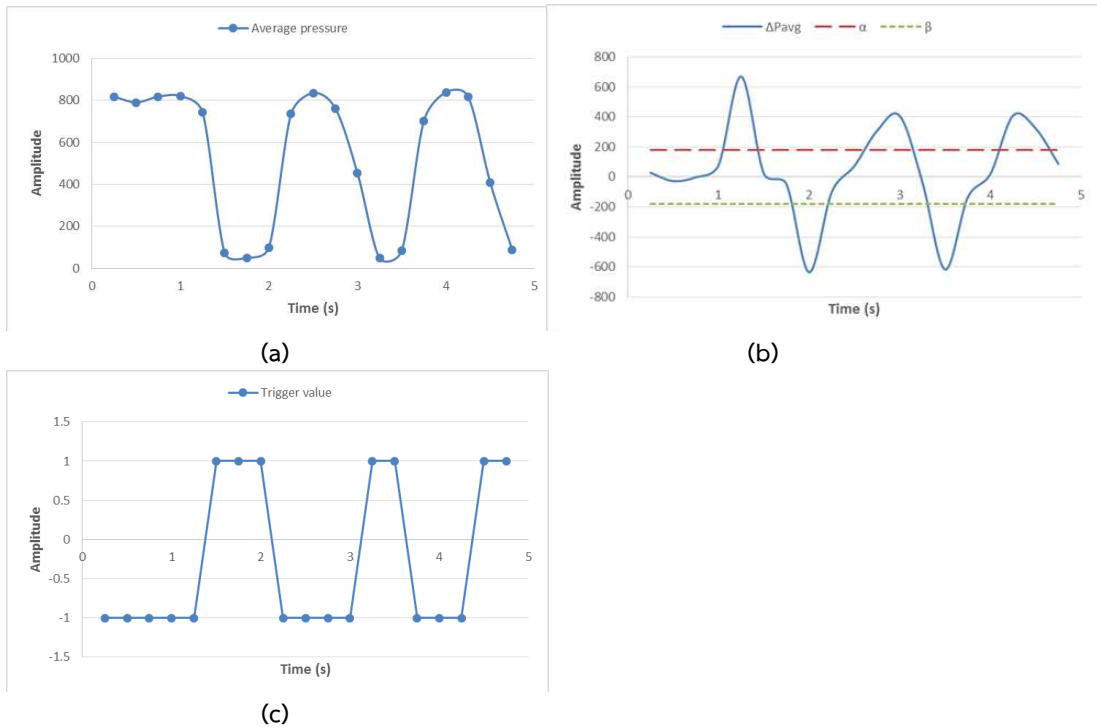
Picture 2: Block diagram of sensors and transmitter module.



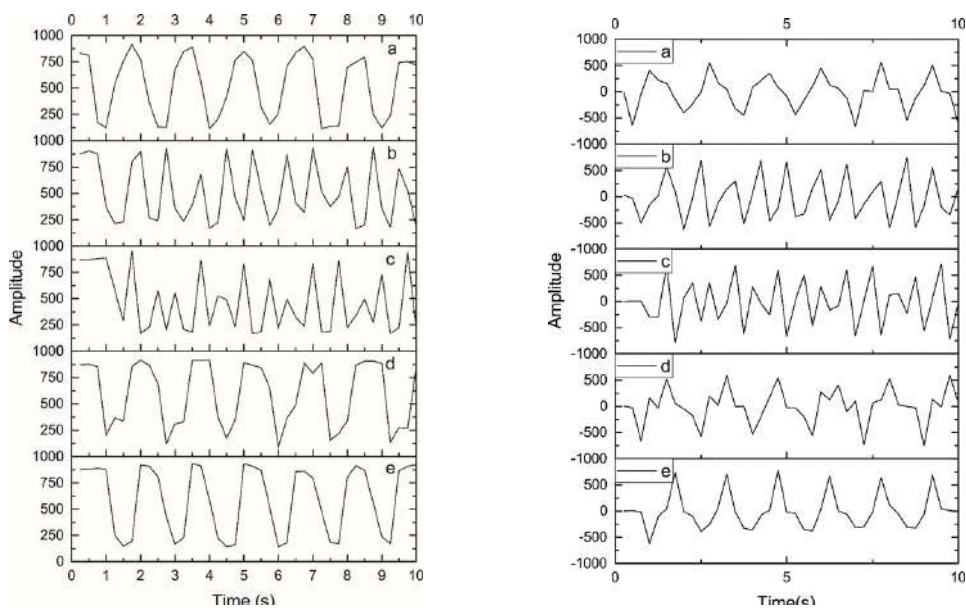
Picture 3: Block diagram of receiver module.



Picture 4: IoT-based data shoe with Blynk mobile application.



Picture 5: The example of parameters in step count algorithm comprising average pressure data  $\Delta P_{avg}$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  value and trigger value varies by time.



Picture 6: The average pressure value  $P_{avg}$  of walking (a), jogging (b), sprint (c), stair ascent (d), stair descent (e) (Left graph). The delta average pressure value  $\Delta P_{avg}$  of walking (a), jogging (b), sprint (c), stair ascent (d), stair descent (e) in real-world experiment (Right graph).

## CONCLUSION

The IoT-based data shoes are successfully developed and tested. This system comprises force resistive resistance sensors (FSRs) embedded under the insole of the shoe, data acquisition, wireless communication with iOS and android applications. Five walking styles consist of normal walking, jogging, sprint, stair ascent and stair descent are step counted by the data shoes. For the result, the data shoes successfully count the steps comparing to smart phone. The data shoes together with iOS and android applications functionality to adapt other sensors in data shoe and be very useful for health care monitoring and virtualized via other smart phone devices.

## REFERENCES

- T. Seesaard, P. Lorwongtragool and T. Kerdcharoen. (2012). Wearable electronic nose based on embroidered amine sensors on the fabric substrates. 2012 9th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 1-4.
- S. Lokavee, W. Suwansathit, V. Tantrakul and T. Kerdcharoen. (2012). Unconstrained detection of respiration rate and efficiency of sleep with pillow-based sensor array. 2014 11th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 1-6.
- S. Lokavee, N. Watthanawisuth, J. P. Mensing and T. Kerdcharoen. (2011). Sensor pillow system: monitoring cardio-respiratory and posture movements during sleep. The 4<sup>th</sup> 2011 Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), 71–75.
- T. Pobkrut, T. Eamsa-ard and T. Kerdcharoen. (2016). Sensor drone for aerial odor mapping for agriculture and security services. 2016 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 1-5.
- W. Zhang, M. Tomizuka and N. Byl. (2016). A wireless human motion monitoring system for smart rehabilitation. *Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, Transactions of the ASME*. 138(11), 111004.
- B. Shin, C. Kim, J. Kim, S. Lee, C. Kee, H.S. Kim and T. Lee. (2016). Motion recognition-based 3D pedestrian navigation system using smartphone. *IEEE Sensors Journal*, 16(18), 6977-6989.
- Y. Long, Z.-J. Du, W.-D. Wang, G.-Y. Zhao, G.-Q. Xu, L. He, X.-W. Mao and W. Dong. (2016). PSO-SVM-based online mode identification for rehabilitation robotic exoskeletons. *Sensors*, 16(9), E1408.
- F. Lin, A. Wang, C. Song, W. Xu, Z. Li and Q. Li. (2015). A comparative study of smart insole on real-world step count. 2015 IEEE Signal Processing in Medicine and Biology Symposium (SPMB), 1-6.

- W. Donkrajang, N. Watthanawisuth, J. P. Mensing, and T. Kerdcharoen. (2012). Development of a wireless electronic shoe for walking abnormalities detection. The 5th 2012 Biomedical Engineering International Conference, 1-5.
- Y. Wu, W. Xu, J.J. Liu, M.-C. Huang, S. Luan and Y. Lee. (2015). An energy-efficient adaptive sensing framework for gait monitoring using smart insole. *IEEE Sensors Journal*, 15(4), 2335-2343.
- T. Thepudom, T. Seesaard, W. Donkrajang and T. Keardcharoen. (2013). Healthcare shoe system for gait monitoring and food odor detections. 2013 IEEE 2nd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 81-82.

## การจำแนกประเภทข้อความภาษาไทยด้วยการเรียนรู้เชิงลึก THAI TEXT CLASSIFICATION WITH DEEP LEARNING

ปริญญา สงวนสัตย์  
Parinya Sangunsat

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์  
Faculty of Engineering and Technology, Panyapiwat Institute of Management  
Corresponding author, E-mail: parinyasan@pim.ac.th

### บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้นำเสนอวิธีการจำแนกประเภทข้อความภาษาไทยด้วยการเรียนรู้เชิงลึก ทั้งนี้การจำแนกประเภทข้อความภาษาอังกฤษไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับภาษาไทยได้โดยตรง เนื่องจากคำไทยมีลักษณะเขียนติดกันโดยไม่มีการเว้นวรรคจากคำข้างเคียงซึ่งทำให้เครื่องไม่สามารถเข้าใจได้ โดยทั่วไปการแก้ปัญหาทำได้โดยการใช้การตัดคำก่อนนำไปใช้งาน แต่การตัดคำภาษาไทยนั้นก็เป็นเรื่องยากเรื่องหนึ่ง อีกวิธีการหนึ่งที่สามารถทำได้คือการทำการจำแนกข้อความในระดับตัวอักษรโดยไม่ต้องมีการตัดคำเลย ทั้งนี้การตัดคำในระดับตัวอักษรด้วยตัวจำแนกประเภทแบบดั้งเดิม เช่น โครงข่ายประสาทเทียม หรือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ได้ประสิทธิภาพที่ไม่ดี ในบทความนี้นำเสนอวิธีการจำแนกประเภทข้อความภาษาไทยในระดับตัวอักษรเทียบกับระดับคำด้วยการเรียนรู้เชิงลึก ผลการทดลองแสดงให้เห็นประสิทธิภาพที่น่าพอใจของวิธีการที่นำเสนอ

**คำสำคัญ:** การจำแนกประเภทข้อความ ภาษาไทย การเรียนรู้เชิงลึก

### ABSTRACT

This paper presents the Thai text classification with deep learning techniques. The English text classification framework cannot apply to Thai directly because Thai words are not segmented from each other, that makes the machine confused. In this situation, the word segmentation or tokenization is a solution but the word segmentation in Thai is also not easy. Another solution is to classify text in character level without segmenting raw text into word. Classification in character level is quite bad performance for the traditional classifiers, such as neural network and support vector machine. This paper proposed the character level compared to the word level for Thai text classification in deep learning using convolutional neural network with some special layers. The results show the promising performance of the proposed technique.

**Keywords:** Text Classification, Thai, Deep Learning

## บทนำ

การจำแนกประเภทข้อความ (Text Classification) มีความต้องการใช้งานมากในปัจจุบันเนื่องจากข้อมูลมีปริมาณมหาศาล และในข้อมูลจำนวนมากนั้นข้อความที่เป็นข้อมูลจำนวนมากที่เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับภาคธุรกิจต้องการใช้งานและวิเคราะห์ในด้านต่าง ๆ เช่น การจำแนกเอกสารว่าเป็นเอกสารประเภทใด การจัดหมวดหมู่ของข้อความจากการพิมพ์โต้ตอบระหว่างลูกค้าและผู้ให้บริการ หรือการบอกอารมณ์ของข้อความแสดงความคิดเห็นต่าง ๆ บนสื่อสังคม (Social Media) โดยทั่วไปวิธีการพื้นฐานในการจำแนกประเภทข้อความภาษาไทยนั้น ต้องเริ่มต้นด้วยการตัดคำภาษาไทยก่อนเนื่องจากคำในภาษาไทยนั้นเขียนติดกันทำให้คอมพิวเตอร์ไม่สามารถรู้ขอบเขตของคำแต่ละคำได้ ทั้งนี้ปัญหาการตัดคำในภาษาไทยนั้นปัจจุบันก็ยังไม่สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากภาษาไทยยังเป็นภาษาที่ใช้งานอยู่ ทำให้มีคำเกิดขึ้นใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโลกสังคมออนไลน์ การสร้างคำจากภาษาพูดและการใช้ตัวอักษรในรูปแบบที่ไม่ถูกต้องเกิดขึ้นมาก การตัดคำไทยจึงทำให้สมบูรณ์ได้ยาก ด้วยปัญหานี้งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้นำเสนอวิธีการที่ไม่ต้องใช้การตัดคำเลยมาเปรียบเทียบกับวิธีการที่ผ่านการตัดคำมาแล้ว

วิธีการจำแนกข้อความโดยทั่วไปจะเปลี่ยนคำที่เหลือจากการลบคำที่ไม่สำคัญหรือคำหยุด (Stop word) ออกไปแล้วไปเป็นเวกเตอร์ของคำศัพท์และมีการใช้การถ่วงน้ำหนัก ซึ่งวิธีการที่นิยมใช้งานอย่างกว้างขวาง ได้แก่ การถ่วงน้ำหนักคำศัพท์แบบ Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF) ซึ่งเป็นการสร้างเวกเตอร์ขนาดใหญ่เนื่องจากขนาดของมิติจะมีค่าเท่ากับจำนวนคำศัพท์ทั้งหมดในชุดข้อมูลที่พิจารณา จากนั้นจะใช้ตัวจำนวนประเภทต่าง ๆ ที่เป็นที่ยอมรับ เช่น ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine: SVM) ในการจำแนกประเภท (Chirawichitchai, Sa-nguansat, & Meesad, 2010) จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยมากมายที่ต้องอาศัยมนุษย์ในการเลือกและตัดสินใจ เช่น การตัดคำ การเลือกคำหยุด ซึ่งทำได้ยากในกรณีที่ข้อมูลมีปริมาณมาก

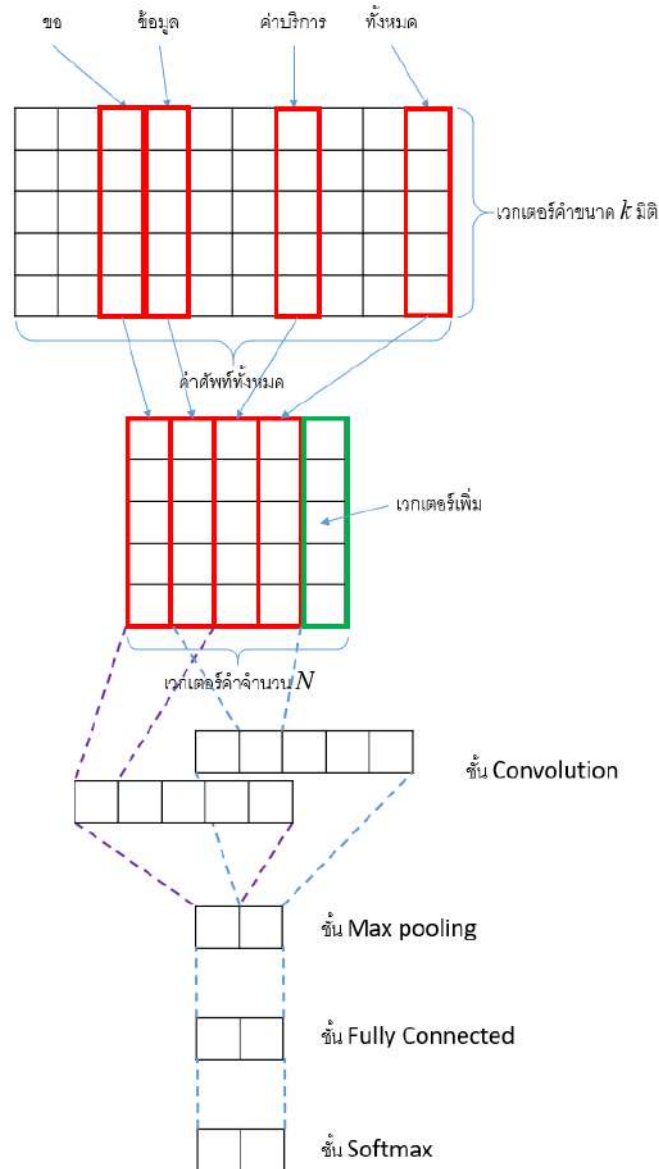
การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เป็นการเรียนรู้ที่นิยมกันมากในปัจจุบันเนื่องจากสามารถทำการสกัดคุณลักษณะสำคัญ (Feature) จากข้อมูลดิบได้อย่างดี หนึ่งในวิธีการเรียนรู้เชิงลึกที่ได้รับความนิยมและมีประสิทธิภาพอย่างมาก ได้แก่ โครงข่ายประสาทแบบสังวัตนาการ (Convolutional Neural Network: CNN) (Lecun, Bottou, Bengio, & Haffner, 1998) ซึ่งประสบผลสำเร็จอย่างมากในงานด้านการประมวลผลภาพ ต่อมาก็ได้มีการประยุกต์ในงานกับข้อมูลที่เป็นข้อความ (Kim, 2014) โดยทำการเปลี่ยนคำเป็นเวกเตอร์คำ (Word vector) ที่เรียกว่า Word2Vec (Mikolov, Chen, Corrado, & Dean, 2013) ก่อนจากนั้นใช้ป้อนเข้าให้ CNN เพื่อทำการจำแนก อย่างไรก็ตามภาษาไทยมีความแตกต่างกับภาษาอังกฤษในการประมวลผลอย่างมาก เนื่องจากต้องตัดคำให้ถูกต้องก่อนซึ่งการตัดคำภาษาไทยที่ถูกต้องทำได้ยากอีกทั้งยังมีชื่อเฉพาะต่าง ๆ ที่ควรต้องผ่านการทำการรู้จำชื่อเอนทิตี (Named-Entity Recognition: NER) ก่อนและต้องทำการปรับปรุงฐานข้อมูลชื่อเฉพาะอย่างสม่ำเสมอในการประยุกต์ใช้งานจริงโดยมนุษย์ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานแบบอัตโนมัติในระยะยาวทั้งหมดได้

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้โครงข่ายแบบ CNN กับภาษาไทย โดยได้ทดลองปรับปรุงพารามิเตอร์ให้เหมาะสมในการจำแนกระดับคำเช่นเดียวกับใช้ภาษาอังกฤษโดยปรับปรุงการตัดคำเฉพาะให้ถูกต้องสำหรับข้อมูลชุดที่พิจารณานี้เท่านั้นโดยอาศัยการตัดคำแบบพจนานุกรม และเสนอการใช้โครงข่ายแบบ CNN โดยตรงในระดับตัวอักษรทำให้ไม่ต้องทำการตัดคำและไม่ต้องผ่าน NER ทำให้ระบบสามารถทำงานได้แบบอัตโนมัติในระยะยาว ผลการทดลองพบว่าถึงแม้อัตราความถูกต้องในการจำแนกแบบระดับตัวอักษรจะต่ำกว่าแบบระดับคำอย่างมีนัยสำคัญแต่อัตราความถูกต้องที่ได้อยู่ในระดับที่ยอมรับเพื่อใช้งานจริงได้



## แบบจำลองระดับคำ

แบบจำลองระดับคำดังแสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ โดยทำการป้อนข้อมูลข้อความเข้าไปในชั้น Embedding และส่งผ่านไปในชั้น Convolution ชั้น Max pooling ชั้น Fully connected และชั้น Softmax เพื่อส่งค่าความน่าจะเป็นในการจำแนกออกมาเป็นผลลัพธ์

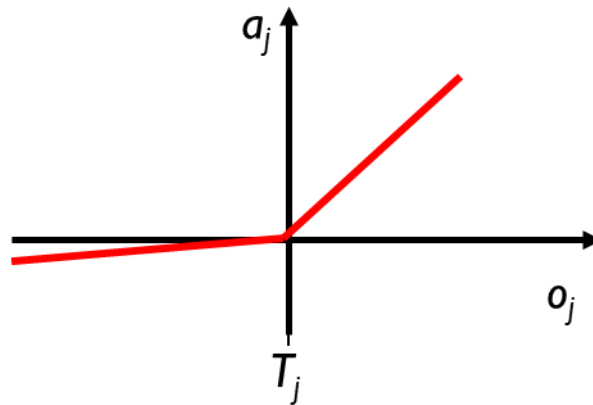


รูปที่ 1: แบบจำลองระดับคำ

ชั้น Embedding เป็นชั้นแรกสุดที่ทำการคำนวณเวกเตอร์คำ (Word2Vec) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนข้อมูลคำเป็นเวกเตอร์แบบหนาแน่น (Dense Vector) ที่สามารถกำหนดขนาดมิติ ( $k$ ) ได้เองโดยไม่ขึ้นกับจำนวนคำในคลังคำศัพท์แบบวิธีที่ใช้ โดยในการทดลองนี้พบคำมิติที่ได้ผลดีที่สุดมีค่า 100 การทำงานในชั้นนี้เริ่มจากการกำหนดค่าเริ่มต้นของค่าน้ำหนักทั้งหมดด้วยค่าตั้งต้นจากวิธีการ Word2Vec โดยอาจทำการฝึกฝนไว้ก่อนล่วงหน้าด้วยคำทั้งหมดในชุดข้อมูลที่สนใจหรือสามารถนำมาจากชุดข้อมูลภาษาไทยอื่นก็ได้โดยให้ครอบคลุมคำศัพท์ที่ต้องการใช้งานให้มากที่สุด ซึ่งหากมีคำใดที่ไม่พบในเวกเตอร์คำที่ได้ฝึกฝนไว้ก่อนนั้นเราสามารถจะใช้

เวกเตอร์สุ่มค่าน้อย ๆ หรือ เวกเตอร์ศูนย์แทนค่าเหล่านั้น เมื่อนำเข้าข้อความแต่ละข้อความจะมีจำนวนค่าไม่เท่ากันบางข้อความมีจำนวนค่ามากบางข้อความมีจำนวนน้อยทำให้ไม่สามารถนำไปฝึกฝนหรือทดสอบโครงข่ายประสาทได้ทันที หนึ่งในวิธีจัดการที่นิยมอย่างมากในโครงข่ายแบบ CNN คือการทำการเพิ่มค่าศูนย์ (Zero padding) ให้มีขนาดยาวเท่ากันมีค่า  $N$  โดยในที่นี้จะทำการเพิ่มจำนวนค่าในแต่ละข้อความให้ยาวเท่ากับข้อความที่ยาวที่สุดที่พบในชุดข้อมูลฝึกฝนนี้ จากนั้นจะแทนค่าเหล่านี้ด้วยเวกเตอร์ค่าจะทำให้ข้อความเข้าแต่ละข้อความจะมีลักษณะเป็นเมทริกซ์ขนาด  $N \times k$  คงที่เท่ากันหมดทุกข้อความ จากนั้นส่งต่อไปยังขั้นสังวัตนาการ

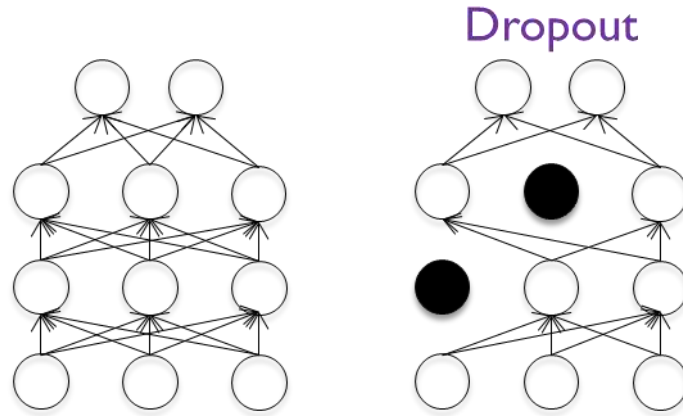
ขั้นสังวัตนาการ (Convolution) เป็นขั้นที่ทำการประมวลผลข้อมูลด้วยการใช้เคอร์เนลแบบ 1 มิติ หรืออาจเรียกว่าหน้าต่างเพื่อสกัดคุณลักษณะที่สำคัญของข้อมูลในบริเวณใกล้เคียงกันในที่นี้คือบริบทของคำที่อยู่ข้างเคียง โดยมักทำการสกัดคุณลักษณะด้วยเคอร์เนลหรือหน้าต่างขนาดต่าง ๆ กันเพื่อให้ได้คุณลักษณะแบบมุมแคบและมุมกว้าง ข้อมูลที่จะออกจากขั้นนี้จะมีขนาดเล็กลงและจะผ่านฟังก์ชันกระตุ้น (Activation function) แบบ Leaky Rectifier Linear Unit (Leaky ReLU) (He, Zhang, Ren, & Sun, 2015) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2: ฟังก์ชันกระตุ้นแบบ Leaky Rectifier Linear Unit (Leaky ReLU)

ขั้น Max pooling เป็นขั้นที่ดำเนินการสรุปค่าจากที่จากชั้นก่อนหน้าให้เหลือเพียงค่าเดียวในหน้าต่างหนึ่ง ๆ โดยการใช้ค่าที่มากที่สุดในการแทนค่ากลุ่มนั้นในการงานวิจัยนี้จะใช้หน้าต่างแบบ 1 มิติ ขนาด 2 มิติ

ขั้น Dropout เป็นกระบวนการที่หลีกเลี่ยงปัญหา Overfitting หรือปัญหาที่เครื่องจะทำงานได้ผลดีกับชุดตัวอย่างฝึกฝนแต่ทำงานได้ไม่ดีกับข้อมูลอื่นที่ไม่ใช่ข้อมูลในชุดฝึกฝน ทำงานโดยการละการคำนวณของโหนดบางโหนดออกไปแบบสุ่มในแต่ละรอบการประมวลผลทำให้ค่าน้ำหนักที่เชื่อมกับโหนดเหล่านั้นไม่ถูกปรับค่าในรอบการคำนวณนั้น ดังนั้นหากกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการทำ Dropout เป็น 0.5 แปลว่าค่าน้ำหนักเพียงครึ่งเดียวเท่านั้นที่ถูกปรับค่าจากตัวอย่างฝึกฝนชุดนั้น ทำให้เกิดความทั่วไป (Generalization) มากขึ้น



รูปที่ 3: วิธีการ Dropout

ชั้น Softmax จะเป็นชั้นสุดท้ายที่จะป้อนค่าความน่าจะเป็นของเป้าหมายทั้งหมดออกมา หรือเป็นผลการจำแนกนั่นเอง โดยค่าความน่าจะเป็นจะคำนวณได้ดังสมการที่ (1)

$$P(c_i | x) = \frac{P(x | c_i)P(c_i)}{\sum_{j=1}^K P(x | c_j)P(c_j)} = \frac{e^{o_i}}{\sum_{j=1}^K e^{o_j}} \quad (1)$$

โดย

$P(c_i)$  คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดคลาสที่  $i$

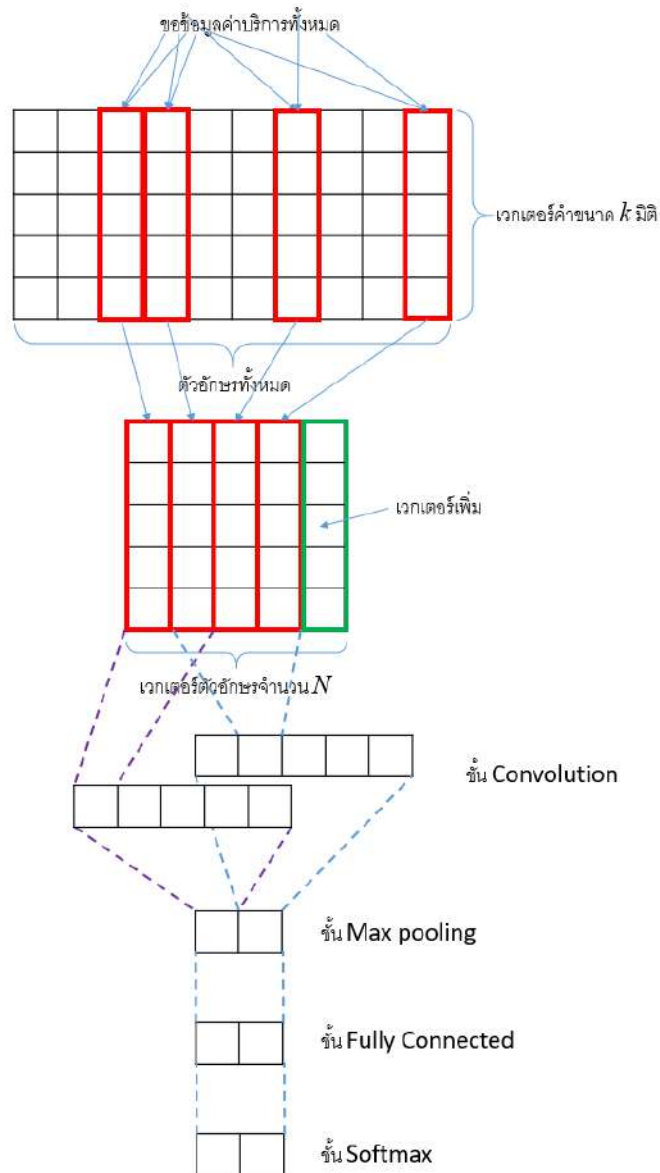
$P(x | c_i)$  คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะเป็นตัวอย่าง  $x$  เมื่อเป็นคลาสที่  $i$

$K$  คือ จำนวนคลาสทั้งหมด

$o_i$  คือ ค่าป้อนออกของโหนดที่  $i$

### แบบจำลองระดับอักษร

แบบจำลองระดับอักษรมีลักษณะคล้ายกับแบบจำลองระดับคำต่างกันที่ข้อมูลป้อนเข้าไม่มีการตัดคำ และทำการแปลงเป็นเวกเตอร์ตัวอักษรแทนที่จะเป็นเวกเตอร์คำ โดยตัวอักษรที่สนใจทั้งหมดประกอบด้วยตัวอักษรภาษาไทย สระ วรรณยุกต์ทั้งหมด รวมทั้งตัวเลขไทย และตัวอักษรภาษาอังกฤษทั้งหมด รวมทั้งตัวเลขอารบิก ซึ่งหากพบตัวอักษรอื่นนอกจากนี้ก็จะกำหนดให้เป็นเวกเตอร์ค่าที่มีค่าศูนย์แทนดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4: แบบจำลองระดับตัวอักษร

#### ผลการทดลอง

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองเป็นข้อความภาษาไทยจากระบบศูนย์บริการลูกค้าของธุรกิจเครือข่ายบริการโทรคมนาคมแห่งหนึ่งในประเทศไทย ประกอบด้วยชุดฝึกฝนจำนวน 2,912 ข้อความ และชุดทดสอบจำนวน 200 ข้อความ ข้อความทั้งหมดถูกจำแนกออกเป็น 20 ประเภท โดยมีโครงข่ายสำหรับระดับค่าดังแสดงในตารางที่ 1 โดยมีจำนวนค่าที่ยาวที่สุดในแต่ละข้อความของชุดฝึกฝนมีค่า 92 ค่า ดังนั้นชั้นป้อนเข้า (Input) จึงกำหนดให้มีขนาด 92 มิติและกำหนดให้มิติของเวกเตอร์ค่ามีขนาด 100 มิติ ในส่วนของโครงข่ายสำหรับระดับตัวอักษรพบว่าจำนวนตัวอักษรที่ยาวที่สุดในแต่ละข้อความของชุดฝึกฝนมีค่า 315 ตัวอักษร ดังนั้นชั้นป้อนเข้าจึงกำหนดให้มีขนาด 315 มิติ และกำหนดให้เวกเตอร์ค่ามีขนาด 50 มิติ ดังแสดงในตารางที่ 2 ผลการจำแนกชุดฝึกฝนของระดับค่าและตัวอักษรได้อัตราความถูกต้องดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 1: โครงข่ายสำหรับการจำแนกระดับคำ

ชั้นที่	ชนิด	พารามิเตอร์
1	Input	ขนาด 92 x 100
2	Embedding with Dropout	100 มิติ ( $P_{\text{Dropout}} = 0.7$ )
3	Convolutional with Leaky ReLU	Kernel ขนาด 1x3
4	Max Pooling	Kernel ขนาด 1x2
5	Convolutional with Leaky ReLU	Kernel ขนาด 1x5
6	Max Pooling	Kernel ขนาด 1x2
7	Convolutional with Leaky ReLU	Kernel ขนาด 1x7
8	Max Pooling	Kernel ขนาด 2x2
9	Fully Connected with Leaky ReLU and Dropout	150 โหนด ( $P_{\text{Dropout}} = 0.7$ )
10	Softmax	20 โหนด

ตารางที่ 2: โครงข่ายสำหรับการจำแนกระดับตัวอักษร

ชั้นที่	ชนิด	พารามิเตอร์
1	Input	ขนาด 315 x 50
2	Embedding with Dropout	50 มิติ ( $P_{\text{Dropout}} = 0.7$ )
3	Convolutional with Leaky ReLU	Kernel ขนาด 1x3
4	Max Pooling	Kernel ขนาด 1x2
5	Convolutional with Leaky ReLU	Kernel ขนาด 1x5
6	Max Pooling	Kernel ขนาด 1x2
7	Convolutional with Leaky ReLU	Kernel ขนาด 1x7
8	Max Pooling	Kernel ขนาด 1x2
9	Fully Connected with Leaky ReLU and Dropout	250 โหนด ( $P_{\text{Dropout}} = 0.7$ )
10	Softmax	20 โหนด

ตารางที่ 3: อัตราความถูกต้องในการจำแนกประเภท

วิธีการ	อัตราความถูกต้อง	จำนวน Epoch
ระดับคำ	86.5 %	98
ระดับตัวอักษร	78.0 %	72

## สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการจำแนกประเภทข้อความภาษาไทยด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึกโดยประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทแบบสังวัตนาการ (CNN) ร่วมกับการสกัดคุณลักษณะแบบ Word2Vec ในระดับตัวอักษร เทียบกับระดับคำ พบว่าทั้งการจำแนกในระดับคำและตัวอักษรมีประสิทธิภาพในการจำแนกประเภทข้อความภาษาไทยได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้การจำแนกในระดับคำได้อัตราความถูกต้องสูงกว่าการจำแนกในระดับตัวอักษร เนื่องจากการตัดคำที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องสำหรับข้อมูลชุดนี้โดยเฉพาะด้วยมนุษย์มาก่อน เพื่อจุดประสงค์ในการเปรียบเทียบในกรณีที่มีการตัดคำสมบูรณ์แบบที่สุด ซึ่งอัตราความถูกต้องของระดับตัวอักษรมีค่าต่ำกว่าระดับคำร้อยละ 8.5 แต่ก็อยู่ในระดับที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ ทั้งนี้ในสถานการณ์จริงการตัดคำจะมีความผิดพลาดมากกว่านี้ซึ่งจะมีผลโดยตรงกับอัตราความถูกต้องของการจำแนกประเภทระดับคำแต่ไม่มีผลอย่างใดกับการจำแนกในระดับตัวอักษร อย่างไรก็ตามการจำแนกประเภทระดับตัวอักษรจำเป็นต้องใช้หน่วยความจำมากกว่าระดับคำหลายเท่าและใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่ามาก แต่ข้อดีข้อหนึ่งนอกจากการที่ไม่จำเป็นต้องตัดคำเลยก็คือเมื่อเวลาที่มีข้อมูลใหม่ที่ระบบไม่เคยเห็นมาก่อนอาจมีคำที่ไม่เคยสร้างเวกเตอร์คำมาก่อนหรือเรียกปัญหานี้ว่าปัญหา Out of Vocabulary (OOV) ซึ่งส่งผลให้คำใหม่เหล่านี้ซึ่งอาจเป็นคำที่มีนัยสำคัญไม่ถูกนำมาพิจารณาในการจำแนกประเภท การจำแนกประเภทข้อความภาษาไทยในระดับตัวอักษรจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในกรณีที่ไม่สามารถตัดคำหรือเตรียมคลังคำศัพท์ได้ครบทั้งหมด

## เอกสารอ้างอิง

- Chirawichitchai, N., Sa-nguansat, P., & Meesad, P. (2010). Developing an effective Thai Document Categorization Framework base on term relevance frequency weighting. In *2010 Eighth International Conference on ICT and Knowledge Engineering* (pp. 19–23). IEEE. <http://doi.org/10.1109/ICTKE.2010.5692907>
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2015). Delving Deep into Rectifiers: Surpassing Human-Level Performance on ImageNet Classification. In *2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)* (pp. 1026–1034). IEEE. <http://doi.org/10.1109/ICCV.2015.123>
- Kim, Y. (2014). Convolutional Neural Networks for Sentence Classification. *Computation and Language; Neural and Evolutionary Computing*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1408.5882>
- Lecun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, *86*(11), 2278–2324. <http://doi.org/10.1109/5.726791>
- Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. *Computation and Language*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1301.3781>

## EFFECTS OF USING PARTIAL HYDROGENATED BIODIESEL (H-FAME) AS A HIGH BLENDED BIODIESEL FUEL IN THAILAND: REDUCTIONS OF FOSSIL FUEL AND GREENHOUSE GAS EMISSIONS

Peerawat Saisirirat<sup>1</sup>, Nuwong Chollacoop<sup>2</sup>, Paritud Bhandhubanyong<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>National Metal and Materials Technology Center (MTEC),  
National Science and Technology Development Agency (NSTDA)

<sup>3</sup>Automotive Manufacturing Engineering, Panyapiwat Institute of Management

### ABSTRACT

This work studies on demand side of applying advance biodiesel, the Partially-Hydrogenated FAME – H-FAME, for Thai road transport sector. The potentials of applying H-FAME beyond a limit of traditional FAME biodiesel B7 are investigated. The H-FAME is another promising biodiesel which its production process is much closer to tradition FAME biodiesel but has proven properties for applying as automotive diesel fuel, therefore, the current supply side of biodiesel will have more opportunity for adapting to high blended biodiesel in the future.

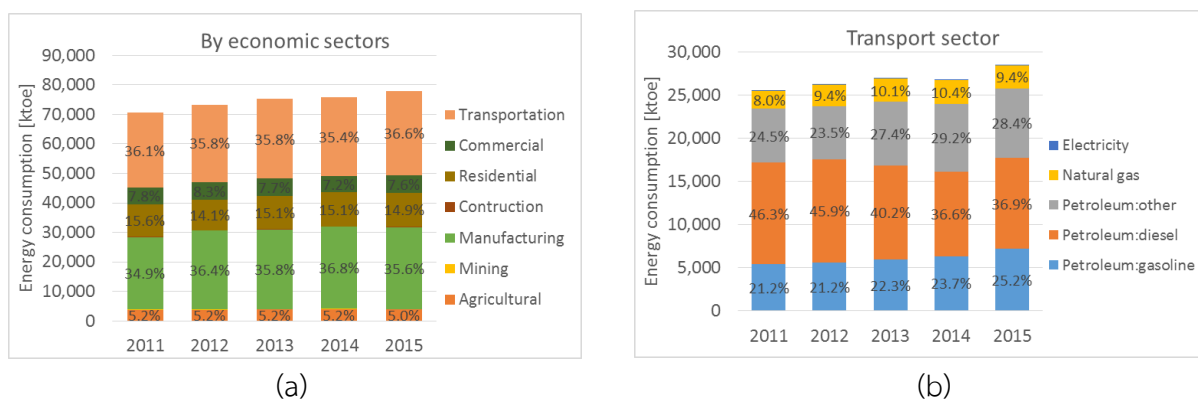
The calculation of biodiesel demand has been done in the developed energy demand model for Thai road transport. The reductions of fossil fuel demand and greenhouse gas emissions are also determined. It is found that large portion of the target of Alternative Energy Development plan (AEDP2015) can be contributed by road transport sector. However, results of sensitivity analysis shows that biodiesel consumption can deviate, according to variation of vehicle number projection from the current referent trend.

**Keywords:** Fatty Acid Methyl Ester biodiesel, Partially Hydrogenated FAME, Thai Road Transport Sector, Road Transport Energy Demand Model, Sensitivity Analysis

### Introduction

#### 1. Energy Consumption in Thailand and National Energy Plan

As one of recent emerging economic countries, Thailand energy consumption is continuously growing up with developing of economic activities in various sectors, e.g. industrial, transport, residential, commercial building, agricultural etc. However, the majority of energy resource of Thailand is relied on imported energy as shown in Picture 1, especially for the transport sector which 90% is shared by petroleum products (DEDE:2016). In addition the transport sector is one of the largest energy consumed sectors in Thailand (another one is industrial sector, these two sectors contributes about 65% - 70% of domestic energy consumption).



**Picture 1:** Thailand energy consumption

**Source:** DEDE:2016

With concerning to the impact of national energy consumption on national economy and in addition the environmental impacts i.e. global warming crisis, the Thai government by Ministry of Energy continuously promotes national energy plans which focus on various definitions and implementation strategies. Recently, five national energy plans are integrated and harmonized with time frame of the National Economic and Social Development plan as the Long term 20 years (2015-2036) national plans, called the Thai Integrated Energy Blueprint (TIEB, EPPO, 2016). The TIEB is composed of three existing plans – Power Development Plan (PDP, EPPO, 2015), Energy Efficiency Plan (EEP, DEDE, 2015) and Alternative Energy Development Plan (AEDP, DEDE, 2015) and two new plans – Oil plan (DOEB, 2015) and Gas Plan (DMF, 2015).

## 2. AEDP2015 and Transport Sector

Considering on the AEDP (DEDE), this national plan focuses on suppressing traditional imported/non-environmental friendly fuels by promoting sustainable/domestic/cultivable energies. In four revisions of this plan (endorsed in 2009, 2011, 2013 and 2015), the AEDP target has been being increased from 20.3% to 30.0% of total energy consumption. In details, the AEDP target is leveling up with tighten supply and demand balance, in addition with withdrawing Natural Gas (NG) which was considered as another fossil fuel. AEDP categorizes the consumed energies as three end-used forms, e.g. electricity, thermal and fuel. In the fuel category, the considered alternative fuels include biofuels (biodiesel and bioethanol), Pyrolysis oil, Compressed Bio-gas (CBG) and other alternative fuels (e.g. Bio-oil, Hydrogen), those are mainly for supplying transport sector. Compared to other fuels, the biofuels which compose bioethanol for gasoline suppression and biodiesel for diesel suppression are the most promising fuels, according to their available resource, production technology readiness and reliable fuel properties for utilizing

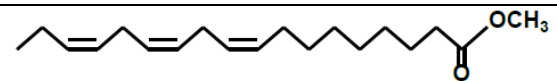
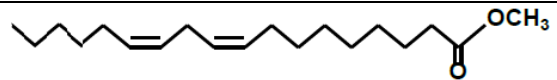
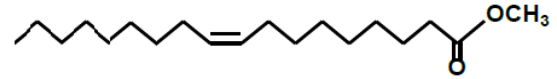



in automotive engine. The biodiesel has higher potentials on suppressing petroleum fuel according to fuel market share of Thai transport sector which depends more on diesel fuel than gasoline fuel. Therefore, this work focuses on biodiesel studying.

### 3. Biodiesel

However, the current biodiesel, the Fatty Acid Methyl Ester (FAME), has its limitation on maximum blended fraction which mainly correlates to chemical reactive ability (affect engine components) and cold filter plugging property. It is found that the mono-unsaturated FAME is the most favorite compound as shown in Table 1.

**Table 1:** Unfavorable properties of fatty acid methyl ester in various molecular structure

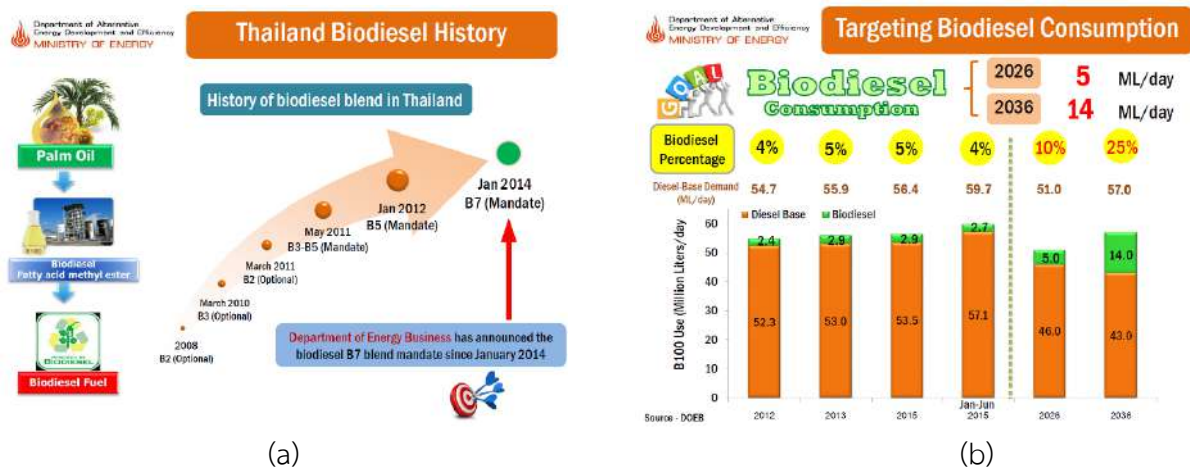
e.g., C18:n FAME molecule	Oxidation stability	Peroxide formation	Cold flow property	Solvency effect
	Acid corrosion, polymers and sludge formation	Elastomer damage	Filter plugging	Cleaning effect
	☹️ ☹️	☹️ ☹️	😊😊😊	😊
	☹️	☹️	😊😊	😊
	😊	😊	😊	😊
	😊😊	😊😊	☹️	😊

Source: Yoshimura, 2015

The mono-unsaturated FAME can be produced from partial hydrogenation process so it is technically called the Partially-Hydrogenated FAME (H-FAME). The H-FAME is a proven technology to upgrade biodiesel fuel which can be adapted in current biodiesel factory in Thailand. Another well-known technology but more expansive is the Bio-Hydrogenated Diesel (BHD) which requires more extreme condition in fuel production process. The chemical product of BHD is purely non-oxygenated fuel, similar to conventional diesel fuel.

The FAME biodiesel factory has been being developed in Thailand and already shown provable benefit on employment creation (Silalertruksa et al., 2012), beyond its regular advantage, such as suppressing petroleum diesel and reducing Greenhouse Gas emissions. The biodiesel supply also depends on other issues such as limit of feedstock supply, capacity of available of biodiesel factory etc. The development of biodiesel blended fraction is shown in Picture 2(a) and the target of biodiesel consumption is shown in Picture 2(b). The target of biodiesel consumption includes all consumed sectors, e.g.

transportation, industrial and agricultural). The target of biodiesel consumption is balance with supply side of biodiesel as shown in Table 2.



Picture 2: History and target of biodiesel consumption in Thailand

Source: DEDE

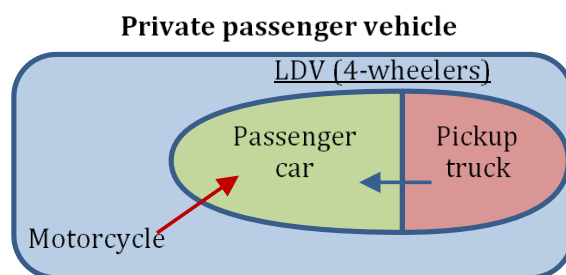
Noted: diesel consumed sectors include transportation, industrial and agricultural

Table 2: Palm potential for biodiesel production 2015-2036 (DEDE)

Palm oil potential	2015	2017	2019	2026	2036
Target of palm planting area (million rai)	4.50	5.00	5.50	7.50	10.20
Palm feedstock (million ton/year)	14.34	15.40	16.66	21.40	29.46
Crude palm oil (million ton/year)	2.58	2.93	3.17	4.28	5.89
Remained crude palm oil (million ton/year)	1.56	1.85	2.03	2.93	4.24
Maximum production of biodiesel (million L/d)	5.60	6.50	7.10	10.00	14.00

#### 4. Interdependence Model of Private Vehicle Ownership (Vehicle Switching)

In our previous work (Saisirirat, 2015; Saisirirat, 2012), the demand side (road transport sector) is focused and it is found that the number of private vehicle is not solitary but interdependence with other private vehicles and depends on various regional economic products. For example, if economic situation of vehicle owners improve with national economic wealthy, the owners of motorcycle or pickup truck will change to own passenger car for their prestige, comfort and safety as shown in Picture 3. In addition, the economic activities in metropolitan and provincial area are growing with different rate. Therefore, the socio-economic activity are taken into account, separately for metropolitan and provincial area in the developed vehicle ownership model. Therefore, the sensitivity of considered energy measure can be analyzed according to different level of vehicle number projection.



Picture 3: Definition of interdependence model for private vehicle ownership

Source: Saisirirat, 2015

### Objectives

As mentioned above, the biodiesel consumption may not be increased because of limitation of current biodiesel production (FAME). In addition, biodiesel supported measures also depends on other issues such as limit of feed stock supply, capacity of available biodiesel factory. So, the H-FAME should be chosen in a considering that current biodiesel factories are able to upgrade their production process so other benefits are reserved, such as job creation in supply chain.

Therefore, the objective of this work is to study on demand side of biodiesel fuel. The projection of H-FAME consumption will be determined as the alternative solution to increase biodiesel blended fraction, beyond the limit of current FAME biodiesel. The sensitivity of H-FAME consumption will be analyzed with uncertainty of vehicle number projection. Finally, advantages of applying H-FAME biodiesel will be analyzed and also the key issues will be discussed.

### Methodology

#### 1. Energy Demand Calculation

To analyze the impacts of biodiesel measure, the commercial software, Long-range Energy Alternative Planning system (LEAP), is used to calculate the projection of energy demand in Thai road transport with bottom-up approach, similar to the previous works (i.e. Saisirirat, 2015; Saisirirat; Chollacoop, 2013). The road transport model of energy demand (ED) is constructed based on basic equation as shown in equation (1):

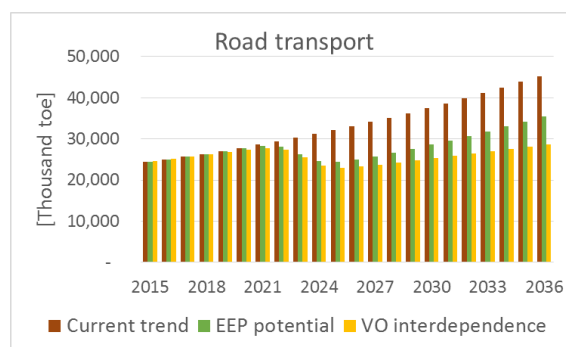
$$ED_{ij} = NV \times VKT \times FE \quad (1)$$

where  $ED_{ij}$  is Energy Demand for considered branch, i.e. fuel type  $i$  and vehicle  $j$ ,  $NV$ , Number of Vehicle (unit),  $VKT$ , Vehicle Kilometer of Travelled (km/year) and  $FE$  is fuel economy (liter/km). The result of total energy demand is integrated from lowest considered sub-segment, so the potentials of important segment can be identified. In this study, the

projection of road transport energy consumption will be projected from the present to 2036, the end of TIEB. The economic products and populations for gross domestic, metropolitan and provincial regions are referred as socio-economic variables in the vehicle ownership models. As in previous work, the historical value and future trends are collected from the Office of National Economic and Social Development Board (NESDB, 2014).

## 2. Impacts of EEP2015 and Ownership Interdependence

Considering on EEP2015, the other national energy plan in TIEB which focuses on improving energy efficiency in various sectors including transportation, it is predicted that transport energy consumption can be decreased with diverse energy measures. Several important EEP2015 measure are included in this study, e.g. new CO<sub>2</sub> tax scheme for new car, improvement of rail transport infrastructure for public passenger transport and freight. In addition, with taken into account on interdependence of private vehicle ownership, the projection of transport energy demand in this study is lower. The projections of energy demand in road transport are compared for baseline scenario, EEP2015 scenario and interdependence model of private vehicle as shown in Picture 4. Note that the EEP2015 measures will be implement in different time frame, e.g. the CO<sub>2</sub> tax scheme is endorse around the end of 2015, and the rail transport infrastructure will be ready after 2017. In details, the impacts of each energy measure are defined in mathematic function (i.e. S-Curve function) with time duration such as ten years.

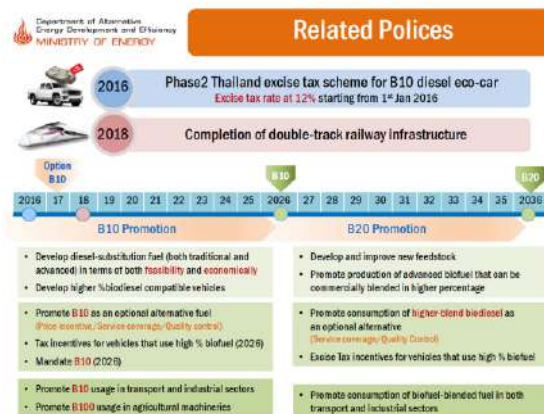


Picture 4: Projection of road transport energy consumption

## 3. Biodiesel Development Scenario

Considering on biodiesel strategy for demand side to achieve AEDP2015 goal (DEDE), biodiesel consumption will be increased with increasing of biodiesel blended fraction by initially proposed high blended biodiesel as optional fuel and later changing to biodiesel mandate. According to biodiesel supply, the targets of total biodiesel consumption are set at 5 and 14 ML/day in 2026 and 2036, as respectively. Tentatively, the time frame of high blended biodiesel B10 and B20 are proposed in AEDP2015 (DEDE) as shown in Picture 5. The

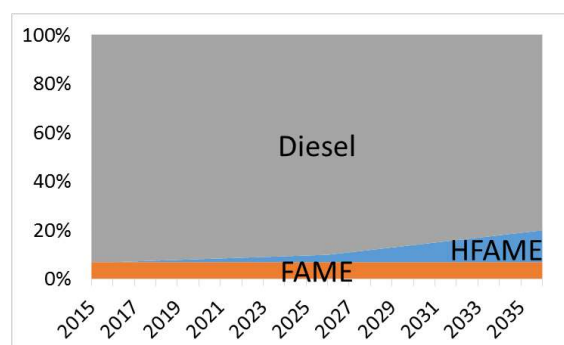
related policies for biodiesel B10 has been included. The biodiesel B10 will be sold as optional fuel in 2018, then in 2026 biodiesel B10 mandate will be endorsed. The plan also mentions that biodiesel B20 will be sold as optional fuel after mandate B10. Moreover, specific high blended biodiesel project will be supported for passenger route or freight transport. The target is set that biodiesel consumption can achieve an equivalent level as applying biodiesel B20 in 2036.



Picture 5: Time frame of high blended biodiesel and related policies

Source: DEDE

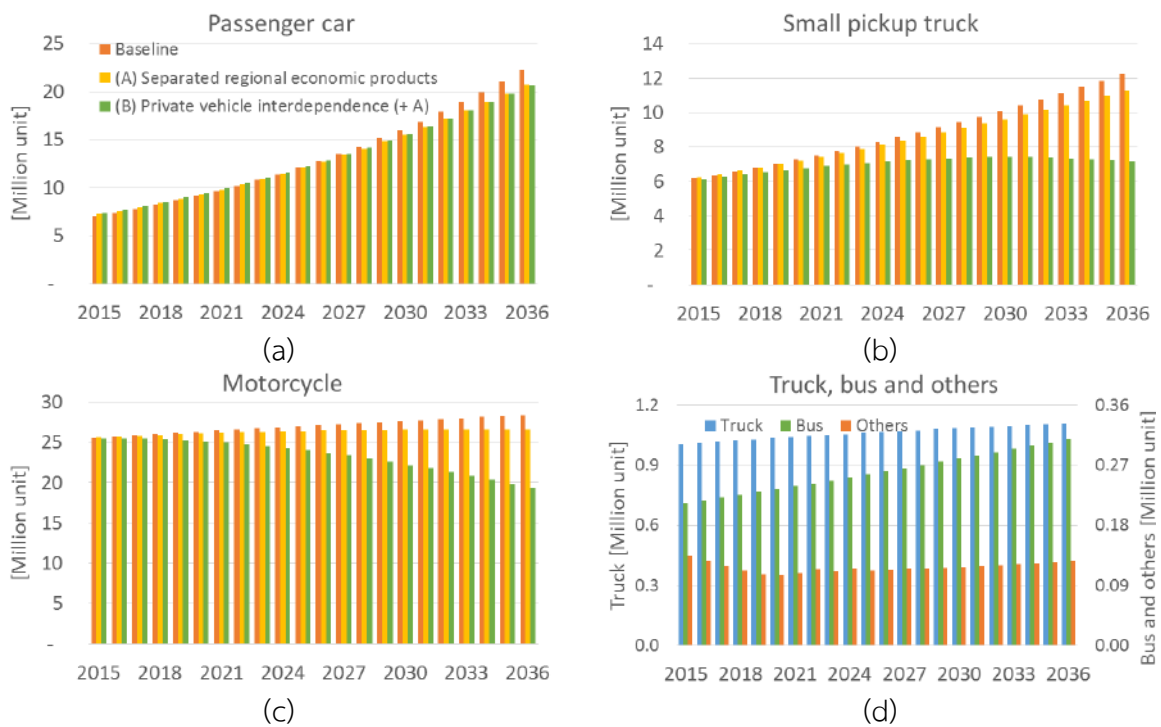
The biodiesel development scenario is constructed according to policy mentioned in AEDP2015. In addition, some necessary assumptions will be added to fulfil unclarified measure. The biodiesel blended fraction will be increased from 7% in 2016, referred to the limit of FAME blended fraction. Then the target of biodiesel B10 is assumed as the blended of 7% FAME, 3% H-FAME and remainder petroleum diesel 90%, mandate in 2026. After that, all the results of biodiesel measure, e.g. optional biodiesel B20 fuel in retail station, high blended biodiesel project for supporting passenger route or freight transport will be assumed as mandate high-blended biodiesel B20 in 2036. The assumption of biodiesel blended fraction is assumed as shown in Picture 6.



Picture 6: Assumption of biodiesel blended fraction in commercial diesel fuel

#### 4. Projections of Private Vehicle Number

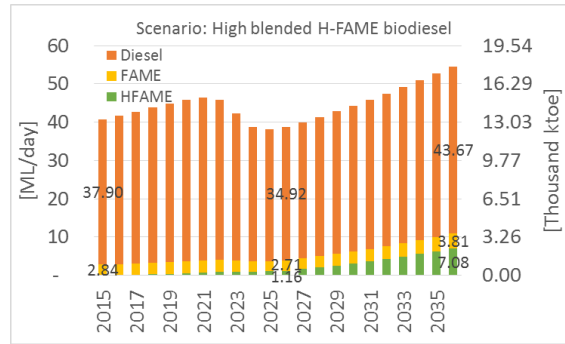
As mentioned in section 1.4, the projections of private vehicle numbers are interdependence with other private vehicles (noted B). Moreover, the vehicle numbers depend on saturation level which relates on vehicle number and level of considered socio-economic parameters (noted A). In this work, the economic products and population are separated into two regions, e.g. metropolitan and provincial. Therefore, the comparison of private vehicle numbers which indicates sensitivity of considered measures are shown in Picture 7. Then baseline scenario refers to the projection with previous model of private vehicle ownership without taken into account on regional economic difference and private vehicle interdependence. In addition, the projection of other vehicle, e.g. truck, bus, taxi, 3-wheeler etc., are shown in Picture 7 (d).



Picture 7: Comparisons of private vehicle numbers and numbers of other vehicles

#### 4. Results and Discussion

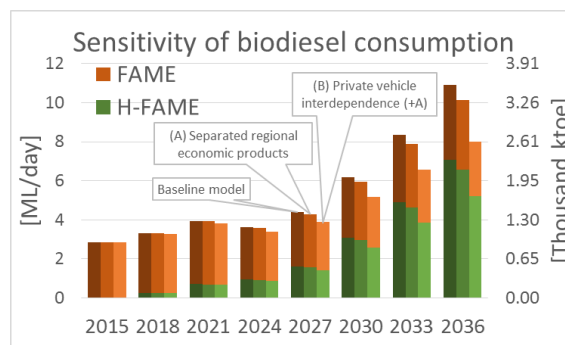
By blending H-FAME beyond maximum limit of traditional FAME, the H-FAME consumption will increase according to target of AEDP, mandate B10 in 2026 and equivalent to biodiesel B20 in 2036 as shown in Picture 8. The results show that the road transport sector can help increase biodiesel consumption to achieve 3.87 and 10.89 ML/d from the target of 5.0 and 14.0 ML/d in 2026 and 2036, as respectively.



Picture 8: Potentials of biodiesel B20 with H-FAME (7.0-FAME and 13.0-H-FAME)

This biodiesel consumption from demand side must be balanced with biodiesel supply as shown above in Picture 2 and Table 2. In the assumption that the projection of vehicle number maybe deviated with economic situation which is a sensitive variable as shown in Picture 7. As above mentioned, if global economic situation improves, the economic wealthy of vehicle owner will be better. It is possible that the vehicle owner of motorcycle or small pickup truck will change to own passenger car which is more luxurious and reliable. In addition, the economic activity in metropolitan and provincial are developing with different rate. The sensitivity of FAME and H-FAME consumption on deviation of vehicle number are shown in Picture 9 and

Table 3.



Picture 9: Variation of biodiesel consumption on development of private vehicle numbers

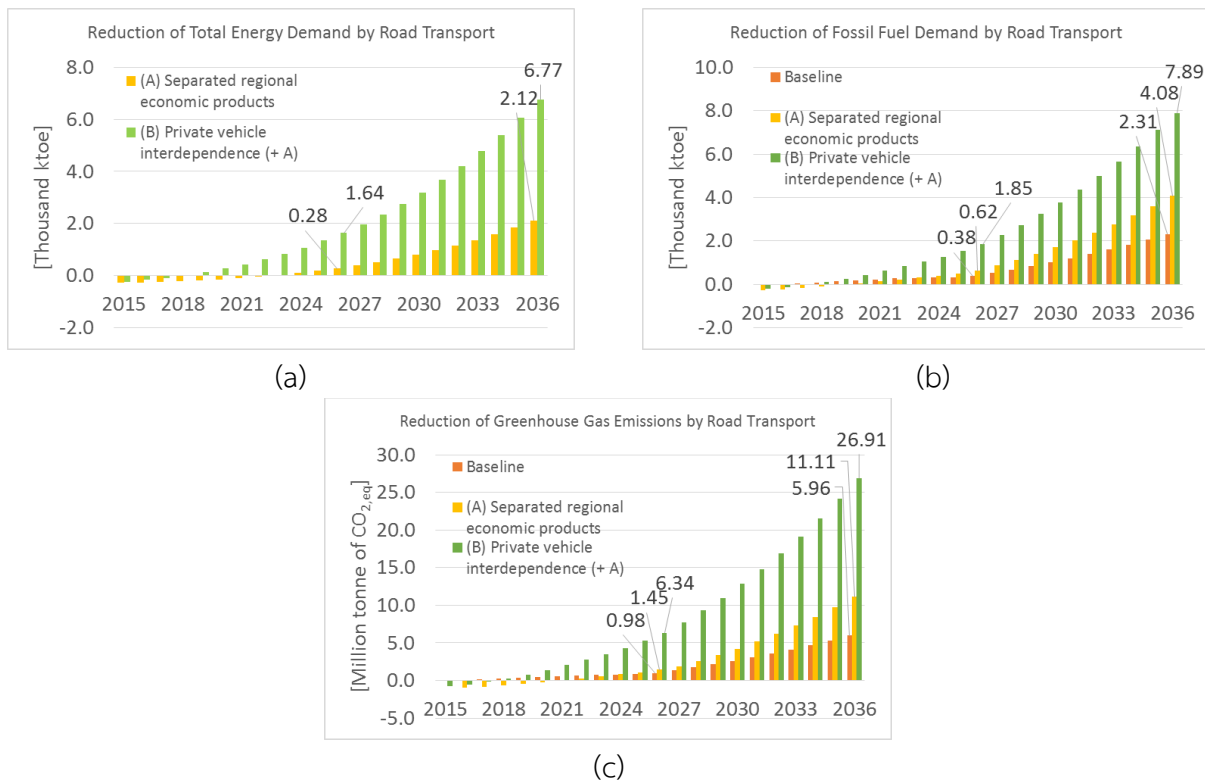
**Table 3:** Variation of biodiesel consumption on development of private vehicle numbers

[unit: ML/day]		2016		2026		2036	
		Consumption	Compare to baseline	Consumption	Compare to baseline	Consumption	Compare to baseline
Baseline model	FAME	2.91	-	2.71	-	3.81	-
	H-FAME	0	-	1.16	-	7.08	-
	<b>Total</b>	<b>2.91</b>	<b>-</b>	<b>3.87</b>	<b>-</b>	<b>10.90</b>	<b>-</b>
(A) NV model: separated regional economic products	FAME	2.91	=	2.65	<0.06	3.55	<0.27
	H-FAME	0	=	1.14	<0.02	6.59	<0.49
	<b>Total</b>	<b>2.91</b>	<b>=</b>	<b>3.79</b>	<b>&lt;0.08</b>	<b>10.13</b>	<b>&lt;0.76</b>
(B) NV model: Private vehicle interdependence with including (A)	FAME	2.90	<0.01	2.43	<0.28	2.80	<1.02
	H-FAME	0	=	1.04	<0.12	5.19	<1.89
	<b>Total</b>	<b>2.90</b>	<b>&lt;0.01</b>	<b>3.47</b>	<b>&lt;0.40</b>	<b>7.99</b>	<b>&lt;2.91</b>

The results show that the projection of total biodiesel consumption which includes traditional FAME and advanced H-FAME can be decreased if there is some deviation in an important variable from its probable trend. The maximum potentials of biodiesel consumption in road transport can be decreased from 10.90 to 7.99 ML/day (or 2.91 ML/day supplied capacity will be over the demand side). In fact, the averaged and maximum capacities of current biodiesel factory are 0.54 and 1.40 ML/day, as respectively (DOEB, 2016). Therefore, it is possible that biodiesel sensitivity can achieve production capacity of 2-5 biodiesel factories. However, increasing biodiesel fraction with H-FAME will result on advanced benefits e.g. reductions of imported fossil fuel and greenhouse gas emissions as shown in Picture 10.

Considering benefit in Picture 10(a), the results show that increasing biodiesel from current fraction to B10 and B20 (equivalent) in 2026 and 2036, respectively, will not decrease total energy demand. This result reflects a fact of biodiesel fuel consumption which is assumed equivalent to diesel fuel. However, total energy demand will decrease in a case that projection of vehicle number changes, especially for vehicle model of small pickup truck. Otherwise, fossil fuel demand and greenhouse gas emissions will be decreased if biodiesel fraction increases, in the baseline scenario. Moreover, with private vehicle switching or decreasing with regional economic difference, the fossil fuel demand and greenhouse gas emissions will be decreased as shown in Picture 10(b) and (c).





**Picture 10:** Benefits of increasing biodiesel fraction (FAME and H-FAME)

- (a) Reduction of total energy demand
- (b) Reduction of fossil fuel demand
- and (c) Reduction of greenhouse gas emissions

## Conclusion

The potentials of advance biodiesel H-FAME has been investigated in this work, if it is blended in retailed diesel fuel beyond a limit of traditional FAME biodiesel B7. The advance biodiesel H-FAME can help increasing biodiesel consumption achieved AEDP target, for demand side. The impacts on replacing fossil fuel has been calculated, also the greenhouse gas reduction has been projected. Moreover, it is found that biodiesel consumption can deviate from a reference trend, according to variation of vehicle number projection. The results show that biodiesel consumption also depends on economic situation, similar to other alternative energy.

Furthermore, the advance H-FAME biodiesel propose better price competitiveness comparing to another promising BHD biodiesel, considering on sufficient fuel quality for using as automotive fuel but lower additional cost during fuel production process. This can solve major issue to increase biodiesel blended fraction and suppressing cheap non-environmental friendly fossil fuel. In addition, the current FAME biodiesel plant can be upgraded to produce H-FAME, therefore, the current supply side of biodiesel have more opportunity for adapting to high blended biodiesel in the future.

**This part is not for printing with main draft manuscript.**

## References

- DEDE Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy. (2016). *Energy Balance of Thailand*. Retrieved June 16, 2016, from [http://www.dede.go.th/download/stat58/Energy Balance of Thailand 2012.pdf](http://www.dede.go.th/download/stat58/Energy%20Balance%20of%20Thailand%202012.pdf)
- EPPO Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy. (2016). *Thailand Integrated Energy Blueprint (TIEB)*. Retrieved February 20, 2016, from <http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/tieb>
- EPPO Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy. (2015). *Power Development Plan 2015-2036 (PDP2015)*. Retrieved May 14, 2015, from [http://www2.eppo.go.th/power/PDP2015/PDP2015\\_Eng.pdf](http://www2.eppo.go.th/power/PDP2015/PDP2015_Eng.pdf)
- DEDE Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy. (2015). *Energy Efficiency Plan 2015 (EEP2015)*. Retrieved August 13, 2015, from <http://www2.eppo.go.th/encon/EEP2015/index.html>
- DEDE Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy. (2015). *Alternative Energy Development Plan 2015-2036 (AEDP2015)*. Retrieved September 17, 2015, from [http://www.dede.go.th/download/files/AEDP2015\\_Final\\_version.pdf](http://www.dede.go.th/download/files/AEDP2015_Final_version.pdf)
- DOEB Department of Energy Business, Ministry of Thailand. (2015). *Oil Plan 2015-2036*. Retrieved September 18, 2015, from [http://www.doeb.go.th/data/oil\\_plan58-79.pdf](http://www.doeb.go.th/data/oil_plan58-79.pdf)
- DMF Department of Mineral Fuels, Ministry of Energy. (2015). *Gas Plan 2015*. Retrieved October 22, 2015, from [http://www.dmf.go.th/publication/Gas\\_Plan\\_Final\\_Publish.pdf](http://www.dmf.go.th/publication/Gas_Plan_Final_Publish.pdf)
- Yoshimura, Y. and Bhandhubanyong, P. (2015). Introduction of H-FAME Technology. *Workshop on Higher Blending of Biodiesel*, September 17-18, Bangkok, THAILAND.
- Silalertruksa, T., Gheewala, S. H., Hunecke, K. and Fritsche, U. R. (2012). Biofuels and Employment Effects: Implications for Socio-Economic Development in Thailand. *Biomass and Bioenergy*, 46(November), 409-18
- Saisirirat, P. and Chollacoop, N. (2015). Sensitivity Analysis of Thai-National Energy Policy for Road Transportation System: The Effects of Economic Development Level and Interdependence of Private Vehicle Ownership. *The 2nd International Conference on Engineering Science and Innovative Technology (ESIT 2016)*. April 21-23, Phuket, THAILAND.
- Saisirirat, P., Chollacoop, N., Tongroon, M., Laonual, Y. and Pongthanaisawan, J. (2012). Scenario Analysis of Electric Vehicle Technology Penetration in Thailand: Comparisons of Electricity Requirement and Power Development Plan and

Projections of Fossil Fuel and Greenhouse Gas Reduction. *10th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (EMSES202)*. December, 5-8, Ubon Ratchathani, THAILAND.

Chollacoop, N., Saisirirat, P., Sukkasi, S., Tongroon, M., Fukuda, T., Fukuda, A. and Nivitchanyong, S. (2013). Potential of Greenhouse Gas Emission Reduction in Thai Road Transport by Ethanol Bus Technology. *Applied Energy*, 102(XIX-ISAF), 112-23.

Office of National Economic and Social Development Board (NESDB). (2014). Gross domestic, Metropolitan, Provincial-economic products and population. Retrieved October 22, 2015, from <http://www.nesdb.go.th/Default.aspx?tabid=96>

DOEB Department of Energy Business, Department of Energy. (2016). *List of Biodiesel Factory and Their Production Capacity*. Retrieved November 2016, from <http://www.doeb.go.th/data/dataoil/SaleB100.pdf>

## การเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของอิฐจากเถ้าถ่านหินและเถ้าชานอ้อย COMPARISON ON PHYSICAL PROPERTIES OF BRICK FROM COAL ASH AND BAGASSE ASH

मुखसुदा सुखरुंग<sup>1</sup>, สิริณารี เงินเจริญ<sup>2\*</sup>  
Mooksuda Sukrung<sup>1</sup>, Sirinaree Ngencharoen<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว  
<sup>1,2</sup>Faculty of Science and Social Science, Burapha University, Sakaeo campus  
\*Corresponding author, E-mail: sirinaree.th@gmail.com

### บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของอิฐที่ทำจากกากอุตสาหกรรม ได้แก่ เถ้าถ่านหินของอุตสาหกรรมผลิตกระดาษคราฟท์และเถ้าชานอ้อยของอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลนี้ ดำเนินการโดยนำเถ้าผสมกับวัสดุเชื่อมประสาน คือ ปูนขาวและปูนซีเมนต์ ด้วยอัตราส่วนเท่ากับ 60:40 โดยมวล ขึ้นรูปอิฐเพื่อทดสอบด้วยท่อพีวีซีเป็นทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางและสูง 5.5 และ 2.5 เซนติเมตรตามลำดับ เมื่อแห้งภายใต้อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ พบว่า อิฐมีโทนสีขาวและเทา ความหนาแน่นของอิฐที่ใช้ปูนขาวมีค่าน้อยกว่าอิฐที่ใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุประสานโดยความหนาแน่นดังกล่าวจะผกผันกับการดูดซึมน้ำด้วย ผลของดัชนีการแทรกซ้อนแสดงให้เห็นว่าอิฐทุกประเภทสามารถนำไปใช้งานได้ อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ผลทดสอบการเสื่อมสภาพแบบเร่งวงจรแห้งและเปียกที่ดำเนินการต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน พบว่าอิฐจากเถ้าถ่านหินและปูนซีเมนต์เสื่อมสภาพน้อยที่สุด กล่าวคือ มวลลดลงน้อยที่สุด คือ 3.44% อีกทั้งมีการเปลี่ยนแปลงของสีและผลความเสียหายทางกายภาพน้อยมาก จึงเป็นอิฐประเภทที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานมากที่สุด

**คำสำคัญ:** อิฐ เถ้าชานอ้อย เถ้าถ่านหิน

### ABSTRACT

Comparison of bricks produced from industrial waste as coal ash of kraft paper manufacturing and bagasse ash from sugar manufacturing was analyzed on its physical properties. Procedure was taken by thoroughly mixed ash with commonly binder as lime and cement, the ratio of ash: binder for all of brick types was equals 60:40 by mass. Molded the material by PVC tube to be specimens size of brick, having diameter of 5.5 cm and height of 2.5 cm and dried at ambient conditions. It was found the bricks color tone were white and gray. Density of the limed-base brick was observed less than the cement-based brick which referred from the water absorption value inversely. Referred to the shatter index, all of brick types could be used practically. However, compared from the wet-dry accelerated cycles for 2 months, the results indicated that brick made from coal ash

combined with cement was mostly suitable to be used, due to its lowest mass loss which equaled to 3.44%. Likewise, the color changing and physical damaging were detected rarely.

**Keywords:** Brick, Bagasse ash, Coal ash

## บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำรงชีวิตทั้งยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมซึ่งมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงมาก เป็นผลให้ภาครัฐต้องเร่งหาแนวทางการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อรองรับอุปสงค์ด้านพลังงานที่เติบโตขึ้น หนึ่งในแนวทางสำคัญดังกล่าว คือ การผลิตกระแสไฟฟ้าภายในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อลดปัญหาเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอที่เกิดขึ้นอันเป็นความเสี่ยงสำคัญของการผลิต แนวทางดังกล่าวได้รับการตอบรับจากกลุ่มอุตสาหกรรมอย่างยิ่ง การดำเนินกิจการไฟฟ้าในโรงงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น บางส่วนไม่เพียงแต่ผลิตเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงานเท่านั้น แต่ยังจำหน่ายให้กับกิจการไฟฟ้าของรัฐสร้างรายได้ให้กับโรงงานอุตสาหกรรมอีกทางหนึ่งด้วย การผลิตพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวใช้เชื้อเพลิงที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสม ส่วนใหญ่มักใช้ถ่านหินเพราะต้นทุนต่ำ มีปริมาณสำรองมากและหาได้ง่าย อย่างไรก็ตามด้วยนโยบายส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของเสียของภาครัฐ โรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งจึงเลือกใช้กากอุตสาหกรรมที่ไม่อันตรายเป็นเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าเพราะไม่เพียงแต่มีต้นทุนต่ำ แต่ยังเป็นแนวทางการผลิตแบบกากของเสียหรือกากอุตสาหกรรมเป็นศูนย์ (Zero waste) ซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่สร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับโรงงานอุตสาหกรรมด้วย

อุตสาหกรรมที่ประสบความสำเร็จในการผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้เองนั้นมีหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลที่ใช้กากชานอ้อยจากกระบวนการผลิตในโรงงานเป็นวัตถุดิบ รวมทั้งอุตสาหกรรมผลิตกระดาษที่ใช้ถ่านหินเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตไฟฟ้า การผลิตกระแสไฟฟ้างดงามเป็นประโยชน์ในแง่การสร้างเสถียรภาพของพลังงานเพื่อการผลิตของโรงงานอย่างมาก แต่ก็ก่อให้เกิดกากอุตสาหกรรมจากการผลิตไฟฟ้าจำนวนมากเช่นกัน ข้อมูลทางเอกสารระบุว่า การผลิตไฟฟ้าจากกากชานอ้อยของอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลนั้น ก่อให้เกิดเถ้าลอยจากชานอ้อยร้อยละ (%) 0.62 ของน้ำหนักอ้อยหรือประมาณ 4.5 แสนตันต่อปี (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2555) สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าของอุตสาหกรรมผลิตกระดาษที่ใช้ถ่านหินนั้น ก่อให้เกิดเถ้าลอยจากถ่านหินปริมาณสูงมากเช่นกัน แม้ว่าโรงงานจะมีมาตรการจัดการที่หลากหลาย เช่น การส่งกำจัดยังโรงงานกำจัดหรือบำบัดกากอุตสาหกรรม การแลกเปลี่ยนของเสียกับโรงงานหรืออุตสาหกรรมอื่นๆ ทั้งยังมีความพยายามพัฒนากากอุตสาหกรรมให้เกิดประโยชน์หลายแนวทาง อาทิ การผลิตปุ๋ย การนำไปปรับสภาพดินที่เป็นกรด และการพัฒนาเป็นวัสดุเพื่อการก่อสร้าง แต่ปริมาณเถ้าชานอ้อยและเถ้าถ่านหินก็ยังคงมีปริมาณสูงมาก

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเถ้าชานอ้อยและเถ้าถ่านหินมาใช้ประโยชน์ มุ่งดำเนินการด้วยวิธีที่ไม่ซับซ้อน ทั้งนี้ได้เลือกแนวทางการนำเถ้าดังกล่าวจากโรงไฟฟ้าของโรงงานทั้ง 2 แห่งข้างต้นมาขึ้นรูปเป็นอิฐ โดยการนำมาผสมกับวัสดุเชื่อมประสานที่นิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่ ปูนขาวและปูนซีเมนต์ จำแนกกลุ่มตัวอย่างอิฐเพื่อทดสอบเป็น 6 ประเภท ได้แก่ เถ้าชานอ้อยผสมปูนซีเมนต์ เถ้าชานอ้อยผสมปูนขาว เถ้าถ่านหินผสมปูนซีเมนต์ เถ้าถ่านหินผสมปูนขาว เทียบกับเถ้าชานอ้อยและเถ้าถ่านหินผสมกับทราย (Blank) ด้วยอัตราส่วนระหว่างเถ้าต่อวัสดุเชื่อมประสานเท่ากับ 60:40 (สำเร็จ สารมาคม, 2556: 41) ทุกประเภท จากนั้นทดสอบเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สี การดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น ดัชนีการแตกร่วน รวมทั้งทดสอบการเสื่อมสภาพแบบเร่งวงจรเปียกสลับแห้ง (Wet-dry accelerated cycle) เพื่อให้ได้แนวทางการใช้ประโยชน์จากเถ้าชาน

อ้อยและเถาถ่านหินโดยการผลิตอิฐที่เหมาะสมที่สามารถดำเนินการได้ง่าย ลดภาระการกำจัดกากอุตสาหกรรม ทั้งยังช่วยลดปริมาณกากอุตสาหกรรมในระบบสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เปรียบเทียบสมบัติของอิฐจากเถาขานอ้อยและอิฐจากเถาถ่านหิน

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การขึ้นรูปเพื่อผลิตอิฐ

เตรียมวัสดุเพื่อการขึ้นรูปเป็นอิฐ ได้แก่ เถาขานอ้อยจากการผลิตไฟฟ้าของอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล เถาถ่านหินจากการผลิตไฟฟ้าของอุตสาหกรรมผลิตกระดาษคราฟท์ ปูนขาว ปูนซีเมนต์และทราย ดังรูปที่ 1 กำหนดประเภทของอิฐจากองค์ประกอบวัสดุเป็น 6 ประเภท ได้แก่ ปูนขาวและทราย ปูนขาวและเถาขานอ้อย ปูนขาวและเถาถ่านหิน ปูนซีเมนต์และทราย ปูนซีเมนต์และเถาขานอ้อย รวมทั้งปูนซีเมนต์และเถาถ่านหิน อัตราส่วนระหว่างวัสดุหลักต่อวัสดุเชื่อมประสาน เท่ากับ 60:40 (อรรถเดช ฤกษ์พิบูลย์, 2553) ผสมส่วนผสมข้างต้นโดยเติมน้ำลงไปทีละน้อยให้เป็นเนื้อเดียว แล้วนำมาขึ้นรูปเป็นอิฐขนาดทดสอบ (Test size) ด้วยแม่พิมพ์ที่ทำจากท่อพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร ตั้งขึ้นงานภายใต้อุณหภูมิและความดันบรรยากาศจนกระทั่งขึ้นงานอิฐแห้งสนิท



รูปที่ 1: วัสดุเพื่อทำอิฐ

ก. เถาขานอ้อย ข. เถาถ่านหิน ค. ปูนซีเมนต์ ง. ปูนขาว จ. ทราย

### 2. การทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐ

#### 2.1 การเปรียบเทียบสี

เทียบสีของอิฐด้วย Munsell soil color book (Revised 2012) บันทึกผลเป็นค่าสีและภาพ

#### 2.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐ

แช่ตัวอย่างอิฐในน้ำ 24 ชั่วโมง แล้วนำขึ้นจากน้ำแล้วใช้ผ้าซับน้ำที่พื้นผิวอิฐ ชั่งมวล บันทึกผล ( $M_2$ ) จากนั้นอบอิฐด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ ) 1.30 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งมวล บันทึกผล ( $M_1$ ) เพื่อคำนวณค่าร้อยละ (%) ของการดูดซึมน้ำจากสมการ

$$\% A = (M_2 - M_1 / M_1) \times 100$$

$\% A$  = การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)

$W_1$  = มวลเปียกของอิฐ (กรัม)

$W_2$  = มวลแห้งของอิฐ (กรัม)

### 2.3 การทดสอบความหนาแน่น

นำอิฐมาชั่งมวล วัดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง คำนวณหาความหนาแน่น ตามสมการ

$$D = M / V$$

D = ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

M = มวลของชิ้นงาน (กรัม)

V = ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

### 2.4 การทดสอบดัชนีการแตกร่วน

นำอิฐแต่ละชิ้นใส่ถุงพลาสติกบาง ปิดปากถุง แล้วปล่อยถุงบรรจุอิฐจากที่สูง 1.80 เมตร ทำซ้ำ 3 ครั้ง นำอิฐจากถุงนำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาดช่องเปิด 9.5 มิลลิเมตร และนำส่วนที่เหลือจากการร่อนด้วยตะแกรงไปชั่งมวล จากนั้นคำนวณค่าดัชนีการแตกร่วน ดังนี้

$$R = W_f / W_i$$

R = ดัชนีการแตกร่วน

$W_f$  = มวลของชิ้นงาน (กรัม)

$W_i$  = มวลของชิ้นงานที่เหลือจากการทดสอบ (กรัม)

### 2.5 การทดสอบการเสื่อมสภาพแบบเร่งวงจร

ฝั่งอิฐภายใต้อุณหภูมิและความดันบรรยากาศโดยไม่ให้ชิ้นงานอิฐสัมผัสน้ำ 8 ชั่วโมง (วงจรแห้ง) แล้วนำชิ้นงานแช่น้ำสะอาดในกระบะพลาสติก ให้ระดับน้ำอยู่เหนือความสูงของอิฐ 3.5 เซนติเมตร ตลอดการทดสอบ 16 ชั่วโมง (วงจรเปียก) รวมระยะเวลาเท่ากับ 24 ชั่วโมงนับเป็น 1 วงจร ดำเนินการต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 2 เดือน หรือ 60 วงจร เมื่อครบระยะเวลา นำอิฐไปอบในที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา นำอิฐออกจากเตาอบ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นภายใต้อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ แล้วชั่งมวล บันทึกผลมวลของชิ้นงานอิฐ วิเคราะห์ผลการเสื่อมสภาพแบบสึกกร่อนและการเปลี่ยนแปลงสี ด้วยเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1: การเสื่อมสภาพแบบสึกกร่อนของอิฐ

ลักษณะการเสื่อมสภาพแบบสึกกร่อนของอิฐ	ผลการประเมิน
ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มี
มีการสึกกร่อนบริเวณขอบ	น้อย
มีการสึกกร่อนที่ขอบและพื้นที่ผิวหน้าตัด	ปานกลาง
มีการสึกกร่อนที่ขอบ พื้นที่ผิวหน้าตัดและมีรอยแตกร้าว	มาก

ตารางที่ 2: การเสื่อมสภาพแบบเปลี่ยนแปลงสีของอิฐ

ลักษณะการเสื่อมสภาพแบบเปลี่ยนแปลงสีของอิฐ	ผลการประเมิน
ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มี
มีการเปลี่ยนแปลง 1 ใน 4 ของอิฐ	น้อย
มีการเปลี่ยนแปลง 2 ใน 4 ของอิฐ	ปานกลาง
มีการเปลี่ยนแปลง 3 ใน 4 ของอิฐ	มาก

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การผสมวัสดุหลัก ได้แก่ เถ้าถ่านหินและเถ้าชานอ้อยกับปูนขาวหรือปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นวัสดุประสานด้วยอัตราส่วนระหว่างเถ้าต่อวัสดุประสาน เท่ากับ 60:40 โดยมวล สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นอิฐได้และคงสภาพดี โดยอิฐดังกล่าวแห้งสนิทพร้อมนำไปใช้เมื่อตากไว้เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ทั้งนี้ควรตากในที่แห้งและอากาศถ่ายเท หลีกเลี่ยงการสัมผัสน้ำเพื่อให้ปฏิกิริยาคาร์บอนเนชัน (Carbonation reaction) ของอิฐเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ซึ่งจะทำให้อิฐแข็งแรง (Cultrone et al., 2005: 2278) เมื่อแห้งแล้วลักษณะพื้นผิวอิฐค่อนข้างไม่เรียบ มีโทนสีขาวและสีเทา ขึ้นอยู่กับชนิดของเถ้าที่นำมาใช้ อิฐจากเถ้าชานอ้อยจะมีสีเทาหรือเข้มกว่าอิฐจากเถ้าถ่านหินซึ่งมีสีค่อนข้างขาว ลักษณะของอิฐหลังการขึ้นรูปและค่าของสีดังกล่าวแสดงผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: ลักษณะและสีของอิฐจากเถ้าถ่านหินและเถ้าชานอ้อย

ประเภท คุณสมบัติ	ปูนขาว : เถ้าถ่านหิน	ปูนขาว : เถ้าชานอ้อย	ปูนขาว : ทราย (Blank)	ปูนซีเมนต์ : เถ้าถ่านหิน	ปูนซีเมนต์ : เถ้าชานอ้อย	ปูนซีเมนต์ : ทราย (Blank)
ลักษณะของ อิฐหลังการ ขึ้นรูป						
สี	10YR 8/1 White	GLE Y1 7/N Light gray	White 9.5/N	5Y 5/1 gray	GLE Y 1 6/1 greenish gray	GLE Y1 8/N White

ผลทดสอบค่าดัชนีการแตกร่วนของอิฐ พบว่า อิฐจากปูนขาวและทราย ปูนขาวและเถ้าชานอ้อย ปูนขาวและเถ้าถ่านหิน ปูนซีเมนต์และทราย ปูนซีเมนต์และเถ้าชานอ้อย รวมทั้งปูนซีเมนต์และเถ้าถ่านหิน มีค่าดัชนีการแตกร่วนเท่ากับ 0.87, 0.98, 0.92, 0.95, 0.97 และ 0.98 ตามลำดับ ค่าดัชนีการแตกร่วนของอิฐทุกชนิดเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่าเนื้อวัสดุของอิฐจับตัวกันดี คงทน จึงแตกร่วนน้อย

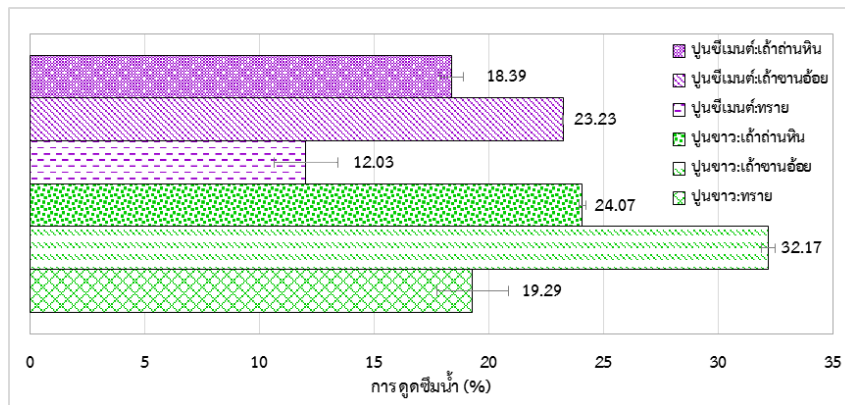
เมื่อนำอิฐไปทดสอบการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นของอิฐ ซึ่งให้ผลดังรูปที่ 2 และ 3 แสดงให้เห็นว่าอิฐแต่ละชนิดมีค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% [ $\alpha$  0.05; P-value  $7.22 \times 10^{-6}$ ] โดยอิฐที่ขึ้นรูปด้วย ปูนขาวและเถ้าชานอ้อย มีค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำสูงสุด เท่ากับ 32.17 % เนื่องจากเถ้าชานอ้อยมีลักษณะทางกายภาพที่มีรูพรุน รูปร่างและขนาดอนุภาคไม่แน่นอน ดังนั้นเมื่อใส่เถ้าชานอ้อยลงไปผสมกับปูนขาวจะเพิ่มช่องว่างภายในอิฐทำให้น้ำเข้าไปแทนพื้นที่ช่องว่างภายใน ส่งผลให้ดูดซึมน้ำได้มากขึ้น รองลงมาเป็นอิฐจากปูนขาวและเถ้าถ่านหิน และปูนขาว ที่ผสมกับทรายตามลำดับ

ทั้งนี้ มีข้อสังเกตว่าอิฐที่ใช้ปูนขาวเป็นวัสดุเชื่อมประสานจะมีค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำสูงกว่าอิฐที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุเชื่อมประสาน สอดคล้องกับข้อมูลจากงานวิจัยที่ระบุว่า อิฐที่ใช้ปูนขาว (Lime base) เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตควบคุมคุณภาพได้ยากและมีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าอิฐที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Cement base) เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต (นิติยรัตน์ ดอเลาะ, 2552: 55) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ลักษณะของอิฐซึ่งระบุว่าอิฐที่ดีไม่ควรดูดซึมน้ำเกิน 10% ของมวลอิฐ (ซิษณุพงศ์ ชูทอง และคณะ,

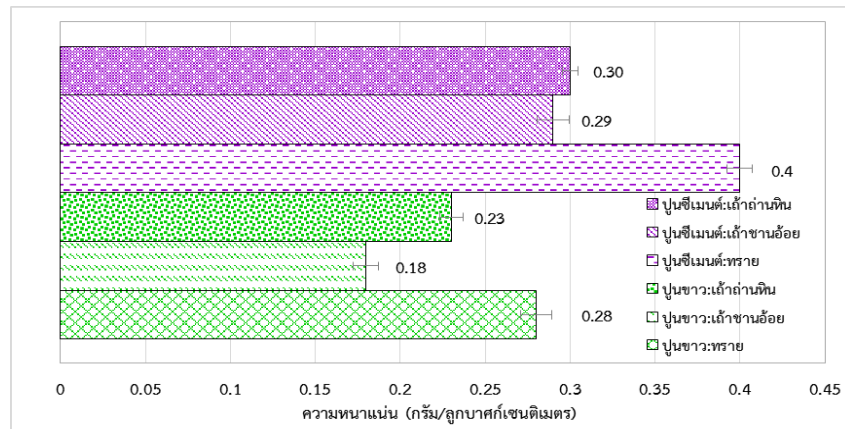


ม.ป.ป.) พบว่ามีอิฐทุกประเภทที่นำมาทดสอบมีค่าการดูดซึมน้ำเกิน 10% เกินระดับที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานทั้งสิ้น อิฐจากถ้ำลอยในงานวิจัยนี้จึงเหมาะสำหรับการใช้ที่ไม่สัมผัสน้ำหรือความชื้น

การดูดซึมน้ำของอิฐยังแปรผกผันกับความหนาแน่นของอิฐด้วยโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ - 0.95 เป็นไปตามผลการวิเคราะห์ซึ่งพบว่าอิฐแต่ละประเภทมีค่าความหนาแน่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ [ $\alpha$  0.05; P-value  $1.46 \times 10^{-27}$ ] โดยอิฐที่ขึ้นรูปจากปูนขาวมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นน้อยกว่าอิฐที่ขึ้นรูปจากปูนซีเมนต์ไม่ว่าจะใช้ทราย ถ้ำถ่านหิน หรือถ้ำชานอ้อยเป็นส่วนประกอบ ทั้งนี้การใช้ทรายเป็นองค์ประกอบจะทำให้ความหนาแน่นของอิฐมากที่สุด รองลงมา คือ การทำอิฐที่ใช้ถ้ำถ่านหินและถ้ำชานอ้อยเป็นองค์ประกอบตามลำดับ



รูปที่ 2: การดูดซึมน้ำของอิฐ



รูปที่ 3: ความหนาแน่นของอิฐ







สำหรับการทดสอบการเสื่อมสภาพแบบเร่งวงจรเป็นระยะเวลา 2 เดือนนั้น แสดงผลทดสอบดังตารางที่ 4 คือ สภาพเปียกสลับแห้งทำให้อิฐเสื่อมสภาพในลักษณะสีกร่อนบริเวณขอบ มีการเปลี่ยนแปลงที่พื้นผิวหน้าตัดและแตกร้าว การเสื่อมสภาพดังทำให้พันธะเคมีลดเสถียรภาพ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคลดลง เกิดการสีกร่อนที่ทำให้มวลของอิฐหายไป

ผลการวิจัยพบว่าอิฐที่ใช้ปูนขาวเป็นวัสดุเชื่อมประสานสีกร่อนมากกว่าอิฐที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุเชื่อมประสาน โดยอิฐที่มีส่วนผสมของปูนขาวและถ้ำถ่านหินสีกร่อนทั้งที่ขอบของชิ้นงานและภายในชิ้นงาน มีการเปลี่ยนแปลงที่พื้นผิวหน้าตัดและมีรอยแตกร้าว มวลของอิฐลดลงมากที่สุด คือ  $6.82 \pm 0.12$  กรัม

แสดงว่าอิฐชนิดนี้เสื่อมสภาพมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ อิฐจากปูนขาวและเถ้าชานอ้อย สำหรับอิฐที่ประกอบด้วยปูนขาวและทรายนั้นสีกร่อนน้อยที่สุด คือ มวลลดลง  $5.75 \pm 0.34$  กรัม

ส่วนอิฐที่มีปูนซีเมนต์เป็นวัสดุเชื่อมประสาน พบว่าอิฐจากปูนซีเมนต์และทราย รวมถึงอิฐจากปูนซีเมนต์และเถ้าชานอ้อยนั้นสีกร่อนปานกลาง มวลลดลง  $5.52 \pm 0.35$  กรัม และ  $3.71 \pm 0.81$  กรัม ตามลำดับ การสีกร่อนมากกว่าอิฐจากปูนซีเมนต์และเถ้าถ่านหินซึ่งมีมวลลดลงเพียง  $2.09 \pm 1.09$  กรัม เมื่อวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงสี พบว่าอิฐที่มีส่วนผสมจากปูนขาวและเถ้าถ่านหินเปลี่ยนแปลงสีมากที่สุด คือ 3 ใน 4 ส่วนของพื้นที่หน้าตัดอิฐ ผลการเปลี่ยนแปลงสีนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ลักษณะความเสียหายทางกายภาพ เช่นเดียวกับกับผลการวิเคราะห์อิฐจากปูนซีเมนต์และเถ้าถ่านหินที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยก็จะมีมวลลดลงน้อยที่สุดเช่นกัน อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ด้วยสายตาสำหรับอิฐที่ขึ้นรูปจากวัสดุอื่นๆ นอกเหนือจากนี้ให้ผลที่แตกต่างออกไป บางชิ้นงานสังเกตเห็นความเสียหายแต่มวลที่ลดลงไปนั้นมีค่าน้อย ซึ่งอาจเป็นผลจากการวิเคราะห์ด้วยสายตาที่ไม่สามารถจำแนกความเสียหายอย่างละเอียดได้

#### ตารางที่ 4: ผลทดสอบการเสื่อมสภาพแบบเร่งวงจร

ชนิดของอิฐ สมบัติ	ปูนขาว : เถ้าถ่านหิน	ปูนขาว : เถ้าชานอ้อย	ปูนขาว : ทราย (Blank)	ปูนซีเมนต์ : เถ้าถ่านหิน	ปูนซีเมนต์ : เถ้าชานอ้อย	ปูนซีเมนต์ : ทราย (Blank)
ลักษณะการ เสื่อมสภาพ						
การเปลี่ยนแปลงสี	ปานกลาง	น้อย	น้อย	ไม่มี	น้อย	ไม่มี
การสีกร่อน	มาก	น้อย	น้อย	น้อย	น้อย	ปานกลาง
มวลที่ลดลง (กรัม)	$6.83 \pm 0.12$	$6.74 \pm 1.68$	$5.75 \pm 0.34$	$2.09 \pm 1.09$	$3.71 \pm 0.81$	$5.52 \pm 0.35$

เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาประเภทของอิฐที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานมากที่สุด จากอัตราส่วนระหว่างเถ้าถ่านหินและเถ้าชานอ้อยต่อวัสดุประสาน เท่ากับ 60:40 ด้วยสมบัติทางกายภาพต่างๆ ข้างต้น พบว่าอิฐจากการขึ้นรูปด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าถ่านหินเหมาะสมต่อการนำไปใช้มากที่สุด

#### เอกสารอ้างอิง

- ชิษณุพงศ์ ชูทอง จตุพล นครไธสง และสุวัฒน์ บุญเปีย. (ม.ป.ป.). รายงานเรื่องอิฐ: อิฐในงานก่อสร้าง. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2559, จากเว็บไซต์: <https://cve305group1set2.wordpress.com/รายงานเรื่องอิฐ/>
- ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2555). การใช้เถ้าชานอ้อยเพื่อเป็นวัสดุปอซโซลานในงานคอนกรีต. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2559, จากเว็บไซต์: <http://www.thaitca.or.th/images/journal/journal16/journal%2016-4.pdf>.
- นิตยรัตน์ ดอเลาะ. (2552). วัสดุมวลเบาที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมก่อสร้าง. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 1(3), 48-62.

- สำเร็จ สารมาคม. (2556). *การประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตบล็อกประสาน*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุรนารี.
- อรรคเดช ฤกษ์พิบูลย์. (2553). *เถ้าขานอ้อยและเถ้าปาล์มน้ำมัน*. สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2559, จากเว็บไซต์: <http://www.kmutt.ac.th/organization/mecmat/concrete/sites/default/files/...B8%99.pdf>
- Cultrone, G., Sebastián, E., & Huertas, M. O. (2005). Forced and natural carbonation of lime-based mortars with and without additives: Mineralogical and textural changes. *Cement and Concrete Research*, 35(12), 2278-2289.

## การปรับปรุงเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามให้มีอันดับที่ดีขึ้นในเว็บไซต์ WEBOMETRICS.INFO IMPROVING THE SITE OF PIBULSONGKRAM RAJABHAT UNIVERSITY TO RANK BETTER IN WEBOMETRICS.INFO WEBSITE.

มุฮัมหมัด อิมเอิบ<sup>1\*</sup>, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ สุวรรณราช<sup>2</sup>  
Muhammad Imoeb<sup>1</sup>, Asst. Prof. Dr. Kittipong Suwannaraj<sup>2</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
เลขที่ 156 หมู่ 5 ตำบลพลายชุมพล อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทรศัพท์ : 0-5526-7106

<sup>1</sup>Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

<sup>2</sup>ผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

<sup>2</sup>Director, Information Technology Center, Pibulsongkram Rajabhat University

\*Corresponding author, E-mail: muhammad.i@psru.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงเว็บไซต์มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามด้วยเทคนิคต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับเกณฑ์ทั้ง 4 ด้านของ Webometrics คือ Presence, Impact, Openness, Excellent เพื่อให้อันดับเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัยมีอันดับที่ดีขึ้น โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีชื่อว่า เวิร์ดเพรส Wordpress ในการจัดการควบคุมเนื้อหาทุกส่วนของเว็บไซต์ เพื่อเพิ่มปริมาณเนื้อหาบทความ ไฟล์เอกสาร PDF และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ของเว็บไซต์ภายใต้ชื่อเว็บไซต์ psru.ac.th

ผลการดำเนินการวิจัยพบว่าปรับปรุงเว็บไซต์ด้วยเทคนิค SEO ทั้งการเพิ่มปริมาณบทความ และไฟล์เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ พร้อมทั้งแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ รวมถึงการทำตามแนวทางที่ดี 10 ข้อของ Webometrics มีแนวโน้มทำให้ Rank ต่างๆ ทั้ง 4 ด้านของ Webometrics มีอันดับที่ดีขึ้น และผลการจัดอันดับเว็บไซต์มหาวิทยาลัยจากเว็บไซต์ webometrics.info พบว่า เว็บไซต์มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ภายใต้ชื่อเว็บไซต์ psru.ac.th มีอันดับที่ดีขึ้นจากอันดับที่ 10 เปลี่ยนแปลงเป็น 4 จากเว็บไซต์มหาวิทยาลัยราชภัฏทั่วประเทศ และ จากอันดับที่ 51 เปลี่ยนแปลงเป็น 41 จากเว็บไซต์มหาวิทยาลัยทั่วประเทศไทย และ จากอันดับที่ 4992 เปลี่ยนแปลงเป็น 4380 จากเว็บไซต์มหาวิทยาลัยทั่วโลก [5] ดังนั้นจึงทำให้มั่นใจได้ว่าการปรับปรุงเว็บไซต์ตามแนวทางที่ดีและการทำ SEO มีแนวโน้มที่จะมีอันดับที่ดีขึ้นในอนาคต

**คำสำคัญ:** อันดับเว็บไซต์มหาวิทยาลัย เวิร์ดเพรส มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สื่ออิเล็กทรอนิกส์

## ABSTRACT

The purpose of this study is to improve the site Pibulsongkram Rajabhat University with the techniques. In order to enhance the 4 criteria with aspects of Webometrics is Presence, Impact, Openness and Excellent. To make the website ranking of universities rank better. By using software called WordPress Management control of content to all parts of the site. To increase the quantity of content, the article documents PDF, and electronic media to the Web site under the name of the Web site psru.ac.th.

The results of the research found that improving the website with both SEO techniques increase the amount of articles. And electronic document files. And bug fixes, including the following guidelines that are likely to make 10 of Webometrics Rank of 4 sides of the Webometrics ranking has improved. And the ranking results from the university website website webometrics.info found. The website of Pibulsongkram Rajabhat University under the name of psru.ac.th website ranked better from 10th to 4th from Rajabhat Universities nationwide and from 51st to 41th from university websites in Thailand and from 4992th place. Changed to 4380 from university sites around the world [5]. Therefore, ensure that improve the site according to the guidelines and the SEO tend to rank better in the future.

**Keywords:** webometrics, SEO, Pibulsongkram Rajabhat University, electronic document

## บทนำ

ในปัจจุบันการพัฒนาเว็บไซต์ให้เป็นที่รู้จักและอยู่ในกระแสนิยมของคนทั่วไปจำเป็นต้องพัฒนาเว็บไซต์ให้รองรับกับการทำงานของเสิร์ชเอนจิน (Search Engine) หรือโปรแกรมที่ช่วยในการสืบค้น หาข้อมูลผ่านทางอินเทอร์เน็ต เพื่อให้บริการสารสนเทศของเว็บไซต์เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายและสามารถแสดงผลการค้นหาค้นหาได้ในลำดับต้น ๆ ในผลการค้นหา ผู้วิจัยจึงนำเทคนิคพัฒนาเว็บไซต์ ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า Search Engine Optimization (SEO) มาปรับปรุงและพัฒนาเว็บไซต์มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม เพื่อให้มีอันดับที่ดีขึ้นจากการจัดอันดับเว็บไซต์มหาวิทยาลัยของเว็บไซต์ webometrics.info

### 1. Search Engine Optimization (SEO) [7]

Search Engine Optimization (SEO) เป็นการปรับปรุงเว็บไซต์ด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น การใช้คำสำคัญที่เหมาะสมกับเว็บไซต์ การแก้ไขข้อบกพร่องของเว็บไซต์ เพื่อช่วยให้เว็บไซต์อยู่ในลำดับต้นๆ ในผลการค้นหาของเสิร์ชเอนจิน และในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะขอเรียกกระบวนการนี้สั้นๆ ว่า SEO

### 2. Webometrics [8]

Webometrics หรือ เว็บไซต์ webometrics.info มีชื่อเต็มว่า Webometrics Ranking of World Universities เป็นเว็บไซต์ชื่อดังจากสเปน จัดทำโดย Cybermetrics Lab เป็นกลุ่มวิจัยสภาแห่งชาติ กรุงมาดริด ประเทศสเปน และเป็น 1 ใน 8 ที่สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา ให้การยอมรับว่าเป็นองค์กรอ้างอิงชี้วัดคุณภาพของมหาวิทยาลัย ซึ่ง Webometrics คือเว็บไซต์ที่จัดอันดับเว็บไซต์มหาวิทยาลัยทั่วโลก ที่วัดความสามารถในการผลิตผลงานทางวิชาการ จำนวนปริมาณเนื้อหาที่เผยแพร่อยู่บนอินเทอร์เน็ต ไม่ว่าจะเป็นจำนวนหน้าเว็บเพจของเว็บไซต์ จำนวน Document File, PDF File และยังวัดความสามารถในการเป็นมหาวิทยาลัยอิเล็กทรอนิกส์ (e-university) รวมถึงการวัดจำนวนลิงก์จากเว็บไซต์ภายนอกที่ทำการลิงก์มายังเว็บไซต์ และกิจกรรมอื่น ๆ ผ่านทางอินเทอร์เน็ตของเว็บไซต์มหาวิทยาลัย โดย Webometrics นั้น ถูก

สร้างขึ้นมามีวัตถุประสงค์เพื่อจัดอันดับเว็บไซต์มหาวิทยาลัยทั่วโลกที่มีการเผยแพร่ผลงานที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ แต่ไม่ได้มีวัตถุประสงค์ที่จะจัดอันดับคุณภาพของสถาบันการศึกษาแต่อย่างใด

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงเว็บไซต์ด้วยเทคนิคต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับเกณฑ์ทั้ง 4 ด้านของ Webometrics คือ Presence, Impact, Openness และ Excellent เพื่อให้อันดับเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามมีอันดับที่ดีขึ้น ภายใต้เว็บไซต์ที่มีชื่อว่า [www.psu.ac.th](http://www.psu.ac.th)

#### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูล

##### 1.1 Webometrics

ผลการจัดอันดับมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามเดือน กรกฎาคม ปี พ.ศ. 2559

ranking	World Rank	University	Det.	Presence Rank*	Impact Rank*	Openness Rank*	Excellence Rank*
51	4992	<a href="http://www.psu.ac.th">Pibulsongkram Rajabhat University</a>	↓	2653	3005	4121	5824

รูปที่ 1 : ตารางอันดับเว็บไซต์ [psu.ac.th](http://www.psu.ac.th) เดือน กรกฎาคม ปี พ.ศ. 2559

ที่มา : <http://www.webometrics.info/en/Asia/Thailand> ณ วันที่ 5 ตุลาคม 2559

จากรูปที่ 1 เว็บไซต์มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามถูกจัดอยู่ในอันดับที่ 51 จากมหาวิทยาลัย 180 แห่งในประเทศไทย และอยู่ในอันดับ 10 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏทั่วประเทศ และเป็นอันดับ 4992 จาก 11995 มหาวิทยาลัยทั่วโลก โดยมี Presence Rank อยู่ที่อันดับ 2653, Impact Rank อยู่ที่อันดับ 3005, Openness Rank อยู่ที่อันดับ 4121 และ Excellence Rank อยู่ที่อันดับ 5824 [5]

จากการศึกษาข้อมูล Webometric พบว่า Webometrics มีเกณฑ์การจัดอันดับในปี 2016 โดยอ้างอิงจาก [webometrics.info](http://www.webometrics.info) ที่ประกอบไปด้วย [6]

1. VISIBILITY หรือ IMPACT คิดคะแนน 50% เป็นการใช้อัตราเฉลี่ยระหว่างโปรแกรม Majestic และ Ahrefs ซึ่งเป็นผู้ให้บริการข้อมูลการเชื่อมโยงของลิงก์เว็บไซต์ทั้งหมด

2. PRESENCE คิดคะแนน 10% คือการวัดจำนวนหน้าเว็บเพจของมหาวิทยาลัยภายใต้โดเมน รวมถึงไฟล์ .pdf files (วัดด้วย Google Search Engine)

3. OPENNESS คิดคะแนน 10% คือการนับคะแนนจากบทความทางวิชาการที่มีการอ้างอิงจาก Google Scholar Citations (วัดด้วย Google Search Engine)

4. EXCELLENCE คิดคะแนน 30% โดยเลือกเอา Scimago 10% ของจำนวนบทความทางวิชาการที่ได้รับการ cited หรือเอกสารวิชาการที่ถูกนำไปอ้างอิงมากที่สุด ในระยะเวลา 5 ปี ย้อนหลังเลือกมาจากปี 2010-2014

1.1.1 แนวทางที่ดี (Best Practices) ในการออกแบบเว็บไซต์ให้ได้มาตรฐานแปลจาก [Webometrics.info](http://www.webometrics.info) [9]

1. URL Naming เว็บไซต์ของคุณและหน่วยงานต่าง ๆ ที่อยู่ในมหาวิทยาลัย ควรอยู่ภายใต้ domain เดียวกัน เช่น [test.psu.ac.th](http://test.psu.ac.th)

2. Contents: Create การสร้างฐานข้อมูลร่วมกัน อาจารย์ นักวิจัย บุคลากร และนักศึกษาทุกคนมีส่วนร่วมในการสร้างข้อมูล โดยการเขียน หรือพิมพ์เผยแพร่ข้อมูลบนเว็บไซต์
3. Contents: Convert การจัดทำเอกสารสิ่งพิมพ์ ภาพถ่าย หรือข้อมูลต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย ให้อยู่ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ และจัดทำเป็นเว็บไซต์เพื่อเผยแพร่ จะเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณเนื้อหาของเว็บไซต์
4. Interlinking เว็บไซต์ควรได้รับการเชื่อมโยงลิงก์จากภายนอก (Backlink), การเชื่อมโยงลิงก์ระหว่างหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัย (Internal Link) และ การเชื่อมโยงลิงก์ออกไปยังภายนอก (External Link) อย่างเป็นธรรมชาติ
5. Language, especially English ควรใช้ภาษาอังกฤษซึ่งเป็นภาษาสากล ทั้งหน้าเว็บและเอกสารวิชาการ หรือ ควรจะเป็น 2 ภาษา ทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ
6. Rich and media files ควรเผยแพร่ข้อมูลเว็บไซต์ให้ไฟล์เอกสาร อิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบ .pdf, .doc, .ppt และควรทำข้อมูลประเภท media files เช่น ไฟล์วีดีโอ เสียง ภาพถ่ายดิจิทัล ภาพกราฟฟิก ฯลฯ
7. Search engine friendly designs ออกแบบเว็บไซต์ให้สะดวก ถูกต้อง ตามหลัก และง่ายต่อการค้นหาของ Google Search Engine ควรหลีกเลี่ยงการใช้ Flash
8. Popularity and statistics ควรมีการตรวจสอบและวิเคราะห์สถิติการเข้าใช้เว็บไซต์โดยใช้เครื่องมือ Google Analytics
9. Archiving and persistence ควรมีการจัดเก็บข้อมูลภายในเว็บไซต์อย่างเป็นระบบ สามารถเรียกดูย้อนหลังได้ ไม่สูญหาย
10. Standards for enriching sites ควรตั้งชื่อ title หรือ meta tags ของเว็บเพจทุกหน้าให้เหมาะสม และสื่อความหมาย เพื่อเพิ่ม Visibility และเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าถึงของ Google Search Engine

## 1.2 Search Engine Optimization (SEO) [7]

เนื่องจาก Webometrics มีเกณฑ์การจัดอันดับที่ใช้ข้อมูลจาก Google Search Engine และการสร้างเว็บไซต์ที่ดีนั้นสามารถอาศัยหลักการ SEO ซึ่งจะสอดคล้องกับกระบวนการจัดอันดับของ Webometrics ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลในส่วนนี้ด้วย และ การทำ SEO นั้นประกอบไปด้วยสองส่วนหลักๆ คือ ปัจจัยภายใน (SEO On-Page) และ ปัจจัยภายนอก (SEO Off-Page)

### 1.2.1 ปัจจัยภายใน (SEO On-Page)

กระบวนการทำ SEO On-Page คือ การปรับแต่งเว็บไซต์หรือเว็บเพจ ในทุกส่วนที่เราสามารถควบคุมได้ ไม่ว่าจะเป็นหัวข้อของเว็บ (Title Tag), การบอกรายละเอียดเนื้อหาของเว็บ (Meta Description), การใส่ Tag ให้กับหัวเรื่องของเนื้อหา (Header Tag), การใส่คำสำคัญ (Keyword), การใช้ลิงก์ให้เชื่อมโยงไปที่หน้าอื่น ๆ ภายในเว็บของเรา (Internal Linking), ใส่โครงสร้างเว็บไซต์ (Site Structure) และอื่นๆ ที่เราจะสามารถปรับแต่งเว็บไซต์ได้เอง

### 1.2.2 ปัจจัยภายนอก (SEO Off-Page)

กระบวนการทำ SEO Off-Page คือ การปรับแต่งรูปแบบของเว็บไซต์ให้เป็นที่รู้จัก หรือ การทำลิงก์เชื่อมโยงกับเว็บไซต์อื่นๆ (External Backlink) และ ลิงก์จากเว็บไซต์ภายนอกที่ลิงก์กลับมาเว็บไซต์เรา (Backlink) จุดประสงค์เพื่อที่จะทำให้เว็บไซต์ของเรานั้นติดอันดับใน Search Engine

### 1.3 Majestic และ Ahrefs

Majestic (สามารถเข้าถึงได้จาก <https://majestic.com/>) และ Ahrefs (สามารถเข้าถึงได้จาก <https://ahrefs.com/>) เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์เว็บไซต์ วิเคราะห์ข้อมูลสถิติอย่างเจาะลึกที่เน้นไปในเรื่องของ SEO Off-Page ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับการใช้ตรวจสอบการเชื่อมโยงของลิงก์ต่าง ๆ ภายในเว็บไซต์เรา และเว็บไซต์ภายนอกที่ทำการลิงก์มายังเว็บไซต์ของเรา ซึ่งเป็นหนึ่งในเกณฑ์การจัดอันดับที่ Webometrics นำมาใช้ในการให้คะแนน 50%

### 1.4 Google Scholar [1]

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการค้นหางานเขียนทางวิชาการต่างๆ สามารถค้นหาในสาขาวิชาและแหล่งข้อมูลต่างๆ ในจุดเดียว บทความวิทยานิพนธ์ หนังสือ บทความย่อ และบทความจากสำนักพิมพ์ทางวิชาการ แวดวงวิชาชีพ ที่เก็บรวบรวมบทความมหาวิทยาลัย และองค์กรด้านการศึกษาอื่นๆ จากการคำนวณคะแนนของ Webometrics ในส่วนนี้คิดเป็น 30% โดยอ้างอิงจากการนับจำนวนผลการค้นหาด้วยคำค้นหาจาก Google Scholar ที่มีส่วนเชื่อมโยงกับ psru.ac.th

### 1.5 Google Analytics [3]

เป็นโปรแกรมเก็บสถิติเกี่ยวกับผู้เข้าชมเว็บไซต์ พฤติกรรมของคนที่เข้าเยี่ยมชมเว็บไซต์ ทำหน้าที่เป็นตัววัดสถิติเชิงลึก โดยให้รายละเอียดได้มากมาย ไม่ว่าจะเป็นจำนวนผู้ที่เข้ามาชมเว็บไซต์ ช่องทางในการเข้ามาถึงเว็บไซต์ ข้อมูลเกี่ยวกับการชมเนื้อหาต่างๆ ภายในเว็บไซต์ และอื่นๆ

### 1.6 Wordpress [4]

จาก Best Practices ของ Webometrics นั้นแนะนำให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการเผยแพร่ข้อมูลบนเว็บไซต์มหาวิทยาลัย และมีหน้าเว็บ 2 ภาษา มีการเผยแพร่ Rich and Media files และสามารถเรียกดูข้อมูลที่เผยแพร่บนเว็บไซต์ย้อนหลังได้ และมีการเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบระเบียบ และเว็บไซต์จะต้องถูกต้องตามหลัก SEO ผู้วิจัยจึงได้เลือกโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีชื่อว่า Wordpress มาเพื่อสร้างและจัดการเนื้อหาต่างๆ

Wordpress คือโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีไว้สร้างและจัดการเนื้อหาบนอินเทอร์เน็ต (Contents Management System หรือ CMS) สะดวกต่อการใช้งาน ไม่ต้องเริ่มสร้างเว็บไซต์จาก 0 ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางโปรแกรมเมอร์ เพราะระบบมีทุกอย่างไว้ให้แล้ว มีหน้าที่เพียงแคใส่เนื้อหาเข้าไปในระบบ และ Wordpress ยังเป็น CMS ที่มีคนใช้งานมากที่สุดในโลก มากถึง 59%

## 2. ดำเนินการปรับปรุงเว็บไซต์

### 2.1 การดำเนินการขั้นต้น

ประชุมอบรมหน่วยงานต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัย เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ และแนวทางการพัฒนาเว็บไซต์ให้ตรงตาม Best Practices ของ Webometrics เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน

ให้หน่วยงานต่างๆ ดำเนินการเช็ค Broken Link (ลิงก์ที่ไม่สามารถเข้าได้) จากเว็บไซต์ <http://www.deadlinkchecker.com/> และ <http://www.brokenlinkcheck.com/> หลังจากนั้นให้ดำเนินการแก้ไขลิงก์ที่ไม่สามารถเข้าได้โดยทำการ redirect กลับไปยังหน้าแรกของเว็บไซต์ หรือ ทำการลบ Text Link ในหน้าเว็บเพจนั้นๆ ออก

ทำการติดตั้งโปรแกรม Wordpress และปรับแต่งเว็บไซต์โดยการทำตามหลัก SEO On-Page ให้ทุกหน่วยงานได้พร้อมใช้งาน และทำการติดตั้ง Google Analytics ลงในเว็บไซต์เพื่อเก็บบันทึกสถิติข้อมูลต่าง ๆ ของเว็บไซต์มหาวิทยาลัย



## 2.2 การดำเนินการตามหลักเกณฑ์ Webometrics

งานวิจัย Weometrics นี้มีแนวทางการพัฒนาเว็บไซต์ตามหลักเกณฑ์ของเว็บไซต์ Webometrics โดยมุ่งเน้นไปในส่วนของ VISIBILITY, PRESENCE และ OPENNESS เป็นหลัก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 2.2.1 VISIBILITY

ดำเนินการให้ทุกหน่วยงานพยายามสร้างเนื้อหาบทความและทำการเผยแพร่บนเว็บไซต์โดยใช้โปรแกรม Wordpress ในการจัดการ โดยบทความนั้นจะต้องเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่าน และไม่ใช้บทความที่คัดลอกมาจากเว็บไซต์อื่น ๆ พร้อมอัปโหลดบทความฉบับ PDF แนบไปด้วย และทำการแชร์บทความต่าง ๆ ลงใน Social Network ต่าง ๆ เช่น Facebook, Google+ เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงลิงก์จากภายนอกเข้ามายังเว็บไซต์มหาวิทยาลัย (Backlink)

### 2.2.2 PRESENCE

จากการดำเนินการในข้อ 2.2.1 จึงทำให้จำนวนหน้าเว็บเพจของเว็บไซต์มหาวิทยาลัยมีการเพิ่มขึ้นซึ่งตรงตามเกณฑ์ของ PRESENCE ที่ต้องการวัดจำนวนหน้าเว็บเพจของเว็บไซต์มหาวิทยาลัยโดยอัตโนมัติ และยังได้ดำเนินการให้หน่วยงานสถาบันวิจัยและห้องสมุดได้ทำฐานข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยต่างๆ เผยแพร่บนเว็บไซต์มหาวิทยาลัยเพื่อเพิ่มจำนวนไฟล์ PDF ในดัชนีของ Google Search Engine นอกจากนี้แล้วยังได้จัดทำเว็บที่รวบรวมภาพกิจกรรม และวิดีโอต่างๆ เพื่อเพิ่มจำนวนหน้าเว็บเพจ Rich and media files ตาม Best Practices ของ Webometrics

### 2.2.3 OPENNESS

จากการดำเนินการในข้อ 2.2.2 ในการเผยแพร่ไฟล์ PDF ผู้วิจัยได้ทำการโยนลิงก์กับ Google Scholar เพื่อให้ Google Bot ได้เข้ามาเก็บข้อมูลไฟล์ PDF เหล่านี้ไปจัดทำดัชนีการค้นหา และยังรณรงค์ให้อาจารย์ภายในมหาวิทยาลัยได้ทำการสร้างโปรไฟล์ Google Scholar และอัปโหลดผลงานวิจัยของตนเองขึ้นไปเพื่อให้เกิดการ Citations

### 2.2.4 EXCELLENCE

การดำเนินการในส่วนนี้ผู้วิจัยไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจากเป็นการเก็บข้อมูลในระหว่างปี 2010-2014 แต่ทั้งนี้ผู้วิจัยได้วางแผนการดำเนินการเพื่อให้มีผลในอนาคตซึ่งการดำเนินการอยู่ในข้อ 2.2.3 โดยอัตโนมัติ

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

เมื่อได้ทำการพัฒนาเว็บไซต์ตามเป้าหมายและแผนที่วางเอาไว้โดยเริ่มทำการปรับปรุงเว็บไซต์และเพิ่มปริมาณบทความต่าง ๆ ประมาณกลางเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2559 และเริ่มเก็บผลการวิจัยนี้ ตั้งแต่วันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 จนถึงวันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2560 ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลโดยแยกตามเกณฑ์ทั้ง 4 ด้านของ Webometrics เพื่อให้ได้ตรงตามเป้าหมายในแต่ละเกณฑ์ดังต่อไปนี้

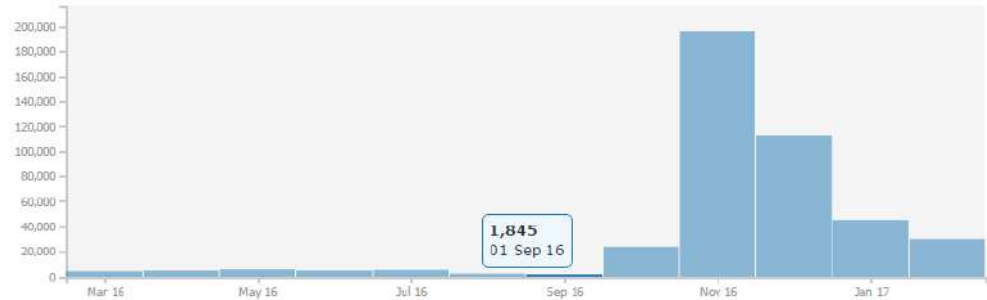
### 1. VISIBILITY

ในส่วนของ VISIBILITY ผู้วิจัยเลือกติดตามผล Backlink จากเว็บไซต์ majestic.com ภายใต้อินเทอร์เน็ต psru.ac.th จากในรูปที่ 2 เป็นกราฟที่แสดงการเปรียบเทียบข้อมูล Backlink ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเดือนก่อนเริ่มการปรับปรุงเว็บไซต์ โดยย้อนหลังตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2559 จะเห็นได้ว่า Backlink ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเดือนมีไม่เกิน 6,000 Backlink

เมื่อเทียบกับรูปที่ 3 ที่เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูล Backlink ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเดือน หลังเริ่มมีการปรับปรุงเว็บไซต์ ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 เป็นต้นไป จะเห็นได้ว่าหลังจากเริ่มมีการปรับปรุงเว็บไซต์ก็เริ่มที่จะมีปริมาณ Backlink ที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดกว่าก่อนที่จะเริ่มทำการปรับปรุงเว็บไซต์

#### Backlink History

● psru.ac.th

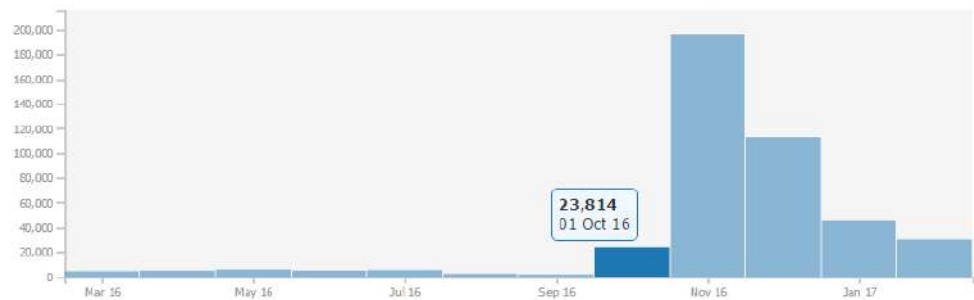


รูปที่ 2: กราฟเปรียบเทียบข้อมูล Backlink ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเดือน ก่อนเริ่มการปรับปรุงเว็บไซต์ ย้อนหลัง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2559

ที่มา : <http://www.majestic.com>

#### Backlink History

● psru.ac.th



รูปที่ 3 : กราฟเปรียบเทียบข้อมูล Backlink ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเดือน หลังเริ่มมีการปรับปรุงเว็บไซต์ ตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 เป็นต้นไป

ที่มา : <http://www.majestic.com>

ในรูปที่ 4 เป็นกราฟที่แสดงการเปรียบเทียบข้อมูล Referral Domains (จำนวนเว็บไซต์ที่ไม่ซ้ำกัน ที่ทำ Backlink กลับมายังเว็บไซต์เรา) ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเดือน ก่อนเริ่มการปรับปรุงเว็บไซต์ ย้อนหลัง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2559 จะเห็นได้ว่า Referral Domains มีค่าไม่เกิน 87 เมื่อเทียบกับรูปที่ 5 Referral Domains ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเดือน หลังเริ่มมีการปรับปรุงเว็บไซต์ ตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 เป็นต้นไป มีค่าสูงถึง 200

**Ref Domains History**

● psru.ac.th

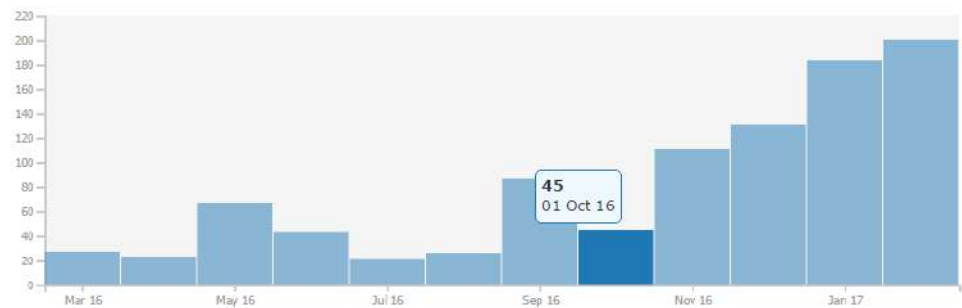


รูปที่ 4 : กราฟเปรียบเทียบข้อมูล Referral Domains ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเดือน ก่อนเริ่มการปรับปรุงเว็บไซต์ ย้อนหลังตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2559

ที่มา : <http://www.majestic.com>

**Ref Domains History**

● psru.ac.th

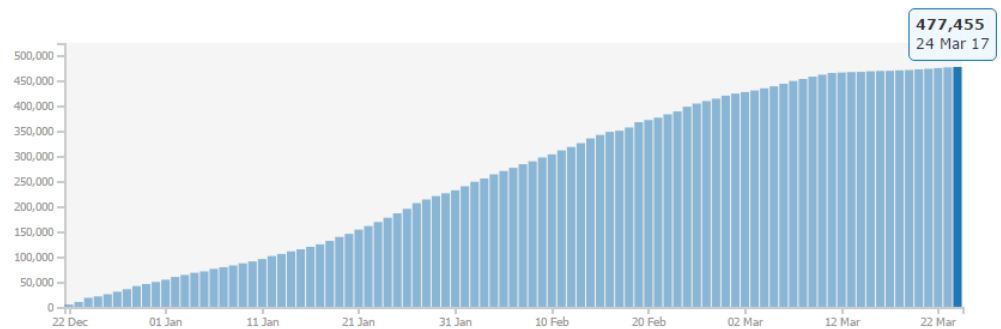


รูปที่ 5 : กราฟเปรียบเทียบข้อมูล Referral Domains ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเดือน หลังเริ่มมีการปรับปรุงเว็บไซต์ ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 เป็นต้นไป

ที่มา : <http://www.majestic.com>

**Backlink History**

● psru.ac.th

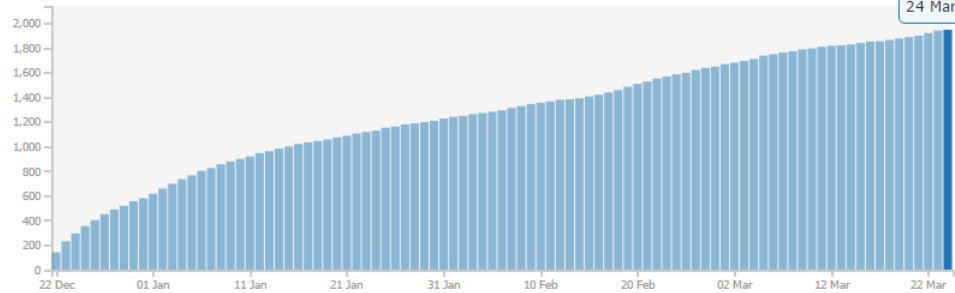


รูปที่ 6 : กราฟแสดงข้อมูล Backlink ที่เก็บข้อมูลย้อนหลัง 90 วัน

ที่มา : <http://www.majestic.com>

### Ref Domains History

● psru.ac.th



รูปที่ 7 : กราฟแสดงข้อมูล Referral Domains ที่เก็บข้อมูลย้อนหลัง 90 วัน

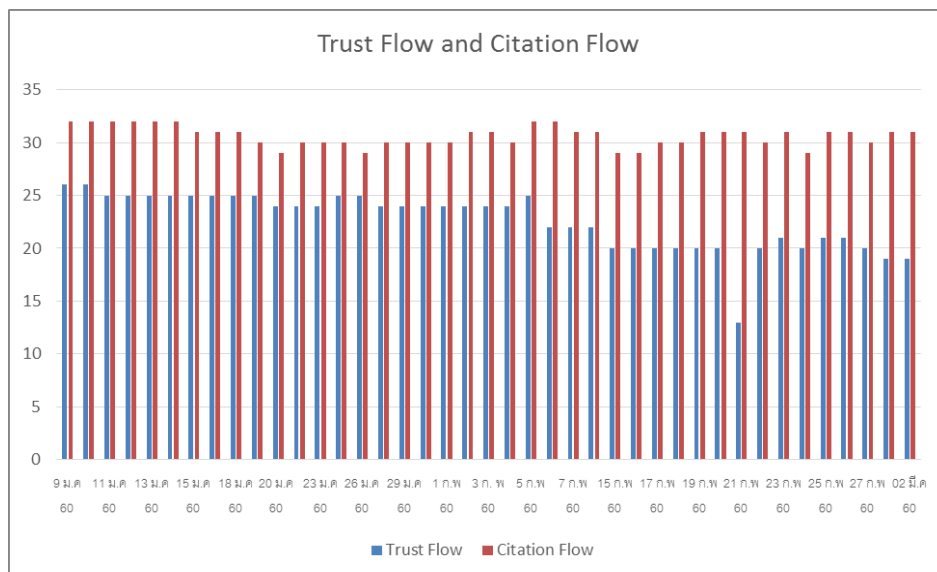
ที่มา : <http://www.majestic.com>

ในส่วนของรูปที่ 6 และ 7 นั้นเป็นเป็นผลรวมทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวันซึ่ง majestic สามารถแสดงข้อมูลย้อนหลังสูงสุดได้ 90 วัน โดยในวันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2559 มีผลรวม Backlink อยู่ที่ประมาณ 4,000 Backlink และมีผลรวม Referral Domains อยู่ที่ประมาณ 140 จนวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2560 มีผลรวม Backlink มากถึง 470,000 และมีผลรวม Referral Domains มากถึง 1,900

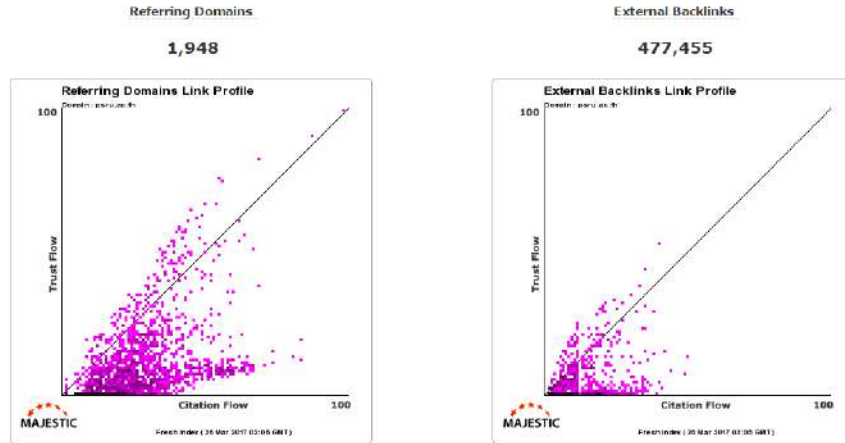
และนอกจากนั้นผู้วิจัยยังได้ทำการเก็บค่า Citation Flow และ Trust Flow ที่เป็นค่าวัดคะแนน Backlink ที่เราได้มาในแต่ละ Backlink ว่ามีคะแนนมากแค่ไหน ตั้งแต่วันที่ 9 มกราคม 2560 จนถึงวันที่ 2 มีนาคม 2560 จะเห็นได้ว่าโดยเฉลี่ยนั้น Backlink ที่ได้มานั้นมีคุณภาพต่ำ จึงทำให้ค่า Trust Flow ลดลง ซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 8 จะเป็นค่าเฉลี่ยของ Backlink ทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คาดการณ์ว่าในส่วนนี้เป็นตัวที่ทำให้ VISIBILITY หรือ IMPACT Rank มีอันดับลดลงมา จากอันดับที่ 3305 ลดลงมาเป็น 4460 จากในรูปที่ 11 และ 12

Citation Flow คือ ตัวเลขที่จะทำนายว่า URL หนึ่งๆนั้นจะมีอำนาจมากแค่ไหน โดยมีหลักการว่ามีเว็บจำนวนเท่าไรที่ลิงก์ไปหามัน [2]

Trust Flow คือตัวเลขที่บอกว่าหน้านั้นมีความน่าเชื่อถือขนาดไหนโดยมีพื้นฐานอยู่ที่ว่าเว็บที่ลิงก์มานั้นมีความน่าเชื่อถือขนาดไหน [2]



รูปที่ 8 : กราฟค่าเฉลี่ยข้อมูล Trust Flow และ Citation Flow ที่เก็บข้อมูลแบบรายวันโดยเก็บข้อมูลจาก majestic.com



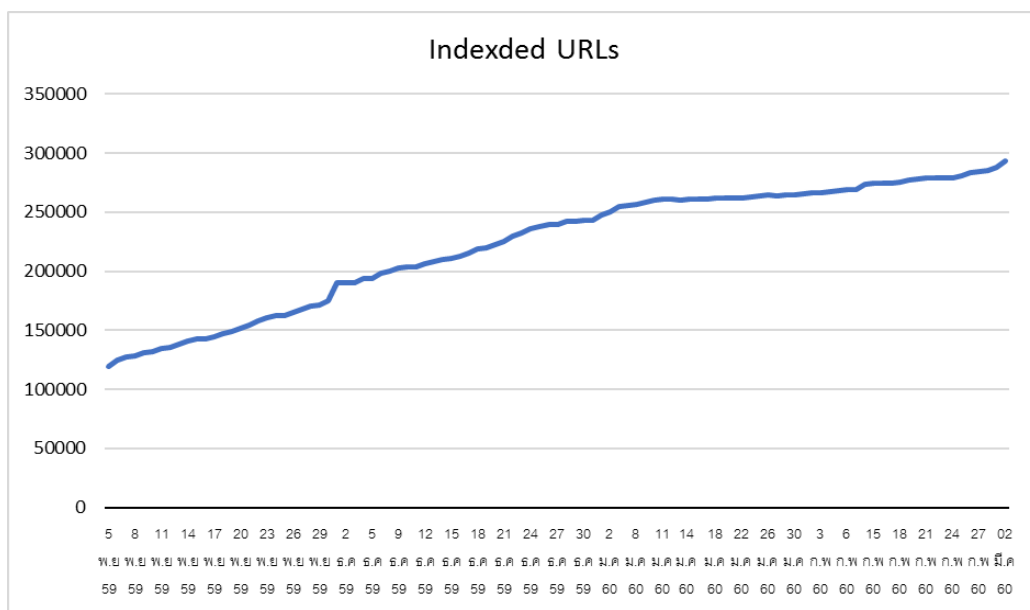
รูปที่ 9 : กราฟค่าเฉลี่ยข้อมูล Trust Flow และ Citation Flow จาก majestic.com  
ที่มา : <http://www.majestic.com>

ส่วนในรูปที่ 10 จะเป็นภาพมุมมองโดยรวมของ ค่า Trust Flow และ Citation Flow โดย majestic อธิบายว่าลิงก์ที่มี Citation Flow สูงจะมีกราฟเคลื่อนตัวไปทางขวาและลิงก์ที่มี Trust Flow สูงจะมีกราฟเคลื่อนตัวสูงขึ้น

## 2. PRESENCE

ในส่วนของ PRESENCE เป็นการวัดจำนวนหน้าเว็บเพจของเว็บไซต์มหาวิทยาลัยรวมถึงไฟล์ PDF ผู้วิจัยจึงเลือกเก็บข้อมูลการทำดัชนีจาก majestic.com ภายใต้อเว็บไซต์ psru.ac.th ในรูปที่ 10 จะเห็นได้ว่าการเพิ่มจำนวนหน้าเว็บเพจอย่างต่อเนื่องจากหนึ่งแสนกว่า ๆ จนถึงสามแสน หลังจากที่มีการดำเนินการปรับปรุงตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 และยังมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคต

หมายเหตุข้อมูลในส่วนของ Indexed URLs นี้ผู้วิจัยไม่สามารถเก็บข้อมูลย้อนหลังได้เนื่องจากข้อมูลในส่วนนี้ majestic ไม่มีการให้ข้อมูลย้อนหลัง



รูปที่ 10 : กราฟข้อมูลการทำดัชนีของ psru.ac.th ที่เก็บข้อมูลแบบรายวันโดยเก็บข้อมูลจาก majestic.com

### 3. OPENNESS และ EXCELLENCE

ในส่วนของเกณฑ์ทั้งสองนี้ผู้วิจัยไม่สามารถที่จะเก็บข้อมูลได้เนื่องจากข้อมูลในสองส่วนนี้เป็นเทคนิคการเก็บคะแนนที่ Webometrics และ Google Search Engine ไม่ได้เปิดเผยไว้

และในวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ทาง webometrics.info ได้ประกาศการจัดอันดับครั้งล่าสุดผลปรากฏว่า เว็บไซต์มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามภายใต้ชื่อเว็บไซต์ psru.ac.th มีอันดับที่ดีขึ้นจากอันดับที่ 51 เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับที่ 41 จาก 180 มหาวิทยาลัยทั่วประเทศไทย และขึ้นมาเป็นอันดับที่ 4 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏทั่วประเทศไทย

ranking	World Rank	University	Det.	Presence Rank*	Impact Rank*	Openness Rank*	Excellence Rank*
51	4992	Pibulsongkram Rajabhat University	↓	2653	3005	4121	5824

รูปที่ 11 : ตารางอันดับเว็บไซต์ psru.ac.th เดือน กรกฎาคม ปี พ.ศ. 2559

ที่มา : <http://www.webometrics.info/en/Asia/Thailand> ณ วันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2560

ranking	World Rank	University	Det.	Presence Rank*	Impact Rank*	Openness Rank*	Excellence Rank*
41	4380	Pibulsongkram Rajabhat University	↓	762	4460	3586	5778

รูปที่ 12 : ตารางอันดับเว็บไซต์ psru.ac.th เดือน กุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2560

ที่มา : <http://www.webometrics.info/en/Asia/Thailand> ณ วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560

#### สรุป

จากการดำเนินการปรับปรุงเว็บไซต์ด้วยเทคนิค SEO ทั้งการเพิ่มปริมาณบทความ และไฟล์เอกสารอิเล็กทรอนิกส์จะเห็นได้ว่าในเกณฑ์ของ PRESENCE จำนวนหน้าเว็บเพจและไฟล์เอกสารที่ถูกนำไปจัดเก็บดัชนีนั้นมีความเป็นจริง ดังรูป 10 และหน้าเว็บเพจต่าง ๆ ภายใต้ชื่อเว็บไซต์ psru.ac.th มีการถูกนำไปอ้างอิงหรือได้ Backlink กลับมาจริงตามเกณฑ์ของ VISIBILITY ดังรูปที่ 6 และ 7 นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้คาดการณ์ในส่วนของ Trust Flow และ Citation Flow ที่มีค่าลดลง เป็นตัวที่ทำให้ VISIBILITY หรือ IMPACT Rank มีอันดับลดลงมา จากอันดับที่ 3305 ลดลงมาเป็น 4460 จากในรูปที่ 11 และ 12 และเนื่องจากเกณฑ์ OPENNESS และ EXCELLENCE ไม่สามารถที่จะเก็บข้อมูลได้ จึงได้ข้อมูลมาเพียงเท่านี้ และถ้าแยกตามเกณฑ์ต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าอันดับในแต่ละเกณฑ์มีอันดับที่ดีขึ้นซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้จากรูปที่ 11 และ รูปที่ 12 โดย Presence Rank อยู่ที่อันดับ 2653 เปลี่ยนแปลงเป็น 762, Openness Rank อยู่ที่อันดับ 4121 เปลี่ยนแปลงเป็น 3586 และ Excellence Rank อยู่ที่อันดับ 5824 เปลี่ยนแปลงเป็น 5778 [5]

ในการวิเคราะห์คะแนนและการจัดอันดับของ webometrics.info นั้นไม่มีการเปิดเผยวิธีการคิดคะแนนหรือเทคนิคต่าง ๆ อย่างเด่นชัด จะมีเพียงแค่แนวทางในการพัฒนาเว็บไซต์ให้ได้ตามมาตรฐานรวมถึงการเป็นมิตรกับ Search Engine ดังนั้นจึงทำให้มั่นใจได้ว่าการปรับปรุงเว็บไซต์ด้วยเทคนิค SEO การเพิ่มปริมาณบทความ เพิ่มปริมาณหน้าเว็บเพจ และไฟล์เอกสารสื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ รวมถึงการทำตามแนวทางที่ดี 10 ข้อของ Webometrics มีแนวโน้มทำให้ Rank ต่าง ๆ ทั้ง 4 ด้านของ Webometrics มีอันดับที่ดีขึ้นและอันดับเว็บไซต์มหาวิทยาลัยภายใต้ชื่อ psru.ac.th มีแนวโน้มที่จะมีอันดับที่ดีขึ้นในอนาคต

## เอกสารอ้างอิง

- Google. (2552). *Google Scholar คืออะไร*. สืบค้นเมื่อ 10/07/2559, จากเว็บไซต์ :  
<http://www.google.co.th/intl/th/scholar/about.html>
- lovemovies. (2555). *Majestic SEO ได้ประกาศใช้ตัววัดลิงค์แบบใหม่*. สืบค้นเมื่อ 8/07/2559, จากเว็บไซต์ :  
<http://oknation.nationtv.tv/blog/socialonline/2012/08/07/entry-1>
- PHONGSAKS. (2559). *Google Analytics คืออะไร*. สืบค้นเมื่อ 15/12/2559, จากเว็บไซต์ :  
[http://www.seowebmasterthai.com/articles\\_google\\_analytics.php](http://www.seowebmasterthai.com/articles_google_analytics.php)
- Toey. (2557). 2016. *WordPress คืออะไร*. สืบค้นเมื่อ 4/2/2560, จากเว็บไซต์ :  
<https://www.wpthaiuser.com/wordpress-is/>
- Webometrics. (2559). *Thailand | Ranking Web of Universities*.  
สืบค้นเมื่อ 4/07/2559, จากเว็บไซต์ : <http://www.webometrics.info/en/Asia/Thailand>
- Webometrics. (2559). 2016. *Ranking Web of Universities*. July New Edition.  
สืบค้นเมื่อ 4/8/2559, จากเว็บไซต์ : <http://www.webometrics.info/en/node/178>
- มนัสวิน แสนคำ. (2557). *SEO คืออะไร?*. สืบค้นเมื่อ 08/07/2559, จากเว็บไซต์ :  
<http://www.siamhttp.com/site/article/seo-tutorial.html>
- รุจเรขา วิทยาอุทมิกุล. (2553). *การจัดอันดับมหาวิทยาลัยด้วย Webometrics : ข้อเท็จจริงที่ควรทราบ*.  
สืบค้นเมื่อ 12/04/2559, จากเว็บไซต์ : <http://stang.sc.mahidol.ac.th/webometrics.htm>
- สำนักบริการเทคโนโลยีสารสนเทศเชียงใหม่. (2555). *คู่มือการจัดทำเว็บไซต์ตามมาตรฐาน Webometrics*  
สืบค้นเมื่อ 6/08/2559, จากเว็บไซต์ :  
<http://portal.nurse.cmu.ac.th/computer/ComputerBlog/DocLib/คู่มือการจัดทำเว็บไซต์ตามมาตรฐาน Webometrics.pdf>

## ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการวางระบบและใช้งานซอฟต์แวร์ ERP ใน SMEs INVESTIGATING FACTORS INFLUENCING THE SUCCESS OF ERP IMPLEMENTATION IN SMEs

วงเดือน แซ่ลี<sup>1\*</sup>, ณัฐกานต์ พากูมิ<sup>2\*</sup>

Wongduan Saelee, Nattakarn Phaphoom

<sup>1,2</sup> คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

<sup>1,2</sup> Faculty of Engineering and Technology, Panyapiwat Institute of Management

\*Corresponding author, E-mail: wongduansae@pim.ac.th, nattakarnpha@pim.ac.th

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีระบบซอฟต์แวร์หลากหลายที่องค์กรธุรกิจนำมาใช้เพื่อสนับสนุนกระบวนการวางแผนทรัพยากรขององค์กรโดยรวม (Enterprise resource planning system, ERP) แม้ว่า ERP จะถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในช่วงสิบปีที่ผ่านมา ผลการสำรวจพบว่าองค์กรที่กำลังวางระบบ ERP ยังคงประสบปัญหาในหลายด้าน ทั้งประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี, ปัญหาเกี่ยวข้องกับการบริหารโครงการ, และปัญหาเกี่ยวเนื่องกับวัฒนธรรมองค์กรอื่นๆ ซึ่งส่งผลให้บริษัทไม่สามารถวางระบบ ERP ได้ตามแผนหรือไม่สามารถใช้งานระบบได้อย่างเต็มรูปแบบ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการนำระบบ ERP มาใช้ในองค์กร โดยเปรียบเทียบกรณีศึกษาในบริษัท SMEs สองบริษัท โดยที่บริษัทแรกได้รับประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรมจากใช้งาน ERP, ในขณะที่อีกบริษัทประสบความติดขัดทำให้ยังไม่สามารถวางระบบ ERP ได้สำเร็จ ข้อมูลในการวิจัยได้มาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้เกี่ยวข้องโดยตรงกับระบบ ERP ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นความแตกต่างหลายประการของสองกรณีศึกษาเช่น การบริการโครงการ การมีผู้นำการเปลี่ยนแปลง การสร้างทีม และการเลือกระบบ ERP ซึ่งเชื่อว่าจะเป็นสาเหตุของผลลัพธ์ที่ต่างกัน

**คำสำคัญ:** ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการนำระบบการวางแผนทรัพยากร มาใช้ในองค์กร

### ABSTRACT

Nowadays there are varieties of software systems designed to support the enterprise resource planning (ERP) process in organizations. The adoption of ERP software has been in mainstream and even become unavoidable in the last decade. Existing research surveys, however, revealed a number of difficulties presented in the process of ERP implementation. Those issues include, for instance, technology related issues, project management problems, process reengineering and other cultural unmatched. Unexpected consequences are, therefore, foreseeable. This research has been conducted to investigate important factors influencing the success of ERP implementation. We followed the tradition of qualitative exploratory case study to compare two industrial cases; the first case adopted ERP and achieved satisfactory outcomes, while the other continued to struggle with several challenges. The data were mainly collected during sessions of in-depth interviews with key



informants working in management, managerial, and operational levels. The analysis suggests several factors, such as project management, project champion, teamwork, and ERP selection, which lead to different outcomes in the two cases.

**Keywords:** Enterprise Resource Planning system, ERP, Critical Success Factor

## บทนำ

ในช่วงหลายสิบปีมานี้ระบบวางแผนทรัพยากรทางธุรกิจ (Enterprise Resource Planning system) ถือเป็นนวัตกรรมขั้นสำคัญชิ้นหนึ่งของการดำเนินธุรกิจขององค์กร เป็นที่ยอมรับกันว่าการนำระบบ ERP มาใช้สามารถก่อให้เกิดประโยชน์หลากหลาย ทั้งทางด้านการช่วยลดปริมาณสินค้าคงคลัง, ลดรอบเวลาการผลิต, ลดต้นทุน, และปรับปรุงการปฏิบัติงานในด้านการจัดการโซ่อุปทานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น [1, 2] ประโยชน์ทางธุรกิจดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจาก ระบบ ERP ได้รับการออกแบบให้บูรณาการข้อมูลสารสนเทศใน คอมพิวเตอร์ ทั้งหมดขององค์กรให้เข้าด้วยกัน ดังนั้นแต่ละหน่วยงานจึง สามารถเข้าถึงข้อมูลที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายได้อย่างรวดเร็ว, ข้อมูลมีความถูกต้องทันเวลา, และ นอกจากนี้ ระบบ ERP ยังช่วยปรับกระบวนการธุรกิจ (business processes) ในองค์กรให้ เป็นมาตรฐาน เดียวกัน คุณลักษณะเหล่านี้จึงช่วย สนับสนุนการวางแผน การสื่อสาร และการทำงานร่วมกันในองค์กรให้ดียิ่งขึ้น

แต่อย่างไรก็ตามการนำระบบ ERP มาใช้ก็มีปัญหาและความเสี่ยงที่จำเป็นต้องวางแผนและจัดการ อย่างรัดกุมเป็นรูปธรรม [4] เนื่องจากการนำระบบ ERP มาใช้ในองค์กรนั้นมีความยุ่งยากซับซ้อน เป็นการลงทุนทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีค่าใช้จ่ายสูง ต้องมีการปรับปรุงระบบงานให้สอดคล้องและเหมาะสม ของแต่ละองค์กรที่จะใช้ระบบนั้นๆ บุคลากรในองค์กรเป็นตัวแปรสำคัญที่เลี่ยงไม่ได้ที่มีผลต่อความสำเร็จหรือ ล้มเหลว หากมีบุคลากรที่ไม่เหมาะสมหรือขาดการวางแผนที่ดี ก็อาจทำให้ล้มเหลวได้ นอกจากนี้ ต้องคำนึงถึง ปัจจัย ด้าน เทคโนโลยี ด้านเทคนิค การวางแผนกลยุทธ์ การเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมองค์กร นอกจากนี้แล้ว หนึ่งในสิ่งสำคัญที่คือผู้บริหารต้องให้การสนับสนุนและคัดสรรคนที่มีความเชี่ยวชาญมาร่วมทีม การใช้งานระบบ ERP ในเมืองไทยปัจจุบันมี vendor ที่ได้รับการแต่งตั้งจากบริษัท software ERP หลายบริษัท ซึ่งองค์กร สามารถสืบค้นได้จากแหล่งข้อมูลได้ตามความเหมาะสมที่องค์กรต้องการ

นอกจากนี้การนำระบบ ERP มาใช้งานในบริบทต่างกัน ก็ต้องการการบริหารจัดการที่เหมาะสมกับบริบท และวัฒนธรรมองค์กรนั้นๆ [1-4] หนึ่งในประเด็นสำคัญซึ่งผู้บริหารองค์กรและผู้บริหารโครงการ ERP ควร มีความเข้าใจก่อนเริ่มดำเนินการโครงการก็คือ ความเข้าใจและเห็นความเชื่อมโยงของปัจจัยต่างๆ ซึ่งมีผลต่อ ความสำเร็จของโครงการทั้งในระยะสั้นและระยะยาว งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและแสดง หลักฐานซึ่งชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการวางระบบ ERP ในองค์กรธุรกิจ ขนาดกลางและขนาดย่อมในประเทศไทย คำถามของการวิจัยก็คือ

1. ปัจจัยหลักใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จของการ implement และใช้งานระบบ ERP,
2. องค์กรที่ประสบความสำเร็จและองค์กรที่ล้มเหลวในการ implement และใช้งาน ERP ดำเนินการ บริหารจัดการปัจจัยที่มีอิทธิพลเหล่านั้นอย่างไร

## ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของ ERP

มีงานวิจัยในต่างประเทศจำนวนมากที่วิเคราะห์ปัจจัยวิกฤตต่อความสำเร็จ (Critical Success Factors, CSF) ต่อระบบ ERP ทั้งในเชิงคุณภาพและงานวิจัย [1, 2, 3] ปัจจัยเหล่านั้นส่งผลอย่างไรเมื่ออยู่ บริบท SME ของประเทศไทยไม่ได้รับการศึกษามากนัก งานวิจัยของ Al-Fawaz et al., ในปี 2551 [1] ได้

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับ CSFs ซึ่งตีพิมพ์ใน information system database ขึ้นนำ และชี้ถึงแปดปัจจัยหลัก (CSFs) ที่มีผลอย่างมากต่อความสำเร็จดังนี้

**การสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง** ผู้บริหารจะต้องมีความรู้ที่จะสื่อสารทำความเข้าใจถึงความสามารถและข้อจำกัดของระบบ ERP ที่จะนำมาใช้ สื่อสารกลยุทธ์ขององค์กรให้กับพนักงานทั้งหมดได้เข้าใจ และมีความมุ่งมั่นที่จะนำระบบ ERP มาใช้ให้ประสบผลสำเร็จ รวมถึงมีการสนับสนุนด้านงบประมาณที่ตั้งไว้และมีการติดตามความคืบหน้าโครงการอย่างต่อเนื่อง

**วิสัยทัศน์ทางธุรกิจ** องค์กรต้องมีแผนธุรกิจและวิสัยทัศน์ที่ชัดเจนเพื่อเป็นแนวทางให้โครงการวางระบบและใช้งาน ERP ในแต่ละระยะดำเนินการไปได้อย่างเป็นรูปธรรม จะต้องมีการกำหนดเป้าหมาย ขอบเขตระยะเวลา ต้นทุน ของแนวทางในโครงการนำระบบ ERP มาใช้ รวมถึงวิธีการที่เป็นไปได้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ควรที่จะมีการอธิบายความเฉพาะเจาะจงและประสิทธิภาพ โดยที่มุ่งเน้นถึงทิศทางทั่วไปของโครงการ ผู้บริหารโครงการจำเป็นต้องสื่อสารกับผู้ถือหุ้นและผู้เกี่ยวข้องหลัก ให้ทุกฝ่ายตั้งความคาดหวังอย่างสมเหตุสมผล

**การปรับโครงสร้างกระบวนการ** Business process reengineering (BPR) เป็นกระบวนการสำคัญที่ต้องทบทวนในระยะแรกของการวางระบบ ERP คือจะต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างการทำงานให้เหมาะสมกับระบบเทคโนโลยีใหม่ที่จะนำมาใช้ เพื่อช่วยลดขั้นตอนในการปรับแต่งระบบ และสิ่งสำคัญที่ทันสมัยเช่น ต้นทุนคุณภาพบริการและความเร็วที่ชัดเจนจะเป็นบทบาทสำคัญในช่วงแรกของขั้นตอนการดำเนินโครงการ จึงมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้เกิดการยอมรับและยินดีในการนำระบบ ERP มาใช้งานในองค์กร

**การบริหารโครงการและผู้นำการเปลี่ยนแปลง (project champion)** การนำ ERP เข้ามาใช้ทั้งระบบนั้นเป็นกิจกรรมที่ซับซ้อน ดังนั้นองค์กรควรมีกลยุทธ์การบริหารโครงการที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมกระบวนการจัดการตั้งแต่แรกเริ่มของการนำ ระบบ ERP เข้ามาใช้จนประสบผลสำเร็จ แชมป์ของโครงการเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญสูงสุดของโครงการ ตัวแทนของโครงการต้องเป็นผู้ที่มีบทบาทสูงสุดที่จะต้องทำความเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเทคโนโลยีตลอดจนบริบททางธุรกิจและต้องพยายามเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมขององค์กรระบบเดิมให้เกิดการยอมรับในการนำ ERP เข้ามาใช้

**การสร้างทีม** การจัดสรรบุคลากรในทีมงานปฏิบัติงานที่เหมาะสมนั้น ควรต้องมีความรู้ความสามารถเชี่ยวชาญทั้งทางด้านเทคนิค เทคโนโลยีและเข้าใจถึงระบบงานของธุรกิจขององค์กรและความต้องการขององค์กร อันเป็นสิ่งสำคัญแห่งความสำเร็จ ซึ่งโครงการ ERP นั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับแผนกปฏิบัติงานทั้งหมดขององค์กรตลอดจนผู้ใช้ระบบ ERP ปลายทางที่มีการแบ่งปันข้อมูลระหว่างคู่ค้าที่ใช้ระบบปฏิบัติงานร่วมกัน จึงมีความสำคัญต่อความสำเร็จและต้องใช้ความไว้วางใจต่อกัน นอกจากนี้ทีมงานควรทำความเข้าใจกับฟังก์ชันและผลิตภัณฑ์เพื่อให้ทราบถึงความต้องการในการปรับปรุงระบบในปัจจุบัน

**การเลือกระบบ ERP ที่เหมาะสม** การเลือกระบบ ERP ที่เหมาะสมนั้นเป็นกระบวนการที่ทำหายและใช้เวลานานซึ่งโดยส่วนมากแล้วไม่มีแพ็คเกจ ERP เดียวที่สามารถให้ฟังก์ชันที่จำเป็นสำหรับธุรกิจ มีแพ็คเกจ ERP หลากหลายในตลาดที่มีฟังก์ชันการทำงานที่คล้ายกัน แต่มีการออกแบบที่แตกต่างกัน ดังนั้นองค์กรต้องเลือกผู้แทนที่เหมาะสมที่สามารถจัดการระบบ ERP แบบยืดหยุ่นได้ เกณฑ์สำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาเมื่อเลือกระบบ ERP ใหม่จะต้องเน้นว่าระบบ ERP ที่เลือกจะต้องสอดคล้องกับกระบวนการทางธุรกิจที่มีอยู่ในปัจจุบันมากที่สุด นอกจากนี้ระบบจะต้องมีความยืดหยุ่นและใช้งานง่าย สามารถประยุกต์ใช้และบูรณาการให้เข้าธุรกิจการอ็อปเกรดก็ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาในการนำ ERP มาใช้

**การใช้ความร่วมมือของผู้ใช้งานจริง** การฝึกอบรมในการมีส่วนร่วมของผู้ใช้จริงเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่สุดของความสำเร็จของโครงการที่จะนำระบบ ERP มาใช้เพื่อเกิดการยอมรับและความพึงพอใจของการมีส่วนร่วมดำเนินการของผู้ใช้ เมื่อบริษัทได้ตัดสินใจที่จะนำระบบ ERP มาใช้รวมถึงช่วยเพิ่มการควบคุมการรับรู้ขั้นตอนแผนงานและความต้องการของโครงการทั้งหมด ที่วางไว้

**การศึกษาและอบรม** การให้ความรู้และการฝึกอบรมผู้ใช้ ERP เป็นเรื่องสำคัญเนื่องจากระบบ ERP ไม่ใช่เรื่องง่ายที่จะใช้งานได้ ดังนั้นการฝึกอบรมเพื่อเพิ่มทักษะความรู้ความเชี่ยวชาญทางด้าน IT ที่ดีให้กับผู้ใช้ระบบ ERP ได้เพียงพอ ก็สามารถช่วยให้การนำระบบ ERP มาใช้ในองค์กรได้ประสบผลสำเร็จรวดเร็วยิ่งขึ้น หากผู้ใช้ภายในองค์กรขาดการฝึกอบรมการใช้ระบบ ERP ที่ดีก็อาจนำไปสู่ความล้มเหลว

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การออกแบบและวิธีของการทำวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้กรณีศึกษา (case study) เพื่อตอบคำถามวิจัย การวิจัยนี้อยู่ในขอบข่ายเป็นการใช้กรณีศึกษาเพื่อการสำรวจ (exploratory case study) [5] ซึ่งเป็นวิธีวิจัยที่เหมาะสมสำหรับสำรวจหาหลักฐานเชิงประจักษ์ (empirical evidences) เพื่อประเมินผลการใช้งานระบบสารสนเทศและสำรวจปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จหรือล้มเหลว ข้อดีของการใช้การวิจัยแบบกรณีศึกษา คือ 1) ช่วยให้ผู้วิจัยวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสาเหตุ และผลลัพธ์ในสิ่งแวดล้อมจริง ซึ่งมีหลายปัจจัยเชื่อมโยงและไม่สามารถควบคุมได้ 2) ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถพิจารณาปรับเปลี่ยนเงื่อนไขแง่มุมของการวิจัยให้เหมาะสมกับสิ่งที่ค้นพบระหว่างการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ได้อย่างคล่องตัว

### 2. กรอบการวิจัยและขั้นตอนการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อตอบคำถามวิจัยที่กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการติดตั้งและใช้งานระบบ ERP โดยผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์บุคคลสามระดับในองค์กรตามลักษณะของโครงสร้างองค์กร ได้แก่ ผู้บริหารระดับสูง ผู้จัดการ และพนักงานปฏิบัติงาน คำถามเกี่ยวข้องกับบริบทความเป็นมาขององค์กร เป้าหมาย กระบวนการ เงื่อนไขปัจจัย การตัดสินใจ บุคคลภายนอกที่เกี่ยวข้อง ผลลัพธ์และอุปสรรคที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการติดตั้งและใช้งาน ERP ลักษณะคำถามเป็นปลายเปิดและกึ่งโครงสร้าง

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การ coding จัดกลุ่ม เปรียบเทียบเชื่อมโยง โดยใช้ CSFs ทั้งแปดปัจจัยที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่สองเป็นกรอบในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์คือการเปรียบเทียบหลักฐานของการบริหารจัดการที่เกี่ยวข้องกับแต่ละ CSFs ระหว่างกรณีศึกษาที่ประสบความสำเร็จและยังไม่ประสบความสำเร็จ

### 3. บริบทของกรณีศึกษา (case context)

กรณีศึกษาในงานวิจัยนี้คือสององค์กร ซึ่งต้องการสงวนนาม แต่ยินดีให้ข้อมูลเชิงลึกกับทีมวิจัย ทั้งสององค์กรใช้ ERP คนละยี่ห้อ แต่นำมาใช้ในกระบวนการหลักขององค์กรในลักษณะเดียวกัน ทั้งนี้ผู้วิจัยตระหนักถึงข้อจำกัดถึงข้อเปรียบเทียบดังกล่าว

3.1 กรณีศึกษาที่ 1: บริษัท FT. FT จัดอยู่ในกลุ่มของ SMEs ก่อตั้งเมื่อปี 2547 ดำเนินธุรกิจประเภทผลิตและประกอบติดตั้งประตู หน้าต่างอลูมิเนียม และกระจกให้กับบริษัทที่ดำเนินธุรกิจ อสังหาริมทรัพย์รวมถึงผู้รับเหมาก่อสร้างรายใหญ่ของไทย บริษัทมีพนักงานประมาณ 450 คน FT ปรับเปลี่ยนซอฟต์แวร์เพื่อช่วยบริหารควบคุมข้อมูลในกระบวนการซื้อขายรับจ่ายหลายครั้ง ในช่วงเริ่มต้นเป็นโปรแกรม Excel และโปรแกรมสำหรับในการออกบิลซื้อ หลังจากนั้นเปลี่ยนมาเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งนำมาใช้ใน

ด้านการสั่งซื้อสินค้า, เปิดบิลขายสินค้า, รับชำระเงินจากลูกค้า, และจ่ายเงินให้กับเจ้าหน้าที่ทางการค้า หลังจากนั้นเมื่อธุรกิจมีการขยายตัวจึงเปลี่ยนมาใช้ระบบ ERP เพื่อนำมาใช้ในขั้นตอนต่างๆของกระบวนการทางธุรกิจตลอดจนการผลิตในโรงงาน

3.2 กรณีศึกษาที่ 2: บริษัท CV. บริษัท CV จัดเป็นกลุ่มธุรกิจ SMEs ก่อตั้งเมื่อปี 2537 มีพนักงาน 250 คน ประกอบธุรกิจประเภทผลิตและติดตั้งประตู หน้าต่าง อลูมิเนียม กระฉก ให้กับบริษัทที่ดำเนินธุรกิจอสังหาริมทรัพย์รายใหญ่ของไทย ในช่วงแรกบริษัทมีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และ Excel เพื่อใช้เก็บข้อมูล และบันทึกรายการรับเงิน จ่ายเงิน เปิดบิลขายสินค้า เปิดบิลแจ้งหนี้ลูกค้า และบันทึกรายการจ่ายเงินให้กับเจ้าหน้าที่ทางการค้า ภายหลังจากที่ธุรกิจขยายมากขึ้น บริษัทจึงเปลี่ยนมาใช้ระบบ ERP เพื่อให้การบริหารจัดการให้ครอบคลุมและลดขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อนในกระบวนการการผลิต

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เปรียบเทียบกรณีศึกษาสองกรณีโดยใช้ CSFs ทั้งแปดเป็นกรอบการวิเคราะห์ แต่ทั้งนี้เป็นที่คาดการณ์ได้ว่ายังมีปัจจัยอื่น เช่น ขนาดขององค์กร ที่มีผลกระทบต่อความสำเร็จ ซึ่งสามารถนำมาต่อยอดเป็นงานวิจัยในอนาคต

**การสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง** ในกรณีศึกษาทั้ง FT และ CV เจ้าของธุรกิจเป็นผู้ริเริ่มนำระบบ ERP เข้ามาใช้ในองค์กร ได้มีการสนับสนุนงบประมาณเพื่อซื้อและติดตั้งซอฟต์แวร์ ค่าใช้จ่ายในการทำ customization และที่ปรึกษาภายนอก ผู้บริหารของทั้งสององค์กรเข้าใจถึงประโยชน์ของการนำ ERP มาใช้อย่างชัดเจน เนื่องจากได้เห็นกรณีศึกษาที่ประสบความสำเร็จมาก่อน แต่อย่างไรก็ตามแนวทางในการจัดสรรงบประมาณของการซื้อระบบ ERP จะแตกต่างกัน ในกรณีของ FT จะเริ่มจากซื้อระบบที่เพียงพอรองรับต่อความต้องการในปัจจุบันและใช้งบประมาณอย่างรัดกุม แต่ CV มีความเต็มใจที่ลงทุนอย่างเต็มที่กับระบบที่เชื่อว่าจะสามารถสร้างความคล่องตัวกับองค์กรมากที่สุด

**วิสัยทัศน์ทางธุรกิจ** กรณีของ FT และ CV ผู้บริหารมองเห็นว่าการนำระบบ ERP เข้ามาใช้เพื่อบริหารจัดการจะสามารถช่วยให้การทำงานในขั้นตอนกระบวนการต่างๆสะดวก รวดเร็วทันเวลา ลดค่าใช้จ่าย ตรวจสอบได้ และยังสามารถช่วยในเรื่องการสื่อสารทั้งภายในและภายนอกองค์กรให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน ถ้าเทียบกับระบบเดิมที่ใช้ จะไม่สามารถแข่งขันทางธุรกิจกับองค์กรอื่นที่นำระบบ ERP มาใช้แล้วประสบความสำเร็จอย่างคุ้มค่าได้ แต่อย่างไรก็ตามทางผู้บริหารของ FT จะเห็นภาพของการใช้งานจริงได้ชัดเจนมากกว่า เนื่องจากผู้บริหารเคยมีประสบการณ์ทำงานกับบริษัทข้ามชาติซึ่งใช้งานระบบ ERP เต็มรูปแบบ

**การปรับโครงสร้างกระบวนการ** กรณี FT เริ่มเปลี่ยนจากขั้นตอนการสั่งซื้อ ออกบิลขาย รับชำระเงินจากลูกค้า จ่ายเงินให้เจ้าหน้าที่ วางแผนควบคุมวัตถุดิบในการผลิตและสินค้าคงคลัง จนถึงเชื่อมโยงกับระบบ e-procurement ของลูกค้า ทั้งนี้ FT ได้ลงทุน customize ERP ในหลายส่วน ในขณะเดียวกันก็ได้ปรับ process ที่ใช้อยู่เพื่อให้สอดคล้องกับระบบ ERP มากขึ้น ทั้งหมดนี้ทำให้ได้ผลที่น่าพอใจหลายด้าน เช่น สามารถค้นพบกรณีทุจริตในฝ่ายจัดซื้อได้, มีการวางบิลและรับชำระเงินจากลูกค้าได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น กรณี CV การปรับกระบวนการยังไม่ชัดเจน เนื่องจากยังอยู่ในช่วงการทำ customization แต่ก็ตระหนักถึงความไม่สอดคล้องของระบบและกระบวนการ

**การบริหารโครงการและผู้นำการเปลี่ยนแปลง (project champion)** กรณี FT ผู้บริหารเข้ามาทำหน้าที่ขับเคลื่อนโครงการ ERP ด้วยตัวเอง มีการกำหนดเป้าหมาย แผนการวางระบบ และนโยบายแนวทางการใช้ โดยเริ่มทดลองใช้จากบาง function ของแผนกไปจนครบทั้งกระบวนการของธุรกิจ (business process) ซึ่งเชื่อมโยงหลายแผนกเข้าด้วยกัน แบบเป็นขั้นตอน มีการกำหนดระยะเวลาที่ชัดเจน และอธิบาย

ให้พนักงานได้เข้าใจถึงผลลัพธ์ที่องค์กรจะบรรลุเป้าหมาย สร้างความเชื่อมั่นให้กับพนักงานเกิดการยอมรับ และร่วมกันปรับเปลี่ยนการทำงานให้สำเร็จตามที่คาดหวังไว้และเกิดประโยชน์สูงสุด

ในกรณี ของ CV ผู้บริหารกำหนดเป้าหมายของโครงการอย่างชัดเจน แต่เมื่อเกิดปัญหาสำคัญใน ขั้นตอนการดำเนินงาน เช่น ระบบใหม่ไม่สามารถทำงานร่วมกับระบบที่ใช้อยู่ได้ โครงการจึงล่าช้า สาเหตุส่วน หนึ่งเกิด จากประสบการณ์ที่จำกัดทางด้านการบริหารโครงการไอทีและการสื่อสารกับ vendor

นอกจากนี้การมี project champion เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ FT บรรลุเป้าหมายตามแผนที่วางไว้ เพราะผู้บริหารเป็นผู้นำการเปลี่ยนแปลงด้วยตัวเองและสร้างความเชื่อมั่นได้อย่างแท้จริง

**การสร้างทีม** สิ่งที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน คือความร่วมมือจากบริษัท outsource ในกรณีของบริษัท FT บริษัท outsource ให้ความร่วมมือและแก้ไขโปรแกรมเมื่อเกิดปัญหาได้รวดเร็ว ในส่วนของ CV ผู้บริหารเชื่อ ว่าการสื่อสารกับ vendor ให้เข้าใจตรงกันคือหนึ่งในปัญหาหลัก

**การเลือกระบบ ERP ที่เหมาะสม** ทั้งสองกรณีได้สืบค้นข้อมูลและพิจารณาหลากหลายปัจจัยในการ เลือกระบบ ERP กรณีของ FT กล่าวถึงปัจจัยหลายๆด้าน ปัจจัยภายในบริษัท เช่น งบประมาณ ขนาดและ แผนกในองค์กร ปัจจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติของระบบ เช่น โมดูลที่รองรับ, ภาษาและความสามารถในการรองรับ ระบบภาษีสรรพากรของไทย ในส่วนของกรณี CV เลือกรายการ การมีชื่อเสียงของ ERP และ vendor รวมถึงการ อ้างอิงของบริษัทที่ประสบความสำเร็จในการใช้เป็นหลัก

**การให้ความร่วมมือของผู้ใช้งานจริง** กรณี FT จากการสัมภาษณ์พนักงานในช่วงแรกก็เกิดการ ต่อต้าน แต่ผู้บริหารก็ทำความเข้าใจให้เห็นประโยชน์ของระบบและไม่นำระบบเข้ามาแทนที่พนักงาน เมื่อ พนักงานเข้าใจ เชื่อใจผู้บริหาร จึงเกิดความเชื่อมั่นและให้ความร่วมมือ ส่วนกรณี ของ CV พนักงานบางส่วน เกิดการต่อต้าน เนื่องจากเข้าใจว่าเป็นการเพิ่มงานจากที่ทำอยู่ บางส่วนไม่มั่นใจในระบบซึ่งจะเข้ามาแทนที่

**การศึกษาและอบรม** กรณีของ FT ผู้บริหารได้พาพนักงานหลักของฝ่ายจัดซื้อ การเงิน บัญชี ไปอบ รบกับบริษัท ERP เพื่อสร้างทีมงานตั้งต้นที่เข้าใจระบบ เพื่อให้เข้าใจภาพรวมและรายละเอียดของระบบ สำหรับ CV นั้นผู้บริหารเห็นว่า พนักงานที่เข้าร่วมโครงการระดับผู้จัดการฝ่ายมีประสบการณ์ในการใช้ระบบ ERP ระบบใหญ่อยู่แล้ว จึงไม่มีการอบรมเพิ่มเติม แต่อย่างไรก็ตามในส่วนของทีมงานระดับปฏิบัติงานไม่เข้าใจ ในระบบ และเห็นว่าเป็นการเพิ่มงานจึงมีความรู้สึกต่อต้าน จึงเห็นได้ว่าการสร้างทัศนคติและฝึกอบรมกับ ผู้เกี่ยวข้องทุกระดับงานมีความสำคัญเป็นอย่างมาก

## สรุป

เพื่อปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมทางธุรกิจที่มีการแข่งขันกันอย่างมาก ในปัจจุบันองค์กรต่างๆได้นำระบบ ERP เข้ามาใช้เพื่อพัฒนาศักยภาพการทำงาน การวางแผนทรัพยากรขององค์กรให้บรรลุขีด ความสามารถรวมถึงช่วยลดขั้นตอนระยะเวลาการผลิต การทำงาน และสามารถตอบสนองความต้องการของ ลูกค้าได้มากขึ้น งานวิจัยนี้ได้แสดงถึงบทวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการนำระบบ ERP มาใช้ ผลลัพธ์ให้ข้อมูลเชิงลึกสำหรับผู้บริหารซึ่งอาจพิจารณานำ ERP มาใช้ในองค์กรของตนเอง โดยเน้นว่าแต่ละ องค์กรต้องประเมินตัวเองว่าพร้อมสำหรับ ERP หรือไม่ หลายองค์กรที่พยายามใช้ระบบ ERP แต่ประสบ ปัญหาเนื่องจากองค์กรอาจไม่พร้อมสำหรับการปรับระบบการทำงานเข้าด้วยกันและภายในองค์กรมีเป้าหมาย วัตถุประสงค์ที่ขัดแย้งกันเอง นอกจากนี้ควรจะต้องศึกษาผู้แทนจำหน่ายตลอดจนผู้ติดตั้งระบบต้องมีความรู้ และเชี่ยวชาญในธุรกิจนั้นอย่างแท้จริง และระบบสามารถปรับแต่ง ให้เข้ากับความต้องการขององค์กรใน อนาคตได้

### เอกสารอ้างอิง

- David Olson (ผู้แปล ดร.วิทยา สุหฤทดำรง, ดร. เผ่าศักดิ์ ศิริสุข). (2552) *ERP สำหรับผู้บริหาร: ประเด็นในการเลือกใช้ดำเนินโครงการและขยายผล*. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์ อี.ไอ.สแควร์.
- Levi Shaul and Doron Tauber. (2013). Critical success factors in enterprise resource planning systems: Review of the last decade. *ACM Comput. Surv.* 45, 4, Article 55 (August 2013), 39 pages
- Robert K. Yin. Case study research: design and methods. Sage Publications, 3<sup>rd</sup> edition, December 2003.
- Sherry Finney, Martin Corbett. (2007) "ERP implementation: a compilation and analysis of critical success factors", *Business Process Management Journal*, Vol. 13 Issue: 3, pp.329-347.
- Toni Somers and Klara Nelson. (2001). The Impact of Critical Success Factors across the Stages of Enterprise Resource Planning Implementations. In *Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-34)* Vol. 8. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA.

## การออกแบบโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อแนะนำบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ในองค์กร Designing the Motion Infographic to Introduce the Roles of Human Resource Department in an Organization

วรรณวิภา วงศ์วิไลสกุล<sup>1</sup> กรณิศ ศรีสัมพันธ์<sup>1</sup> ดนัยเลิศ ดิยรัตน์ชัย<sup>2</sup>  
Wanvipa Wongvilaisakul<sup>1</sup>, Koranit Srisamphan<sup>1</sup> Danailert Tiyarattanachai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

<sup>1</sup>Faculty of Engineering and Technology, Panyapiwat Institute of Management

<sup>2</sup>คณะสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยคริสเตียน

<sup>2</sup>Multidisciplinary College, Christian University

\*Corresponding author, E-mail: wanvipawon@pim.ac.th

### บทคัดย่อ

รายงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบโมชันอินโฟกราฟิกสำหรับแนะนำบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ในองค์กร และเปรียบเทียบความพึงพอใจในการใช้งานของสื่อแบบดั้งเดิมที่เป็นเอกสารและสื่อโมชันอินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้น โดยประยุกต์ใช้ ADDIE Model เป็นแนวทางในการพัฒนาผลงานให้แก่ฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี และมีกลุ่มเป้าหมายในการประเมินผลงานเป็นพนักงานที่มีอายุงานไม่เกิน 3 ปี จำนวน 30 คน จากผลการวิจัยพบว่ากลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจต่ออินโฟกราฟิก คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.58 อยู่ในระดับดีมาก โดยรายการประเมินที่มีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความทันสมัยของสื่อ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.70 อยู่ในระดับดีมาก นอกจากนี้ กลุ่มเป้าหมายยังมีความพึงพอใจต่อสื่อโมชันอินโฟกราฟิกในภาพรวมมากกว่าสื่อแบบดั้งเดิมที่เป็นเอกสาร คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.57 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยรายการประเมินที่มีระดับความเห็นด้วยมากที่สุดคือ สื่อโมชันอินโฟกราฟิกมีรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจมากกว่าสื่อแบบดั้งเดิมที่เป็นเอกสาร คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.63 อยู่ในระดับมากที่สุด

**คำสำคัญ:** โมชันอินโฟกราฟิก อินโฟกราฟิกแอนิเมชัน ฝ่ายทรัพยากรมนุษย์

### ABSTRACT

The objective of this research is to design Motion Info graphic in order to introduce the Roles of Human Resource Department in an organization. It will also include the comparison for the satisfaction in the usability between the traditional media with the use of documents and Motion Info graphic that has been developed. Thus, ADDIE Model will be applied to use as an approach to develop the study to the human resource department of a private company located in Nonthaburi. The target group for the evaluation consists of employees with no more than 3 years of work experiences for the total of 30 respondents. According to the research results, it is found that the target group has satisfaction toward Motion Info graphic in an average of 4.58 which is considered to be in an excellent level. Additionally, the evaluation that received the most satisfaction are the modernity of the media which is equivalent to 4.70 in an excellent level. Moreover, the target group also

have high satisfaction toward Motion Info graphic media in general more than a traditional media such as the use of documents in an average of 4.57 and also remains in a highest level. However, the topic with the least satisfaction in the evaluation is that Motion Info graphic has interesting contents as compared to the traditional media which is equivalent to 4.63 and also remains in the highest level.

**Keywords:** Motion Infographic, Infographic Animation, Human Resource Department

## บทนำ

ฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ (Human Resource Department) ถือเป็นหน่วยงานที่มีความสำคัญต่อการขับเคลื่อนองค์กรให้มีความก้าวหน้า โดยบทบาทหลักของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ ได้แก่ การวางแผนกำลังคน ควบคู่กับการวางแผนกลยุทธ์ขององค์กร การสรรหาบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถและเหมาะสมกับองค์กร ให้เข้ามาทำงาน การพัฒนาบุคลากรให้เป็นผู้มีความสามารถพิเศษเพื่อให้พร้อมกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคต การดูแลระบบค่าจ้างสวัสดิการที่เป็นธรรมและแข่งขันได้ รวมถึงการเป็นตัวกลางในการสร้างความผูกพันของทุกคนในองค์กร โดยประสานกับผู้บริหารและพนักงานทุกระดับ อีกทั้งยังเป็นที่พักและที่ปรึกษาให้แก่บุคลากร โดยอาศัยความเข้าใจในความต้องการของพนักงาน ผู้บริหาร และองค์กร ตลอดจนสร้างความสมดุลให้เกิดขึ้น

แม้ว่าฝ่ายทรัพยากรมนุษย์จะมีบทบาทต่อบุคลากรในด้านต่าง ๆ มากมาย แต่ในปัจจุบันองค์กรหลายแห่งยังประสบปัญหาพนักงานขาดความเข้าใจในบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ จนอาจส่งผลให้พนักงานเสียโอกาสในการได้รับบริการด้านต่าง ๆ เช่น สวัสดิการ สิทธิประโยชน์ การพัฒนาความสามารถ และการได้รับคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อพนักงาน จนอาจส่งผลกระทบต่อระดับความผูกพันต่อองค์กรที่ลดลง ทั้งนี้ หลายองค์กรพยายามแก้ปัญหาโดยการจัดทำเอกสารเพื่ออธิบายบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ในรูปแบบประกาศหรือคู่มือพนักงาน เพื่อสร้างความเข้าใจแก่พนักงานให้มากยิ่งขึ้น แต่พนักงานยังไม่ค่อยชอบสื่อบทแบบดั้งเดิมนี้มากนัก เนื่องจากเป็นสื่อที่มีข้อความจำนวนมาก ต้องอาศัยการอ่านเป็นหลัก จึงใช้เวลามากในการทำความเข้าใจเนื้อหา อีกทั้งยังมีรูปแบบการนำเสนอที่ไม่ค่อยน่าสนใจ ดังนั้น การออกแบบและพัฒนาสื่อในรูปแบบใหม่ที่สามารถสร้างความพึงพอใจในการใช้งานให้แก่ผู้ใช้ และช่วยให้พนักงานเข้าใจบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์มากขึ้น ถือเป็นความท้าทายประการหนึ่งขององค์กร

ปัจจุบันสื่อในรูปแบบอินโฟกราฟิกถือเป็นเครื่องมือสื่อสารที่ทรงพลัง โดยเน้นพื้นฐาน 3 ประการ คือ การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพในด้านความน่าสนใจ ความเข้าใจ และการจดจำ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น (พัชรา วาณิชชิติน, 2558) ทั้งนี้ ในปัจจุบันได้พัฒนามาสู่เทคนิคโมชันอินโฟกราฟิก (Motion Infographic) หรือ อินโฟกราฟิกแอนิเมชัน (Infographic Animation) ซึ่งใช้ภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวเป็นตัวเล่าเรื่องจึงช่วยสร้างความน่าสนใจ แปลกตา และผู้ชมยังสามารถเข้าใจเนื้อหาสาระที่ต้องการสื่อได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยข้อมูลดังกล่าวที่นำมาใช้จะผ่านการสรุป เรียบเรียงให้สั้น กระชับ เข้าใจง่าย และสื่ออย่างตรงไปตรงมา จึงส่งผลให้ผู้ชมสามารถจดจำข้อมูลได้เป็นอย่างดี ดังนั้น หากองค์กรสามารถนำรูปแบบโมชันอินโฟกราฟิกมาประยุกต์ใช้เพิ่มเติมจากสื่อในรูปแบบดั้งเดิมเพื่อแนะนำหน่วยงานและบทบาทของหน่วยงาน จะเป็นการสนับสนุนให้การนำเสนอข้อมูลมีความดึงดูดใจและเอื้อต่อการจดจำข้อมูลได้มากยิ่งขึ้น

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อออกแบบโมชันอินโฟกราฟิกสำหรับแนะนำบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ในองค์กร
- 2) เพื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจในการใช้งานของสื่อแบบดั้งเดิมและสื่อโมชันอินโฟกราฟิก



## ผลงานที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลงานด้านโมชันอินโฟกราฟิกที่มีรูปแบบเกี่ยวข้องกับการแนะนำหน่วยงาน อาทิ

1) โมชันอินโฟกราฟิกแนะนำคณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร : โดยมีการใช้สีประจำคณะมาเป็นสีหลักในการพัฒนาสื่อ และมีนักศึกษาเป็นตัวละครหลัก ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1: โมชันอินโฟกราฟิกแนะนำคณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=h7SEOMQ9K4M>

2) โมชันอินโฟกราฟิกแนะนำบริษัท Ubiz Solution : โดยมีการออกแบบเครื่องแต่งกายของตัวละครหลักที่แสดงถึงความเป็นบุคลากรในองค์กรธุรกิจ ซึ่งเป็นกลุ่มลูกค้าหลักของทางบริษัท ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2: โมชันอินโฟกราฟิกแนะนำบริษัท Ubiz Solution

ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=bEdGivJz4KY>

3) โมชันอินโฟกราฟิกแนะนำ Ikari Trading (Thailand) Company Profile : เป็นการแสดงประวัติความเป็นมาขององค์กร โดยใช้สัญลักษณ์เป็นตัวแทนในการสื่อความหมายแทนตัวอักษร ดังรูปที่ 3

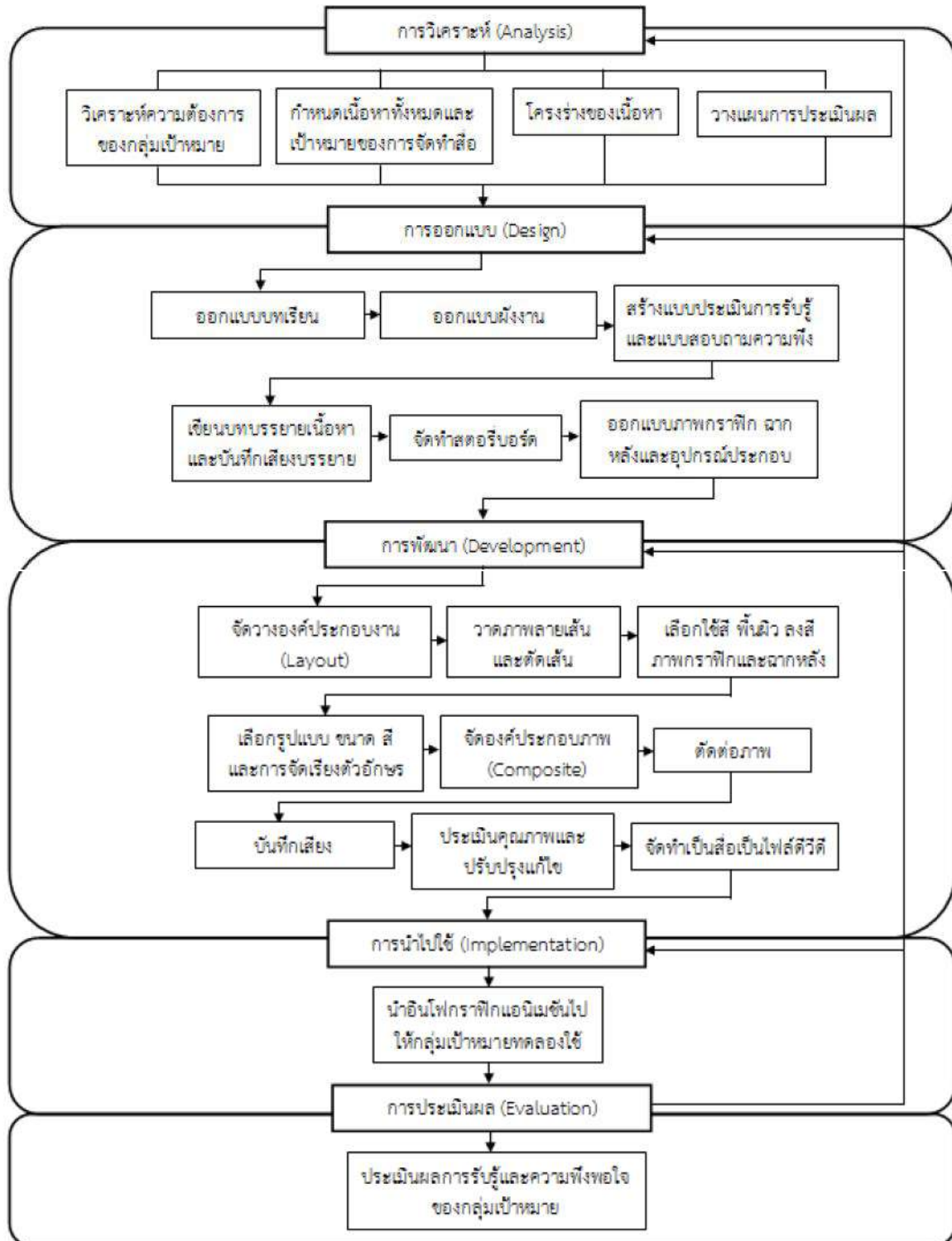


รูปที่ 3: โมชันอินโฟกราฟิกแนะนำ Ikari Trading (Thailand) Company Profile

ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=kBUkUaubKIY>

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการออกแบบโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อแนะนำบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ในองค์กร ได้ประยุกต์ใช้ ADDIE Model เป็นแนวทางในการดำเนินงาน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4: แผนภูมิการออกแบบอินโฟกราฟิกแอนิเมชันเพื่อการเรียนรู้ตามรูปแบบ ADDIE model (พงษ์พิพัฒน์ สายทอง, 2557)

ขั้นตอนหลักของการออกแบบโมชันอินโฟกราฟิกตามหลัก ADDIE Model ประกอบด้วย

1. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นขั้นตอนการกำหนดเนื้อหาที่จะนำเสนอในรูปแบบโมชันอินโฟกราฟิก โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องและสัมภาษณ์พนักงานฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี เพื่อรับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับหน่วยงานย่อยและบทบาทหน้าที่สำคัญของแต่ละส่วนงานในฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ จากนั้นทำการกำหนดโครงร่างของเนื้อหาที่สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย และศึกษาแนวทางการประเมินผลในการรับชมสื่อของกลุ่มเป้าหมาย

ทั้งนี้ จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ในบริษัทข้างต้น พบว่ามีการแบ่งงานเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) ส่วนงาน HR Business Partner (HRBP) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการให้คำปรึกษาช่วยเหลือ ประสานงาน และแก้ไขปัญหางานที่เกี่ยวข้องให้แก่หน่วยงานได้อย่างรวดเร็ว และ 2) ส่วนงาน HR Center of Excellence (COE) ซึ่งประกอบด้วยงานย่อย ๆ คือ งานจัดหาผู้มีความสามารถพิเศษ (Talent Acquisition) งานค่าตอบแทนและสิทธิประโยชน์ (Compensation & Benefits) งานพนักงานสัมพันธ์ (Employee Relations) รวมถึงงานพัฒนาองค์กรและฝึกอบรม (Organization and Training) โดยบริษัทต้องการให้ผลงานโมชันอินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้นมีความยาวประมาณ 3 นาที เพื่อให้ผู้ชมสามารถรับชมเนื้อหาได้จนจบและไม่เกิดความเบื่อหน่าย และมีการใช้สถานการณ์ที่เป็นตัวแทนในการอธิบายเนื้อหาที่เข้าใจง่าย เช่น งานพนักงานสัมพันธ์ ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการจัดกิจกรรมสร้างความสัมพันธ์สำหรับพนักงาน จะเลือกใช้สถานการณ์งานเลี้ยงรื่นเริง และงานท่องเที่ยวนอกสถานที่ เพื่อให้เห็นบรรยากาศความสนุกสนาน สามัคคี ระหว่างพนักงานในองค์กร เป็นต้น

กลุ่มเป้าหมายที่รับชมสื่อ ประกอบด้วย พนักงานในแผนกต่าง ๆ ของบริษัทที่มีอายุงานไม่เกิน 3 ปี ทั้งเพศชายและหญิง ซึ่งเป็นกลุ่มที่ยังมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ไม่มากนัก โดยการประเมินผลการรับชมสื่อของกลุ่มเป้าหมายจะดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานของสื่อแบบดั้งเดิมซึ่งอยู่ในรูปเอกสารและสื่อโมชันอินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้นใหม่

2. การออกแบบ (Design) เป็นขั้นตอนการนำเนื้อหาที่วิเคราะห์ไว้มาออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาผลงานโมชันอินโฟกราฟิก อาทิ

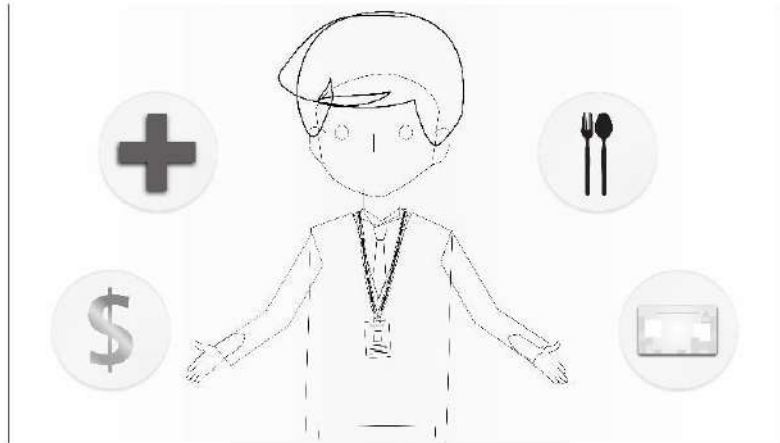
2.1 การออกแบบเนื้อหา : เตรียมเนื้อหา สรุบน้ำหา ที่ต้องการสื่อ

2.2 การออกแบบตัวละคร : เป็นการออกแบบตัวละครที่สามารถแสดงเรื่องราวตามเนื้อหาให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น โดยให้ความสำคัญกับการออกแบบเครื่องแต่งกายเพื่อแสดงถึงตำแหน่งงานต่าง ๆ ที่ต้องการสื่อ และการเลือกใช้สีผิว สีมว ที่ช่วยเพิ่มความสมจริงให้แก่ตัวละครมากยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 5



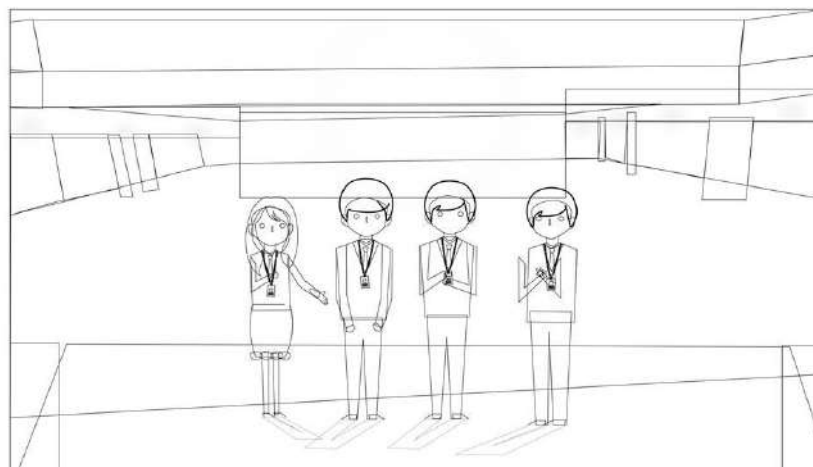
รูปที่ 5: ตัวอย่างตัวละครที่ใช้ในงานโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อแนะนำบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์

2.3 การออกแบบสตอรี่บอร์ด (Story Board) และกราฟิกประกอบฉาก: เป็นขั้นตอนที่ช่วยจัดลำดับความคิดในการนำเสนอข้อมูล โดยการกำหนดจำนวนฉาก และเนื้อหาสคริปต์ในแต่ละฉาก การกำหนดเนื้อหาเสียงพากย์ และรายละเอียดของฉาก ดังรูปที่ 6 และ 7



Scene 4 : ดูแลค่าจ้าง สวัสดิการ และสิทธิประโยชน์ต่างๆ ของพนักงาน  
Animation : HR แบนมือเหมือนเสิร์ฟอาหาร สวัสดิการขึ้นมาทีละอัน

รูปที่ 6: ตัวอย่างสตอรี่บอร์ดที่แสดงบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์โดยใช้สัญลักษณ์ช่วยสื่อความหมาย



Scene 23 : มีหน้าที่สำคัญในการสร้างพื้นฐานและความแข็งแกร่งในงานบริหารจัดการงาน  
ทรัพยากรบุคคลให้กับองค์กร  
Animation : ทุกคนเหมือนกำลังถ่ายรูปด้วยกัน มีรูป lens ขึ้นมาเพื่อเปลี่ยนไปฉากต่อไป

รูปที่ 7: ตัวอย่างสตอรี่บอร์ดที่มีฉากหลังประกอบ

3. การพัฒนา (Development) เป็นขั้นตอนการพัฒนาโมชันอินโฟกราฟิกตามแนวทางที่ได้ออกแบบไว้ให้เกิดเป็นรูปธรรมมากขึ้นและเหมาะสมกับวิธีการนำเสนอที่กำหนด โดยใช้เวกเตอร์กราฟิก ข้อความ ภาพเคลื่อนไหว เสียงพากย์และเสียงประกอบ นอกจากนี้ ยังมีการประยุกต์ใช้เทคนิคให้ภาพมีความสวยงามมากยิ่งขึ้น อาทิ การไลโทนสี และการใส่เงาให้แก่วัตถุ ดังรูปที่ 8 และ 9



รูปที่ 8: ขั้นตอนการ Gradient สี เพื่อไล่สีโทนต่าง ๆ



รูปที่ 9: ขั้นตอนการทำ Drop Shadow เพื่อเพิ่มเงาให้วัตถุมีความเด่นชัด

ทั้งนี้ ในการสร้างโมชันอินโฟกราฟิกจำเป็นต้องอาศัยการการสลับไหลของภาพที่ต่อเนื่อง มีการเปลี่ยนทรานซิชัน (Transition) ของแต่ละช็อต รวมถึงการกำหนดเวลาเคลื่อนไหว (Timing) ในฉากต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมและเป็นธรรมชาติ เช่น การขยับมือที่มีท่าทางและเวลาที่ต่างกัน ทั้งนี้ การใช้ความเร็วที่ต่างกันจะช่วยให้เกิดความรู้สึกที่แตกต่างด้วยเช่นกัน โดยจะต้องคำนึงถึงจำนวนเฟรมและจังหวะการเลื่อนเข้าออกของส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในฉากเป็นสำคัญ เพื่อให้ผลงานโมชันอินโฟกราฟิกนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ยังมีการใส่เอฟเฟกซ์และเสียงพากย์ประกอบในผลงานโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อช่วยให้ผลงานสามารถดึงดูดใจผู้ชมได้มากยิ่งขึ้น จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการเรนเดอร์ (Render) หรือการนำงานที่สร้างขึ้นมาแปลงเป็นไฟล์วิดีโอที่พร้อมนำไปใช้งานต่อไป

#### 4. การนำไปใช้ (Implementation)

เป็นขั้นตอนการนำผลงานการออกแบบโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อแนะนำบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ ความยาวประมาณ 3 นาที ดังรูปที่ 10 ที่พัฒนาขึ้นไปให้แก่กลุ่มเป้าหมายรับชม ซึ่งเป็นพนักงานในแผนกต่าง ๆ ของบริษัทที่มีอายุงานไม่เกิน 3 ปี เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์มากยิ่งขึ้น



รูปที่ 10: ตัวอย่างผลงานโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อแนะนำบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์

#### 5. การประเมินผล (Evaluation)

เครื่องมือวิจัยในครั้งนี้เป็นแบบสอบถามจำนวน 1 ชุด โดยกำหนดระดับพฤติกรรมออกเป็น 5 ระดับ มีการหาคุณภาพเครื่องมือโดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาปรับปรุงแก้ไข และหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยวิธีของครอนบาค (Cronbach's Alpha) พบว่าข้อคำถามทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.96 สอดคล้องกับเกณฑ์คุณภาพของเครื่องมือ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้สอบถามความพึงพอใจในการใช้งานสื่อโมชันอินโฟกราฟิกกับกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับชมผลงาน ซึ่งเป็นพนักงานในแผนกต่าง ๆ ของบริษัทที่มีอายุงานไม่เกิน 3 ปี โดยมีกลุ่มเป้าหมายที่อายุงานเป็นไปตามเกณฑ์ จำนวน 30 คน ดังนี้

ตารางที่ 1: แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบประเมิน

เพศ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	13	43.3
หญิง	17	56.7
รวม	30	100

#### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการประยุกต์ใช้ ADDIE Model ทั้ง 5 ขั้นตอน ทำให้ได้ผลงานโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อแนะนำบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ ที่มีเนื้อหาแสดงถึงบทบาทหน้าที่ของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ต่อพนักงานในองค์กร ซึ่งผู้วิจัยได้เปรียบเทียบความพึงพอใจในการใช้งานของสื่อแบบดั้งเดิมซึ่งอยู่ในรูปเอกสารและสื่อโมชันอินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้นใหม่ โดยกำหนดค่าของการแปลผลจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด (5 4 3 2 1) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.0 – 5.0	หมายถึง ดีมาก
ค่าเฉลี่ย 3.0 – 3.9	หมายถึง ดี
ค่าเฉลี่ย 2.0 – 2.9	หมายถึง ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.0 – 1.9	หมายถึง พอใช้
ต่ำกว่า 1.0	หมายถึง ควรปรับปรุง

**ตารางที่ 2:** แสดงผลประเมินความพึงพอใจในการใช้งานสื่อโมชันอินโฟกราฟิกของกลุ่มเป้าหมาย

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจ	ระดับความคิดเห็น
1. การลำดับเรื่องเข้าใจง่าย	4.53	ดีมาก
2. ข้อมูลที่นำเสนอมีความครบถ้วน ถูกต้อง ชัดเจน	4.53	ดีมาก
3. เสียงประกอบชัดเจน	4.53	ดีมาก
4. ความรู้ที่ได้รับเกี่ยวกับบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์	4.60	ดีมาก
5. ความน่าสนใจของรูปแบบการนำเสนอข้อมูล	4.60	ดีมาก
6. ภาพอินโฟกราฟิกมีสีสันสวยงาม	4.56	ดีมาก
7. การเลือกใช้สีที่สื่อความหมายถึงฝ่ายทรัพยากรมนุษย์	4.60	ดีมาก
8. ลายเส้นและตัวละครมีความเหมาะสม	4.46	ดีมาก
9. พื้นหลังและองค์ประกอบของฉากมีความเหมาะสม	4.66	ดีมาก
10. ความทันสมัยของสื่อ	4.70	ดีมาก
รวม	4.58	ดีมาก

จากตารางที่ 2 พบว่าพนักงานกลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจต่ออินโฟกราฟิกเพื่อแนะนำบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.58 อยู่ในระดับดีมาก โดยรายการประเมินที่มีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความทันสมัยของสื่อ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.70 อยู่ในระดับดีมาก รองลงมาคือ พื้นหลังและองค์ประกอบของฉากมีความเหมาะสม คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.66 อยู่ในระดับดีมากเช่นเดียวกัน ส่วนรายการประเมินที่มีความพึงพอใจน้อยที่สุดคือ ลายเส้นและตัวละครมีความเหมาะสม คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.46 อยู่ในระดับดีมาก

**ตารางที่ 3:** แสดงผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจในการใช้งานของสื่อแบบดั้งเดิมและสื่อโมชันอินโฟกราฟิก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยของระดับความเห็นด้วย	ระดับความคิดเห็น
1. สื่อโมชันอินโฟกราฟิกใช้เวลาในการทำความเข้าใจน้อยกว่าสื่อแบบดั้งเดิมที่เป็นเอกสาร	4.57	มากที่สุด
2. สื่อโมชันอินโฟกราฟิกมีรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจมากกว่าสื่อแบบดั้งเดิมที่เป็นเอกสาร	4.63	มากที่สุด
3. สื่อโมชันอินโฟกราฟิกชวนให้ติดตามจนจบได้มากกว่าสื่อแบบดั้งเดิมที่เป็นเอกสาร	4.60	มากที่สุด
4. สื่อโมชันอินโฟกราฟิกช่วยให้จดจำข้อมูลได้มากกว่าสื่อแบบดั้งเดิมที่เป็นเอกสาร	4.50	มากที่สุด
5. สื่อโมชันอินโฟกราฟิกช่วยให้เกิดความพึงพอใจในภาพรวมมากกว่าสื่อแบบดั้งเดิมที่เป็นเอกสาร	4.53	มากที่สุด
รวม	4.57	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่าพนักงานกลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจต่อสื่อโมชันอินโฟกราฟิกในภาพรวมมากกว่าสื่อแบบดั้งเดิมที่เป็นเอกสาร คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.57 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยรายการประเมินที่มีระดับความเห็นด้วยมากที่สุดคือ สื่อโมชันอินโฟกราฟิกมีรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจมากกว่าสื่อแบบดั้งเดิมที่เป็นเอกสาร คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.63 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ สื่อโมชันอินโฟกราฟิกชวนให้ติดตามจนจบได้มากกว่าสื่อแบบดั้งเดิมที่เป็นเอกสาร คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.60 อยู่ในระดับมากที่สุด และรายการประเมินที่มีระดับความเห็นด้วยน้อยที่สุดคือ สื่อโมชันอินโฟกราฟิกช่วยให้จดจำข้อมูลได้มากกว่าสื่อแบบดั้งเดิมที่เป็นเอกสาร คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.50 อยู่ในระดับมากที่สุด

## สรุป

องค์กรส่วนใหญ่ได้ให้ความสำคัญมากขึ้นกับการบริหารทรัพยากรมนุษย์เพื่อสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันให้แก่องค์กร โดยตระหนักถึงความจำเป็นในการพัฒนาและบริหารคนในฐานะที่เป็นทุนมนุษย์ที่มีคุณค่ายิ่ง ทั้งนี้ กลยุทธ์หนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการเพิ่มศักยภาพขององค์กรได้เป็นอย่างดีคือ การใช้เทคโนโลยีมาสนับสนุนการบริหารทรัพยากรมนุษย์ (ณัฐวุฒิ พงศ์สิริ, 2555) ดังนั้น การแนะนำบทบาทหน้าที่ของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ให้แก่พนักงานในองค์กรได้รับทราบด้วยเอกสารแบบดั้งเดิมเพียงอย่างเดียว จึงอาจไม่ใช่วิธีการที่มีประสิทธิภาพสำหรับการสื่อสารในยุคปัจจุบัน ซึ่งถือว่าเทคโนโลยีสารสนเทศได้พัฒนาองค์กรเข้าสู่ยุคดิจิทัล ส่งผลให้องค์กรเริ่มตระหนักถึงความสำคัญในการพัฒนาสื่อกลางในการถ่ายทอดข้อมูลข่าวสารภายในองค์กรให้มีความทันสมัยมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยชิ้นนี้ได้พัฒนาโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อแนะนำบทบาทของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ขององค์กรธุรกิจแห่งหนึ่ง โดยได้พัฒนาเนื้อหาและรูปแบบการนำเสนอให้ทันสมัยในรูปแบบของสื่อดิจิทัลที่มีความสวยงามและดึงดูดใจ ซึ่งส่งผลให้โมชันอินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นที่พึงพอใจสำหรับพนักงานกลุ่มเป้าหมายเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นความทันสมัยของสื่อ และความน่าสนใจของรูปแบบการนำเสนอข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของพงษ์พิพัฒน์ สายทอง (2557) ที่พบว่าโมชันอินโฟกราฟิกเป็นนำเสนอข้อมูลที่สามารถกระตุ้นความสนใจ เชื่อมโยงและสนับสนุนให้หนีตแสวงหาความรู้ไปยังแหล่งข้อมูลเพิ่มเติม นอกจากนี้ งานของนฤมล ถิ่นวิรัตน์ (2555) ยังพบว่าการแปลงข้อมูลเป็นภาพในรูปแบบของอินโฟกราฟิกจะช่วยให้ประชาชนรู้และเข้าใจได้ดีขึ้น รวดเร็ว และแจ่มชัดขึ้นกว่าการสื่อสารในรูปแบบของตัวอักษรเพียงอย่างเดียว รวมถึงงานของพิชญานิน งามจรัส (2559) ที่พบว่าการออกแบบที่ดีจะส่งผลต่อความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย ตลอดจนสามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของการให้ความรู้ในด้านต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ จากผลการวิจัยดังกล่าวทำให้เห็นว่าการพัฒนาสื่อดิจิทัลที่ทันสมัยสวยงามและมีเนื้อหากระชับส่งผลให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- ณัฐวุฒิ พงศ์สิริ. (2555). ทิศทางกลยุทธ์การบริหารทรัพยากรมนุษย์ของธนาคารแห่งประเทศไทยเพื่อเตรียมรับ AEC. *Journal of HR Intelligence*. 7(1), 55-59.
- นฤมล ถิ่นวิรัตน์. (2555). อิทธิพลของอินโฟกราฟิกต่อการสื่อสารข้อมูลเชิงซ้อน กรณีศึกษาโครงการ "รู้สู้ flood". วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- นิพนธ์ คุณารักษ์. (2554). ระบบและกระบวนการผลิตภาพยนตร์แอนิเมชัน 2 มิติร่วมสมัย. *วารสารศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 3(2), 56 - 68.



- พงษ์พิพัฒน์ สายทอง. (2557). การออกแบบอินโฟกราฟิกแอนิเมชันเพื่อการเรียนการสอน. *วารสารวิชาการ ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 5(2), 119-135.
- พัชรา วาณิชวสิน. (2558). ศักยภาพของอินโฟกราฟิก (Infographic) ในการเพิ่มคุณภาพการเรียนรู้. *วารสาร ปัญญาภิวัฒน์*. 7(พิเศษ), 227-240.
- พิชญานิน งามจรัส. (2559). การออกแบบอินโฟกราฟิกสื่อผสมแนวมินิมอลอาร์ต เรื่องแบ็คแพ็คญี่ปุ่น. *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2559*. 29 เมษายน 2559 ณ มหาวิทยาลัยรังสิต. ปทุมธานี. 719-725.

การพัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต : กรณีศึกษา  
คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม

THE DEVELOPMENT OF INFORMATION DATABASE SYSTEM FOR THE  
INTERNSHIP PROGRAMS ON INTERNET NETWORK : A CASE STUDY IN FACULTY  
OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

วิชา รุ่งสุวรรณ์  
Wichaya Roonsuwan

ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
Department of Information Technology, Faculty of Industrial Technology and Management,  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok  
Corresponding author, E-mail: wichaya.r@fitm.kmutnb.ac.th

**บทคัดย่อ**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างระบบฐานข้อมูลสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คนพบว่า ด้านความสามารถทำงานตามความต้องการผู้ใช้ ด้านหน้าที่ของระบบ ด้านการใช้งานของระบบ และด้านความปลอดภัยและการตรวจสอบความถูกต้องในการเข้าใช้ระบบ ที่มีต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ปรากฏว่า ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านคุณภาพมีค่าเฉลี่ยรวม 4.23 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยรวม 0.67 สรุปได้ว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ซึ่งด้านการวิเคราะห์ค่าความคิดเห็นนักศึกษาที่มีต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผลการประเมินระบบด้านต่างๆ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยรวม 0.79 สรุปได้ว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ซึ่งการวิจัยครั้งต่อไป ระบบควรแสดงถึงสถานประกอบการที่นักศึกษาเลือกไปฝึกงาน โดยเรียงตามลำดับ เพื่อจัดอันดับสถานประกอบการได้ และควรมีการสำรองข้อมูลของระบบโดยผู้วิจัยได้ปรับปรุงระบบงานเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และเป็นแนวทางในการจัดการศึกษาต่อไป

**คำสำคัญ:** ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศ การฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

**ABSTRACT**

The purpose of this research was to create an internship information database system on internet network. The assessment results performed by three experts ensure system's ability to operate according to functional requirements with satisfactory level of usability and security. The mean score from expert assessment was 4.23 out of 5 with the

standard deviation of 0.67 The assessment outcome based on students satisfactory level was 4.15 with the standard deviation of 0.79 The results of systematic evaluation showed that: The overall of satisfied level in students on the internship information system via Internet network. mean level at 4.15 and overall of the standard deviation level at 0.79 Future research and development may enhance the current system in the following ways: 1) The system shows the list of organizations chosen by students in an prioritized order; 2) Backup and recovery should be in place to minimize effects of unexpected incidents

**Keyword:** Database System Information, Training via Internet

## บทนำ

ข้อมูลข่าวสารถือเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งต่อการดำเนินกิจการต่างๆ ผู้ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้เร็วกว่าก็จะได้เปรียบผู้อื่น อินเทอร์เน็ต (Internet) เป็นแหล่งรวบรวมข้อมูลสารสนเทศจากทั่วโลกเข้าไว้ด้วยกัน จึงเป็นเสมือนชุมทรัพย์ข้อมูล ข่าวสารที่คนส่วนใหญ่ทั่วโลกเริ่มหันมาสนใจในปัจจุบัน [1] ระบบสารสนเทศ และการสื่อสารแบบไร้พรมแดนหรือที่เรียกว่าอินเทอร์เน็ตเป็นสิ่งที่เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในการดำเนินชีวิตประจำวัน ทั้งทางด้านการศึกษา การปฏิบัติงาน โดยที่ระบบสารสนเทศจะช่วยให้เราสามารถติดต่อสื่อสารกันได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น การนำอินเทอร์เน็ตมาใช้ในปัจจุบัน นับได้ว่าเป็นการเปิด มิติใหม่ของโลกแห่งการสื่อสารอันเนื่องด้วยจุดเด่น ของอินเทอร์เน็ตที่สามารถขจัดปัญหาในเรื่องของเวลา และระยะทางได้ทำให้ผู้คนสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ภายในเวลาอันรวดเร็ว ไม่ว่าจะอยู่ส่วนใดของโลกก็ตาม [2] อินเทอร์เน็ตเป็นระบบเครือข่ายที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกันมากที่สุดในโลก ภายในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีการให้บริการอีเมล (E-mail) หรือจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การให้บริการข้อมูลแบบ Gopher, www, FTP และอื่นๆ อีกมากมายจุดเด่นที่ทำให้อินเทอร์เน็ต เป็นเครือข่ายที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เป็นเพราะว่าเครือข่ายใช้โปรโตคอล (Protocol) แบบ “ทีซีพี/ไอพี” (TCP/IP) ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องมีความสำคัญเท่ากันหมด เมื่อมีเครื่องหนึ่งเครื่องใดในระบบไม่สามารถทำงานได้ตามปกติแล้ว ไม่ได้หมายความว่าระบบทั้งหมดจะหยุดทำงาน ระบบเครือข่ายโดยรวมยังสามารถส่งข้อมูลข้ามไปมาได้ เพราะอย่างยิ่งมีเครื่องคอมพิวเตอร์อื่นๆ ทำหน้าที่แทนโดยข้อมูลอาจมีการเปลี่ยนไปใช้เส้นทางที่ไม่มีปัญหาแทนได้ ดังนั้น อินเทอร์เน็ตไม่มีวันหลับ มีคนใช้งานอินเทอร์เน็ตอยู่ตลอดเวลา การเผยแพร่ข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสามารถนำเสนอข้อมูลได้ทั้งในรูปแบบข้อความ รูปภาพเคลื่อนไหว เสียงข้อมูลมัลติมีเดียที่มีชีวิตชีวาทำให้น่าสนใจ ทำให้เครือข่ายใยแมงมุมได้รับความนิยมเป็นอย่างสูงเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้สร้างมิติใหม่ต่อการเปลี่ยนแปลงวิถีการดำเนินงานขององค์กรโดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านการศึกษา และธุรกิจ ทุกองค์กรต่างๆ ยอมรับว่าเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจะเป็นศูนย์กลางในการดำเนินงานของตน ดังนั้น ทิศทางการพัฒนา จึงมุ่งสู่การเชื่อมโยงระบบเครือข่ายของตนเอง และองค์กรเข้ากับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เนื่องด้วยปัจจุบันหน่วยงานทั้งในภาครัฐและเอกชนตลอดจนสถาบันการศึกษาต่างๆ ได้นำคอมพิวเตอร์ เข้ามาเกี่ยวข้องกับการทำงานเป็นอย่างมาก เพราะคอมพิวเตอร์สามารถอำนวยความสะดวกให้กับหน่วยงานนั้นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ คอมพิวเตอร์สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างมากมาย และทำให้การติดต่อสื่อสารรวดเร็วสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้ คอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับการใช้งาน ในปัจจุบันมีซอฟต์แวร์ที่เพิ่มมากขึ้นและมีรายละเอียดมากขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกกับงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบจัดการนักศึกษาฝึกงาน คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

มงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมอยู่ในระดับดี สำหรับการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบโดยตอบแบบสอบถาม ได้แก่ อาจารย์แผนกฝึกงาน นักศึกษา สถานประกอบการ และผู้บริหาร ผลการประเมินพบว่า ผู้บริหารมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด สำหรับอาจารย์แผนกฝึกงาน นักศึกษาฝึกงาน และสถานประกอบการมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้มีประสิทธิภาพตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน [3]

การเรียนการสอนในปัจจุบันที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อประกอบนั้น ทำให้เกิดความคิดที่เป็นระบบ มีกระบวนการคิดที่แตกต่างอย่างสร้างสรรค์ ได้นำองค์ความรู้ทักษะทางด้านต่างๆ มาบูรณาการ ใช้เป็นการเรียนที่ฝึกทักษะทั้งทางด้านทฤษฎี และทำให้เกิดการปฏิบัติจริง สามารถนำไปใช้งานได้จริงและเกิดประโยชน์กับบุคคลอื่น ผู้วิจัยได้พบปัญหาการปฏิบัติงานให้บริการนักศึกษาเกี่ยวกับการฝึกงานของนักศึกษาคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เรื่อง การขอติดต่อขอหนังสือราชการในรูปแบบเดิมจากนักศึกษา โดยทำการสอบถามและเก็บรวบรวมข้อมูล พบว่า การขอที่ฝึกงานซ้ำซ้อนกันในกลุ่มนักศึกษา การติดตามเอกสารการฝึกงาน การติดต่อสอบถามข้อมูลทำได้ล่าช้า เนื่องจากเจ้าหน้าที่ไม่ได้ปฏิบัติหน้าที่เพียงด้านเดียว ซึ่งติดภารกิจอื่นๆ จึงทำให้ไม่สามารถให้ข้อมูลกับนักศึกษาได้ทันที จากปัญหาที่พบในปัจจุบันผู้วิจัยพบว่า คณะอุตสาหกรรมเกษตรยังไม่มีระบบฐานข้อมูลสารสนเทศสำหรับการฝึกงานของนักศึกษาผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งทำให้การนำเสนอข้อมูลการฝึกงานของนักศึกษาขาดความต่อเนื่อง ไม่ครอบคลุมและทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น จากการสัมภาษณ์บุคลากรที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นอาจารย์ และเจ้าหน้าที่พบว่า การเรียนการสอนยังไม่มีระบบสนับสนุนที่มีประสิทธิภาพ เช่น ความซ้ำซ้อนของข้อมูล มีความยุ่งยากในการจัดการข้อมูล รongรับผู้ใช้งานได้น้อย ไม่มีพื้นที่จัดเก็บข้อมูลไว้รองรับผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานไม่สามารถจัดการไฟล์งานที่ออฟไลน์ได้ เป็นต้น ซึ่งวิเคราะห์และออกแบบระบบงานใหม่เพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงโดยทำการศึกษาและทดลองใช้ระบบที่มีอยู่ก่อนหน้าผลจากการศึกษาระบบงานเดิมสามารถวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ผู้วิจัยเห็นความจำเป็นในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะช่วยในการอำนวยความสะดวกและรวดเร็วในการนำเสนอข้อมูลการฝึกงานของนักศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจากปัญหาสำคัญดังกล่าว เพื่อให้คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สามารถนำเสนอข้อมูลการฝึกงานของนักศึกษา ชาวประชาสัมพันธ์ สถานประกอบการที่เปิดรับนักศึกษาเข้าฝึกงาน อีกทั้งยังเป็นการสร้างภาพลักษณ์ให้แก่คณะอุตสาหกรรมเกษตร ในด้านการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์ (Application Software) “ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต” ขึ้นในลักษณะของงานวิจัย เพื่อให้คณะอุตสาหกรรมเกษตร ได้มีระบบงานที่มีประสิทธิภาพต่อไป

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างระบบฐานข้อมูลสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
2. เพื่อประเมินคุณภาพของระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
3. เพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบฐานข้อมูลสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

### วิธีดำเนินงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

### 1. สมมติฐานของการวิจัย

1. คุณภาพของระบบที่มีต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับดี
2. ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับดี

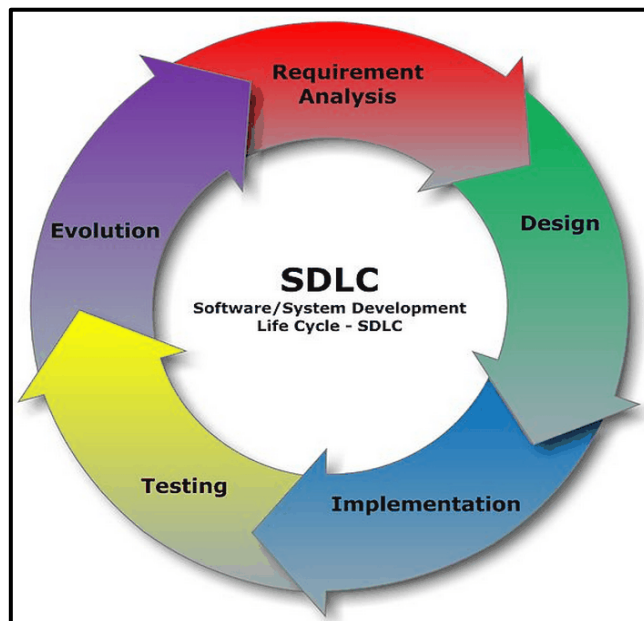
### 2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1. ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ที่มีความรู้ และประสบการณ์การพัฒนาแบบระบบไม่น้อยกว่า 5 ปี โดยคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีเฉพาะเจาะจงจำนวน 3 คน
2. นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ลงทะเบียนเรียนในภาคเรียนที่ 2/2555 จำนวน 50 คน

### 3. ขั้นตอนการพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบตามขั้นตอนการพัฒนาระบบสารสนเทศ (System Development Life Cycle: SDLC) การพัฒนาระบบ โดยมีอยู่ 5 ขั้นตอน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กรกฎ ช่วยพันธ์ (2553) ได้กล่าวไว้ว่าการพัฒนาระบบงานสารบรรณ โรงเรียนยี่งប់ปรังค์ อำเภอโคคชัย จังหวัดนครราชสีมาพบว่า จากการพัฒนาในรอบที่1 ตามขั้นตอนการพัฒนาระบบ SDLC ทั้ง 5 ขั้นตอนโดยใช้กลยุทธ์การประชุมเชิงปฏิบัติการ การนิเทศภายในทำให้บุคลากรมีความรู้เข้าใจในระบบงาน และสามารถที่จะออกแบบระบบใหม่ตามงานที่ออกแบบไว้ได้ [4] ซึ่งวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle) [5] สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1: วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle)

ที่มา: <http://bcomubru.com/maitree/?p=207>

**3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความต้องการของระบบ** ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบสารสนเทศ เพื่อทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ของการพัฒนาระบบสารสนเทศ โดยดำเนินการศึกษารวบรวมและจัดการการศึกษาปัญหาสัมภาษณ์บุคลากรที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นอาจารย์ และเจ้าหน้าที่พบว่า รูปแบบการฝึกงานแบบเดิมยังไม่มียระบบสนับสนุนที่มีประสิทธิภาพ เช่น ความซ้ำซ้อนของข้อมูล มีความยุ่งยากในการจัดการข้อมูล รองรับผู้ใช้งานได้น้อย ไม่มีพื้นที่จัดเก็บข้อมูลไว้รองรับผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานไม่สามารถจัดการไฟล์งานที่อัปโหลดได้ เป็นต้น ซึ่งวิเคราะห์และออกแบบระบบงานใหม่เพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงโดยทำการศึกษาและทดลองใช้ระบบที่มีอยู่ก่อนหน้าผลจากการศึกษาระบบงานเดิมสามารถวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งการวิเคราะห์และเก็บรวบรวมความต้องการผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. วิเคราะห์ระบบงานเดิม จากการศึกษากระบวนการเดิมที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันทำให้ทราบถึงปัญหาและข้อบกพร่องของระบบงานเดิม ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการทำงานทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาระบบงานใหม่ซึ่งมีข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น

2. กำหนดความต้องการของระบบ ในระบบสามารถกำหนดได้ตามความต้องการของผู้ใช้ดังนี้

- ผู้ใช้ระบบ (User)
- ผู้บริหารระบบ (Admin)

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ก่อนการวิเคราะห์ระบบผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตามสภาพความเป็นจริง โดยใช้แบบสอบถาม เพื่อจำแนกประเด็นปัญหา และความต้องการของระบบงานใหม่ โดยใช้ข้อคำถามจากการสอบถามเบื้องต้นในการสร้างแบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วยแบบสอบถาม 2 แบบ ได้แก่แบบสอบถามปัญหาของการจัดทำระบบสารสนเทศ และแบบสอบถามความคิดเห็นในการนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานในส่วนการฝึกงาน ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลผู้ใช้ตอบแบบสอบถามปัญหาของการจัดทำระบบการฝึกงานของนักศึกษา คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือจำนวน 15 คน ปัญหาที่พบมากที่สุด คือ ปัญหาการขอฝึกงานทับซ้อนกัน ได้แก่ การขอฝึกงานในสถานประกอบการที่เดียวกัน ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าให้การติดต่อกับสถานประกอบการ เป็นต้น ส่งผลให้สถานประกอบการรับนักศึกษาฝึกงานจากมหาวิทยาลัยไปก่อนแล้ว

**3.2 การออกแบบ (Design)** จากที่ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. การออกแบบหน้าจอหลัก (Main Menu Design) ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบหน้าจอหลัก ให้มีส่วนของการล็อกอิน การแจ้งประกาศข้อมูลข่าวสาร และรายงานข้อมูล โดยแบ่งส่วนการทำงานของหน้าจอหลัก

2. การออกแบบฐานข้อมูล (Data Design) จากข้อมูลผู้วิจัยได้รวบรวมและได้ทำการวิเคราะห์ผ่านมาแล้วนั้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวออกแบบฐานข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยฐานข้อมูลต่างๆ ซึ่งแต่ละฐานข้อมูลจะมีความเกี่ยวข้องกันในของการกำหนดความสัมพันธ์แต่ละตารางนั้น จะไม่มีข้อมูลที่ซ้ำซ้อน ทำให้ประหยัดเนื้อที่การจัดเก็บ และในการปรับปรุงข้อมูลก็สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลในแฟ้มข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ [6]

3. การออกแบบระบบควบคุมความปลอดภัย (Security Control Design) ได้ดำเนินการออกแบบระบบความปลอดภัยของข้อมูลไว้ตั้งแต่การรับข้อมูลด้วยการป้องกันไม่ให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลที่ผิดปกติเข้า เช่น รหัสไม่ครบหลัก หรือข้อมูลไม่ครบถ้วน ซึ่งในการใช้ระบบการควบคุมความปลอดภัยของระบบงานจะควบคุมความปลอดภัยของระบบ โดยให้ผู้ใช้ทุกคนต้องมีรหัสประจำตัวแล้วให้สิทธิในการใช้งานในระบบงานของแต่ละคน โดยกำหนดให้ผู้ใช้มีสิทธิในการเข้าใช้ระบบ

**3.3 การพัฒนา** โดยใช้โปรแกรมภาษาสำเร็จรูป PHP ในการพัฒนาโปรแกรมเป็นภาษาโครงสร้างหลักที่ใช้ในการพัฒนาในส่วนของหน้าเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีภาษาโปรแกรมคือ ภาษา PHP ภาษา CSS ภาษา HTML 5 ภาษา JavaScript ภาษา Mysql และส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์) Application Programming Interface: APIที่ใช้พัฒนาครั้งนี้คือ Google Developers

**3.4 การทดสอบประเมินระบบ** การทดสอบระบบครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจำนวน 3 ท่าน ขอบเขตของการประเมินจะทำการประเมินความเหมาะสมระบบ 4 ด้าน ดังนี้ 1. ด้านความสามารถทำงานตามความต้องการผู้ใช้ (Functional Requirement Test) 2. ด้านหน้าที่ของระบบ (Functional Test) 3. ด้านการใช้งานของระบบ (Usability Test) 4. ด้านความปลอดภัยและการตรวจสอบความถูกต้อง (Security Test) โดยการทดสอบแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1. การทดสอบขั้นแอลฟา (Alpha Testing) เป็นการทดสอบความสมบูรณ์ของระบบโดยผู้พัฒนา ซึ่งเป็นการตรวจสอบการทำงานของระบบโดยภาพรวมว่าระบบทำงานถูกต้องตามวัตถุประสงค์หรือไม่ โดยป้อนข้อมูลสมมุติในสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ เป็นการทดสอบประเมินการใช้งานขั้นต้น เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ในการทำงานของระบบ และ 2. การทดสอบขั้นเบต้า (Beta Testing) เป็นการทดสอบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งในขั้นตอนนี้ก่อนการนำไปทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้ ผู้วิจัยได้นำระบบไปทดสอบและประเมินผลประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญโดยได้ใช้แบบสอบถามประเมินผลประสิทธิภาพของระบบ [7] การหาความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบเป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ลงทะเบียนเรียนในภาคเรียนที่ 2/ 2555 จำนวน 50 คนเพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบฐานข้อมูลสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 5 ด้านดังนี้ 1. ด้านรับข้อมูล 2. ด้านการแสดงผลข้อมูล 3. ด้านการประมวลผล 4. ด้านการออกแบบ 5. ด้านการรักษาความปลอดภัย ซึ่งความพึงพอใจ (Satisfaction) ในแต่ละด้านเป็นทัศนคติที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้เป็นการยากที่จะวัดความพึงพอใจโดยตรงแต่สามารถวัดได้โดยทางอ้อม โดยการวัดความคิดเห็นของบุคคลเหล่านั้น และการแสดงความคิดเห็นนั้นจะต้องตรงกับความรู้สึกที่แท้จริงจึงสามารถวัดความพึงพอใจนั้นได้ [8]

**3.5 การดูแลแบบปรับปรุงระบบ** การติดตั้งระบบผู้วิจัยจะทำการติดตั้งบน Server เพื่อทำการทดสอบกับประชากรกลุ่มตัวอย่าง เพื่อประเมินคุณภาพของระบบและเพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบเป็นลำดับถัดไป

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การประเมินผลคะแนนเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ของความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม แล้วนำคะแนนเฉลี่ยมาแปลความหมายของคะแนนเกณฑ์การให้คะแนนในการกำหนดค่าน้ำหนักคะแนนของตัวเลือกในแต่ละข้อ โดยมีลักษณะของแบบสอบถามเป็นมาตราอันดับ (Rating Scale) เชิงคุณภาพ 5 ระดับ และมาตราอันดับเชิงปริมาณ 5 ระดับ [9] ดังนี้

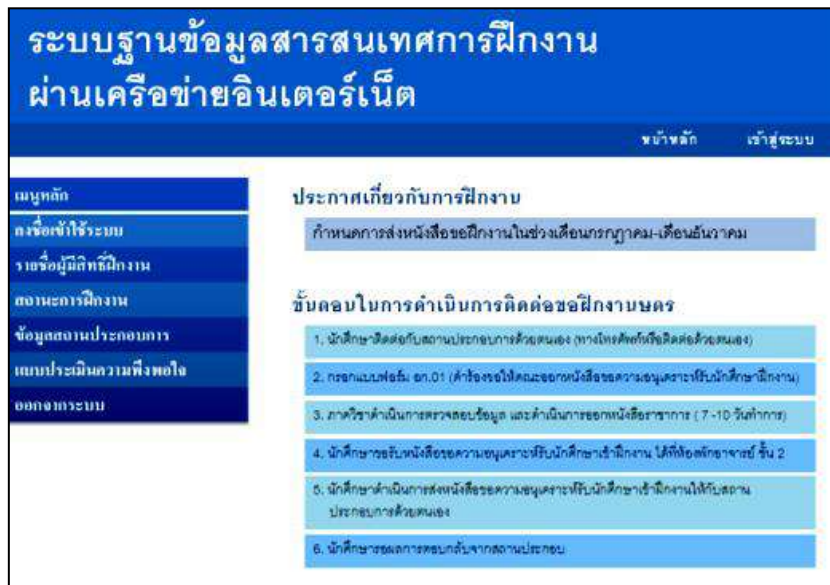
ตารางที่ 1: เกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมิน

ระดับเกณฑ์การให้คะแนน		ความหมาย
เชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ	
มากที่สุด	5	ระบบที่พัฒนามีคุณภาพมากที่สุด
มาก	4	ระบบที่พัฒนามีคุณภาพมาก
ปานกลาง	3	ระบบที่พัฒนามีคุณภาพปานกลาง
น้อย	2	ระบบที่พัฒนามีคุณภาพน้อย
น้อยที่สุด	1	ระบบที่พัฒนามีคุณภาพน้อยที่สุด

เกณฑ์การยอมรับคุณภาพของระบบ พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยของผู้ทดสอบระบบโดยต้องมีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 4 ขึ้นไป จึงจะยอมรับว่าโปรแกรมมีคุณภาพในการใช้งานได้ในสภาพการทำงานจริง ซึ่งช่วงคะแนนเฉลี่ยสามารถแบ่งเกณฑ์ระดับออกเป็น 5 ระดับ ดังต่อไปนี้

ช่วงคะแนน	4.50-5.00	จะอยู่ระดับดีมาก
ช่วงคะแนน	3.50-4.49	จะอยู่ระดับดี
ช่วงคะแนน	2.50-3.49	จะอยู่ระดับพอใช้
ช่วงคะแนน	1.50-2.49	จะอยู่ระดับต้องปรับปรุง
ช่วงคะแนน	1.00-1.49	จะอยู่ระดับใช้ไม่ได้

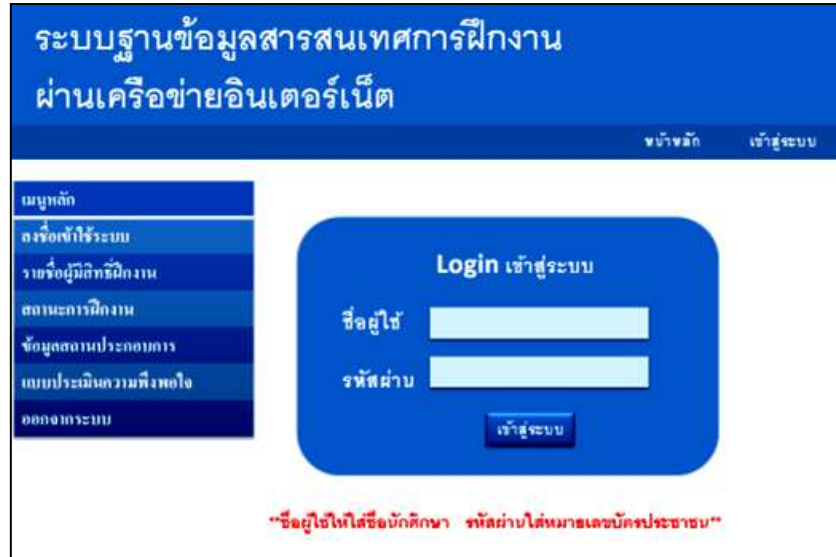
1. ผลการพัฒนากระบวนการฐานข้อมูลสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ส่วนของหน้าจอโฮมเพจหลัก เป็นหน้าจอเริ่มต้นสำหรับระบบการระบบฐานข้อมูลสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 2: หน้าจอโฮมเพจหลักหน้าจอภาพระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่าย



ส่วนของหน้าจอโฮมเพจผู้ดูแลระบบ หน้าจอโฮมเพจผู้ดูแลระบบ เป็นหน้าจอที่ปรากฏขึ้นหลังจากที่ผู้ดูแลระบบ Login เข้าสู่ส่วนจัดการข้อมูลของระบบเพื่อรับข้อมูลในส่วนแบบสอบถามความต้องการใช้ข้อมูลของผู้ใช้งานระบบ แสดงได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 3: หน้าจอโฮมเพจผู้ดูแลระบบ

ส่วนของหน้าจอโฮมเพจรายชื่อผู้มีสิทธิ์ฝึกงาน หน้าจอ เพื่อให้นักศึกษาตรวจสอบรายชื่อผู้มีสิทธิ์ขอฝึกงาน แสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 4 : หน้าจอโฮมเพจรายชื่อผู้มีสิทธิ์ฝึกงาน

ส่วนของหน้าจอโฮมเพจแบบฟอร์ม ออก. 01 สำหรับนักศึกษากรอกข้อมูลการฝึกงาน เพื่อให้ภาควิชาดำเนินการตรวจสอบและออกหนังสือขอความอนุเคราะห์รับนักศึกษาเข้าฝึกงาน แสดงได้ดังรูปที่ 4

ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศการฝึกงาน  
ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

หน้าหลัก เข้าสู่ระบบ

เมนูหลัก

- ลงทะเบียนใช้ระบบ
- รายชื่อผู้มีสิทธิ์ฝึกงาน
- สถานประกอบการฝึกงาน
- ข้อมูลสถานประกอบการ
- แบบประเมินความพึงพอใจ
- ออกจากระบบ

ชื่อเข้าใช้ : นางสาวปิยวรรณ นามเจริญ

เลขที่บัตร ๓๓.01

ข้าพเจ้า นางสาวปิยวรรณ นามเจริญ รหัสบัตร 5299160134  
นักศึกษาสาขาวิชา พัฒนาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ  
เบอร์โทรศัพท์มือถือส่วนตัว :  
ปัจจุบันศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษา  
ลักษณะการฝึกงานผ่าน :  
เป็นผู้ฝึกงาน :  ผู้ฝึกงาน :     
สถาน :  อำเภอ :   
จังหวัด :  รหัสไปรษณีย์ :  เบอร์โทรศัพท์ :   
ชื่ออีเมลส่วนตัว :   
อีเมลแบบลงทะเบียน :     
มีผู้ลงทะเบียนแล้ว :    
รหัสบัตรประชาชน :  รหัสบัตร :  เบอร์โทรศัพท์ :

รูปที่ 5 : หน้าจอโฮมเพจแบบฟอร์ม ออก01 .

ส่วนของหน้าจอโฮมเพจการตรวจสอบสถานการณ่ขอฝึกงาน เพื่อให้นักศึกษาติดตามเอกสารและตรวจสอบลำดับขั้นตอนสถานการณ่ขอฝึกงานของนักศึกษาเองว่าอยู่ระหว่างขั้นตอนใด แสดงได้ดังรูปที่ 5

ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศการฝึกงาน  
ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

หน้าหลัก เข้าสู่ระบบ

เมนูหลัก	ลำดับที่	ชื่อ สาขา	รหัสบัตรศึกษา	ตรวจสอบ ๓๓.01	รับ เอกสาร	แบบ ประเมิน	ตรวจสอบ ๓๓.02	หมายเหตุ
ลงทะเบียนใช้ระบบ	1	นางสาวณชน นามณี	52-9926-002-5	✓	✓	✓	✓	
รายชื่อผู้มีสิทธิ์ฝึกงาน	2	นางสาวปิยวดี คำทอง	52-9926-003-3	✓	✓	✓	✓	
สถานประกอบการฝึกงาน	3	นางสาววิสาขา อามชน	52-9926-005-8	✓	✓	✗		
ข้อมูลสถานประกอบการ	4	นายวิสุทธิ์ เสนีรักษ์ อุตสาหกรรม	52-9926-006-6	✓	✓	✗		
แบบประเมินความพึงพอใจ	5	นางสาวศรินทร์ณี วัฒนสุข	52-9926-007-4	✓	✓	✗		
ออกจากระบบ	6	นางสาวปิยวรรณ นามเจริญ	52-9916-043-1	✓	✓	✓	✓	
	7	นางสาววิสาขา อุตสาหกรรม	52-9916-045-6	✓	✓	✗		
	8	นางสาววิภาดา รุ่งเรือง	52-9916-052-2	✓	✓	✗		
	9	นางสาวณชน นามณี	52-9916-053-0	✓	✓	✓	✓	
	10	นางสาวปิยวดี คำทอง	52-9916-055-5	✓	✓	✓	✓	

รูปที่ 6 : หน้าจอโฮมเพจการตรวจสอบสถานะภาพขอฝึกงาน

## 2. ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ในด้านต่างๆ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2: แสดงค่าประเมินความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านความสามารถทำงานตามความต้องการผู้ใช้ (Functional Requirement Test)	4.21	0.66	ดี
2. ด้านหน้าที่ของระบบ (Functional Test)	4.17	0.58	ดี
3. ด้านการใช้งานของระบบ (Usability Test)	4.20	0.73	ดี
4. ด้านความปลอดภัยและการตรวจสอบความถูกต้องในการเข้าใช้งานระบบ (Security Test)	4.33	0.71	ดี
รวม	4.23	0.67	ดี

จากตารางที่ 2 พบว่า ด้านความสามารถทำงานตามความต้องการผู้ใช้ ด้านหน้าที่ของระบบ ด้านการใช้งานของระบบ และด้านความปลอดภัยและการตรวจสอบความถูกต้องในการเข้าใช้ระบบ ที่มีต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ปรากฏว่า ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านคุณภาพมีค่าเฉลี่ยรวม 4.23 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยรวม 0.67 สรุปได้ว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีคุณภาพอยู่ในระดับดีการวิเคราะห์ค่าความคิดเห็นนักศึกษาที่มีต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผลการประเมินระบบด้านต่างๆ ของใช้งานทั่วไป ดังนี้

ตารางที่ 3: แสดงค่าประเมินความคิดเห็นผู้ใช้งานทั่วไปที่มีต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านรับข้อมูล	4.06	0.81	ดี
2. ด้านการแสดงผลข้อมูล	4.21	0.79	ดี
3. ด้านการประมวลผล	4.14	0.82	ดี
4. ด้านการออกแบบ	4.17	0.74	ดี
5. ด้านการรักษาความปลอดภัย	4.20	0.82	ดี
รวม	4.15	0.79	ดี

จากตารางที่ 3 พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยรวม 0.79 สรุปได้ว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

## สรุป

ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ด้านความสามารถทำงานตามความต้องการผู้ใช้ ด้านหน้าที่ของระบบ ด้านการใช้งานของระบบ และด้านความปลอดภัยและการตรวจสอบความถูกต้องในการเข้าใช้ระบบ ที่มีต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ปรากฏว่า ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านคุณภาพมีค่าเฉลี่ยรวม 4.23 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยรวม 0.67 สรุปได้ว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ซึ่งด้านการวิเคราะห์ค่าความคิดเห็นนักศึกษาที่มีต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผลการประเมินระบบด้านต่างๆ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศการฝึกงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยรวม 0.79 สรุปได้ว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

## ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. ควรมีการเพิ่ม API อื่น ๆ เข้าไปอีก เช่น Twitter, Instagram เป็นต้น เพราะสื่อโซเชียลเน็ตเวิร์คเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย ในปัจจุบันกันของผู้ใช้งานหลายๆ คน ก็ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งที่ส่งผลให้การทำงานของระบบมีการประมวลผลที่ช้าหรือเร็วได้
2. ในการวิจัยครั้งต่อไป ระบบควรแสดงถึงสถานประกอบการที่นักศึกษาเลือกไปฝึกงาน โดยเรียงตามลำดับ เพื่อจัดอันดับสถานประกอบการได้และควรมีการสำรองข้อมูลของระบบได้ด้วย เนื่องจากการใช้ทรัพยากรที่มาจากหลายที่หลายแห่งทำให้อาจมีปัญหาในเรื่องของความต่อเนื่องและความเร็วในการเข้าถึงทรัพยากร และไม่ส่งเสริมการร่วมมือการเรียนรู้ทักษะด้านสารสนเทศและเทคโนโลยีของผู้เรียนลดลง
3. ระบบนี้ได้ใช้โปรแกรมการจัดการฐานข้อมูล MySQL ซึ่งเหมาะสำหรับการจัดการฐานข้อมูลที่มีขนาดเล็กและกลาง หากฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ และต้องการลดภาระในการบำรุงรักษาควรปรับเป็นการเก็บข้อมูลบน Cloud Computing [10]

## เอกสารอ้างอิง

- กรกฎ ช่วยพันธ์. (2553). *การพัฒนาระบบงานสารบรรณ โรงเรียนบ้านบึงทับปร่างค์ อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา*. การศึกษาค้นคว้าอิสระ ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- ณัฐพันธ์ เจริญนนท์. (2552). *การวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ*. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น
- ทรงพล สัตย์ชื่อ. (2554). *การพัฒนาระบบจัดการนักศึกษาฝึกงาน คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์*. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 23 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
- ภนิดา ชัยปัญญา. (2541). *ความพึงใจของเกษตรกรต่อกิจกรรมไร่นาสวนภายใต้โครงการปรับโครงสร้างและระบบการผลิตการเกษตรของจังหวัดเชียงราย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาส่งเสริมการเกษตร. เชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- มนต์ชัย เทียนทอง. (2548). *สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

- วิวัฒน์ มีสุวรรณ. (2557). ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆในงานทางการศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร
- สมศักดิ์ โชคชัยชุตikul. (2553). คู่มือการออกแบบฐานข้อมูล. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น 7.
- สุชาดา กิระนันท์. (2541). เทคโนโลยีสารสนเทศสถิติข้อมูลในระบบสารสนเทศ. กรุงเทพมหานคร:  
โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุพรรณษา ยวงทอง. (2547). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์  
บจ.โปรวิชั่น
- สุมิตรา นวลมีศรี. (2555). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการพยากรณ์ผู้เข้าศึกษาโดยผ่านเครือข่าย  
อินเทอร์เน็ต. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ระบบคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพวิธีการ SURF  
กรณีศึกษา ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวลพบุรี

CLASSIFICATION SYSTEM OF RICE SPECIES BY SURF IMAGE PROCESSING:  
A CASE STUDY AT LOPBURI RICE SEED CENTER

สกุล คำนวนชัย<sup>1\*</sup>, ชม กิมปาน<sup>2</sup>  
Skul Kamnuanchai<sup>1\*</sup>, Chom Kimpan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร

<sup>1</sup>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

<sup>2</sup>คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Corresponding author, E-mail: <sup>1\*</sup>skulkmitl@gmail.com <sup>2</sup>chomkim@pim.ac.th

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพวิธีการ SURF เพื่อพัฒนาการคัดแยกสายพันธุ์ข้าวเปลือก ด้วยระบบคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกด้วยขั้นตอนวิธี Speeded-Up Robust Features (SURF) ในการประมวลผลภาพทำการแยกสายพันธุ์ข้าว จำนวน 4 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์แรกชื่อปทุมธานี 1 สายพันธุ์ที่สองชื่อ กข.61 สายพันธุ์ที่สามชื่อ กข.41 และสายพันธุ์ที่สี่ ชื่อพิษณุโลก 2 จากการทดสอบภาพของแต่ละสายพันธุ์ที่นำมาทำการทดสอบกับระบบคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกซึ่งมีจำนวน 4 ลักษณะ ได้แก่ ภาพทดสอบมุมปกติ ภาพทดสอบมุม 90 องศา ภาพทดสอบมุม 180 องศา และภาพทดสอบมุม 270 องศา รวมภาพที่นำมาทดสอบทั้งหมดจำนวน 64 ภาพ ผลการวิจัยพบว่าความถูกต้องของระบบคิดเป็นร้อยละ 96.87

**คำสำคัญ :** สายพันธุ์ข้าวเปลือก การประมวลผลภาพ

**ABSTRACT**

This research aimed at proposing the classification system of rice species by SURF Image Processing in order to develop the categorization of rice species. The Speeded-up Robust Features (SURF) Image Processing was employed to categorize four rice species named Prathumthani 1, Gor Kor 61, Gor Kor 41, and Pisanurok 2, respectively. According to the image processing of each rice species, it was found that all the pictures used in the categorization process were classified into four particular features- a normal ankle, an upright angle, a 180 degree angle, and a 270 degree angle. The result showed that the accuracy of the system was 96.87%.

**Keywords:** rice species, Speeded-Up Robust Features, Image Processing

## บทนำ

การปลูกข้าวของเกษตรกรไทยในภาคกลาง โดยเฉพาะในจังหวัดลพบุรีนั้นจะเป็นการปลูกข้าวแบบเปิดซึ่งมีโอกาสปลอมปนกันระหว่างเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกเป็นไปได้อย่างสูง ซึ่งในปัจจุบันการตรวจสอบสายพันธุ์ของเกษตรกรด้วยสายตาอาจไม่สามารถแยกประเภทของข้าวแต่ละสายพันธุ์ได้ว่าเป็นสายพันธุ์อะไร ส่งผลให้พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรนำไปปลูกจะเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ในการทำเกษตรหรือไม่ และถ้าเกษตรกรนำสายพันธุ์ข้าวที่ไม่เหมาะสมมาปลูก จะส่งผลเสียต่อผลผลิตที่ไม่เป็นไปตามที่คาดหวังได้ และเกษตรกรก็จะเสียโอกาสในการสร้างรายได้ไป

จากเว็บไซต์ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวลพบุรี สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมพันธุ์ข้าว <http://lbr-rsc.ricethailand.go.th/> ได้กล่าวถึงเรื่อง การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ว่ามีความเหมาะสมในการใช้เพราะปลูกเพื่อสร้างความเชื่อถือในมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

การสุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ได้ตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนที่แท้จริงของเมล็ดพันธุ์ทั้งกองหรือกระสอบโดยมีหลักในการปฏิบัติดังนี้ คือ 1) เมล็ดพันธุ์ 1-6 กระสอบ สุ่มเก็บจากทุกกระสอบแต่ไม่น้อยกว่า 5 จุดสุ่ม 2) เมล็ดพันธุ์มากกว่า 6 กระสอบขึ้นไปสุ่มเก็บจาก 5 กระสอบ +10% ของจำนวนกระสอบที่เหลือมีเศษเกินครึ่งคิดเป็น 1 และสุ่มเก็บสูงสุดไม่เกิน 30 จุด ต่อหนึ่งกอง และ 3) เมล็ดพันธุ์ที่กองรวมกันสุ่มให้ทั้งกองจำนวนจุดสุ่มเก็บคิดเทียบกับน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ที่บรรจุในกระสอบข้าว

การแบ่งตัวอย่าง เป็นการนำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ไปแบ่งเพื่อลดขนาดโดยใช้เครื่องแบ่งตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ให้ได้ปริมาณไม่น้อยกว่าที่จำเป็นต้องใช้ในการทดสอบ และกรณีไม่มีเครื่องแบ่งตัวอย่างนำเมล็ดพันธุ์ที่สุ่มได้มารวมคลุกเคล้าให้เข้ากันจนแน่ใจว่าผสมเข้ากันดี แล้วจึงนำมาแบ่งให้เป็นส่วนๆ ตามที่ต้องการ เพื่อให้ทราบว่ามีเมล็ดพันธุ์ในแต่ละกองหรือกระสอบมีปริมาณเมล็ดพันธุ์สุทธิ เมล็ดพันธุ์อื่นปน และสิ่งเจือปนเท่าไร และเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่

เมล็ดพันธุ์สุทธิ หมายถึง เมล็ดพันธุ์ตามชนิดและพันธุ์ที่ระบุให้ตรวจสอบซึ่งนอกจากจะหมายถึงเมล็ดที่สมบูรณ์ดีแล้ว ยังรวมถึงเมล็ดที่มีขนาดเล็ก เมล็ดที่บี้บี้บี้บี้ เมล็ดที่ไม่แก่เต็มที่ ขึ้นส่วนของเมล็ดใหญ่กว่าครึ่ง ซึ่งเป็นชนิดและพันธุ์เดียวกับที่ตรวจสอบ

เมล็ดอื่นๆ เมล็ดพืชต่างชนิดหรือต่างพันธุ์กับชนิดที่ระบุในการตรวจรวมทั้งเมล็ดวัชพืช

สิ่งเจือปน หมายถึง สิ่งอื่นๆ ที่ไม่ใช่เมล็ด เช่น เศษหิน ดิน ทราย เศษลำต้น เปลือกหุ้มเมล็ดรวมทั้งขึ้นส่วนที่มีขนาดเล็กกว่าครึ่ง

จากงานวิจัย การจำแนกประเภทตามขนาดของเมล็ดข้าวด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลจากกล้องซีซีดี โดย วุฒิพงษ์ พิษิตวงศ์ (2556) กล่าวว่า ในอุตสาหกรรมการผลิตข้าว และการส่งออกข้าวของประเทศไทย มีการใช้วิธีการคัดแยกคุณภาพข้าวสารหลายวิธี โดยวิธีหนึ่งคือการระบุขนาดเมล็ดข้าวสาร โดยจำแนกขนาดเมล็ดออกเป็น 4 ประเภท คือ เมล็ดยาวชั้น 1 เมล็ดยาวชั้น 2 เมล็ดยาวชั้น 3 และเมล็ดสั้น การนำเอาวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล มาใช้เพื่อการวัดขนาดและจำแนกด้วยบุคลากร ซึ่งจะช่วยให้การสุ่มตัวอย่างการวัดขนาดเมล็ดข้าวถูกต้อง รวดเร็ว และง่ายขึ้น งานวิจัยฉบับนี้จัดทำโดยใช้หลักการประมวลผลจากลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวสาร โดยใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูลด้วยกล้องซีซีดีผนวกกับการจัดทำซอฟต์แวร์เพื่อประมวลผลการวัดขนาดเมล็ดข้าวสารและจำแนกเมล็ดข้าวสารซึ่งมีผลการวิจัยโดยสรุปคือ วิธีการดังกล่าวสามารถทำการวัดขนาดเมล็ดข้าวได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 10 เมล็ด โดยมีความผิดพลาดในการวัดขนาดร้อยละ 0.51 มีค่าผิดพลาดในการจำแนกเมล็ดข้าวสารร้อยละ 7

จากงานวิจัย กระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาเมล็ดข้าวเปลือก: การจำแนกสายพันธุ์และการตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าว โดย ไพศาล การถาง (2556) รายงานสรุปผลการวิจัยว่า ได้

ดำเนินการงานวิจัยระยะเวลาหนึ่งปี โดยมีประเด็นการจำแนกสายพันธุ์และการตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าว จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณเชิงพื้นที่และขนาด เป็นปริมาณที่มีศักยภาพนำมาใช้ในการจำแนกสายพันธุ์ และตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าวได้ นอกจากนี้ยังพบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตเป็นปริมาณที่มีผลต่อความเสียดทานเชิงประจักษ์ที่ผิวของเมล็ดข้าว ผลการวิจัยนี้มีศักยภาพในการเป็นข้อมูลพื้นฐาน สำหรับการพัฒนาเครื่องมือตรวจสอบเพื่อควบคุมคุณภาพและการจำแนกพันธุ์เมล็ดธัญพืช

จากงานวิจัย ระบบคัดแยกคุณภาพแผ่นยางพาราโดยการประมวลผลภาพ โดย ปรัชญา บำรุงกุล (2550) กล่าวว่า ปัจจุบันการคัดแยกคุณภาพของแผ่นยางพาราต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีอยู่น้อย การศึกษาปัญหาวิจัยนี้นำเสนอระบบการคัดแยกคุณภาพแผ่นยางโดยใช้การประมวลผลภาพ ในระบบที่นำเสนอนี้ แผ่นยางจะถูกบันทึกภาพโดยการให้แสงจากด้านล่าง แล้วภาพที่ได้จะนำไปผ่านการประมวลผลภาพเพื่อหาลักษณะเด่นในการคัดแยกคุณภาพแผ่นยาง เนื่องจากตามมาตรฐานการคัดแยกแผ่นยางนั้นจะดูจากความใสและปริมาณจุดต่างที่เกิดจากรา การศึกษาปัญหาวิจัยนี้จึงใช้การประมวลผลภาพเพื่อให้ได้ลักษณะเด่นที่เป็นตัวแทนของคุณสมบัติทั้งสองนี้ ในขั้นแรกภาพของแผ่นยางจะถูกเปลี่ยนให้เป็นภาพระดับเทกก่อน แล้วจึงนำไปหาค่าผลรวมของระดับความเข้มของภาพเพื่อใช้เป็นตัวแทนของความใส สำหรับการวัดปริมาณจุดต่างนั้น ทำได้โดยการนำภาพระดับเทาไปผ่านการเปลี่ยนเป็นภาพขาวดำ จำนวนพื้นที่จุดดำที่ได้เป็นตัวแทนของปริมาณจุดต่างในแผ่นยาง การแยกเกรดของแผ่นยางเป็น 4 เกรด ทำได้โดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ได้จากการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ วิธีที่นำเสนอได้รับการทดสอบกับตัวอย่างแผ่นยางจำนวน 100 ตัวอย่างโดยสามารถคัดแยกได้ถูกต้องร้อยละ 89 เมื่อเทียบกับการคัดแยกโดยผู้เชี่ยวชาญ

และจากงานวิจัย การคัดแยกต้นกล้ายางพาราโดยวิธีการประมวลผลภาพ โดย วรากร คิดสำราญ (2550) กล่าวว่า ปัจจุบันวิธีการคัดแยกต้นกล้ายางพารายังต้องอาศัยความชำนาญของเกษตรกรซึ่งไม่มีมาตรฐานที่แน่นอนและขาดความแม่นยำ การศึกษาปัญหาวิจัยนี้เสนอการคัดแยกคุณภาพของต้นกล้ายางพาราจากคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของต้นกล้ายางพารา ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นและสีของแผ่นตา โดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ ซึ่งเริ่มจากการดึงลักษณะสำคัญของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นและสีของแผ่นตา หลังจากนั้นจึงนำมาทำการตัดสินใจ โดยอาศัยมาตรฐานจากผู้เชี่ยวชาญ จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการคัดแยกโดยความชำนาญของเกษตรกรจำนวน 100 ตัวอย่าง การคัดแยกต้นกล้ายางพาราโดยวิธีการประมวลผลภาพสามารถคัดแยกได้ถูกต้องถึงร้อยละ 95

ดังนั้นจากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะทำการพัฒนาระบบการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพด้วยวิธีการ SURF โดยการนำเมล็ดข้าวเปลือกที่ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวลพบุรีจำนวน 4 สายพันธุ์ คือ ปทุมธานี1 กข.61 กข.41 และพิษณุโลก2 ดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ข้าวที่พบมากในจังหวัดลพบุรี นำมาเป็นสายพันธุ์ข้าวใช้ในการทดลองในงานวิจัยนี้



รูปที่ 1: ภาพสายพันธุ์ข้าวเปลือกทั้ง 4 สายพันธุ์



### **วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

เพื่อพัฒนาระบบคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพ กรณีศึกษาศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวลพบุรี เพื่อบอกสายพันธุ์ของเมล็ดข้าวเปลือกจำนวน 4 สายพันธุ์

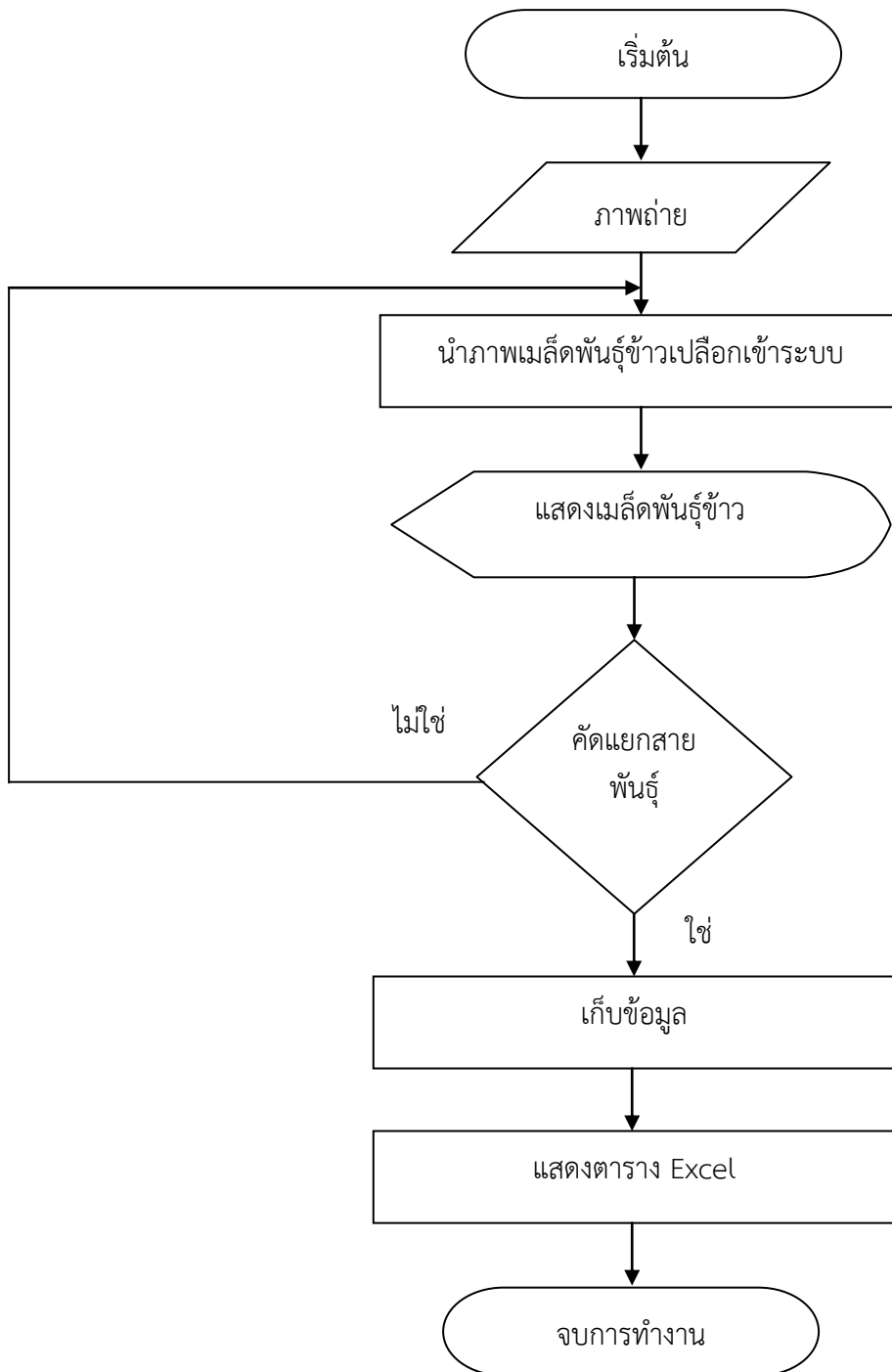
### **วิธีดำเนินการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ขบวนการดำเนินงานระบบการคัดแยกสายพันธุ์ข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพ
2. ขบวนการคัดแยกสายพันธุ์ข้าวเปลือก

#### **1. ขบวนการดำเนินงานระบบการคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพ**

ในส่วนของขั้นตอนการดำเนินงานของระบบการคัดแยกสายพันธุ์ข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพ ประกอบไปด้วยการดำเนินงานของระบบคัดแยกสายพันธุ์ข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพผังงาน (flowchart) ดังรูปที่ 2.



รูปที่ 2: ผังงานขั้นตอนการดำเนินงานของระบบการคัดแยกสายพันธุ์ข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพ

จากรูปที่ 2 เริ่มการทำงานด้วยการทำงานของระบบคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพ สามารถเริ่มการทำงานของระบบตรวจหาพันธุ์ข้าวด้วยโปรแกรม MATLAB เมื่อคลิก Run โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

**ขั้นตอนการถ่ายภาพเมล็ดข้าวเปลือก** ด้วยการถ่ายภาพจะใช้เต็นท์ถ่ายภาพขนาด 40x40 ซม. โดยให้มีค่าแสงอยู่ระหว่าง 10-20 ลักซ์ การตั้งกล้องห่างจากเมล็ดข้าว 6 เซนติเมตร ใช้กล้องสมาร์ตโฟนทำการถ่ายภาพดังรูปที่ 3



รูปที่ 3: การถ่ายภาพเมล็ดข้าวเปลือก

**ขั้นตอนส่วนรับภาพเข้าระบบ** ใช้สำหรับรับภาพเข้าจากกล้องสมาร์ทโฟนขนาด 5 ล้านพิกเซล ชนิดแฟ้มข้อมูลภาพเป็นชนิด JPG ขนาด 137x247 พิกเซล เพื่อนำภาพมาทำการตรวจสอบหาสายพันธุ์ของเมล็ดข้าวเปลือกจำนวน 4 สายพันธุ์ โดยใช้เทคนิคการตรวจหาเปรียบเทียบสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือก

**ขั้นตอนส่วนแสดงผลภาพพันธุ์ข้าว** เป็นการแสดงผลภาพพันธุ์ข้าว โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนโดยภาพพันธุ์ข้าวหลักที่ใช้ในการนำมาเป็นตัวตรวจหาสายพันธุ์ และภาพสายพันธุ์ข้าวทดสอบโดยทั้ง 2 ส่วน ถูกแสดงออกทางหน้าจอรับภาพเข้า

**ขั้นตอนคัดแยกสายพันธุ์ของเมล็ดข้าวเปลือก** เป็นการเปรียบเทียบสายพันธุ์ข้าว โดยมีภาพสายพันธุ์ข้าวหลักและสายพันธุ์ข้าวทดสอบ เพื่อคัดแยกสายพันธุ์ของพันธุ์ข้าวทดสอบว่าเป็นพันธุ์ใดของ 4 สายพันธุ์

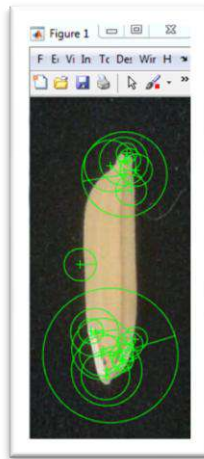
**ขั้นตอนการเก็บข้อมูล** เมื่อทำการคัดแยกสายพันธุ์ของเมล็ดข้าวเปลือกได้ถูกต้องแล้ว ลำดับถัดไประบบจะทำการเก็บข้อมูลลงในโปรแกรมเอ็กเซล แต่ถ้าทำการคัดแยกสายพันธุ์ของเมล็ดข้าวเปลือกแล้วไม่ถูกต้องให้วนกลับไปทำการนำภาพเข้าเพื่อตรวจหาใหม่

**ขั้นตอนแสดงตารางข้อมูล** เป็นการแสดงตารางฐานข้อมูลของสายพันธุ์ข้าวที่ทำการตรวจสอบสายพันธุ์ข้าวเรียบร้อยแล้ว โดยแบ่งเป็นมุมมองต่างๆ ของภาพเพื่อไม่ให้มีข้อจำกัดด้านการหมุนของภาพที่นำมาทดสอบ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดให้ภาพมีสี่ลักษณะภาพคือ มุมปกติ, มุม 90 องศา, มุม 180 องศา, และมุมมอง 270 องศา และเปรียบเทียบความถูกต้องของสายพันธุ์ข้าวทดสอบ ซึ่งจะทำการแสดงฐานข้อมูลเป็นตารางข้อมูลด้วยโปรแกรมเอ็กเซล

**และขั้นตอนจบการทำงาน** เมื่อคลิก Exit ของระบบคัดแยกเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพ จะทำการหยุดการทำงานและปิดระบบ

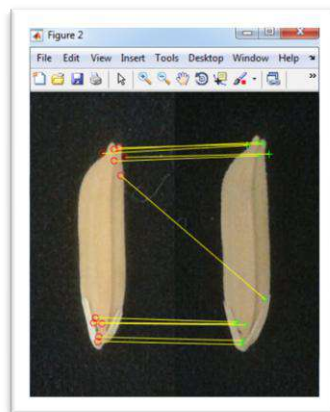
## 2. กระบวนการการคัดแยกสายพันธุ์ข้าวเปลือกมีขั้นตอนดังนี้

ในงานวิจัยครั้งนี้ ขั้นตอนการหาลักษณะเด่นของภาพ (Feature) โดยทำการเลือกจุดที่โดดเด่นในภาพ คือ มุม, blobs (หยดสีหรือรอยเปื้อน) และ T-junctions (จุดเชื่อมต่อรูปตัวที) โดยใช้ Hessian matrix ในการประมาณค่า และใช้ integral image ในการหาความสัมพันธ์ของแต่ละค่าข้อมูลในภาพเพื่อใช้ในการตรวจจับภาพที่ไม่ขึ้นอยู่กับขนาด ตำแหน่ง หรือองศาการวางตัวของวัตถุในภาพ ดังรูปที่ 4



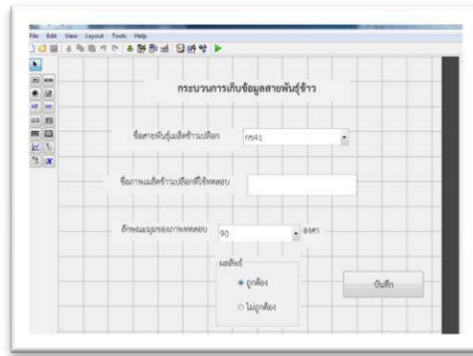
รูปที่ 4: การหาลักษณะเด่นของภาพ

ขั้นตอนวิธี SURF เป็นการค้นหาตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างภาพสองภาพ ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก หาจุดสนใจของภาพด้วยการเลือกตำแหน่งภาพที่โดดเด่นด้วย มุม, blobs และ T-junctions จุดที่สนใจต้องเป็นจุดที่สามารถอธิบายลักษณะเด่นของภาพ (features) ได้ ขั้นตอนถัดมา จะทำการสร้างเวกเตอร์พื้นที่โดยรอบจุดสนใจ ขั้นตอนนี้เป็นการนำจุดที่เป็นลักษณะเด่นที่สำคัญมาใช้ในการตรวจจับภาพ และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการจับคู่ระหว่างภาพของสองภาพที่นำมาเปรียบเทียบกับวิธีการจับคู่เวกเตอร์ตามลักษณะเด่นของภาพ ซึ่งวิธีการ SURF เป็นวิธีการที่เหมาะสมกับการเปรียบเทียบภาพวัตถุที่เป็นภาพสองมิติ ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการคัดแยกสายพันธุ์ข้าวด้วยภาพสองมิติ ผู้วิจัยจึงนำวิธี SURF มาเป็นวิธีการดำเนินงานวิจัยดังรูปที่ 5



รูปที่ 5: การจับคู่เวกเตอร์พื้นที่จุดที่สนใจ

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล ขั้นตอนนี้จะทำเมื่อผ่านกระบวนการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกเสร็จสิ้นแล้ว เป็นขั้นตอนในการเก็บข้อมูล ผ่านทางส่วนติดต่อผู้ใช้ (GUI) เพื่อความสะดวกในการทำงาน ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6: ส่วนติดต่อผู้ใช้ในการเก็บข้อมูล

จากกระบวนการการคัดแยกสายพันธุ์ข้าวเปลือกที่กล่าวมานั้นการเก็บข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้ คือ ช่องชื่อสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือก เป็นช่องสำหรับเลือกชื่อพันธุ์ที่เป็นฐานข้อมูล ช่องชื่อภาพที่เมล็ดข้าวเปลือกที่ใช้ทดสอบ เป็นช่องสำหรับใส่ชื่อภาพเมล็ดข้าวเปลือกที่นำมาทดสอบกับระบบการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพ ช่องลักษณะมุมของภาพทดสอบ เป็นช่องสำหรับการใส่ภาพทดสอบ ของภาพมุมปกติ และภาพทดสอบที่มีการหมุนของภาพเพิ่มเติมอีก 3 มุม ได้แก่ มุม 90 องศา, มุม 108 องศา และ มุม 270 องศา รวมภาพที่ใช้ในการทดสอบ เป็น 4 ลักษณะภาพ และช่องผลลัพธ์ จะทำการแสดงผลลัพธ์ตรงกับภาพฐานข้อมูลให้ผู้ใช้งานระบบทำเครื่องหมายที่ช่อง ถูกต้อง แต่หากไม่ตรงกับภาพฐานข้อมูลให้ทำเครื่องหมายที่ช่อง ไม่ถูกต้อง เพื่อเป็นการสร้างฐานข้อมูลให้กับระบบทำงาน

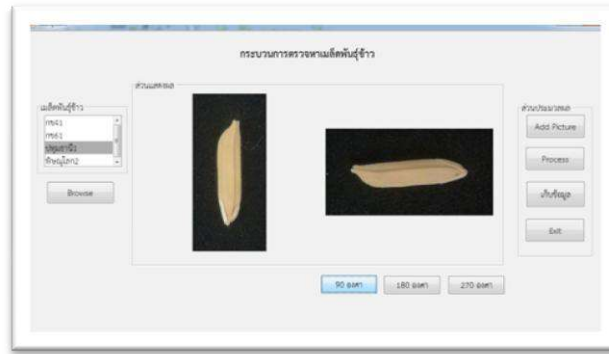
### ผลการวิจัย

ในส่วนผลการวิจัยนี้จะกล่าวถึงสองส่วน คือ ผลการทำงานของระบบการคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือก และผลการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือก

ระบบการคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพ มีองค์ประกอบของ GUI เป็นส่วนๆ คือ ส่วนเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก, ส่วนการแสดงผล, ส่วนประมวลผล และส่วนมุมภาพ หน้าจอติดต่อผู้ใช้งาน GUI ดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8

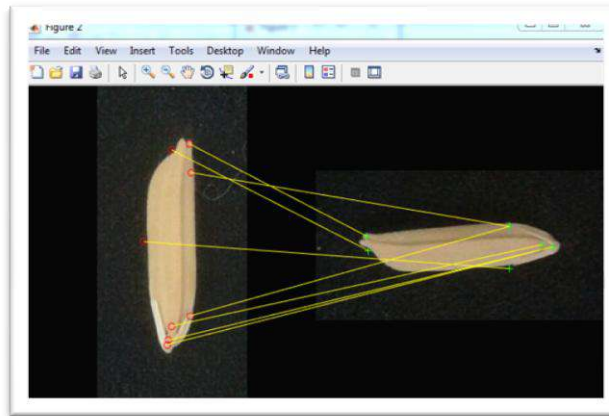


รูปที่ 7: หน้าจอผู้ใช้งาน (GUI)



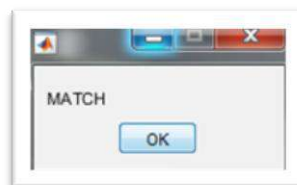
รูปที่ 8: การหมุนภาพทดสอบด้วยมุม 90 องศา

หลังจากที่ทำการหมุนภาพทดสอบตามมุมที่ต้องการแล้ว ก็กดปุ่ม Process เพื่อประมวลผลภาพจะได้ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9: การจับคู่เวกเตอร์ของ 2 ภาพ

เมื่อระบบทำการหาลักษณะเด่นของภาพฐานข้อมูลพร้อมกับการจับคู่ความเหมือนของ 2 ภาพ เสร็จสิ้นแล้ว จะปรากฏหน้าต่างยืนยันความถูกต้องของสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกว่าเป็นพันธุ์เดียวกันกับภาพสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกฐานข้อมูลหรือไม่ โดยผู้วิจัยได้กำหนดไว้ในระบบว่าถ้าผลการทดสอบเหมือนกันตั้งแต่ 4 จุดขึ้นไป จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 10 และหากมีความเหมือนกันน้อยกว่า 4 จุด จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 11

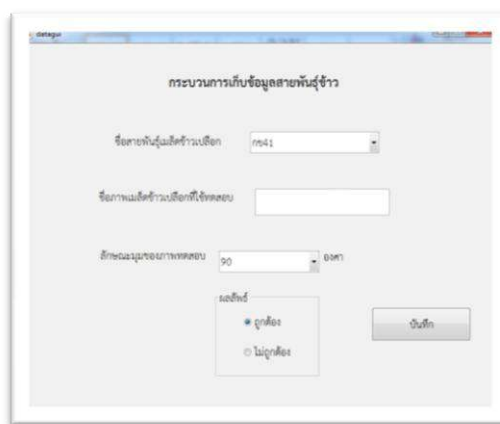


รูปที่ 10: หน้าต่างที่แสดงว่าภาพทดสอบเหมือนกัน



รูปที่ 11: หน้าต่างที่แสดงว่าภาพทดสอบไม่เหมือนกัน

หลังจากกระบวนการคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกเสร็จสิ้นแล้วทำการคลิก เก็บข้อมูล ระบบจะสร้างหน้าต่าง เพื่อเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12: หน้าต่างการเก็บข้อมูล

จากนั้นข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งเป็นตาราง Excel ดังรูปที่ 13

ลำดับ	ชื่อสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือก	ชื่อภาพเมล็ดข้าวเปลือกที่ใช้ทดสอบ	ลักษณะรวมของการทดสอบ	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
1	รสข1	1	ปกติ	/	/
2	รสข1	1	90	/	/
3	รสข1	1	180	/	/
4	รสข1	1	270	/	/
5	รสข1	1	ปกติ	/	/
6	รสข1	1	ปกติ	/	/
7	รสข1	2	90	/	/
8	รสข1	3	180	/	/
9	รสข1	4	270	/	/
10	รสข1	1	ปกติ	/	/
11	รสข1	2	90	/	/
12	รสข1	3	180	/	/
13	รสข1	4	270	/	/
14	ปนธนาจี1	1	ปกติ	/	/
15	ปนธนาจี1	1	90	/	/
16	ปนธนาจี1	2	90	/	/
17	ปนธนาจี1	3	180	/	/
18	ปนธนาจี1	4	270	/	/
19	พียงโลก2	1	ปกติ	/	/
20	พียงโลก2	2	90	/	/
21	พียงโลก2	3	180	/	/
22	พียงโลก2	4	270	/	/
23	รสข1	6	ปกติ	/	/
24	รสข1	7	90	/	/
25	รสข1	6	180	/	/
26	รสข1	6	270	/	/
27	รสข1	6	ปกติ	/	/
28	รสข1	7	90	/	/

รูปที่ 13: ฐานข้อมูลผลการทดสอบระบบที่เป็น Excel

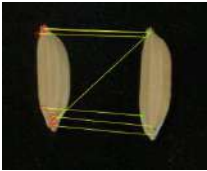
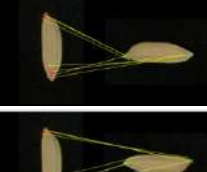
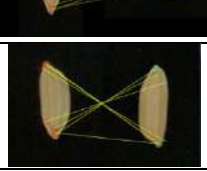
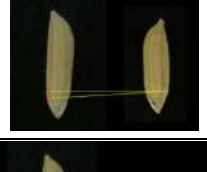
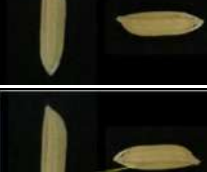
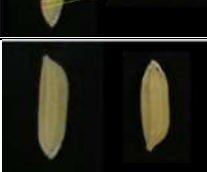


### ผลการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือก

ผลการทดลองระบบจำนวนสายพันธุ์ข้าวเปลือกจำนวน 4 พันธุ์ เพื่อนำมาเข้าสู่กระบวนการของระบบแล้วดูผลการทำงานว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด โดยกำหนดให้ Fail = ความผิดพลาดตามสมการด้านล่าง

$$\text{ร้อยละความถูกต้อง} = \frac{\text{จำนวนภาพทั้งหมด} - \text{Fail}}{\text{จำนวนภาพทั้งหมด}} \times 100$$

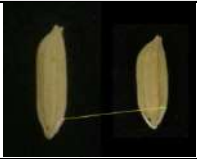

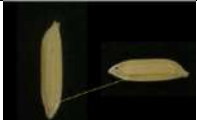

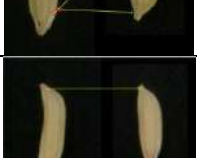
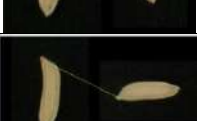


ผลการทดสอบระบบการคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ผลการทดสอบระบบการคัดแยกสายพันธุ์ของเมล็ดข้าวเปลือกสายพันธุ์ กข41เปรียบเทียบกับข้าวเปลือกจำนวน 4 สายพันธุ์

ชื่อเมล็ดพันธุ์ ข้าวฐานข้อมูล	ภาพแสดงการจับคู่ ความเหมือน	ลักษณะมุมของ ภาพทดสอบ	ผลลัพธ์	ความ ผิดพลาด
กข41		ปกติ	ถูกต้อง	-
กข41		90 องศา	ถูกต้อง	-
กข41		180 องศา	ถูกต้อง	-
กข41		270 องศา	ถูกต้อง	-
กข61		ปกติ	ไม่ถูกต้อง	-
กข61		90 องศา	ไม่ถูกต้อง	-
กข61		180 องศา	ไม่ถูกต้อง	-
กข61		270 องศา	ไม่ถูกต้อง	-



ตารางที่ 1: (ต่อ) ผลการทดสอบระบบการคัดแยกสายพันธุ์ของเมล็ดข้าวเปลือกสายพันธุ์ กข41เปรียบเทียบกับข้าวเปลือกจำนวน 4 สายพันธุ์

ชื่อเมล็ดพันธุ์ ข้าวฐานข้อมูล	ภาพแสดงการจับคู่ความ เหมือน	ลักษณะมุมของ ภาพทดสอบ	ผลลัพธ์	ความ ผิดพลาด
ปทุมธานี1		ปกติ	ไม่ถูกต้อง	-
ปทุมธานี1		90 องศา	ไม่ถูกต้อง	-
ปทุมธานี1		180 องศา	ไม่ถูกต้อง	-
ปทุมธานี1		270 องศา	ไม่ถูกต้อง	-
พิษณุโลก2		ปกติ	ไม่ถูกต้อง	-
พิษณุโลก2		90 องศา	ไม่ถูกต้อง	-
พิษณุโลก2		180 องศา	ไม่ถูกต้อง	-
พิษณุโลก2		270 องศา	ไม่ถูกต้อง	-

จากตารางที่ 1 ผลการทดลองไม่มีภาพที่ผิดพลาด คิดเป็นร้อยละความถูกต้องได้ร้อยละ 100 ดังผลการคำนวณจากสมการด้านล่าง

$$\text{ร้อยละความถูกต้อง} = \frac{16-0}{16} \times 100$$

ในการทดสอบรอบถัดมาผู้วิจัยได้ทำการนำเมล็ดข้าวเปลือกสายพันธุ์ กข.61 เปรียบเทียบกับข้าวเปลือกจำนวน 4 สายพันธุ์ ผลการทดสอบพบว่ามีผิดพลาดเกิดขึ้น ที่ภาพการเปรียบเทียบระหว่างข้าวเปลือกสายพันธุ์ กข.61 และพันธุ์ กข. 41 ของภาพมีการหมุนภาพที่ 180 องศา และ 270 องศา คิดเป็นร้อยละความถูกต้องในการทดสอบรอบนี้ เป็นร้อยละ 87.5 ได้ดังสมการด้านล่าง

$$\text{ร้อยละความถูกต้อง} = \frac{16-2}{16} \times 100$$

ในการทดสอบรอบถัดมาผู้วิจัยได้ทำการนำเมล็ดข้าวเปลือกสายพันธุ์ ปทุมธานี1 เทียบกับข้าวเปลือกจำนวน 4 พันธุ์ ผลการทดสอบพบว่าไม่มีความผิดพลาดใดๆ คิดเป็นร้อยละความถูกต้องร้อยละ 100 ได้ดังสมการด้านล่าง

$$\text{ร้อยละความถูกต้อง} = \frac{16-0}{16} \times 100$$

และในการทดสอบรอบถัดมาผู้วิจัยได้ทำการนำเมล็ดข้าวเปลือกสายพันธุ์ พิษณุโลก2 เมื่อเทียบกับข้าวเปลือกจำนวน 4 พันธุ์ ผลการทดสอบไม่มีความผิดพลาดใดๆ คิดเป็นร้อยละความถูกต้องร้อยละ 100 ได้ดังสมการด้านล่าง

$$\text{ร้อยละความถูกต้อง} = \frac{16-0}{16} \times 100$$

ดังนั้นเมื่อนำผลจากการทดสอบสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกจำนวน 4 สายพันธุ์ ได้ทำการทดสอบทั้งหมด 64 ภาพ เกิดความผิดพลาด 2 ภาพ คือข้าวเปลือกสายพันธุ์ กข61 และ กข41 คิดเป็นร้อยละความถูกต้องทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 96.87 ดังสมการด้านล่าง

$$\text{ร้อยละความถูกต้อง} = \frac{64-2}{64} \times 100$$

จากการทดสอบระหว่างข้าวเปลือกสายพันธุ์ กข61 และ กข41 พบข้อผิดพลาดคือระบบแจ้งว่าข้าวเปลือกสายพันธุ์ กข61 ที่นำไปทดสอบกับข้าวเปลือกสายพันธุ์ กข41 ที่เป็นภาพฐานข้อมูลให้ผลการทดสอบว่าเป็นสายพันธุ์เดียวกันกับภาพข้าวเปลือกสายพันธุ์ กข41 ที่มีการหมุนในมุมที่ 180 องศา และ 270 องศา ซึ่งในความเป็นจริงระบบจะต้องให้ผลการทดสอบว่า ไม่ถูกต้อง สาเหตุที่ผิดพลาดอาจเพราะโครงสร้างของข้าวทั้งสองสายพันธุ์เป็นพันธุ์ผสมตัดต่อพันธุ์กรรมทั้งคู่จึงมีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกันมาก จึงทำให้การรู้จำภาพมีโอกาสผิดพลาดสูงเช่นเดียวกับการตรวจสอบสายพันธุ์ด้วยมนุษย์ เช่นกัน

วิธีการของงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับข้อสรุปงานวิจัยเรื่อง กระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการศึกษามะลัดข้าวเปลือก: การจำแนกสายพันธุ์ และการตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าว ของไพศาล การถาง ที่ได้สรุปผลการวิจัยว่าจากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณเชิงพื้นที่และขนาด เป็นปริมาณที่มีศักยภาพนำมาใช้ในการจำแนกสายพันธุ์ และตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าวได้

### สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยระบบการคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกด้วยการประมวลผลภาพวิธีการ SURF กรณีสึกษาศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวลพบุรี สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ ผลการวิจัยการคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกใช้เทคนิคการหาลักษณะเด่นของภาพเป็นพื้นฐานเป็นลำดับแรกก่อน เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการรู้จำภาพ ส่งผลให้สามารถลดเวลาในขั้นตอนการจับคู่จุดที่เหมือนกันของภาพในฐานข้อมูลภาพ กับภาพที่

นำมาทดสอบกับระบบ ซึ่งลักษณะเด่นของภาพที่ใช้ในการทดสอบ ได้กำหนดความเหมือนกันไว้ตั้งแต่ 4 จุดขึ้นไป โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่างที่มีข้อความว่า Match แต่หากมีความเหมือนกันน้อยกว่า 4 จุด โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่างที่มีข้อความว่า No Match ผลการทดสอบระบบคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกสามารถคัดแยกสายพันธุ์เมล็ดข้าวเปลือกได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ซึ่งมีอัตราความถูกต้องร้อยละ 96.87 ซึ่งส่วนที่ระบบทำงานผิดพลาดจากการวิเคราะห์ภาพพบว่าเป็นเกิดจากระบบการถ่ายภาพหากมีแสงมากเกินไปก็จะทำให้เกิดจุด Noise และอีกเหตุผลหนึ่งคือเมล็ดพันธุ์ข้าวมีความคล้ายกันมากจึงทำให้การคัดแยกเมล็ดข้าวเปลือกเป็นไปได้ยากซึ่งสอดคล้องกับ วราณี จินดาวิภาค (สัมภาษณ์ส่วนบุคคล เมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2559) ผู้เชี่ยวชาญในการแยกสายพันธุ์ข้าว ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวลพบุรี ได้ให้ข้อมูลว่าเป็นเรื่องยากในการแยกสายพันธุ์ข้าวเปลือกระหว่างสายพันธุ์ กข 41 และกข 61 ด้วยสาเหตุของการผิดพลาดเกิดจากความคล้ายคลึงกันของโครงสร้างเมล็ดข้าวเปลือกและ ผู้เชี่ยวชาญที่ยังไม่ชำนาญก็มีโอกาสในการแยกสายพันธุ์นี้ผิดพลาดได้เช่นกัน

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยเพราะได้รับความร่วมมืออย่างดีกับ คุณวราณี จินดาวิภาค นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ชำนาญการ ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวลพบุรี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์มอบตัวอย่างพันธุ์ข้าวจำนวน 4 พันธุ์ และร่วมทำการทดลองการใช้งานระบบของงานวิจัย พร้อมทั้งได้ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

### เอกสารอ้างอิง

- ปรัชญา บำรุงกุล. (2550). ระบบคัดแยกคุณภาพแผ่นยางพาราโดยการประมวลผลภาพ. วิศวกรรมไฟฟ้า และสารสนเทศ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี
- ไพศาล การถาง. (2556). กระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาเมล็ดข้าวเปลือก: การจำแนกสายพันธุ์และการตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าว. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- วรากร คิดสำราญ. (2550). การคัดแยกต้นกล้ายางพาราโดยวิธีการประมวลผลภาพ. วิศวกรรมไฟฟ้าและสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- วุฒิพงษ์ พิษิตวงศ์. (2556). การจำแนกประเภทตามขนาดของเมล็ดข้าวด้วยการประมวลผลภาพ. วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
- พันธุ์ข้าว. สืบค้น มีนาคม, 31, 2560, จาก [http://www.arda.or.th/kasetinfo/rice/rice-cultivate\\_species.html](http://www.arda.or.th/kasetinfo/rice/rice-cultivate_species.html)
- Speeded-Up Robust Features (SURF). สืบค้น มีนาคม, 31, 2560, จาก [202.44.34.144/nccitedoc/admin/nccit\\_files/NCCIT-20140611152242.pdf](https://docs.google.com/.../1mBNlq1A651CZWmdWbA_I3F8-wYM-pJcBlO2z8I9J298/)
- SURF: Speeded Up Robust Features. สืบค้น เมษายน, 30, 2560, จาก [https://docs.google.com/.../1mBNlq1A651CZWmdWbA\\_I3F8-wYM-pJcBlO2z8I9J298/](https://docs.google.com/.../1mBNlq1A651CZWmdWbA_I3F8-wYM-pJcBlO2z8I9J298/)

การพัฒนาความสนใจเรียนในรายวิชาการเขียนโปรแกรมด้วยการใช้เทคโนโลยีคลาวด์:  
กรณีศึกษารายวิชาหลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้น มหาวิทยาลัยกรุงเทพ  
A DEVELOPING INTEREST IN LEARNING PROGRAMMING COURSE USING CLOUD  
TECHNOLOGY: CASE STUDY OF FUNDAMENTAL OF PROGRAMMING COURSE IN  
BANGKOK UNIVERSITY

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิรินธร จิยาศักดิ์  
Sirinthorn Cheyasak, Asst.Prof.

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพ  
Department of Computer Science, Faculty of Information Technology and Innovation, Bangkok University  
Corresponding author, Email: sirinthorn.c@bu.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและพัฒนาแผนปฏิบัติการสำหรับการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีคลาวด์ 2) ประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยแผนปฏิบัติการที่นำเสนอ กลุ่มเป้าหมายสำหรับการวิจัยในครั้งนี้คือนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่กำลังเรียนวิชาหลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ จำนวน 37 คน การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการให้โจทย์และสังเกตพฤติกรรมการมีส่วนร่วมกับกิจกรรมต่างๆ ในห้องเรียน ผลการวิจัยพบว่าเมื่อใช้การเรียนการสอนโดยเน้นการใช้เทคโนโลยีแบบคลาวด์ประยุกต์ร่วมกับการเสริมแรงทางบวกสำหรับการทำกิจกรรม การมีส่วนร่วมต่างๆ ของชั้นเรียน พบว่านักศึกษาให้ความสนใจในการแสดงความคิดเห็นสำหรับแต่ละกิจกรรม และส่งงานตรงตามกำหนดคิดเป็นร้อยละ 92 เมื่อเปรียบเทียบกับแบบเดิมที่ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีแบบคลาวด์ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 65 และจากการศึกษาความพึงพอใจผ่านระบบการประเมินแบบออนไลน์ที่มีต่อการเรียนการสอนโดยการใช้เทคโนโลยีคลาวด์พบว่าอยู่ในระดับดีมากด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ( $\bar{X} = 4.60$ ,  $SD = 0.66$ )

**คำสำคัญ :** สื่อการเรียนการสอน เทคโนโลยีคลาวด์ วิชาการเขียนโปรแกรม

### ABSTRACT

This research aims at 1) investigating and developing a teaching plan in a classroom with cloud technology and 2) evaluating the students' satisfaction to the proposed teaching plan. The focus group of this research is 37 first-year students who were studying "Fundamental of Programming", in Computer Science, School of Information Technology and Innovation, Bangkok University. For collecting the data, we observe the students' participation during classroom activities. The findings are that the students were willing to participate and give their opinions in the activities with the cloud technology tools. With these classroom activities, the students handed in the school work in time up to 92% compared to those of not using the tools accounting for 65%. For the online assessment, it shows that the score of overall students'

satisfaction is 4.60 ( $\bar{X} = 4.60$ ,  $SD = 0.66$ )

**Keywords:** Teaching media, Cloud technology, Programming Subject

## บทนำ

วิชาหลักการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น เป็นวิชาพื้นฐานสำหรับการเขียนโปรแกรมที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง สำหรับหลักสูตรปริญญาบัณฑิตทางด้านเทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังเป็นวิชาความรู้พื้นฐานที่นักศึกษาจำเป็นต้องใช้ต่อในการเรียนวิชาเขียนโปรแกรมอื่นๆ ของสาขา อีกทั้งยังเป็นวิชาที่จะนำไปต่อยอดสำหรับนำไปใช้ประกอบอาชีพด้านการเขียนโปรแกรมจึงทำให้วิชานี้บรรจุให้เป็นวิชาเอกบังคับและที่จะต้องลงเรียนก่อน (Prerequisite) ที่จะเรียนวิชาการเขียนโปรแกรมอื่นๆ ในชั้นปีต่อไปอีกมากกว่า 5 รายวิชาขึ้นไป

สำหรับการเรียนวิชาหลักการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้พื้นฐานหลายด้านได้แก่ กระบวนการคิด การวิเคราะห์ การคำนวณ อีกทั้งยังต้องศึกษาไวยากรณ์ของภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลักการเขียนโปรแกรมโดยใช้โครงสร้างภาษาคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันอย่างง่ายได้ จึงทำให้ผู้วิจัยตระหนักและทำการศึกษาเพื่อพัฒนาแผนปฏิบัติการในชั้นเรียนด้วยเทคโนโลยีคลาวด์ เพื่อนำผลที่ได้ไปปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและเพิ่มบรรยากาศการเรียนให้น่าสนใจมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการทำแบบทดสอบ แบบฝึกหัด การเรียกถามตอบ โดยเขียนตอบด้วยกระดาษ หรือการให้ออกมาทำแบบฝึกหัดหน้าชั้นเรียน แบบบรรยายบุคคลจะได้ความร่วมมือจากนักศึกษาเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นแต่อีกส่วนหนึ่งไม่ให้ความสนใจ อาจเนื่องมาจากห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตส่งผลให้อาจเบี่ยงเบนความสนใจจากนักศึกษาส่วนหนึ่งได้อีกด้วย ดังนั้นอาจารย์นำสื่อออนไลน์และใช้เทคโนโลยีคลาวด์ที่นักศึกษาสามารถเข้าถึงได้มาใช้ประกอบการเรียนการสอนน่าจะทำให้บรรยากาศการเรียนการสอนดีขึ้น ผู้เรียนรู้สึกสนุกคุ้นเคยกับเทคโนโลยีที่เป็นแบบออนไลน์ส่งผลนักเรียนให้ความสนใจและมีความร่วมมือการเรียนมากขึ้นดังนั้นนักศึกษาก็จะเข้าใจในเนื้อหาวิชามากขึ้นตามไปด้วย

## ทบทวนวรรณกรรม

Google Apps for Education เป็นเทคโนโลยีบน Cloud computing ประกอบไปด้วยเครื่องมือหลายชนิดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการจัดการเรียนและสามารถรองรับอุปกรณ์เคลื่อนที่มีแพลตฟอร์มที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1. เครื่องมือสำหรับสร้างเว็บไซต์แบบออนไลน์ (Google Sites) 2. เครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูล (Google Drive) ด้วยระบบ Cloud Storage รองรับข้อมูลทุกประเภทและสามารถแบ่งปันให้กับผู้อื่นได้ 3. เครื่องมือสร้างแบบฟอร์มออนไลน์ (Google Form) ที่รองรับการตั้งข้อความคำถามได้หลายรูปแบบ 4. เครื่องมือสำหรับสร้างเอกสารออนไลน์พร้อมแบ่งปัน (Google Document) พร้อมพิมพ์ ผู้ใช้สามารถพิมพ์เอกสารทุกที่ทุกเวลาที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต 5. เครื่องมือสร้างสเปรดชีตออนไลน์พร้อมแบ่งปัน (Google Spreadsheet) 6. เครื่องมือสำหรับสร้างงานนำเสนอออนไลน์พร้อมแบ่งปัน (Google Slide) และ 7. เครื่องมือวาดภาพออนไลน์พร้อมแบ่งปัน (Google Drawing) เป็นต้นโดยเครื่องมือทั้งหมดใช้เทคโนโลยีคลาวด์ซึ่งเน้นการทำงานแบบออนไลน์พร้อมยังสามารถแบ่งปันไปยังผู้อื่นเพื่อเข้าถึงและแสดงความคิดเห็นหรือแม้แต่การทำงานร่วมกันแบบออนไลน์ได้อีกด้วย นอกจากนี้เทคโนโลยี Google Apps for Education ยังสามารถรองรับโปรแกรมหรือเครื่องมือส่วนขยายเพิ่มเติม (Extensions) จากแหล่งอื่นๆ ได้อีกด้วย จึงได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำ Google Apps มาประยุกต์ใช้เกี่ยวกับการศึกษาของมหาวิทยาลัยในประเทศไทย (Nabil Sultan, 2010) ซึ่งได้เลือกมหาวิทยาลัยเวสมินสเตอร์ด้วยจำนวนนักศึกษากว่า 2 หมื่นคนเป็นกรณีศึกษา ซึ่งจากการวิจัยพบว่า Google Apps มีเครื่องมือที่หลากหลายสามารถนำเครื่องมือต่างๆ เหล่านี้

มาประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ ได้ ผู้ใช้สามารถเข้าถึงได้ทุกที่ที่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตหรือแม้แต่มือถือเองก็ตามและยังสามารถแชร์ข้อมูลเพื่อให้ผู้อื่นร่วมแสดงความคิดเห็นหรือแม้แต่การทำงานร่วมกันได้ นอกจากนี้ Google Apps ยังมีพื้นที่สำหรับใช้เพื่อการเก็บข้อมูลแบบออนไลน์บนคลาวด์ ซึ่งพบว่าคุณสมบัติเหล่านี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนและสามารถรองรับการเข้าถึงด้วยบัญชีผู้ใช้ได้จำนวนมากอีกด้วย

งานวิจัยด้านการศึกษาศึกษาการสร้างแรงจูงใจที่ผ่านมาได้ทำการศึกษาผลของแรงจูงใจและแรงเสริมต่อพฤติกรรมการเล่นใจเรียนวิชา ST203 (ศิริวรรณ, 2550) พบว่าแรงเสริมหรือแรงจูงใจเป็นคะแนนสะสมทำให้นักศึกษาสนใจเรียนมากขึ้น จากนั้นได้มีงานวิจัยการศึกษาผลของการเสริมแรงทางบวกเพื่อพัฒนาความสนใจเรียนในวิชาการเขียนโปรแกรม 2 (พิมพ์วิสาข์, 2555) พบว่าการเสริมแรงทางบวกสามารถกระตุ้นให้นักศึกษาเล่นอินเทอร์เน็ตน้อยลง จากงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงการมุ่งเน้นเพื่อพัฒนางานวิจัยเกี่ยวกับการกระตุ้นและสนใจเรียนของผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญ ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมยังมีการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้กระบวนการคิดแก้ปัญหาจากกรณีตัวอย่าง (สายสุนีย์, 2557) ผลการวิจัยพบว่ากาทำงานแบบกลุ่มจะสามารถช่วยกันคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ดีกว่าการทำงานแบบเดี่ยว

จากการศึกษาเทคโนโลยีคลาวด์และการศึกษาผลการวิจัยในชั้นเรียนที่ผ่านมามุ่งเน้นการนำเทคนิคการสอนต่างๆ มาประยุกต์ใช้สำหรับการเรียนการสอนเพื่อสร้างบรรยากาศการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษานำเทคโนโลยีคลาวด์ด้วย Google Apps for Education มาประยุกต์ร่วมกับการเสริมแรงทางบวกเพื่อกระตุ้นให้นักศึกษามีความสนใจเรียน มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม การระดมความคิด ด้วยเทคโนโลยีคลาวด์สำหรับรายวิชาหลักการเขียนโปรแกรมเบื้องต้นในครั้งนี้

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาแผนปฏิบัติการในชั้นเรียนด้วยการใช้เทคโนโลยีคลาวด์
2. เพื่อประเมินความสำเร็จของการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีคลาวด์และความศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อแผนปฏิบัติการ

### วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการพัฒนาความสนใจเรียนในการเรียนวิชาการเขียนโปรแกรมและศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อแผนปฏิบัติการเรียนด้วยเทคโนโลยีคลาวด์ทั้งด้านการวางแผนและการเรียนการสอน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างครั้งนี้คือนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพทั้งเพศชายและเพศหญิงจำนวน 37 คน โดยขอขอบเขตการพัฒนาความสนใจเรียนในการเรียนวิชาการเขียนโปรแกรมมีการดำเนินการเพื่อนำผลที่ได้มาศึกษาถึงความพึงพอใจของนักศึกษา ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. ขั้นตอนการศึกษาเทคโนโลยีคลาวด์ (Cloud Technology) จากการศึกษาเทคโนโลยีคลาวด์ที่ได้รับ ความนิยม แพร่หลาย รวมถึงการเข้าถึงและการใช้งานสะดวกสบายมีเครื่องมือต่างๆ รองรับที่หลากหลายจึงทำให้ทางผู้วิจัยเลือกใช้เทคโนโลยีคลาวด์ของ Google ซึ่งเครื่องมือนี้เรียกว่า Google Apps for Education

2. ขั้นตอนการวางแผนปฏิบัติการสำหรับการเรียนด้วยเทคโนโลยีคลาวด์ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้สำหรับงานวิจัยครั้งนี้คือแผนปฏิบัติการพัฒนาความสนใจเรียนด้วยเทคโนโลยี Google Apps for Education และแบบประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีคลาวด์ซึ่งเป็นเทคโนโลยีแบบออนไลน์ เพื่อใช้ศึกษารูปแบบการเรียนโดยเน้นการทำกิจกรรมและการส่งงานแบบออนไลน์มีความสัมพันธ์กับการสร้างบรรยากาศการเรียนในรายวิชาหลักการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่กำลังเรียนวิชา

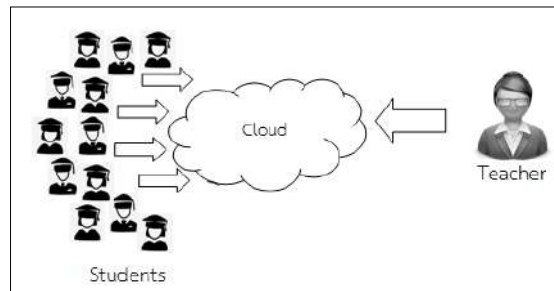
หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและ  
นวัตกรรม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 37 คน ซึ่งแผนปฏิบัติการมีรายละเอียดดังนี้

**ตารางที่ 1: แผนปฏิบัติการการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีคลาวด์**

แผนปฏิบัติการ	ระยะเวลา	คำอธิบาย
1. เตรียมความพร้อม อาจารย์ เช็คชื่อนักศึกษาก่อนเรียน แบบออนไลน์	5 นาที	อาจารย์สร้างแบบฟอร์มการเช็คชื่อนแบบออนไลน์ด้วย Google Form สำหรับให้นักศึกษาเช็คชื่อ ตามกำหนดเวลานักศึกษา ที่มาได้ทันเวลาจะได้คะแนนเต็ม 1
2. การอธิบายเพื่อศึกษาเนื้อหา หลักและโจทย์แบบออนไลน์	15 นาที	อาจารย์อธิบายเนื้อหาหลักสำหรับการศึกษาและโจทย์จาก Google Slide เพื่อให้นักศึกษาศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจาก อินเทอร์เน็ต
3. การทำกิจกรรมในชั้นเรียน แบบออนไลน์	40 นาที	นักศึกษาทำกิจกรรมพร้อมแสดงความคิดเห็นแบบออนไลน์ นักศึกษาร่วมแก้โจทย์ปัญหาซึ่งทุกคนสามารถวาด แทรก วัตถุ ต่างๆ ร่วมกัน โดยแบ่งกลุ่มเพื่อแสดงความคิดเห็นโดยใช้การสุ่ม ซึ่งนักศึกษาที่อยู่ใกล้กันจะไม่ได้อยู่กลุ่มเดียวกัน พร้อม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นผ่านการ comment ภายใต้ Google Drawing
4. การทดลองปฏิบัติจริงเชิง ปฏิบัติการด้วยการเขียน โปรแกรมภาษา C	40 นาที	นักศึกษานำกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่ได้จากการศึกษา การ แสดงความคิดเห็นของกลุ่ม ลงมือปฏิบัติจริงโดยการเขียน โปรแกรมด้วยภาษาซี เพื่อทดสอบกระบวนการทำงานและ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น
5. การตรวจสอบความถูกต้อง	20 นาที	นักศึกษาส่งงานผ่านคลาวด์ และอาจารย์ตรวจสอบความ ถูกต้องของแต่ละกลุ่มแบบออนไลน์ จากนั้นให้ข้อเสนอแนะและ ข้อเสนอแนะแบบของแต่ละกลุ่มให้ทุกคนทราบ

จากตารางที่ 1 แสดงแผนปฏิบัติการการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีคลาวด์รวม 120 นาที โดย  
อาจารย์ผู้สอนเตรียมเนื้อหาต่างๆ และอัปโหลดไปยังเว็บไซต์รายวิชาที่ถูกสร้างขึ้นด้วย Google Site เพื่อเก็บ  
รวบรวมเนื้อหารายวิชาทั้งหมดพร้อมทั้งยังใช้เว็บไซต์ที่สร้างด้วย Google Site นี้สำหรับเป็นสื่อกลางระหว่าง  
อาจารย์ผู้สอนและนักศึกษาเกี่ยวกับการจัดการการเรียนการสอน ไม่ว่าจะเป็นการทำกิจกรรม การทำ  
แบบฝึกหัด การทำแบบทดสอบ การแจ้งข่าวสาร การส่งงานทุกอย่างของรายวิชาแบบออนไลน์ทั้งหมดภายใน  
เว็บไซต์นี้ ทำให้อาจารย์ผู้สอนสามารถออกแบบการสอนตามแผนปฏิบัติการได้ผ่านทางเว็บไซต์นี้ การทำ  
กิจกรรมการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีคลาวด์สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ได้นำเครื่องมือของ Google Apps for  
Education มาประยุกต์ใช้ทั้งหมดเริ่มตั้งแต่ 1) การเตรียมความพร้อมอาจารย์ผู้สอนเช็คชื่อด้วยฟอร์ม  
ออนไลน์ และจัดกลุ่มแบบสุ่มเพื่อเตรียมทำกิจกรรมแบบกลุ่มที่ได้รับมอบหมาย 2) การอธิบายเพื่อศึกษา

เนื้อหาหลักและโจทย์แบบออนไลน์ เพื่อให้ให้นักศึกษาเข้าใจถึงวัตถุประสงค์โจทย์และใช้เครื่องมือที่ตรงกัน ผู้วิจัยเลือกใช้ Google Slide 3) การทำกิจกรรมในชั้นเรียนแบบออนไลน์ ผู้วิจัยเลือกเครื่องมือ Google Drawing สำหรับการทำกิจกรรมและการแบ่งกลุ่มแบบสุ่มเลือก เนื่องจากเป็นสิ่งที่นักศึกษาคุ้นเคยการใช้คำสั่งคล้ายกับการใช้เครื่องมือของ MS Office ต่างกันเพียงเทคโนโลยี Google Apps ที่เลือกนำมาใช้นั้นรองรับการทำงานพร้อมกันหลายคนแบบออนไลน์ สามารถให้คำแนะนำหรือข้อคิดเห็นระหว่างสมาชิกในกลุ่ม ซึ่งการทำกิจกรรมเช่นนี้นักศึกษายังคงรักษาไว้ซึ่งความเป็นส่วนตัวไม่จำเป็นต้องย้ายที่นั่งเพราะผู้เรียนนั่งประจำที่แต่สามารถแสดงความคิดเห็นต่างๆ ร่วมกันได้ 4) การทดลองฝึกปฏิบัติจริงโดยการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีตามโจทย์ที่ได้รับมอบหมาย โดย นักศึกษาจะนำผลจากการแสดงความคิดเห็นผ่านการทำกิจกรรมด้วยเทคโนโลยีคลาวด์มาฝึกปฏิบัติเขียนโปรแกรมจริง เพื่อเรียนรู้และฝึกทักษะการใช้โครงสร้าง คำสั่งของภาษาซีในการสร้างแอปพลิเคชันอย่างง่าย 5) การตรวจสอบความถูกต้อง นักศึกษาทดสอบรันโปรแกรมด้วยตนเองหากมีข้อผิดพลาดอาจารย์ผู้สอนจะคอยให้คำแนะนำพร้อมอธิบายสิ่งที่ผิดพลาดก่อนทำการแก้ไขเพื่อให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจ โดยระหว่างการทำกิจกรรมอาจารย์ผู้สอนจะคอยสังเกตและศึกษาพฤติกรรมของนักศึกษาตลอดช่วงระยะเวลาการทำกิจกรรม



### รูปที่ 1: โครงสร้างการใช้เทคโนโลยีคลาวด์ในการเรียนการสอน

1. ขั้นตอนการศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีคลาวด์ ผู้วิจัยใช้การประเมินด้วยแบบสอบถาม จากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พร้อมทั้งนำผลข้อมูลทั้งหมดเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยรวมสำหรับสรุปผลความพึงพอใจโดยใช้เกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ (Rating Scale) ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

4.51 – 5.00	หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก
3.51 – 4.50	หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี
2.51 – 3.50	หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
1.00 – 1.50	หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

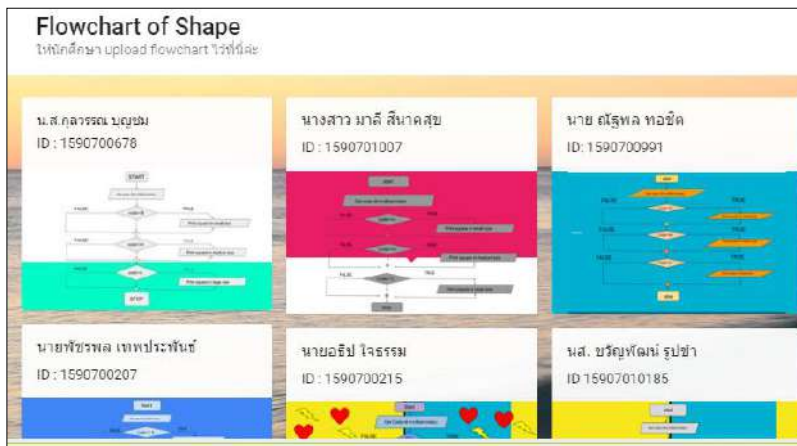
งานวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการวิจัยโดยได้นำแผนปฏิบัติการการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีคลาวด์ โดยผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตการมีส่วนร่วมต่อกิจกรรมในชั้นเรียนของนักศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากการส่งงานต่างๆ ภายในห้องตลอดภาคการศึกษา พบว่ามีบรรยากาศการเรียนการสอนที่สนุกสนานขึ้น นักศึกษาแสดงการมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ การทำโจทย์ การแสดงความคิดเห็นพบว่านักศึกษาให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีและส่งงานตามกำหนดถึงร้อยละ 92 เมื่อเทียบกับปีการศึกษา 2555 ซึ่งยังไม่ได้นำ



เทคโนโลยีคลาวด์มาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนซึ่งนักศึกษาให้ความร่วมมือและส่งงานตามกำหนดคิดเป็นร้อยละ 59 จากการศึกษาพบว่าการให้นักศึกษาเขียนตอบในกระดาษหรือทำในซีทแบบฝึกหัดทำให้นักศึกษาร้อยละ 41 ไม่สนใจที่จะเขียนตอบหรือบางคนไม่มีแนวทางว่าจะต้องทำอะไร เริ่มต้นเขียนอย่างไร แต่เมื่อเทียบกับการใช้กิจกรรมผ่านเทคโนโลยีคลาวด์พบว่านักศึกษามีแรงกระตุ้นจากเพื่อนๆ ส่งผลให้บรรยากาศการเรียนภายในห้องเรียนมีความสุขสนุกสนาน เนื่องจากนักศึกษาสามารถเข้าร่วมทำกิจกรรม การแก้ปัญหา การทำโจทย์ปัญหา ไปพร้อมๆ กัน อีกทั้งยังแสดงความคิดเห็นออนไลน์เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ไปพร้อมๆ กับการทำกิจกรรมดังแสดงใน รูปที่ 2 และ รูปที่ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 2: การทำกิจกรรมด้วยเทคโนโลยีคลาวด์ผ่านกิจกรรมที่ 1



รูปที่ 3: การทำกิจกรรมด้วยเทคโนโลยีคลาวด์ผ่านกิจกรรมที่ 2

ภายหลังจบภาคการศึกษาผู้วิจัยได้ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีคลาวด์ จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 37 คน พบว่ามีระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอนดังนี้

ตารางที่ 2: ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีคลาวด์

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	แปลผล
<b>ด้านการวางแผนการสอน</b>			
1. มีการชี้แจงวัตถุประสงค์ ขอบเขตเนื้อหาและวิธีการประเมินผลที่ชัดเจน	4.52	0.63	ดีมาก
2. มีวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์รายวิชา	4.61	0.68	ดีมาก
<b>ผลค่าเฉลี่ย</b>	<b>4.57</b>	<b>0.66</b>	<b>ดีมาก</b>
<b>ด้านการเรียนการสอน</b>			
3. มีการเตรียมการสอน ทูมเทและตั้งใจสอน	4.73	0.61	ดีมาก
4. ใช้กระบวนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์หรือคิดสร้างสรรค์	4.63	0.62	ดีมาก
5. ใช้สื่อประกอบการเรียนรู้ที่น่าสนใจเหมาะสมและเพียงพอในรายวิชา	4.63	0.65	ดีมาก
6. มีการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาเข้ากับการปฏิบัติงานในวิชาชีพ สภาพสังคมที่เกี่ยวข้องได้อย่างน่าสนใจ	4.52	0.78	ดีมาก
7. สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ แสดงความคิดเห็นซักถาม หรือทำกิจกรรมร่วมกัน	4.75	0.61	ดีมาก
8. กระบวนการเรียนการสอนที่หลากหลายและเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา	4.67	0.68	ดีมาก
9. เนื้อหาที่สอนเรียงตามลำดับเป็นขั้นตอน สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และคำอธิบายรายวิชา	4.48	0.69	ดี
10. อาจารย์มีการตรงต่อเวลาในการสอน	4.63	0.62	ดีมาก
11. เป็นผู้ที่มีจิตเมตตาต่อศิษย์ เช่น ให้คำแนะนำ มีเวลาและให้คำปรึกษาด้วยความเต็มใจ เป็นต้น	4.50	0.63	ดีมาก
<b>ผลค่าเฉลี่ย</b>	<b>4.62</b>	<b>0.65</b>	<b>ดีมาก</b>
<b>ผลค่าเฉลี่ยรวม</b>	<b>4.60</b>	<b>0.66</b>	<b>ดีมาก</b>

จากตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจด้านการวางแผนการสอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 เกี่ยวกับการชี้แจงวัตถุประสงค์ ขอบเขตเนื้อหา วิธีการประเมิน วิธีการชี้วัดและประเมินผลการเรียนรู้ พบว่าอยู่ในระดับดีมากทั้งหมด สำหรับความเกี่ยวกับความพึงพอใจด้านการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 พบว่าอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งเน้นเรื่องการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ แสดงความคิดเห็นซักถาม หรือทำกิจกรรมร่วมกันมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.73 อยู่ในระดับดีมาก และหัวข้อเนื้อหาที่สอนเรียงตามลำดับเป็นขั้นตอน สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และคำอธิบายรายวิชาที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 4.48 อยู่ในระดับดี

### สรุป

จากการศึกษาวิจัยพบว่าการประยุกต์นำเทคโนโลยีคลาวด์มาเพื่อทดลองใช้สำหรับการพัฒนาการเรียนในรายวิชาเขียนโปรแกรมพบว่าเทคโนโลยีสามารถกระตุ้นให้นักศึกษาสนใจเข้ามามีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น การทำกิจกรรม การทำงานเชิงปฏิบัติการต่างๆ ในชั้นเรียนมากขึ้น การแสดงความคิดเห็นในแต่ละกิจกรรมและส่งงานตรงตามกำหนดสูงถึงร้อยละ 92 ซึ่งสูงกว่าการเรียนการสอนที่ไม่ใช้เทคโนโลยีมีเพียงร้อยละ 67 ซึ่งการเรียนการสอนแบบเดิมที่เป็นการทำงาน แบบฝึกหัดเน้นทำในกระดาษอย่างเดียว การทำกิจกรรมเน้นทำคนเดียวและการแสดงความคิดเห็นใช้การยกมือตอบเท่านั้น ในขณะที่เมื่อนำเทคโนโลยีคลาวด์มาประยุกต์สำหรับการส่งงาน ทำแบบฝึกหัด และการทำกิจกรรมเน้นการทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้นักศึกษาได้แสดงความคิดเห็น การตอบคำถามแบบออนไลน์พบว่านักศึกษาที่มีความสนใจมากขึ้น เมื่อสังเกตพฤติกรรมรวมถึงบรรยากาศพบว่านักศึกษาตั้งใจ สนใจมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับสายสุนีย์ เจริญสุข (2557:112-122) พบว่าการทำงานเป็นกลุ่มจะสามารถช่วยกันคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาการเรียนโปรแกรม

คอมพิวเตอร์ได้ดีกว่าทำงานเดี่ยว ทั้งนี้เนื่องจากการทำกิจกรรม การทำงานต่างๆ รวมถึงการแสดงความคิดเห็น หรือระดมความคิดด้วยเทคโนโลยีแบบคลาวด์นักศึกษาในยุคปัจจุบันมีความคุ้นเคยการใช้เทคโนโลยีอีกทั้งยังสามารถร่วมกันแสดงความคิดเห็นซึ่งกันละกันภายในกลุ่มหรือในชั้นเรียน แต่ในทางกลับกันนักศึกษายังคงได้รับความเป็นส่วนตัวอยู่ไม่ต้องแยกหรือลุกไปรวมกลุ่ม นั่งเป็นกลุ่ม หรือจับกลุ่ม แต่สามารถทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มไปพร้อมๆ กันผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ทำให้บรรยากาศการเรียนการสอน การทำกิจกรรมระหว่างการเรียนรู้โดยรวมดีขึ้นจึงส่งผลให้ผลการวิจัยของการศึกษาการพัฒนาความสนใจเรียนในรายวิชาการเขียนโปรแกรมด้วยเทคโนโลยีคลาวด์ โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.60$ ,  $SD = 0.66$ )

### เอกสารอ้างอิง

- บุญชม ศิริสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น จัดพิมพ์.
- พิมพ์วิสาข์ ดิ่งเคลือบ. (2555). *การพัฒนาความสนใจในการเรียนวิชา BCS121 การเขียนโปรแกรม 2 ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ภาควิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะสารสนเทศศาสตร์โดยใช้เทคนิคเสริมแรง*. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- สายสุนีย์ เจริญสุข. (2557). *การพัฒนาการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการคิดแก้ปัญหาจากกรณีตัวอย่างรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 1. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม-มิถุนายน 2557* หน้า 112-122.
- อรญา อำนาจเจริญพร. (2554). *Cloud Computing การประยุกต์ใช้ในการศึกษา*. บทความวิชาการ วิชา 2726601 เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาภิวัฒน์ ภาควิชาการศึกษาด้าน ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Dan R. Herrick. (2009). Google This! Using Google Apps for Collaboration and Productivity. *SIGUCCS'09*, October 11–14, 2009, St. Louis, Missouri, USA.
- Nabil Sultan. (2010). Cloud computing for education: A new dawn? *International Journal of Information Management*. 30. p109–116.

## การศึกษาเปรียบเทียบระบบระบายอากาศภายในโรงงานหลอมและขึ้นรูปโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก A COMPARATIVE STUDY OF VENTILATION SYSTEMS IN NON-FERROUS METALS PROCESSING PLANT

สืบสกุล กุรุรัตน์<sup>1\*</sup>, เอกชัย แวงวรรณ<sup>2</sup>, สถาพร เชื้อเพ็ง<sup>1</sup>  
Suabsakul Gururatana<sup>1\*</sup>, Ekkachai Wangwan<sup>2</sup>, Sathaporn Chuepeng<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา  
<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha,  
Kasetsart University Sriracha Campus  
<sup>2</sup>โครงการปริญญาโทวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

<sup>2</sup>Master of Engineering Program in Safety Engineering and Environmental Management, Faculty of  
Engineering at Sriracha, Kasetsart University Sriracha Campus  
\*Corresponding author, E-mail: suabsakul@eng.src.ku.ac.th

### บทคัดย่อ

สำหรับโรงงานหลอมและขึ้นรูปโลหะที่ไม่ใช่เหล็กสามารถพบบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงอันเนื่องมาจากความร้อนจากกระบวนการเผาไหม้ ดังนั้นระบบระบายอากาศจึงมีความจำเป็นเพื่อลดอุณหภูมิและระบายความร้อนในบริเวณทำงาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศที่ใช้ภายในโรงงาน โดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณถูกนำมาใช้วิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิและการไหลของอากาศ ผลการศึกษาพบว่ากรณีศึกษา 3 ที่ใช้วิธีจัดเรียงตำแหน่งของพัดลมใหม่ร่วมกับการติดตั้งช่องเปิดที่ผนังอาคารนั้นให้ผลการศึกษาเป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยจาก 34.65 °C เหลือ 31.61 °C และเพิ่มความเร็วเฉลี่ยของอากาศจาก 0.5 m/s เป็น 0.95 m/s

**คำสำคัญ:** ความร้อน พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ อุณหภูมิอากาศ ความเร็วอากาศ

### ABSTRACT

In Non-Ferrous Metals Processing Plant, high temperature area can be found due to heat released by combustion process. So, the ventilation system is needed to decrease the temperature and remove the excessive heat from the working area. The research aims to compare the performance of different ventilation system used in the plant. The commercial Computational Fluid Dynamics software is used to be a tool to investigate the air temperature distribution and airflow characteristics. The numerical results show that the combined system between new fan arrangement and open wall, case 3, shows satisfied results that average air temperature can be reduced from 34.65 °C down to 31.61 °C and average air velocity is increased from 0.5 m/s to 0.95 m/s

**Keywords:** Heat, Computational Fluid Dynamics, Air Temperature, Air Velocity

## บทนำ

การปฏิบัติงานภายในโรงงานอุตสาหกรรม ผู้ปฏิบัติงานได้สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมในการทำงานอยู่ทุกๆ วัน เช่น สารเคมี เสียง แสง ความร้อน และปัจจัยอื่นๆอีกมากมาย ทั้งนี้ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆขึ้นอยู่กับลักษณะกระบวนการผลิตของแต่ละอุตสาหกรรม สิ่งเหล่านี้หากไม่มีการควบคุมที่ดีพอ จะนำมาซึ่งปัญหาต่างๆได้ โดยเฉพาะปัญหาด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทหลอมและขึ้นรูปโลหะเป็นอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการผลิตที่มีการให้ความร้อนในการแปรรูปชิ้นงานจนได้เป็นผลิตภัณฑ์ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องสัมผัสกับความร้อนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นสิ่งที่ผู้ประกอบการ หรือผู้ที่ได้รับมอบหมายเช่น หน่วยงานความปลอดภัย หรือเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับต่างๆ ต้องเสนอแนะแนวทาง หามาตรการที่มีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติเพื่อควบคุมดูแลสภาพแวดล้อมในการทำงานให้คงอยู่ในมาตรฐานของกฎหมาย ที่กำหนดกฎกระทรวงฉบับที่ 39 ปี พ.ศ. 2537 ให้อาคารจะจัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติหรือวิธีกลก็ได้กรณีอาคารที่มีการระบายอากาศโดยวิธีกล (กระทรวงมหาดไทย, 2537)

ระบบระบายอากาศหมายถึง วิธีการทางวิศวกรรมวิธีหนึ่ง ในการควบคุมสิ่งแวดล้อมในการทำงานโดยใช้หลักการไหลของอากาศเพื่อปรับอุณหภูมิของอากาศให้ร้อนหรือเย็น การขจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศ การทำให้สิ่งปนเปื้อนลดน้อยลงหรือเจือจางลง การเพิ่มปริมาณอากาศเข้าสู่บริเวณพื้นที่ทำงาน (สุทิน และคณะ, 2555)

## บททวนวรรณกรรม

สุนทร ชาวกริบ (2549) ได้ศึกษาลักษณะการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากเตาหลอมอลูมิเนียม และได้ออกแบบปรับปรุงระบบระบายอากาศ โดยทำการหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งพัดลมระบายอากาศสำหรับลดระดับความร้อนให้ผู้ปฏิบัติงานอยู่บริเวณหน้าเตาหลอมอะลูมิเนียม พบว่าสาเหตุของปัญหาความร้อนมาจากการเกิดจุดอับลม บริเวณหน้าเตาหลอม จากนั้นได้ทำการติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 4,800 และ 6,400 CFM ที่ระยะห่างจากจุดที่คนทำงาน 5 เมตร เพื่อเพิ่มความเร็วของอากาศในบริเวณหน้าเตาหลอม ผลการศึกษาสามารถลดความร้อนลงได้ อยู่ในช่วง 29-32 °C ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานกฎหมาย

อมรลักษณ์ สุขมาก (2550) ได้ทำการศึกษาออกแบบปรับปรุงการระบายอากาศในอาคารผลิตกระดาษ โดยทำการเพิ่มช่องระบายอากาศที่ผนังของอาคาร รวมถึงเพิ่มขนาดพัดลมเพื่อช่วยในการลดอุณหภูมิภายในอาคาร ผลการปรับปรุงสามารถลดอุณหภูมิจาก 42 °C จนเหลือ 32 °C

เอกชัย วิมูล (2550) ได้ทำการศึกษาการถ่ายเทความร้อนจากเตาหลอมโลหะในอาคารโรงงานหล่อเหล็กเหนียว ออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ซึ่งอาคารที่ทำการศึกษาเป็นอาคารที่มีเตาหลอมโลหะจำนวน 5 เตา ก่อนทำการปรับปรุงพบว่าความร้อนหน้าเตาหลอมเหล็กอยู่ที่ 45 °C ซึ่งเกินค่ามาตรฐานความปลอดภัยของกระทรวงมหาดไทย จึงได้ทำการศึกษาแนวทางแก้ไขโดยจำลองการติดตั้งพัดลมเป่าอากาศที่มีกำลังพัดลมขนาด 1.5 แรงม้า ซึ่งสามารถช่วยลดระดับอุณหภูมิหน้าเตาหลอมลงเหลือ 32 °C ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัย

สนั่นศิลป์ สีท่ามี (2550) ได้ศึกษาการลดความร้อนจากเตาเผาภายในโรงงานผลิตแหวนบรอนซ์ ซึ่งเป็นความร้อนที่เกิดจากกระบวนการหลอมเหล็กเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขสภาพแวดล้อมในการทำงาน โดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม การศึกษาพบว่าแหล่งกำเนิดความร้อน มาจากเตาเผาจำนวน 3 เตา ท่อระบายอากาศจำนวน 3 ท่อ และโต๊ะวางชิ้นงาน พบว่าวิธีการแก้ไขที่เหมาะสมตามหลักการทางวิศวกรรมและด้านงบประมาณ คือ โดยการปรับปรุง

ที่แหล่งกำเนิด ด้วยการหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนไฟเบอร์กลาสในการลดความร้อน การหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนไฟเบอร์กลาสความหนาแน่น 16 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ผนังเตาเผาทั้ง 3 เตาและท่อระบายอากาศทั้ง 3 ท่อ ผลการปรับปรุงแก้ไขสามารถลดระดับอุณหภูมิจากเดิม 50 องศาเซลเซียส ลงเหลือ 39 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นระดับความร้อนที่ผ่านมาตรฐานที่กำหนด ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2519 เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม

Song & Meng (2015: 1475-1481) ได้ศึกษาการระบายอากาศแบบธรรมชาติและเชิงกลในห้องเรียนที่มีปริมาตร 396 ลูกบาศก์เมตรโดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ โดยจำลองการเปิดผนังด้านข้าง การติดตั้งพัดลมเพดานและพัดลมดูดอากาศ พบว่าการเพิ่มช่องเปิด 2 แถวเพื่อระบายอากาศเข้าสู่อาคารร่วมกับการติดตั้งพัดลมเพดานและพัดลมดูดอากาศจะทำให้การระบายอากาศในห้องเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งนี้ พัดลมเพดานจะช่วยให้ปรับปรุงสภาพอากาศในตำแหน่งของนักเรียนได้ดีมากขึ้น

Zhang et al. (2016: 193-205) ได้ทำการจำลองการไหลของอากาศภายในโรงเรือนเพาะชำต้นไม้ การศึกษาได้ใช้แบบจำลองความปั่นป่วนชนิด Relizable  $k-\epsilon$  มาจำลองการไหลร่วมกับการตรวจวัดจริง สำหรับโรงเรือนได้ทำการติดตั้งชุดหัวฉีดอากาศจำนวน 1 - 4 ด้านบนเพดานและพ่นอากาศจากเพดานลงสู่พื้น ผลการศึกษาพบว่า จำนวนชุดหัวฉีดอากาศเพียง 2 ชุดนั้นเพียงพอในการรักษาอุณหภูมิและการไหลเวียนอากาศ นอกจากนี้ยังให้ความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์มากที่สุดอีกด้วย

จากการตรวจเอกสารพบว่า สำหรับวิธีที่นิยมในการลดอุณหภูมิและเพิ่มการไหลเวียนอากาศภายในโรงงานมีด้วยกัน 2 รูปแบบนั่นคือ การเพิ่มพัดลมในการระบายอากาศสำหรับจุดอับลม และการเพิ่มช่องเปิดออกนอกอาคารเพื่อระบายความร้อนที่สะสมอยู่ออกไป

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในส่วนของเปรียบเทียบระบบระบายอากาศภายในอาคารหลอมและขึ้นรูปโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก และพิจารณาเฉพาะพื้นที่ที่ทำการขึ้นรูปโลหะเท่านั้น สำหรับการศึกษาขึ้นรูปโลหะได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ 3 แบบ โดยแบ่งเป็นกรณีศึกษา ดังนี้ กรณีศึกษา 0 เป็นการศึกษาระบบที่ไม่มีมีการปรับปรุงใดๆ กรณีศึกษา 1 ได้มีการปรับปรุงโดยการเพิ่มช่องเปิดของผนังด้านทิศเหนือและทิศตะวันตกบริเวณใกล้กับกระบวนการที่มีการให้ความร้อน กรณีศึกษา 2 ได้มีการปรับปรุงตำแหน่งการติดตั้งพัดลมทั้ง 12 ตัว และกรณีศึกษา 3 ได้ทำการปรับปรุงโดยการรวมกรณีศึกษา 1 และ 2 โดยดัชนีชี้วัดในการปรับปรุงนั้นได้พิจารณาถึงอุณหภูมิที่สามารถลดได้และความเร็วของอากาศที่เพิ่มขึ้นภายในอาคาร

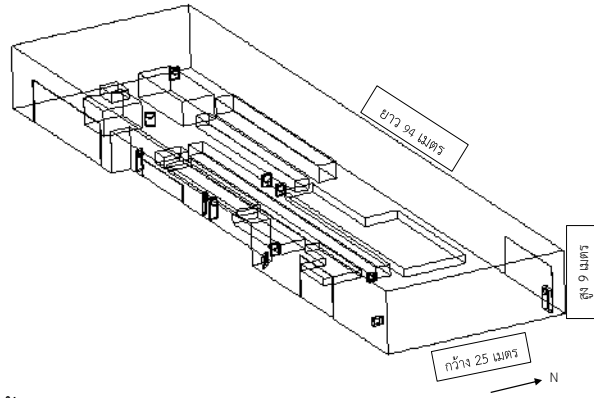
### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มการไหลเวียนของอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทหลอมและขึ้นรูปโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก
2. เพื่อประเมินค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบระบายอากาศ

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 1. การตรวจวัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องภายในโรงงาน

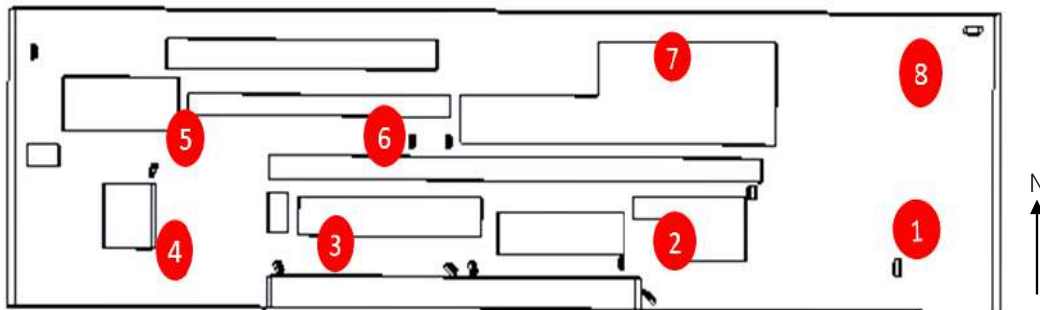
โรงงานอุตสาหกรรมประเภทหลอมและขึ้นรูปโลหะที่ไม่ใช่เหล็กในงานวิจัยนี้มีขนาดความยาว 94 เมตร กว้าง 25 เมตร สูง 9 เมตรตั้งรูปที่ 1 ภายในมีเครื่องจักรที่มีความร้อนจำนวน 11 ตัว โดยโรงงานได้ทำการติดตั้งพัดลมเพื่อระบายความร้อนจำนวน 12 ตัว



รูปที่ 1: อาคารหลอมและขึ้นรูปโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก

งานวิจัยนี้ได้มีการตรวจวัดอุณหภูมิและความเร็วของอากาศโดยเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความเร็วของอากาศ (Anemometer) ภายในอาคารโรงงานจำนวน 8 จุด ที่ระดับความสูง 1.2 เมตร อ้างอิงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างตามมาตรฐานของ Ministry of Environment (1996) ดังรูปที่ 2

จากนั้นได้ทำการวัดความเร็วของอากาศและอุณหภูมิ เป็นระยะเวลา 15 วัน โดยทำการวัดในช่วงเวลา 13.00 ถึง 15.00 ทุกๆชั่วโมง ทั้ง 8 จุด เนื่องจากเป็นเวลาทำอากาศภายนอกที่ร้อนที่สุดของวัน สำหรับค่าอุณหภูมิบรรยากาศภายนอกอาคารเฉลี่ย 15 วันนั้นมีค่า 33.06 °C ต่อมาค่าอุณหภูมิความเร็วของอากาศที่จุดวัดทั้ง 8 จุด จำนวน 15 วัน นั้นจะถูกนำมาเฉลี่ยโดยค่าทั้งหมดถูกแสดงในตารางที่ 1 (เอกชัย แวงวรรณ และคณะ, 2559: 102-109)



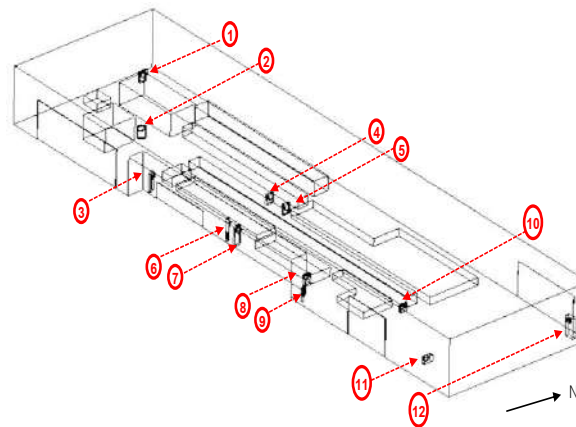
รูปที่ 2: ตำแหน่งการตรวจวัดอุณหภูมิและความเร็วของอากาศ

ตารางที่ 1: แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยและความเร็วของอากาศเฉลี่ย 8 จุด (เอกชัย แขวงวรรณ และคณะ, 2559: 102-109)

จุดตรวจวัด	ผลการวัดค่า	
	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วของอากาศ (m/s)
จุดที่ 1	34.09	0.90
จุดที่ 2	33.91	0.64
จุดที่ 3	34.32	0.63
จุดที่ 4	34.46	0.06
จุดที่ 5	34.70	0.04
จุดที่ 6	34.48	0.05
จุดที่ 7	33.92	0.02
จุดที่ 8	33.44	1.11
ประตูอาคาร	33.06	1.26

## 2. การกำหนดค่าขอบสำหรับโปรแกรมด้านพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

สำหรับการเก็บข้อมูลค่าขอบสำหรับกำหนดในโปรแกรมด้านพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณนั้น ได้ทำการวัดค่าอุณหภูมิและความเร็วของพัดลมจำนวน 12 ตัวที่ติดตั้งภายในโรงงานจริง โดยตำแหน่งของพัดลมทั้ง 12 ตัวถูกแสดงในรูปที่ 3 ข้อมูลการตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความเร็วลมของพัดลมแต่ละตัวแสดงดังตารางที่ 2 (เอกชัย แขวงวรรณ และคณะ, 2559: 102-109)



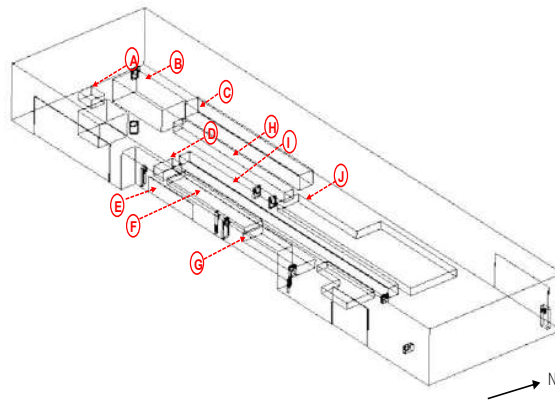
รูปที่ 3: ตำแหน่งพัดลมระบายอากาศจำนวน 12 ตัว



ตารางที่ 2: ความเร็วลมและอุณหภูมิของพัดลม (เอกชัย แวงวรรณ และคณะ, 2559: 102-109)

พัดลม	ผลการวัดค่า	
	อุณหภูมิ (°C )	ความเร็วลม (m/s)
1	34.70	3.70
2	34.40	3.90
3	34.00	3.70
4	34.50	3.70
5	34.30	3.50
6	33.60	4.00
7	34.60	3.80
8	33.90	4.50
9	34.80	4.20
10	33.90	4.50
11	34.20	3.90
12	33.70	4.10

ในการกำหนดค่าอุณหภูมิของเครื่องจักรนั้น ได้ใช้เครื่องถ่ายภาพความร้อนถ่ายภาพเครื่องจักรแหล่งต่างๆ ซึ่งถูกแสดงด้วยสัญลักษณ์ A, B, C, D, E, F, G, H, I และ J เพื่อหาค่าอุณหภูมิจริงเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ย โดยตำแหน่งของเครื่องจักรนั้นถูกแสดงในรูปที่ 4 และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยถูกแสดงในตารางที่ 3 (เอกชัย แวงวรรณ และคณะ, 2559: 102-109)



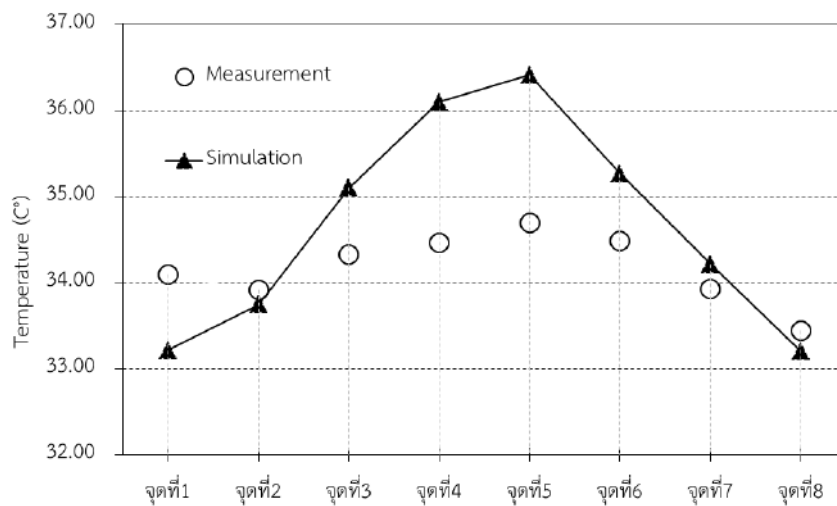
รูปที่ 4: แหล่งความร้อนจำนวน 10 ตำแหน่ง

ตารางที่ 3: ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของเครื่องจักร (เอกชัย แวงวรรณ และคณะ, 2559: 102-109)

เครื่องจักร	อุณหภูมิ (°C )
เตาอบแม่พิมพ์ (A)	58.29
เครื่องอัดรีดร้อน (B)	56.61
เตาอบท่อนโลหะ (C)	62.36
ระบบปั๊ม (D)	62.30
ตู้ไฟฟ้า (E)	38.79
เครื่องตัด (F)	39.51
เครื่องตัดสั้น (G)	40.09
เครื่องหล่อเย็น (H)	40.23
สายพานลำเลียง (I)	40.70
เครื่องพักหลังการรีดร้อน (J)	40.38

### 3. การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

ผลตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม ได้มีการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิจากการตรวจวัดจริงจำนวน 8 จุดเทียบกับผลการจำลองด้วยโปรแกรม โดยพบว่าค่าความคาดเคลื่อนที่ได้ไม่เกินร้อยละ 5 ดังรูปที่ 5 ผลการศึกษาที่ได้สามารถสรุปได้ว่าค่าที่ได้จากโปรแกรมมีความถูกต้องแม่นยำเพียงพอ (เอกชัย แวงวรรณ และคณะ, 2559: 102-109)



รูปที่ 5: แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ (เอกชัย แวงวรรณ และคณะ, 2559: 102-109)

### 4. การศึกษาความอิสระของกริด

สำหรับการจำลองการไหลนั้นจำนวนของ กริดมีผลต่อความถูกต้องแม่นยำ ดังนั้นการศึกษาความเป็นอิสระของกริดจึงมีความจำเป็น โดยทำการจำลองการไหลผ่านกรณีศึกษา 2 แบบ โดยมีจำนวนกริดได้แก่ 2,722,597 กริดและจำนวน 4,419,772 กริด จากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆจำนวน

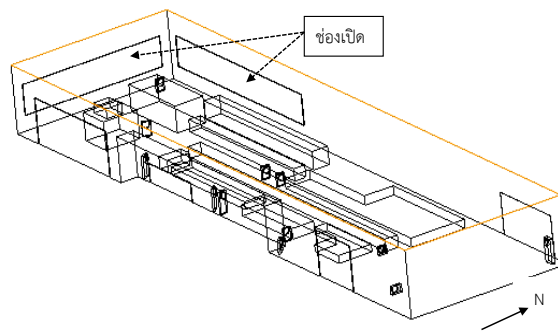
8 จุด พบว่าค่าร้อยละความแตกต่างของอุณหภูมิโดยรวมน้อยกว่าร้อยละ 5 อย่างไรก็ตามมี 2 จุดที่มีค่ามากกว่าร้อยละ 20 อันเนื่องมาจากกริดที่ไม่เพียงพอทั้งนี้ด้วยขีดจำกัดด้านสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ไม่เพียงพอ (เอกชัย แวงวรรณ และคณะ, 2559: 102-109)

### 5. การพัฒนาระบบระบายอากาศ

สำหรับการศึกษาและพัฒนาระบบระบายอากาศภายในโรงงานนั้นได้แบ่งกรณีศึกษาเป็น 4 กรณี ดังนี้

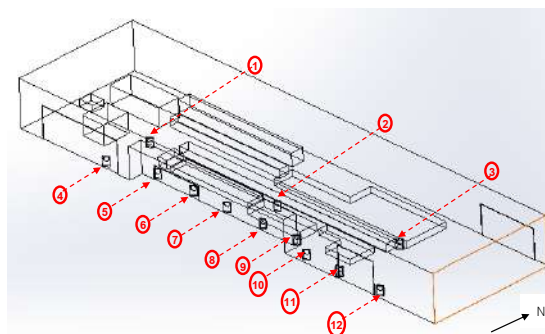
กรณีศึกษา 0 เป็นการศึกษาขณะที่ไม่มีการปรับปรุงใดๆ เพื่อให้ทราบลักษณะการกระจายตัวของอากาศและอุณหภูมิในสภาพปัจจุบันก่อนการเสนอกรณีปรับปรุงซึ่งแผนผังการจัดวางวัตลมได้แสดงดังรูปที่ 3 ที่กล่าวไว้ข้างต้นในเรื่องการตรวจวัดและการกำหนดค่าเงื่อนไข

กรณีศึกษา 1 ได้มีการปรับปรุงโดยการเพิ่มช่องเปิดของผนังด้านทิศเหนือและทิศตะวันตกบริเวณใกล้กับกระบวนการที่มีการให้ความร้อน ได้แก่ เครื่องอัดรีดร้อน เครื่องอบท่อโลหะ และเครื่องอบแม่พิมพ์ถูกถ่ายเทออกจากตัวอาคารดังรูปที่ 6



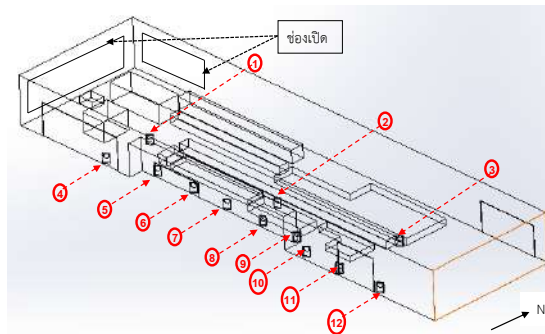
รูปที่ 6: กรณีศึกษา 1

กรณีศึกษา 2 ได้มีการปรับปรุงตำแหน่งการติดตั้งพัดลมทั้ง 12 ตัว โดยปรับตำแหน่งโดยวางตำแหน่งพัดลมให้อยู่แนวทิศใต้ของอาคารทำมุม 30 องศา กับทิศตะวันออกเพื่อเป่าอากาศร้อนออกจากตำแหน่งที่ปฏิบัติงานดังรูปที่ 7



รูปที่ 7: กรณีศึกษา 2

กรณีศึกษา 3 ได้ทำการปรับปรุงโดยการรวมกรณีศึกษา 1 และ 2 ด้วยกันนั่นคือ การเพิ่มช่องเปิดของผนังด้านทิศเหนือและทิศตะวันตกและติดตั้งพัดลมทั้ง 12 ตัว องค์กรดังรูปที่ 8



รูปที่ 8: กรณีศึกษา 3

### สมการควบคุมการไหล

การจำลองการไหลและการถ่ายเทความร้อนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปด้านพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณนั้นเป็นที่นิยมมากในงานออกแบบทางวิศวกรรมเพราะ มีความสะดวก รวดเร็ว มีความแม่นยำ และช่วยลดอันตรายระหว่างการวิจัย

เนื่องจากการไหลของอากาศในโรงงานเป็นการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) ดังนั้นในงานวิจัยนี้ นำวิธีการเฉลี่ยของเรย์โนลด์ (Reynolds Averaging Navier-Stokes, RANS) มาใช้กับสมการการเคลื่อนที่ของการไหลแบบปั่นป่วน เพื่อแปลงสมการการเคลื่อนที่ของการไหลแบบปั่นป่วน ให้อยู่ในรูปของค่าเฉลี่ย โดยสมมุติฐานของงานวิจัยนี้ได้แก่ เป็นการไหลที่อัดตัวไม่ได้ (Incompressible Flows) และเป็นสภาวะคงตัว (Steady) สามารถเขียนเป็นสมการในรูปแบบเซอร์ได้ดังนี้

### สมการกฏทรงมวล

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

โดย  $\rho$  คือ ความหนาแน่นของของไหล ถัดมา  $u_i$  และ  $x_i$  คือค่าความเร็วเฉลี่ย และค่าแกนพิกัดฉาก

### สมการโมเมนตัม

$$\frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_i} = \frac{\partial(P_i)}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial x_i} (-\rho \overline{u_i u_j}) \quad (2)$$

โดยที่  $\mu$  และ  $P_i$  คือสัมประสิทธิ์ความหนืดและความดันตามลำดับ สำหรับสมการโมเมนตัมที่ถูกเฉลี่ยด้วยวิธีการของเรย์โนลด์ ต่างจากสมการโมเมนตัมที่ยังไม่ได้ถูกเฉลี่ย เนื่องจากมีพจน์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้วิธีการเฉลี่ยของเรย์โนลด์ คือ พจน์ความเค้นเรย์โนลด์ (Reynolds Stresses,  $\overline{u_i u_j}$ ) ซึ่งพจน์ที่เกิดขึ้นนี้เป็นพจน์ที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากความปั่นป่วนที่เกิดขึ้น โดยพจน์ความเค้นเรย์โนลด์มีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความเครียด ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการตามสมมุติฐานของ Boussinesq (1877: 46-50) ดังนี้

$$\overline{\rho u_i' u_j'} = \mu_t \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \delta_{ij} \left( \rho k + \mu_t \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) \quad (3)$$

โดยที่ค่า Eddy Viscosity ( $\mu_t$ ) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานจลน์ของความปั่นป่วน ( $k$ ) และค่าอัตราการลดลงของพลังงานจลน์ของความปั่นป่วน ( $\varepsilon$ ) สามารถเขียนได้ ดังนี้

$$\mu_t = \rho c_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (4)$$

### แบบจำลองความปั่นป่วนชนิด $k-\varepsilon$

โดยสมการพลังงานจลน์ของความปั่นป่วน ( $k$ ) เขียนได้ดังนี้

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) + G_k + G_b - \rho \varepsilon \quad (5)$$

สมการอัตราการลดลงของพลังงานจลน์ของความปั่นป่วน ( $\varepsilon$ ) เขียนได้ดังนี้

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right) + \left( C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{\varepsilon 3} G_b) \right) \frac{\varepsilon}{k} - \rho C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon}{k} \quad (6)$$

โดยที่

$$G_k = -\overline{\rho u_i' u_j'} \left( \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (7)$$

$$G_b = -g_i \frac{1}{\rho} \frac{\mu_t}{Pr_T} \frac{\partial p}{\partial x_i} \quad (8)$$

สำหรับค่าคงที่ต่างๆในสมการจะค่าคงที่ของ Launder & Sharma (1974: 131-137) โดย  $C_\mu$ ,  $C_{\varepsilon 1}$ ,  $C_{\varepsilon 2}$ ,  $C_{\varepsilon 3}$ ,  $\sigma_k$ ,  $\sigma_\varepsilon$  และ  $\sigma_T$  มีค่า 0.09, 1.44, 1.92, 1, 1, 1.3 และ 0.9 ตามลำดับ

สำหรับการคำนวณค่าอุณหภูมิ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการพลังงาน (Energy Equation)

$$\frac{\partial(\rho c_p T u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{\partial k T}{\partial x_i} \right) + S \quad (9)$$

สำหรับ  $T$  และ  $c_p$  คือ ค่าอุณหภูมิและค่าความจุความร้อนจำเพาะ ส่วน  $S$  พจน์การผลิตความร้อน สำหรับสมการควบคุมการไหลและอุณหภูมิทั้งหมดจะถูกทำให้ไม่ต่อเนื่อง (Discretization) โดยระเบียบวิธีปริมาตรจำกัด (Finite Volume Method, FVM) และใช้วิธีประมวลผลแบบ Segregated ต่อมาสำหรับ

การแก้ปัญหาที่มีความเร็วและความดันร่วมกันนั้นได้ใช้ ระเบียบวิธี SIMPLE เข้ามาแก้ปัญหา (Patankar 1980)

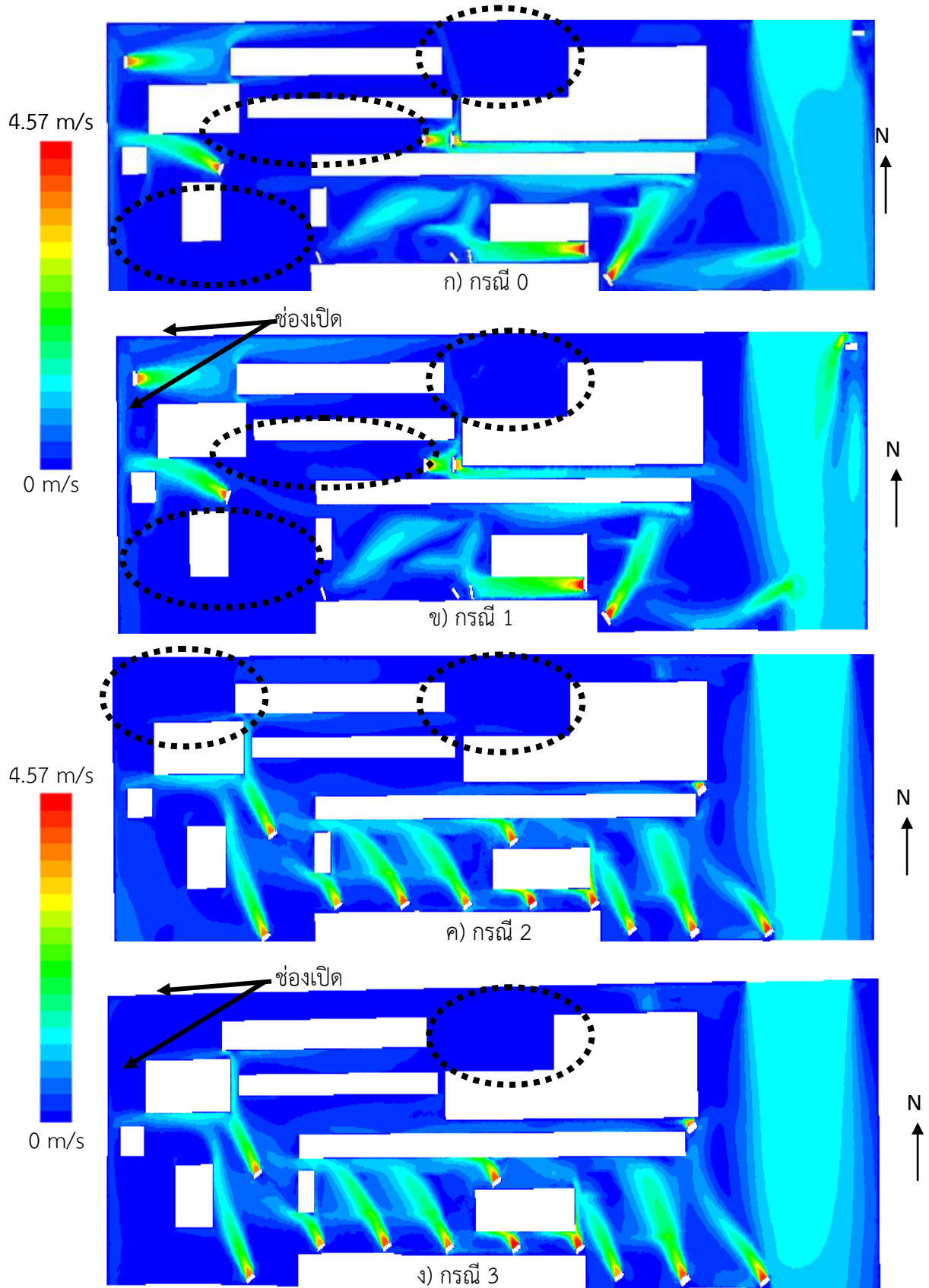
ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแบบทำซ้ำ (Iterative Method) ได้ถูกนำมาแก้ปัญหาระบบสมการพีชคณิต (Algebraic Equation) ของปัญหา และค่าการลู่เข้าของระบบสมการนั้นกำหนดให้ค่าความแตกต่าง (Error) ต้องมีค่าน้อยกว่า 0.0001

งานวิจัยนี้เลือกแบบจำลองความปั่นป่วนชนิดนี้เพราะ เนื่องจากจำนวนกริดในการคำนวณมีขนาดใหญ่การใช้แบบจำลองชนิดนี้ทำให้ใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าแบบอื่น

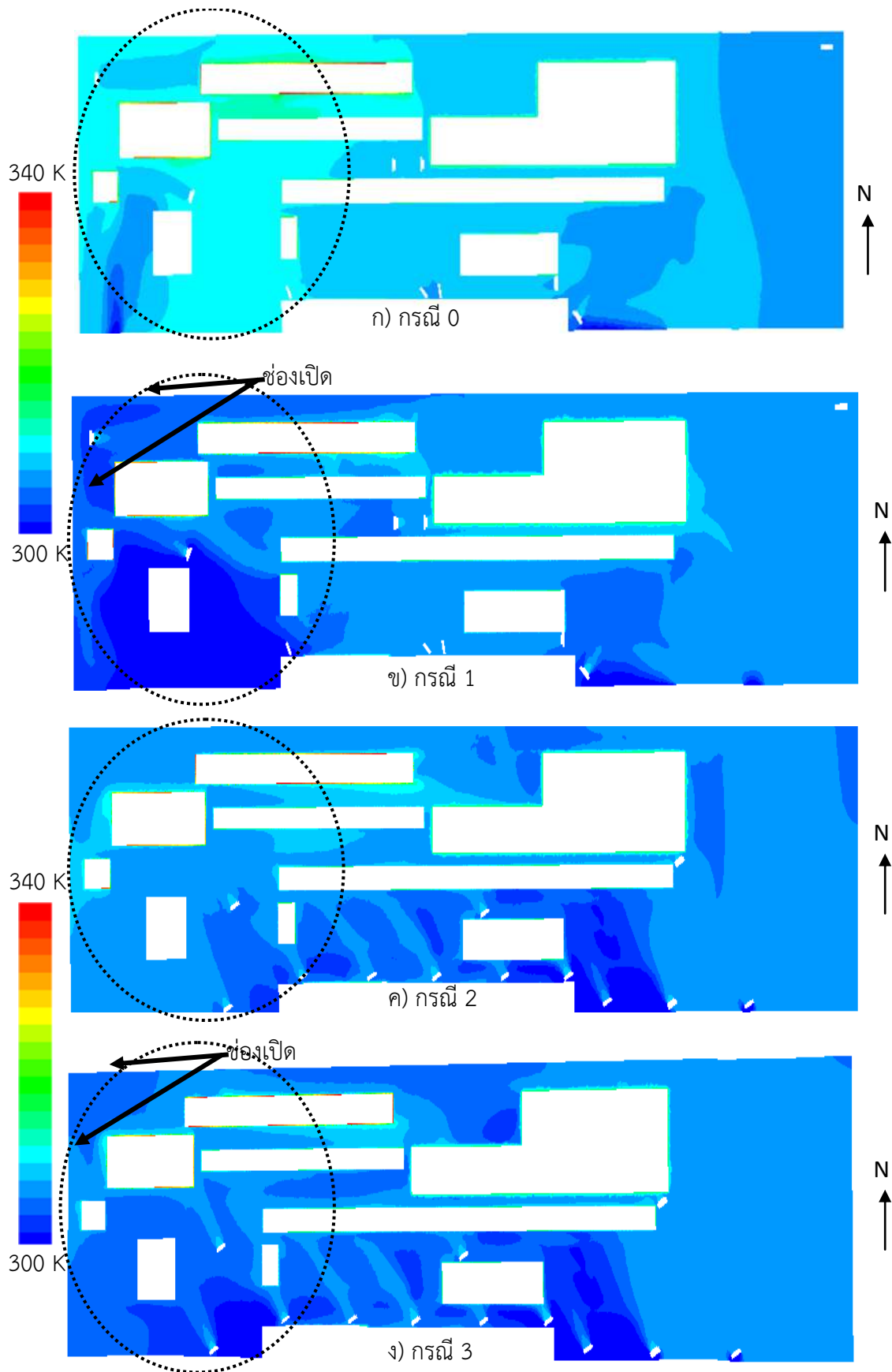
### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาของกรณีศึกษา 1 และ 2 ได้ถูกนำเสนอไปแล้วใน เอกซัย แวงวรรณ และคณะ (2559: 102-109) สำหรับผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ได้นำผลกรณีศึกษา 1 และ 2 มาเปรียบเทียบกับ การกระจายตัวของความเร็วของอากาศที่ระดับความสูง 1.2 เมตร ของกรณีศึกษาทั้งหมดถูกแสดงในรูปที่ 9 พบว่าในกรณี 0 และ 1 บริเวณวงกลมหมายเลขนั้นมีความเร็วเป็น 0 โดยครอบคลุมพื้นที่มากกว่าร้อยละ 20 ของพื้นที่โรงงาน ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวถูกบังทิศทางลมโดยเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่ ถัดมาสำหรับกรณี 2 และ 3 นั้นมีการไหลเวียนของอากาศดีกว่าอย่างเห็นได้ชัดเจน อย่างไรก็ตามก็ยังมีจุดอับลมอยู่ในบริเวณที่มีเครื่องหมายวงกลม สำหรับกรณี 3 นั้นที่มุมด้านที่มีช่องเปิดมีการไหลเวียนของอากาศดีกว่ากรณี 2 เพราะอากาศร้อนบางส่วนได้ไหลออกไปภายนอกอาคารแต่ก็ยังมีค่าความเร็วไม่สูงเนื่องจากบริเวณดังกล่าวถูกบังด้วยเครื่องจักรนั่นเอง

การกระจายตัวของอุณหภูมิของอากาศที่ระดับความสูง 1.2 เมตร ของกรณีศึกษาต่างๆถูกแสดงในรูปที่ 10 สำหรับ กรณี 0 นั้นพบจุดที่มีอุณหภูมิสูงมากคือบริเวณที่มีเครื่องหมายวงกลม ในบริเวณของจุดตรวจวัดที่ 3, 4, 5, และ 6 เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นตำแหน่งของ เตอบแม่พิมพ์ เครื่องอัดรีดร้อน และเตอบท่อนโลหะ ส่งผลให้มีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณอื่นอย่างชัดเจน แต่เมื่อทำการเปิดช่องระบายอากาศดังกรณี 2 และ 3 นั้นส่งผลให้อุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน ต่างกับกรณี 2 ที่มีความเร็วของอากาศในบริเวณในเครื่องหมายวงกลมสูงขึ้นแต่ค่าอุณหภูมิไม่ได้ลดลงเพราะไม่มีการระบายอากาศร้อนออกไปด้านนอกส่งผลให้เกิดการสะสมของความร้อนในบริเวณดังกล่าว



รูปที่ 9: การเปรียบเทียบการกระจายตัวของความเร็วสำหรับกรณีศึกษาต่างๆ



รูปที่ 10: การเปรียบเทียบการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับกรณีศึกษาต่างๆ

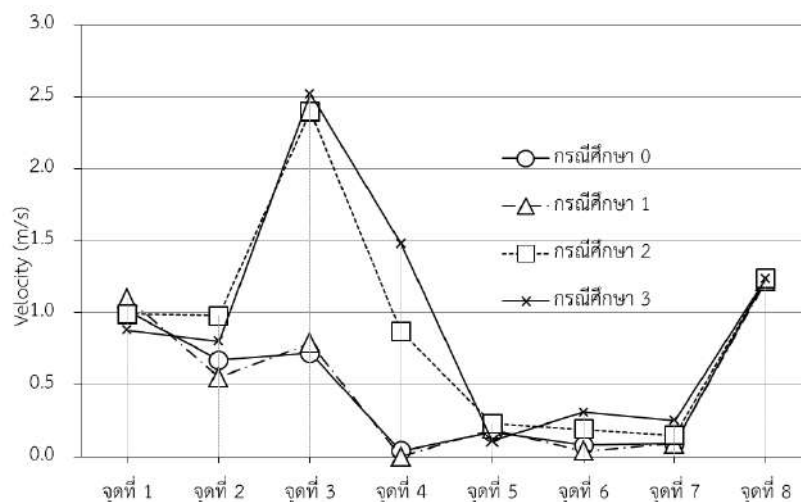


การกระจายตัวของความเร็วภายในอาคารทั้ง 8 จุดถูกแสดงในตารางที่ 4 และรูปที่ 11 ผลการกระจายตัวของความเร็วของอากาศภายในอาคารพบว่า กรณีศึกษา 3 ให้ค่าความเร็วของอากาศที่สูงที่สุดกว่ากรณีศึกษาอื่น สำหรับจุดวัดที่ 3 ที่มีค่าสูงกว่ากรณีอื่นถึง 3 เท่า นั่นอันเนื่องมาจากที่ตั้งของพัดลมอยู่ใกล้กับจุดวัดพอดีส่งผลให้ค่าสูงชันอย่างมาก สำหรับค่าความเร็วของอากาศเฉลี่ยกรณีศึกษา 0, 1, 2 และ 3 ได้แก่ 0.50, 0.50, 0.88 และ 0.95 m/s

สำหรับผลการศึกษาในจุดที่ 1 สำหรับกรณีศึกษา 0 ที่มีค่าความเร็วลมสูงกว่ากรณีศึกษา 2 และ 3 นั้น เป็นผลมาจาก ที่จุดดังกล่าวอยู่ใกล้กับประตูทางเข้าอาคารและตัวโรงงานเองมีที่ตั้งอยู่ใกล้ทะเล จึงมีผลกระทบของลมภายนอกที่พัดเข้าอาคาร แต่ในการจำลองการไหลนั้น ไม่ได้กำหนดค่าของแรงลมที่พัดเข้าอาคาร ส่งผลให้ความเร็วในการวัดมีค่าสูงกว่าการจำลองการไหล

ตารางที่ 4: แสดงค่าความเร็วลม 8 จุด ของกรณีศึกษาต่างๆ

	ความเร็วลม (m/s)			
	กรณีศึกษา 0	กรณีศึกษา 1	กรณีศึกษา 2	กรณีศึกษา 3
จุดที่ 1	1.01	1.10	0.99	0.88
จุดที่ 2	0.67	0.55	0.98	0.80
จุดที่ 3	0.72	0.79	2.40	2.52
จุดที่ 4	0.04	0.00	0.87	1.48
จุดที่ 5	0.17	0.19	0.23	0.11
จุดที่ 6	0.08	0.04	0.19	0.31
จุดที่ 7	0.09	0.09	0.15	0.25
จุดที่ 8	1.24	1.22	1.24	1.24

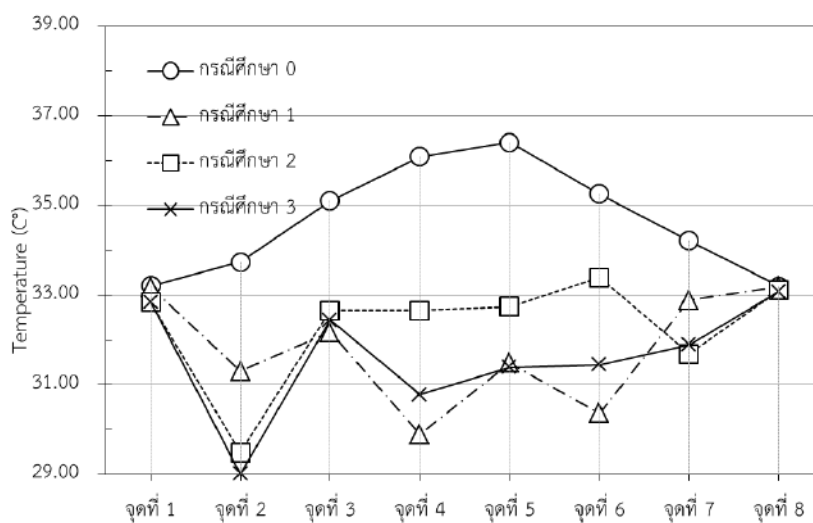


รูปที่ 11: ผลการเปรียบเทียบความเร็วของอากาศสำหรับกรณีศึกษาต่างๆ

อุณหภูมิ 8 จุด ของกรณีศึกษาต่างๆถูกแสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 12 จากผลการศึกษาพบว่า กรณีศึกษา 3 นั้นมีค่าอุณหภูมิโดยรวมสูงกว่ากรณีศึกษา 1 แต่ในจุดที่ 2 และ 7 สามารถลดอุณหภูมิได้มากกว่า 2 °C โดยประมาณ เมื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของกรณีศึกษา 3 และกรณีศึกษา 2 พบว่ากรณีศึกษา 3 แสดงค่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่า เนื่องมาจากอากาศร้อนภายในโรงงานนั้นสามารถระบายไปภายนอกอาคารได้ ส่งผลให้ไม่เกิดการสะสมของความร้อนภายในอาคาร สำหรับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของกรณีศึกษา 0, 1, 2 และ 3 ได้แก่ 34.65, 31.81, 32.32, และ 31.61 °C ตามลำดับ โดยกรณีศึกษา 3 สามารถช่วยลดอุณหภูมิเฉลี่ยได้ถึง 3.04 °C

ตารางที่ 5: แสดงค่าอุณหภูมิ 8 จุด ของกรณีศึกษาต่างๆ

	อุณหภูมิ (°C)			
	กรณีศึกษา 0	กรณีศึกษา 1	กรณีศึกษา 2	กรณีศึกษา 3
จุดที่ 1	33.21	33.18	32.84	32.85
จุดที่ 2	33.74	31.30	29.49	29.01
จุดที่ 3	35.10	32.17	32.66	32.44
จุดที่ 4	36.09	29.89	32.66	30.78
จุดที่ 5	36.41	31.49	32.74	31.39
จุดที่ 6	35.26	30.37	33.39	31.45
จุดที่ 7	34.21	32.89	31.69	31.89
จุดที่ 8	33.20	33.19	33.11	33.08



รูปที่ 12: ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิสำหรับกรณีศึกษาต่างๆ

ในส่วนของการนำไปใช้จริงนั้นการประเมินค่าใช้จ่ายในการย้ายพัสดุและการทำช่องเปิดเพื่อระบายความร้อนได้ถูกแสดงดังตารางที่ 6 และ 7 สำหรับกรณีศึกษาที่ 1 มีค่าใช้จ่ายหลักๆสองส่วนได้แก่การรื้อถอนผนังเดิมและการติดตั้งประตูม้วนจำนวน 2 บาน ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมมีค่า 288,800 บาท ในกรณีศึกษาที่ 2 นั้นค่าใช้จ่ายจะมีเพียงการอุปกรณ์สายไฟและค่าโครงสร้างพัสดุและมีค่าใช้จ่ายรวม 52,430 บาท สุดท้ายในกรณีศึกษาที่ 3 นั้นมีการทำช่องเปิดระบายความร้อนร่วมกับการย้ายพัสดุทำให้มีค่าใช้จ่ายรวมที่สูงกว่าทั้งสองวิธีนั้นคือมีค่าใช้จ่ายรวม 341,230 บาท

**ตารางที่ 6: ราคาประเมินการปรับปรุงระบบระบายอากาศกรณี 1**

<b>รายการประเมินการติดตั้งประตูม้วน</b>	<b>ราคา(บาท)</b>
<b>รายการประตูม้วนช่องเปิดด้านทิศเหนือ 120 ตารางเมตร</b>	
- ราคابานประตู 1 บาน (500 บาทต่อ ตรม)	12,000.00
- ราคาประตูม้วนรวม 5 บาน	60,000.00
- ค่ากล่องเก็บประตูม้วน 6,000 ต่อบาน	30,000.00
- ค่าเสาถัก 1000 บาท เพิ่มอีก 1 เสาต่อบาน (กว้างเกิน 3 เมตร)	5,000.00
- ค่าติดตั้ง 30000 บาท/บาน	15,000.00
ราคาติดตั้งประตูม้วนด้านทิศเหนือ	<u>122,000.00</u>
<b>รายการประตูม้วนช่องเปิดด้านทิศตะวันตก 88 ตารางเมตร</b>	
-ราคาประตูม้วนขนาด 6*4 เมตร จำนวน 3 บาน	36,000.00
- ราคาประตูม้วนขนาด 4*4 เมตร จำนวน 1 บาน	8,000.00
- ราคาประตูม้วนรวม 4 บาน	44,000.00
- ค่ากล่องเก็บประตูม้วน 6000 ต่อบาน	24,000.00
- ค่าเสาถัก 1000 บาท เพิ่มอีก 1 เสาต่อบาน (กว้างเกิน 3 เมตร)	4,000.00
- ค่าติดตั้ง 3000 บาท/บาน	12,000.00
ราคาติดตั้งประตูม้วนด้านทิศตะวันตก	<u>84,000.00</u>
รายการรื้อถอนผนังอาคารเพื่อจัดเตรียมพื้นที่ผนัง 208 ตรม.	208.00
ราคาค่าแรงรื้อถอนผนังอาคารเพื่อจัดเตรียมพื้นที่ผนังตารางเมตรละ 350	72,800.00
รายการค่าแรงงานทาสีรองพื้นสีกันสนิม	10,000.00
<b>รวมค่าดำเนินการปรับปรุงเพื่อเพิ่มช่องเปิด</b>	<b><u>288,800.00</u></b>

## ตารางที่ 7: ราคาประเมินการปรับปรุงระบบระบายอากาศกรณี 2

รายการวัสดุที่ใช้ชุดโครงสร้างพัฒลม 1 ชุด	จำนวน	หน่วย	ราคา(บาท)/หน่วย
- เหล็กกล่องหนา 1.2 มม. ขนาด 1 นิ้ว x 1 นิ้ว	2	ชิ้น	130.84
- เหล็กกล่องหนา 2 มม. ขนาด 2 นิ้ว x 2 นิ้ว	4	ชิ้น	401.87
- ค่าแรงเชื่อมประกอบและทาสี	1	ชิ้น	1,500.00
- ค่าแรงและวัสดุอุปกรณ์ในการเดินสายไฟ	1	ชุด	1,000.00
		ราคารวมต่อชุด	<b>4,369.16</b>
<b>รวมค่าดำเนินการปรับปรุงโครงสร้างพัฒลมทั้งหมด 12 ตัว</b>			<b><u>52,429.92</u></b>

จากผลการศึกษาของกรณี 1 สามารถลดอุณหภูมิได้มากกว่าแต่ไม่สามารถเพิ่มความเร็วลมได้ทำให้การไหลเวียนของอากาศมีน้อย ต่อมาเมื่อทำการติดตั้งพบว่าเมื่อมีเพิ่มช่องเปิดขนาดใหญ่ทั้ง 2 ด้าน สามารถทำให้ฝนสาดเข้าสู่ภายในตัวอาคารได้ ส่งผลให้ในทางปฏิบัติจริงต้องติดตั้งช่องเปิดที่สามารถเปิด-ปิดได้ เพื่อป้องกันฝนสาดเข้าภายในอาคารในช่วงฤดูฝนต้องมีการใช้งบประมาณในการดำเนินการสูง ถัดมาการที่มีช่องเปิดนั้นส่งผลให้เสียงดังจากกระบวนการผลิตมีการรบกวนต่อโรงงานข้างเคียง ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะถูกร้องเรียนได้ นอกจากนี้บุคคลภายนอกสามารถมองเห็นกระบวนการผลิตภายในอาคารโรงงานได้อีกด้วย

สำหรับกรณีศึกษา 2 นั้นพบว่าเมื่อทำการวางตำแหน่งของพัฒลมใหม่แล้ว ทำให้ตำแหน่งของพัฒลมมีความเป็นระบบระเบียบเรียบร้อยมากขึ้น การจัดการสายไฟและการดูแลรักษามีความสะดวกมากขึ้น และยังสามารถเพิ่มความเร็วของอากาศรวมถึงการไหลเวียนของอากาศมีความครอบคลุมมากขึ้น อย่างไรก็ตามความสามารถลดอุณหภูมินั้นน้อยกว่ากรณีศึกษา 1 เนื่องจากไม่มีการนำอากาศร้อนออกไปภายนอกอาคาร

สุดท้ายในกรณีศึกษา 3 นั้นได้ผนวกข้อดีของทั้งสองกรณีศึกษาเข้ามาโดยอุณหภูมิภายในอาคารนั้นลดลงและการไหลเวียนของอากาศมากขึ้น แต่ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งในการผนวกทั้ง 2 ระบบรวมกันนั้นค่อนข้างสูงมาก

### สรุป

การศึกษานั้นได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ 3 แบบ พบว่ากรณีศึกษา 3 ที่ใช้วิธีจัดเรียงตำแหน่งของพัฒลมใหม่ และการติดตั้งช่องเปิดที่ผนังอาคารร่วมกันนั้น ให้ผลการศึกษาที่น่าพอใจ โดยสามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยจาก 34.65 °C เหลือ 31.61 °C และเพิ่มความเร็วเฉลี่ยของอากาศจาก 0.5 m/s เป็น 0.95 m/s อย่างไรก็ตามพบว่าค่าใช้จ่ายในการติดตั้งมีราคาสูงถึง 341,230 บาท

### เอกสารอ้างอิง

กระทรวงมหาดไทย. (2537). *กฎกระทรวง ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522*. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2558, จากเว็บไซต์: <http://www.dpt.go.th/knowledges/firesafety/section06.htm>.

สนั่นศิลป์ สิทำมี. (2550). *การศึกษาการลดความร้อนจากเตาเผาโรงงานผลิตแหวนบรอนซ์*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- สุคนธ์ ขาวกริบ. (2549). *การศึกษาและออกแบบระบบระบายความร้อนภายในโรงงานหลอมอลูมิเนียม*.  
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุทิน อยู่สุข, วันทนีย์ พันธุ์ประสิทธิ์, ชัยยุทธ ชาลิตนิกุล และทวิสุข พันธุ์เพ็ง. (2555). *สุขศาสตร์  
อุตสาหกรรม: การควบคุม หน่วยที่ 1-7*. นนทบุรี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช.
- อมรลักษณ์ สุขมาก. (2550). *การศึกษาและออกแบบระบบระบายความร้อนภายในโรงงานผลิตกระดาษ*.  
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เอกชัย วิมูล. (2550). *การจำลองเพื่อปรับปรุงระบบระบายอากาศในอาคารโรงงานหล่อเหล็กเหนียว*.  
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เอกชัย แวงวรรณ, สถาพร เชื้อเพ็ง และ สืบสกุล คุรุรัตน์. (2559). การจำลองเพื่อปรับปรุงระบบระบายอากาศ  
ในโรงงานหลอมและขึ้นรูปโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก. *วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่ง  
ประเทศ*, 5(2), 102-109.
- Boussinesq, J. (1877). *Theory de L'ecoulment Tourbillant. Memoires Presentes Par Divers  
Savants Sciences Mathematique at Physiques. Academie de Sciences*, 23, 46-50.
- Ministry of Environment. (1996). *Guidelines for good indoor air quality in office premises*.  
Singapore: Institute of Environmental Epidemiology Ministry of the Environment.
- Launder, B. E., & Sharma, B. I. (1974). Application of the energy-dissipation model of  
turbulence to the calculation of flow near a spinning disc. *Letters in heat and mass  
transfer*, 1(2), 131-137.
- Patankar, S. V. (1980). *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*. Carlsbad: Taylor & Francis  
Group.
- Song, J., & Meng, X. (2015). The Improvement of Ventilation Design in School Buildings Using  
CFD Simulation. *Procedia Engineering*, 121, 1475-1481.
- Zhang, Y., Kacira, M., & An, L. (2016). A CFD study on improving air flow uniformity in indoor  
plant factory system. *Biosystems Engineering*, 147, 193-205.

## การปรับปรุงระบบการเบิกจ่ายวัสดุคงคลังของวัตถุดิบประเภทม้วนกระดาษ กรณีศึกษาโรงงานผลิตแกนกระดาษ

### IMPROVEMENT OF PAPER-ROLL RAW MATERIALS DISBURSEMENT SYSTEM: A CASE STUDY OF PAPER CORE PRODUCTION PLANT

อ.สุคนธ์ทิพย์ เพิ่มศิลป์<sup>1\*</sup>, กมนเทพ ดำสงศ์<sup>2</sup>  
Lect. Sukonthip Permsin<sup>1\*</sup>, Kamonthep Damsong<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

<sup>1,2</sup> Department of Industrial Engineering, Panyapiwat Institute of Management

\*Corresponding author, E-mail: sukonthipper@pim.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงระบบการเบิกจ่ายวัตถุดิบม้วนกระดาษในโรงงานผลิตแกนกระดาษ ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพปัจจุบันในคลังวัตถุดิบพบว่ามีความสูญเสียจากการเบิกจ่ายวัตถุดิบ จึงได้นำแผนภูมิแกงปลาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาและทำให้ทราบถึงสาเหตุ คือ พนักงานใช้เวลาในการเบิกจ่ายม้วนกระดาษนาน เนื่องจากไม่มีการกำหนดหน้าที่งานในขั้นตอนการเบิกจ่ายที่ชัดเจนและมีระยะทางการขนย้ายในคลังวัตถุดิบที่มากเกินไป ผู้วิจัยจึงดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อลดเวลาในการเบิกจ่ายม้วนกระดาษ ด้วยการปรับปรุงขั้นตอนการเบิกจ่ายวัตถุดิบโดยการกำหนดหน้าที่งานของพนักงานแต่ละตำแหน่ง และการจัดวางผังคลังวัตถุดิบใหม่ ผลจากการปรับปรุงทำให้ลดเวลาการเบิกจ่ายม้วนกระดาษจากเดิม 80 นาที เหลือ 45 นาที ลดลงได้ 35 นาที คิดเป็นร้อยละ 43.8 ที่ลดลงได้ และลดระยะทางในการขนย้ายม้วนกระดาษจากเดิม 25 เมตร เหลือ 12 เมตร ลดลงได้ 13 เมตร คิดเป็นร้อยละ 52 ที่ลดลงได้

**คำสำคัญ:** การปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน การจัดวางผังคลังวัตถุดิบ การกำหนดหน้าที่งาน

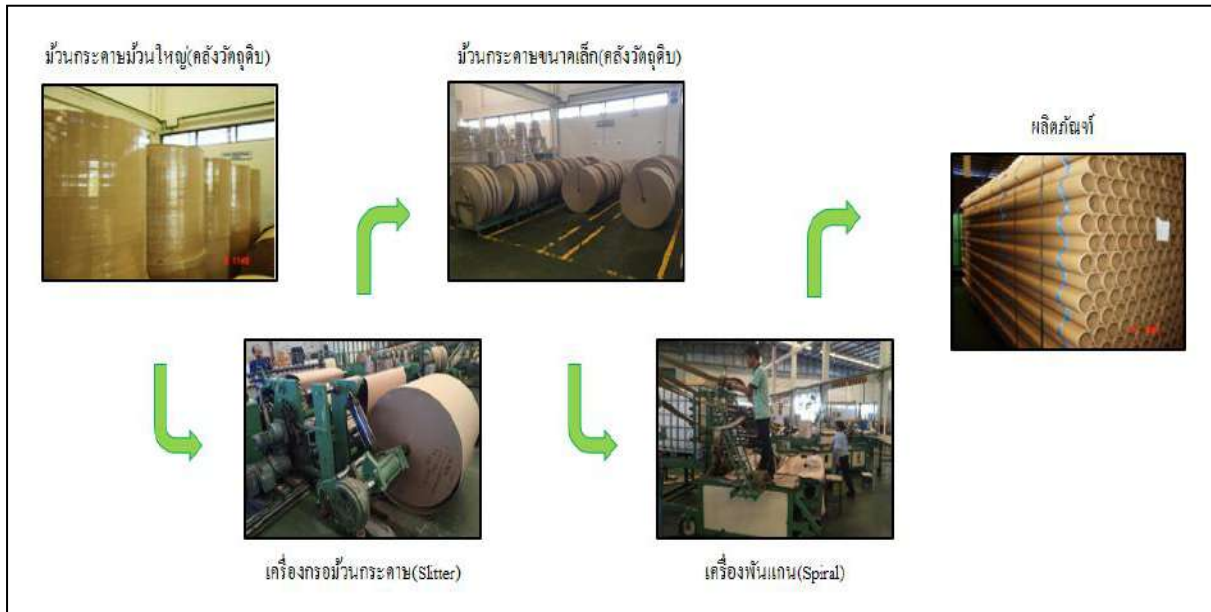
#### ABSTRACT

This research aims to improve the system of raw materials paper roll disbursement in a paper core production plant. The researchers studied and collected the data in the raw materials warehouse; there was a loss of raw material disbursement. The fish bone charts are used to analyze the problem. It was found that the cause is that employees spend a lot of time on raw material disbursement since there are no clear responsibilities in raw material disbursement process and a long distance to transport raw materials. Researchers solved the problem by improving the process of raw material disbursement by defining the work assignment of each employee and designing new layout of raw material warehouse to reduce time of employee's raw materials disbursement. The results showed that disbursement time reduced from 80 minutes to 45 minutes or 43.8 % reduction and paper rolls transportation time reduced from 25 meters to 12 meters or 52 % reduction.

**Keywords:** Process Improvement, Layout Design, Work Assignment

## บทนำ

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตแกนกระดาษที่ผลิตสินค้าให้แก่โรงงานฟิล์มและพลาสติก ซึ่งขั้นตอนการผลิตมีการทำงานที่เกี่ยวข้องกับคลังวัตถุดิบ แสดงดังรูปที่ 1 โดยพนักงานเครื่องกรอมี้วนกระดาษ (Slitter) จะนำมี้วนกระดาษมี้วนใหญ่มากรอเพื่อให้เป็นมี้วนกระดาษขนาดเล็กตามขนาดหน้ากว้างที่ได้กำหนดไว้ แล้วนำไปจัดเก็บที่คลังวัตถุดิบมี้วนกระดาษเพื่อรอนำไปใช้เป็นวัตถุดิบของเครื่องพันแกน หลังจากนั้นพนักงานเครื่องพันแกน (Spiral) จะไปนำมี้วนกระดาษขนาดเล็กและกาวมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แกนกระดาษ



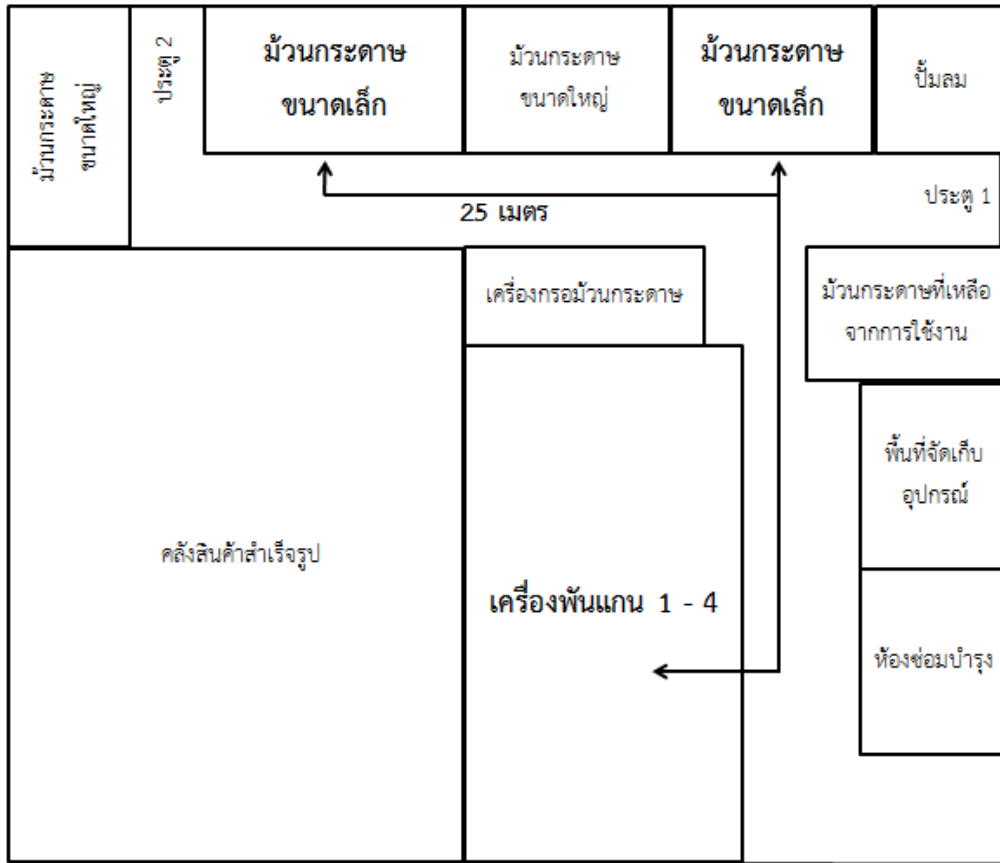
รูปที่ 1: ขั้นตอนการผลิตในโรงงานแกนกระดาษ

ผู้วิจัยได้ศึกษาในส่วนของคลังวัตถุดิบมี้วนกระดาษ พบว่าพนักงานเครื่องพันแกนต้องใช้เวลาในการเปิดมี้วนกระดาษขนาดเล็กเพื่อนำมายังเครื่องพันแกน ทำให้การผลิตของเครื่องพันแกนไม่ต่อเนื่องและใช้เวลาในการผลิตช้ากว่าแผน โดยจากการจับเวลาการทำงาน of พนักงานเครื่องพันแกน ดังแสดงในตารางที่ 1 มี 4 ขั้นตอนการทำงาน ใช้เวลารวมทั้งหมด 80 นาทีต่อรอบการเปิดวัตถุดิบ และได้วัดระยะทางในการขนย้ายแสดงดังรูปที่ 2 จากพื้นที่จัดเก็บมี้วนกระดาษขนาดเล็กมายังพื้นที่ที่เครื่องพันแกนมีระยะทางทั้งหมด 25 เมตร และจะต้องขนย้ายจนกว่าเครื่องพันแกนทั้ง 4 เครื่องจะได้รับวัตถุดิบครบสำหรับการผลิตต่อหนึ่งใบสั่งผลิตของแต่ละเครื่อง

ตารางที่ 1: เวลาที่พนักงานเครื่องพันแกนใช้ในการเปิดวัตถุดิบมี้วนกระดาษขนาดเล็ก

กิจกรรม	เวลา (นาที)
ตรวจสอบปริมาณความต้องการใช้มี้วนกระดาษ	5
ค้นหามี้วนกระดาษขนาดเล็ก	25
รอรถโฟล์คลิฟท์	30
ขนย้ายวัตถุดิบจากคลังมายังเครื่องพันแกน	20
รวม	80

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการลดความสูญเสียที่เกิดจากการเบิกจ่ายของคลังวัตถุดิบโดยการปรับปรุงระบบพัสดุคงคลัง เพื่อช่วยให้การทำงานไม่เกิดความล่าช้า พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้สามารถลดเวลาการทำงานของพนักงานลงได้ ทำให้ทางโรงงานหรือสถานประกอบการกรณีศึกษาสามารถลดต้นทุนได้



รูปที่ 2: ระยะเวลาในการขนย้ายม้วนกระดาษขนาดเล็กมายังเครื่องพันแกน

### ทบทวนวรรณกรรม

จากการที่ได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการคลังสินค้าคงคลัง ซึ่งได้แนวคิดที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ ได้แก่ ประภากร (2552) ได้ศึกษาการปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้า สำหรับโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการทำงานตั้งแต่การวางแผนระบบคลังสินค้า โดยอาศัยหลักการเข้าก่อน-ออกก่อน (First In First Out) การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ซึ่งประกอบด้วยส่วนของการรับข้อมูล ส่วนการจัดการคลังสินค้า การวางตำแหน่งสินค้า การส่งสินค้าออก และการตรวจสินค้าคงคลัง พบว่าสามารถลดขั้นตอนการตรวจวัตถุดิบก่อนการเข้าระบบ การค้นหาข้อมูลและการรายงาน การสร้างเอกสารสำหรับการตรวจเช็คสินค้า สามารถลดจำนวนขั้นตอนลงได้ในทุกขั้นตอน

สุนันทา (2555) ได้ทำการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล พบสาเหตุที่ทำให้การให้ดำเนินงานของบริษัทฯ ขาดประสิทธิภาพคือ มีสินค้าคงคลังปริมาณสูง คลังสินค้ามีวิธีการจัดเก็บและจัดวางไม่เหมาะสม และกระบวนการเบิกจ่ายอะไหล่ให้ช่างใช้เวลานานและมีข้อผิดพลาดสูง จึงได้ปรับปรุงวิธีการดำเนินงานการรับสินค้า การเบิกจ่าย การปรับปรุงจำนวนรายการอะไหล่ จัดความสำคัญอะไหล่ด้วยวิธี ABC การตั้งรหัสสินค้า และการตั้งรหัสการจัดเก็บในคลังสินค้า การออกแบบแผนผังการจัดเก็บ ระบุตำแหน่งการจัดเก็บ จากนั้นทำการตรวจนับสินค้าทั้งหมด พบว่าผลการปรับปรุงนั้นทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการคลังสินค้าคือสินค้ามี



ความเป็นระเบียบเรียบร้อยมากขึ้น เวลาเฉลี่ยในการเบิกจ่ายอะไหล่ให้ช่างลดลงจาก 24 นาทีเป็น 11 นาทีต่อครั้ง รวมเฉลี่ยต่อวันคิดเป็น 33 นาที และอัตราส่วนความผิดพลาดในการตรวจนับสินค้าลดลงจาก 46.14% เป็น 21.25%

จากรูทา (2556) ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลังของศูนย์จำหน่ายผลิตภัณฑ์นมห้างหุ้นส่วนจำกัด ชัยภูมิแดรี่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากการจัดการสินค้าคงคลังขาดประสิทธิภาพ และหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลัง จากการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนภูมิการไหลของงานมาพิจารณาลดขั้นตอนงานที่มีความซ้ำซ้อนและไม่มีประสิทธิภาพ ร่วมกับการนำระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นใหม่มาใช้เพื่อควบคุมการปฏิบัติงาน ทำให้การจัดการสินค้าคงคลังมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยสามารถลดขั้นตอนการทำงาน และลดระยะเวลาการทำงาน จากเดิม 3,325 นาที เหลือ 995 นาที คิดเป็นร้อยละ 70.08 ของเวลาทำงานที่สามารถลดลงได้

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อปรับปรุงระบบพัสดุคงคลังของวัตถุดิบประเภทมันวันกระดาศ

### วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสภาพปัจจุบันในการเบิกจ่ายมันวันกระดาศขนาดเล็ก สามารถซึ่งอธิบายได้ดังนี้

1.1 ขอบเขตหน้าที่ในการเบิกจ่ายมันวันกระดาศขนาดเล็ก

1.1.1 พนักงานเครื่องปั้นแแกน จะต้องเข้ามาในคลังวัตถุดิบเพื่อค้นหาและหยิบมันวันกระดาศขนาดเล็กไปใช้งานด้วยตนเอง แสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งการเบิกจ่ายของพนักงานเครื่องปั้นแแกนมีทั้งหมด 4 ขั้นตอนหลัก สามารถแบ่งเป็น 8 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ การดำเนินงาน 2 ขั้นตอน การขนส่ง 5 ขั้นตอน และการรอคอย 1 ขั้นตอน โดยทั้งหมดใช้เวลา รวมถึง 80 นาที ดังแสดงในรูปที่ 3

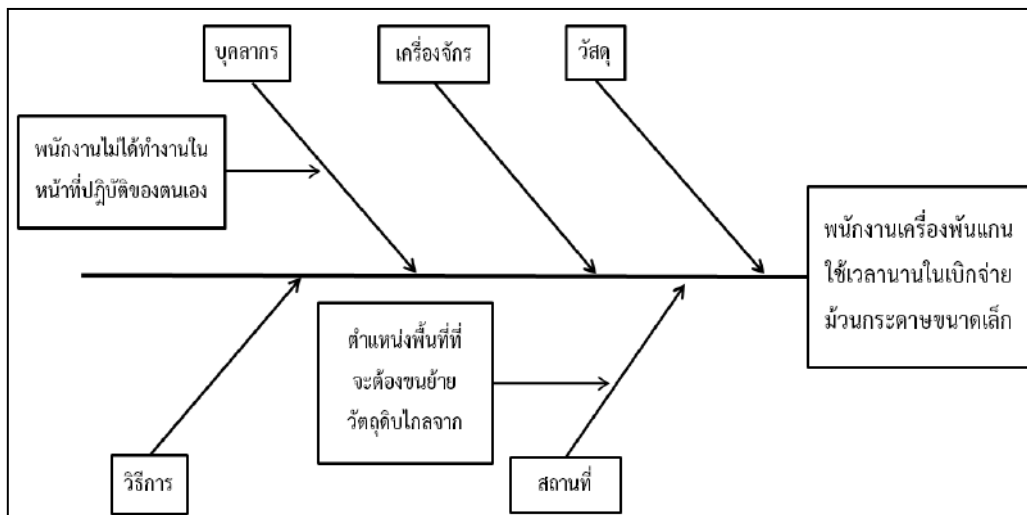
1.2.2 พนักงานเครื่องกรอมมันวันกระดาศ จะต้องนำมันวันกระดาศขนาดใหญ่มาผลิตเป็นมันวันกระดาศขนาดเล็กเพื่อนำไปจัดเก็บทดแทนมันวันกระดาศขนาดเล็กที่พนักงานเครื่องปั้นแแกนนำออกจากคลังวัตถุดิบ

1.2.3 พนักงานคลัง นำมันวันกระดาศขนาดใหญ่มาจัดเก็บในคลัง ในบางครั้งจะช่วยนำมันวันกระดาศขนาดเล็กไปส่งพนักงานเครื่องปั้นแแกน นำมันวันกระดาศขนาดใหญ่ไปส่งให้กับพนักงานเครื่องกรอมมันวันกระดาศ และนำมันวันกระดาศเล็กที่พนักงานเครื่องกรอมมันวันกระดาศผลิตเสร็จแล้วไปจัดเก็บในคลังวัตถุดิบ

กระบวนการเบิกจ่ายม้วนกระดาษขนาดเล็กของพนักงานเครื่องพันแกน							
ลำดับที่	ขั้นตอนงาน	สัญลักษณ์					เวลา (นาที)
		○	⇒	□	□	▽	
1	ตรวจสอบปริมาณความต้องการใช้						5
1.1	เดินทางไปที่ป้ายติดใบคำสั่งผลิต	○	⇒	□	□	▽	
1.2	ตรวจสอบความต้องการใช้ม้วนกระดาษ	●	⇒	□	□	▽	
2	ค้นหาม้วนวัสดุบิดในคลังวัสดุบิด						25
2.1	เดินทางไปพื้นที่จัดเก็บม้วนกระดาษขนาดเล็ก	○	⇒	□	□	▽	
2.2	ค้นหาม้วนกระดาษขนาดเล็กที่ต้องการ	●	⇒	□	□	▽	
3	รอรถโฟล์คคลิฟท์						30
3.1	เดินทางไปจุดรอรถโฟล์คคลิฟท์	○	⇒	□	□	▽	
3.2	รอรถโฟล์คคลิฟท์จากพนักงานคลังหรือพนักงานเครื่องกรม้วนกระดาษ	○	⇒	●	□	▽	
4	ขนย้ายวัสดุบิด						20
4.1	ขนย้ายม้วนกระดาษมาเครื่องพันแกน	○	⇒	□	□	▽	
4.2	กลับไปคลังวัสดุบิดแล้วขนย้ายม้วนกระดาษมาเครื่องพันแกนจนกว่าจะครบ (25 เมตร)	○	⇒	□	□	▽	
	รวม	2	5	1	0	0	80

รูปที่ 3 แผนภูมิการไหลกระบวนการเบิกจ่ายม้วนกระดาษขนาดเล็ก

2. นำแผนภูมิแกงปลา มาช่วยในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาพนักงานใช้เวลาในการเบิกจ่ายม้วนกระดาษ แสดงดังรูปที่ 4 พนักงานไม่ได้ทำงานในหน้าที่ปฏิบัติของตนเองและพื้นที่ที่จะต้องขนย้ายวัสดุบิดไกลจากพื้นที่เครื่องพันแกน และทำให้ทราบถึงวิธีแก้ไขปัญหา แสดงดังตารางที่ 2 โดยการมอบหมายหน้าที่รับผิดชอบในการเบิกจ่ายให้ชัดเจนและการจัดวางผังในคลังวัสดุบิดม้วนกระดาษใหม่



รูปที่ 4 แผนภูมิแกงปลาของปัญหาพนักงานเครื่องพันแกนใช้เวลาในการเบิกจ่ายม้วนกระดาษขนาดเล็ก

**ตารางที่ 2: สรุปสาเหตุและวิธีแก้ไขของปัญหาพนักงานใช้เวลานานในเบิกจ่ายม้วนกระดาษ**

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
พนักงานใช้เวลานานใน เบิกจ่ายม้วนกระดาษ	บุคลากร – พนักงานไม่ได้ทำงานใน หน้าที่ปฏิบัติของตนเอง	มอบหมายหน้าที่รับผิดชอบในการ เบิกจ่ายให้ชัดเจน
	สถานที่ – พื้นที่ที่ต้องขนย้าย วัตถุดิบไกลจากพื้นที่เครื่องพันแกน	จัดวางผังในคลังวัตถุดิบม้วนกระดาษ ใหม่

3. ประสานงานและมอบหมายหน้าที่รับผิดชอบในคลังวัตถุดิบ โดยการเรียกประชุมทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการเบิกจ่ายม้วนกระดาษ ซึ่งการมอบหมายหน้าที่และขอบเขตของพนักงานในคลังวัตถุดิบอธิบายได้ดังนี้

3.1 พนักงานคลัง สามารถเข้าในคลังวัตถุดิบได้ โดยจะต้องจ่ายม้วนกระดาษขนาดเล็กให้กับพนักงานเครื่องพันแกน

3.2 พนักงานเครื่องกรอม้วนกระดาษ สามารถเข้าในคลังวัตถุดิบได้ โดยจะต้องร่วมมือกับพนักงานคลังในการเบิกจ่ายม้วนกระดาษขนาดเล็กให้กับพนักงานเครื่องพันแกน

3.3 พนักงานเครื่องพันแกน ไม่สามารถเข้าในคลังวัตถุดิบและนำม้วนกระดาษเข้าออกได้ โดยเมื่อต้องการใช้ม้วนกระดาษขนาดเล็กจะต้องแจ้งกับพนักงานคลังหรือพนักงานเครื่องกรอม้วนกระดาษทราบแล้วรอรับม้วนกระดาษขนาดเล็ก ณ จุดที่กำหนดไว้

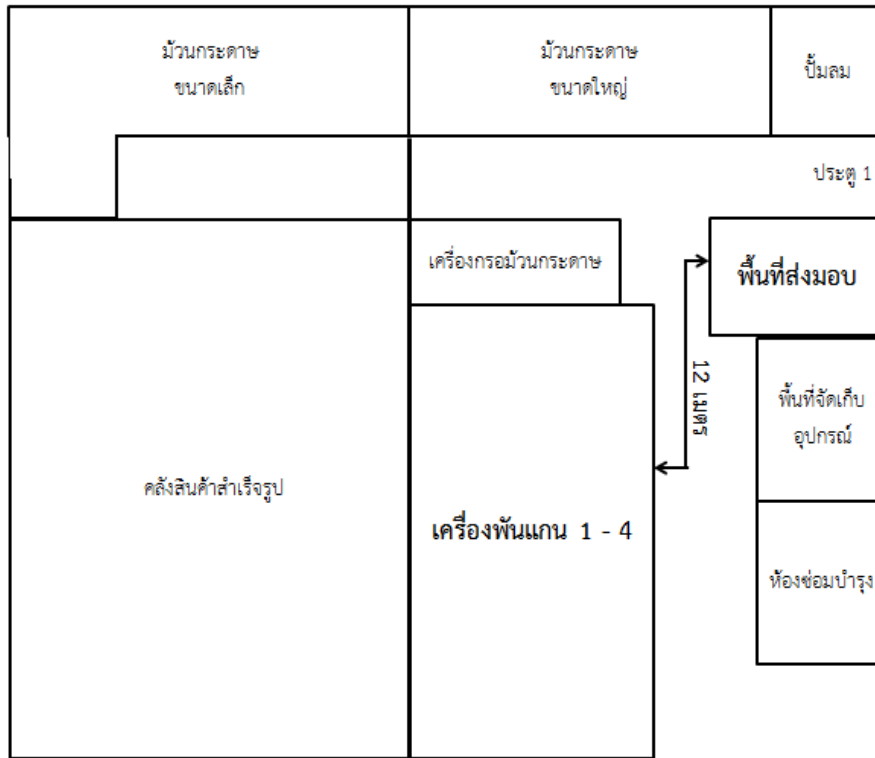
4. จัดวางผังคลังวัตถุดิบม้วนกระดาษใหม่ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการทำงานแก่พนักงาน ผู้วิจัยนำแนวคิดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมมาประยุกต์กับพื้นที่คลังวัตถุดิบม้วนกระดาษ โดยพื้นที่เครื่องพันแกนกับพื้นที่จัดเก็บม้วนกระดาษเล็กไม่จำเป็นต้องอยู่ใกล้กัน เนื่องจากพนักงานเครื่องพันแกนไม่ได้มีหน้าที่ในการนำม้วนกระดาษขนาดเล็กออกจากคลังวัตถุดิบม้วนกระดาษ การวางผังใหม่พื้นที่ใหม่ในคลังวัตถุดิบ โดยเปลี่ยนพื้นที่จัดเก็บม้วนกระดาษที่เหลือจากการใช้ให้เป็นพื้นที่ส่งมอบ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่พนักงานคลังหรือพนักงานเครื่องกรอม้วนกระดาษนำม้วนกระดาษขนาดเล็กมาส่งให้กับพนักงานเครื่องพันแกน เพื่อลดระยะทางในการขนย้ายม้วนกระดาษขนาดเล็กของพนักงานเครื่องพันแกน

5. ชี้แจงขั้นตอนการเบิกวัตถุดิบม้วนกระดาษขนาดเล็กให้พนักงานเครื่องพันแกนทราบ เนื่องจากการมอบหมายหน้าที่ของพนักงานในคลังวัตถุดิบและการจัดวางผังคลังวัตถุดิบใหม่ ทำให้ขั้นตอนการเบิกวัตถุดิบม้วนกระดาษขนาดเล็กมีการเปลี่ยนแปลง โดยขั้นตอนเริ่มจากหัวหน้าของพนักงานเครื่องพันแกนตรวจสอบความต้องการม้วนกระดาษขนาดเล็กที่จะใช้ในการผลิตทั้งหมด จากนั้นจะต้องค้นหาม้วนกระดาษขนาดเล็กในพื้นที่ส่งมอบ ถ้ามีม้วนกระดาษขนาดเล็กที่ต้องการสามารถนำไปใช้ได้ทันที ถ้าไม่มีม้วนกระดาษขนาดเล็กในพื้นที่ส่งมอบ หัวหน้าของพนักงานเครื่องพันแกนจะต้องแจ้งความต้องการกับพนักงานคลังหรือพนักงานเครื่องกรอม้วนกระดาษ และรอรับม้วนกระดาษขนาดเล็กในพื้นที่ส่งมอบ แล้วจึงสามารถขนย้ายม้วนกระดาษขนาดเล็กไปยังพื้นที่เครื่องพันแกน

**ผลการวิจัยและอภิปรายผล**

ผลของการมอบหมายหน้าที่รับผิดชอบของพนักงานในคลังวัตถุดิบม้วนกระดาษและการจัดวางผังคลังวัตถุดิบม้วนกระดาษใหม่ สามารถลดระยะทางในการขนย้ายม้วนกระดาษขนาดเล็กได้ แสดงดังรูปที่ 5 โดยมี

ระยะทางในการขนย้ายแค่ 12 เมตร สามารถลดเวลาการเบิกม้วนกระดาษขนาดเล็กได้ แสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งมีการทำงาน 6 ขั้นตอนหลัก ใช้เวลาแค่ 45 นาที และได้นำเวลาในการเบิกและระยะทางในการขนย้ายม้วนกระดาษขนาดเล็กก่อนและหลังปรับปรุงมาเทียบเปรียบเทียบกัน แสดงดังตารางที่ 3 ก่อนปรับปรุงมีการทำงาน 5 ขั้นตอนหลัก ใช้เวลา 80 นาที มีระยะทางขนย้ายวัตถุดิบ 25 เมตร และหลังปรับปรุงขั้นตอนในการทำงานเพิ่มขึ้น 1 ขั้นตอนหลัก เวลาในการเบิกม้วนกระดาษขนาดเล็กลดลงได้ 35 นาที คิดเป็นร้อยละ 43.75 และมีระยะทางขนย้ายวัตถุดิบแค่ 12 เมตร ลดลงร้อยละ 52



รูปที่ 5: แผนผังคลังวัตถุดิบหลังจากปรับเปลี่ยนพื้นที่ใหม่

กระบวนการเบิกม้วนกระดาษขนาดเล็กของพนักงานเครื่องพันแกน							
ลำดับที่	ขั้นตอนงาน	สัญลักษณ์					เวลา (นาที)
		○	⇒	□	□	▽	
1	ตรวจสอบปริมาณความต้องการใช้						5
1.1	เดินทางไปที่ป้ายติดใบคำสั่งผลิต	○	⇒	□	□	▽	
1.2	ตรวจสอบความต้องการใช้ม้วนกระดาษ	●	⇒	□	□	▽	
2	ค้นหาม้วนวัสดุติดในคลังวัสดุติด						10
2.1	เดินทางไปที่พื้นที่ส่งมอบ	○	⇒	□	□	▽	
2.2	ค้นหาม้วนกระดาษขนาดเล็กที่ต้องการ	●	⇒	□	□	▽	
3	ส่งใบเบิก						5
3.1	เดินทางไปที่เครื่องกรอม้วนกระดาษ	○	⇒	□	□	▽	
3.2	เขียนใบเบิกแล้วส่งให้กับพนักงานคลังหรือพนักงานเครื่องกรอม้วนกระดาษ	●	⇒	□	□	▽	
4	รอรับม้วนกระดาษขนาดเล็ก						15
4.1	เดินทางไปที่พื้นที่ส่งมอบ	○	⇒	□	□	▽	
4.2	รอพนักงานเครื่องกรอม้วนกระดาษหรือพนักงานคลังนำม้วนกระดาษมาให้	○	⇒	●	□	▽	
5	ขนย้ายวัสดุติด						10
5.1	ขนย้ายม้วนกระดาษมาเครื่องพันแกน	○	⇒	□	□	▽	
5.2	กลับไปคลังวัสดุติดแล้วขนย้ายม้วนกระดาษมาเครื่องพันแกนจนกว่าจะครบ (12 เมตร)	○	⇒	□	□	▽	
	รวม	3	6	1	0	0	45

รูปที่ 6: แผนภูมิการไหลกระบวนการเบิกม้วนกระดาษขนาดเล็กหลังปรับปรุง

ตารางที่ 3: การเปรียบเทียบเวลาและขั้นตอนการเบิกวัสดุติดก่อนและหลังปรับปรุง

การเบิกม้วนกระดาษขนาดเล็ก (ก่อนปรับปรุง)		การเบิกม้วนกระดาษขนาดเล็ก (หลังปรับปรุง)		ลดลงได้ (นาที)	คิดเป็น %
ขั้นตอนงาน	เวลา (นาที)	ขั้นตอนงาน	เวลา (นาที)		
1. ตรวจสอบปริมาณความต้องการใช้	5	1. ตรวจสอบปริมาณความต้องการใช้	5	0	0 %
2. ค้นหาม้วนวัสดุติดในคลังวัสดุติด	25	2. ค้นหาม้วนวัสดุติดที่พื้นที่ส่งมอบ	10	15	60 %
3. รอรถโฟล์คคลิฟท์	30	3. ส่งใบเบิก	5	10	33.3 %
		4. รอรับม้วนกระดาษขนาดเล็ก	15		
4. ขนย้ายวัสดุติด (25 เมตร)	20	5. ขนย้ายวัสดุติด (12 เมตร)	10	10	50 %
รวม	80	รวม	45	35	43.75%

## สรุป

จากการดำเนินงานวิจัยได้ใช้เครื่องมือทางด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรมเข้ามาช่วยในการปรับปรุงระบบการเบิกจ่ายวัตถุดิบมวลกระดาษขนาดเล็ก โดยการมอบหมายหน้าที่รับผิดชอบในคลังวัตถุดิบและการจัดวางผังวัตถุดิบใหม่ และเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการเบิกวัตถุดิบทั้งมวลกระดาษขนาดเล็กของพนักงานเครื่องปั้นแกน และขั้นตอนการเบิกวัตถุดิบมวลกระดาษขนาดใหญ่ของพนักงานเครื่องกร่อมวลกระดาษ ทำให้สามารถลดเวลาในการเบิกจ่ายมวลกระดาษขนาดเล็กของพนักงานเครื่องปั้นแกนจากเดิม 80 นาที เหลือ 45 นาที ลดลงได้ 35 นาที คิดเป็นร้อยละ 43.75 และระยะทางในการขนย้ายจากเดิม 25 เมตร เหลือ 12 เมตร ลดลงได้ 13 เมตร คิดเป็นร้อยละ 52

## เอกสารอ้างอิง

- สุนันทา ศิริเจริญวัฒน์. (2555). “การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลังของบริษัท ภูมิไทย คอมซีส จำกัด” วิทยานิพนธ์ บริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
- จรรุภา อุ่นจางวาง. (2556). “การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลัง” วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการโซ่อุปทานแบบบูรณาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
- ประภากร อุ่นอินทร์. (2552). “การปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้าสำหรับโรงงานอิเล็กทรอนิกส์” สารนิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาการจัดการโซ่อุปทานแบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

## การลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องพันแกนกระดาษในโรงงานผลิตแกนกระดาษ SET-UP TIME REDUCTION OF PAPER CORE SPIRAL MACHINES IN PAPER CORE PRODUCTION PLANT

สุคนธ์ทิพย์ เพิ่มศิลป์<sup>1\*</sup>, นฤตม สุดใจ<sup>2</sup>  
Sukonthip Permsin<sup>1\*</sup>, Narudom Sudjai<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

<sup>1,2</sup> Department of Industrial Engineering, Panyapiwat Institute of Management

\*Corresponding author, E-mail: sukonthipper@pim.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการผลิตในโรงงานผลิตแกนกระดาษ พบปัญหาผลิตสินค้าไม่ได้ตามแผน โดยมีสาเหตุหลักคือสูญเสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องพันแกนกระดาษนาน ผู้วิจัยจึงปรับปรุงขั้นตอนการทำงานเพื่อลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องพันแกนกระดาษ โดยพบว่าในการปรับตั้งเครื่องพันแกนกระดาษมีขั้นตอนการทำงานที่ทำให้เกิดความสูญเปล่าจึงทำให้ใช้เวลาในการทำงานมากถึง 230 นาที โดยมีขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 32 ขั้นตอน ผู้วิจัยใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการมาศึกษาขั้นตอนการทำงานรวมถึงใช้เทคนิค Single Minute Exchange of Die (SMED) มาช่วยในการปรับปรุงเพื่อแก้ไขปัญหา จากผลการวิเคราะห์พบว่าสาเหตุของความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นเนื่องจากวิธีการทำงานของพนักงานที่ไม่เหมาะสม มีการทำงานหลายขั้นตอน ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาและลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องพันแกนกระดาษโดยการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานรวมถึงการปรับปรุงเครื่องจักร ซึ่งผลจากการปรับปรุงพบว่าสามารถลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องพันแกนกระดาษจาก 230 นาที เหลือ 145.1 นาที ลดขั้นตอนการทำงานจาก 32 ขั้นตอน เหลือ 20 ขั้นตอน ลดระยะทางในการทำงานจากเดิม 48 เมตร เหลือ 10 เมตร ลดต้นทุนด้านแรงงานได้ 166,096.9 บาทต่อปี และมูลค่าความเสียหายเนื่องจากส่งสินค้าล่าช้าเฉลี่ยต่อเดือนจากเดิม 302,353 บาทต่อเดือน เหลือ 20,887 บาทต่อเดือน

**คำสำคัญ :** การลดเวลา เทคนิคในการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร การวิเคราะห์กระบวนการ

### ABSTRACT

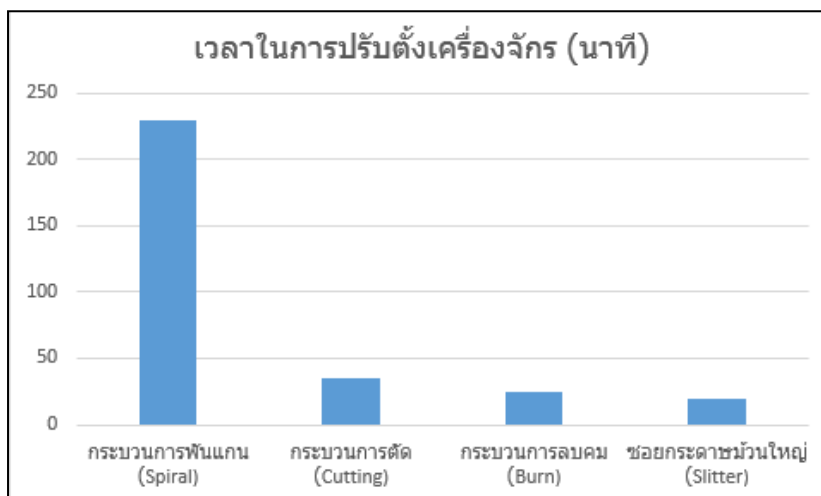
This research studied a manufacturing process in paper core production plant. A set-up time for a core spiral machine in a paper manufacturing plant is a main problem that affects directly to quality and cost of production. The long set-up time causes a delay of production planning. This study shows the applicability of quality improvement technique in reducing the set-up processing time in a paper manufacturing firm as our case study. The analysis shows that the complexity of operating procedure causes the waste of production. The non added-value of working consumes 230 minutes regarding 32 processing steps in total. The flow process diagram and SMED technique were applied to investigate and improve the working procedure. The improvement result reveals that

after decreasing the working steps of production, the company can reduce processing time from 230 to 145.1 minutes with only 20 processing steps in total. In addition, the case company can shorten the distance between working station from 48 to 10 meters. The main advantage of eliminating waste is the cost reduction. The company can reduce labor cost (166,097 Bath a year), and also down the cost of late delivery from 302,353 to 20,887 Bath a month.

**Keywords:** Time Reduction, Single Minute Exchange of Die (SMED),  
Process Analysis

## บทนำ

อุตสาหกรรมผลิตแกนกระดาษ เป็นอุตสาหกรรมที่ผลิตแกนกระดาษขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้ากลุ่มฟิล์มและกลุ่มพลาสติก โดยมีกระบวนการหลัก คือ กระบวนการพันแกน (Spiral) ซึ่งเป็นกระบวนการพันม้วนกระดาษ ให้ขึ้นรูปเป็นแกนกระดาษ จากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตและการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า ปัญหาที่โรงงานกรณีศึกษาประสบอยู่และเกิดความถี่มากที่สุดก็คือการผลิตไม่ทันตามแผนเนื่องจากสูญเสียเวลาในปรับตั้งเครื่องจักรนาน ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษา โดยศึกษาเวลาที่ใช้ในกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร ซึ่งพบว่ากระบวนการที่ใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรมากที่สุดคือกระบวนการพันแกนกระดาษ ซึ่งใช้เวลาถึง 230 นาที ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1: เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรของแต่ละกระบวนการ

จากปัญหาการปรับตั้งเครื่องจักรนาน ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีมูลค่าความเสียหายจากการส่งสินค้าล่าช้าให้กับโรงงานเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 302,353 บาท (คิดจากค่าเสียโอกาสเมื่อลูกค้าทำการยกเลิกคำสั่งซื้อ) ดังแสดงในตารางที่ 1

งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางในการปรับปรุงขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องพันแกนโรงงานแกนกระดาษกรณีศึกษา โดยศึกษาขั้นตอนวิธีการดำเนินงานของกระบวนการปรับตั้งเครื่องพันแกน กระบวนการพันแกน เพื่อลดเวลาของกระบวนการให้สามารถจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้ทันตามกำหนด



**ตารางที่ 1: มูลค่าความเสียหายเนื่องจากส่งสินค้าล่าช้า เดือน พ.ย. 58 - เม.ย. 59**

เดือน	มูลค่าความเสียหาย (บาท)
พ.ย.58	1,070,568
ธ.ค.58	396,433
ม.ค.59	109,050
ก.พ.59	145,496
มี.ค.59	80,533
เม.ย.59	12,037
เฉลี่ย	302,353

**ทบทวนวรรณกรรม**

จันทร์ธา (2550) ได้ทำการลดเวลาสูญเสียในการเปลี่ยนแผ่นกรองในกระบวนการหลอมเหลวโพลีเอสเตอร์ที่ใช้ในการผลิตแผ่นฟิล์มโพลีเอสเตอร์ ด้วยเทคนิค SMED (Single Minute Exchange of Die) ซึ่งสามารถลดเวลาในการเปลี่ยนแผ่นกรองจาก 195 นาที ลงเหลือ 143.5 นาที

ขวัญใจ และ ทศพล (2555) ได้ทำการลดเวลาในกระบวนการพิมพ์ของอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งพิมพ์โดยการเก็บข้อมูลเวลาสูญเสีย (Waste time) จากกิจกรรมต่างๆในกระบวนการพิมพ์ และได้ทำการปรับปรุงด้วยเทคนิค SMED (Single Minute Exchange of Die) และสามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องพิมพ์จาก 6,306 วินาที เหลือเพียง 2,604 วินาที หรือลดลง 59% จากเวลารวม

สุพัฒตรา ประภาพรรณ และอวยชัย (2555) ได้ใช้เทคนิค Why-Why analysis มาช่วยในการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนท่อไอเสียรถจักรยานยนต์ โดยภายหลังการปรับปรุงพบว่าสามารถลดเปอร์เซ็นต์ของเสียจาก 10.82% เป็น 4.71%

พิทรพนธ์ (2552) ได้ทำการเพิ่มอัตราผลิตในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมล้างขวด โดยเน้นหนักไปที่การปรับปรุงเครื่องจักรใหม่และการออกแบบการทำงานใหม่ และผลการศึกษาพบว่าอัตราผลิตภาพรวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 36.0

ณัฐยศ (2555) ได้ทำการลดกระบวนการรอคอยงานของเครื่องตัดกล่องกระดาษ ของโรงงานผลิตกล่องกระดาษ โดยศึกษาและออกแบบระบบป้องกันกระดาษเพื่อลดความสูญเสีย เพิ่มประสิทธิภาพและลดเวลาการรอคอยงานของเครื่องตัดลง ผลจากการทำวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของเครื่องตัดกล่องกระดาษเพิ่มขึ้นจาก 70.23% เป็น 91.90% ส่งผลให้สามารถผลิตสินค้าได้เพิ่มมากขึ้น 4,725 กล่อง/วัน คิดเป็นมูลค่าเพิ่มได้ 212,625 บาท/ปี

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

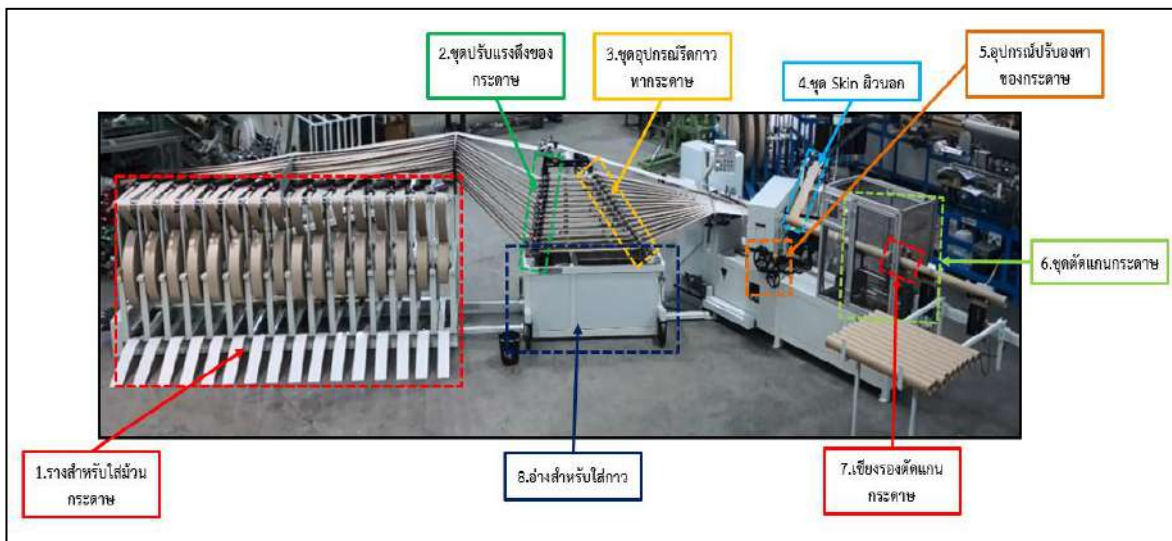
ปรับปรุงกระบวนการปรับตั้งเครื่องพันแกนกระดาษ เพื่อลดเวลาในการผลิตของกระบวนการพันแกนกระดาษ

## วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาโครงสร้างของเครื่องพันแกนกระดาษ โดยมีรายละเอียด ดังนี้ จุดที่ 1 รางสำหรับใส่ม้วนกระดาษ มีไว้สำหรับใส่ม้วนกระดาษที่จะนำมาผลิต จุดที่ 2 ชุดปรับแรงดึงของกระดาษ เป็นตัวปรับแรงดึงให้ได้ตามความเหมาะสมของกระดาษ จุดที่ 3 ชุดอุปกรณ์รีดกาวทากระดาษ เป็นอุปกรณ์ที่มีไว้สำหรับรีดปริมาณกาวให้ได้ตามความเหมาะสมของกระดาษ จุดที่ 4 ชุดกระดาษผิวนอก (Skin) เป็นกระดาษที่อยู่ด้านนอกสุดของแกนกระดาษซึ่งมีหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า จุดที่ 5 อุปกรณ์ปรับองศาของกระดาษ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับองศาของกระดาษให้กระดาษไม่ซ้อนหรือห่างกันมากเกินไป จุดที่ 6 ชุดตัดแกนกระดาษ ใช้ในการตัดแกนกระดาษให้ได้ความยาวตามที่กำหนด จุดที่ 7 เขียงรองตัดแกนกระดาษ มีไว้สำหรับรองใบมีดที่ใช้ในการตัดแกนกระดาษ จุดที่ 8 อ่างสำหรับใส่กาว เป็นอุปกรณ์ที่มีไว้สำหรับบรรจุกาวสำหรับทากระดาษ สามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 2

2. ทำการแบ่งกลุ่มของขั้นตอนการทำงานโดยจากขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 32 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3 แผนภูมิกระบวนการไหลในการปรับตั้งเครื่องพันแกน สามารถนำขั้นตอนงานทั้งหมดมาแบ่งกลุ่มงานได้ 4 กลุ่ม โดยใช้ ทฤษฎี Single Minute Exchange of Dies (SMED) แสดงได้ดังตารางที่ 2

3. การกำหนดแนวทางและมาตรการแก้ไขปัญหา ได้มีทั้งการปรับปรุงเครื่องจักรและการจัดอบรมพนักงานเพิ่มเติมเรื่องวิธีการทำงานให้มีประสิทธิภาพซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 3 และรูปที่ 4-6



รูปที่ 2: โครงสร้างของเครื่องพันแกนกระดาษ

แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart)									
แผนภูมิหมายเลข.....แผนที่.....ของ.....				สรุปผล					
ผลิตภัณฑ์/วัสดุ/พนักงาน				Activity	ปัจจุบัน	หลังปรับปรุง	ลดลง		
				ปฏิบัติงาน	●	20			
กิจกรรม				เคลื่อนย้าย	➔	6			
				ลำช้า	◐	1			
วิธีการทำงาน:ปัจจุบัน/ปรับปรุง				ตรวจสอบ	■	5			
				จับเก็บ	▼	0			
ระยะเวลา				48 m.					
ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน	จำนวนคน	ระยะเวลา (นาที)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
				●	➔	◐	■	▼	
1	ติดตั้งหม้อต้มวุ้นกระดาศที่ไหลออกจากถังผลิตเก่าเพื่อติดตั้งถังใหม่	1	10	●					
2	นำหม้อที่ติดตั้งหม้อต้มแล้วลงจากเครื่องปั้นแกน	2	10	●	➔				
3	นำหม้อวุ้นกระดาศที่ไหลออกจากถังผลิตเก่าลงถังผลิต	1	5 m.		➔				
4	สำรวจหม้อวุ้นกระดาศที่ทำการยกขึ้นรางเพื่อผลิตใหม่	1	5				■		
5	ถอด Fork แยกหม้อวุ้นกระดาศจากคลังผลิตและทำการตัดเข้าพื้นที่ทำงานของกระบวนการปั้นแกน	1	5 m.				■		
6	จัดเตรียมหม้อวุ้นกระดาศใหม่สำหรับคำสั่งผลิตใหม่	1	5 m.				■		
7	นำหม้อวุ้นกระดาศใหม่ขึ้นรางการผลิต	2	25	●					
8	ทำการต่อหม้อวุ้นกระดาศที่ยกขึ้นรางแล้ว	2	5	●					
9	ร้อยกระดาศเตรียมเข้าเวลาขึ้นรูปใหม่	2	10	●					
10	ใส่อุปกรณ์รีดกาวเพื่อเปลี่ยนความหนาของแกนกระดาศ	2	5	●					
11	เคลื่อนย้ายเวลาขึ้นรูปใหม่มาไว้ที่ข้างเครื่องปั้นแกน	2	5 m.		➔				
12	ถอดเวลาขึ้นรูปเก่าออกจากเครื่องจักร	2	5	●					
13	นำเวลาขึ้นรูปเก่าไปเก็บ	2	5 m.		➔				
14	ติดตั้งเวลาขึ้นรูปใหม่	2	10	●					
15	ปรับตั้งความตรงของเวลาขึ้นรูปตามมาตรฐาน	2	5	●					
16	ทาสีที่เวลาขึ้นรูปเพื่อความหล่อลื่น	1	2	●					
17	เปลี่ยน - ติดตั้งเบียงรองตัดแกนกระดาศ	2	5	●					
18	เตรียมชุดล้อ ไม้กั้น / เปลี่ยนวันที่ผลิต	2	5	●					
19	เดินเครื่อง / รีเซ็ตข้อมูล	1	2	●					
20	ป้อนข้อมูลชุดตัด ที่หน้าจอเครื่องจักร	1	3	●					
21	ร้อยกระดาศส่วนที่ไหลเข้าเวลาขึ้นรูปใหม่	2	30	●					
22	ทำการปรับแรงดึงของกระดาศ	1	10	●					
23	ทำการเปิดกาวกระดาศและปรับกาวที่ากกระดาศ	2	20	●					
24	ปรับชุดกระดาศคิวนอก (Skim) เพื่อหาระยะความห่าง	2	5	●					
25	เอาแกนกระดาศที่ขึ้นแล้วเข้าชุดตัด	2	5	●					
26	ตั้งความตรงของเวลาขึ้นรูปอีกครั้งเพื่อเช็คความตรงของแกนกระดาศ	2	5	●					
27	ทำการทดสอบชุดตัดแกนกระดาศ	2	5	●					
28	วัดความยาว และความหนาของแกนกระดาศที่ผลิต	2	5	●					
29	ตรวจสอบความหนา โลโก้ และตัวหนังสือบนแกนตามคำสั่งผลิต	2	3	●					
30	ตรวจสอบความยาวของเส้นด้านศูนย์กลางของแกนกระดาศ	2	2	●					
31	นำแกนที่ได้ไปขึ้นน้ำหนัก	1	3 m.		➔				
32	ตรวจสอบความแข็งของแกนกระดาศ	1	20 m.		➔				
รวม			48 m.	230	20	6	1	5	0

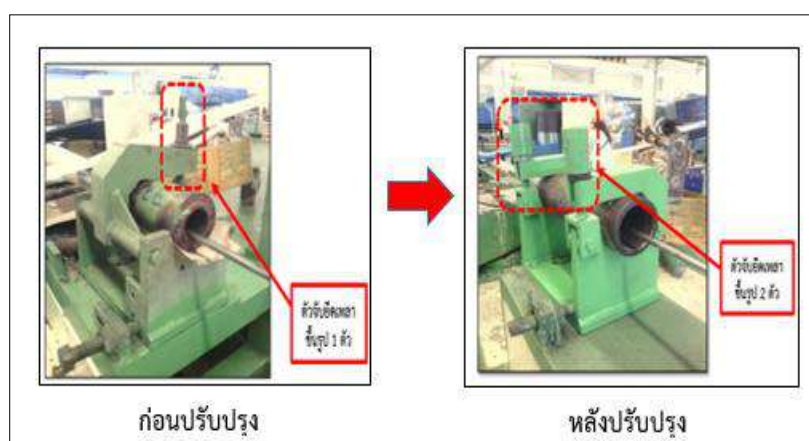
รูปที่ 3: แผนภูมิกระบวนการไหลในการปรับตั้งเครื่องปั้นแกน

ตารางที่ 2: ตารางแสดงการแบ่งกลุ่มของขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องพั่นแกน

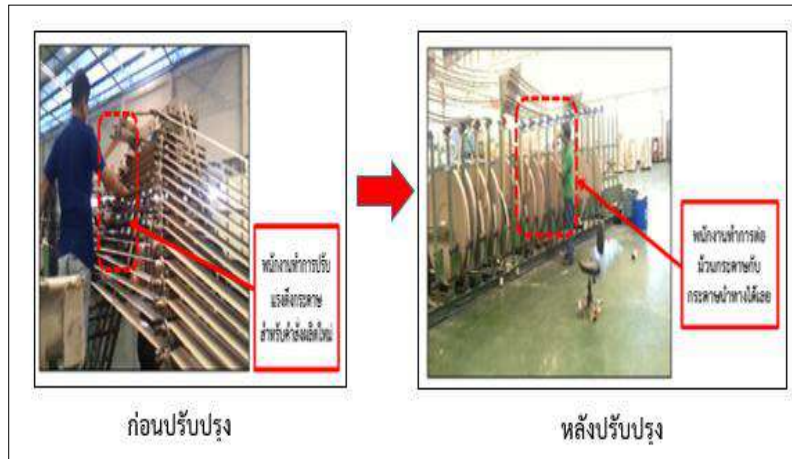
ประเภทของงาน	ขั้นตอนการทำงาน
งานที่ต้องปฏิบัติ (งานใน)	1, 2, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 19, 20, 21, 23, 31
งานที่สามารถเตรียมได้ล่วงหน้า (งานนอก)	3, 4, 5, 6, 7, 11, 13
งานที่สามารถทำคู่ขนานกันได้ (งานที่แยกกันทำได้)	(17, 18), (24, 25), (26, 27), (28, 29, 30)
งานที่สามารถปรับปรุงได้	14, 22, 32

ตารางที่ 3: ตารางแสดงการกำหนดแนวทางและมาตรการแก้ไขปัญหา

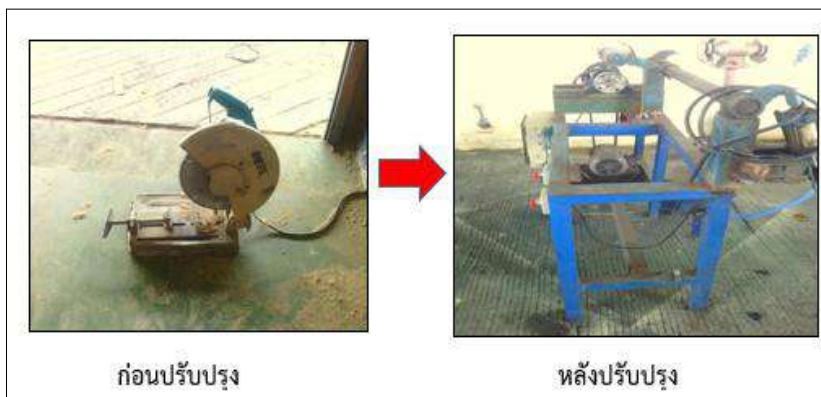
สาเหตุ	มาตรการแก้ไขปัญหา
ในกลุ่มงานที่สามารถเตรียมได้ล่วงหน้า (งานนอก)	กำหนดวิธีการทำงานใหม่ให้พนักงานปฏิบัติ
ในกลุ่มงานที่สามารถทำคู่ขนานกันได้ (งานที่แยกกันทำได้)	กำหนดวิธีการทำงานใหม่ให้พนักงานปฏิบัติ
เสียเวลาในการติดตั้งเพลลาขึ้นรูปใหม่	ประสานงานกับช่างซ่อมบำรุงเพื่อสร้างตัวจับยึดเพลลาขึ้นรูปเพิ่มเติมจากเดิม 1 ตัว เป็น 2 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 4
เสียเวลาในการปรับแรงตึงของกระดาษ	กำหนดวิธีการทำงานใหม่ให้พนักงานโดยให้พนักงานเหลือกระดาษเป็นกระดาษนำทางในการร้อยกระดาษสำหรับคำสั่งผลิตใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 5
เสียเวลาในการตรวจสอบความแข็งของแกนกระดาษ	ประสานงานกับฝ่ายซ่อมบำรุงเพื่อสร้างชุดตัดแกนตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 4: การปรับปรุงตัวจับยึดเพลลาขึ้นรูป



รูปที่ 5: การปรับปรุงวิธีการปรับแรงดึงของกระดาศ



รูปที่ 6: การปรับปรุงชุดตัดแกนตัวอย่าง

#### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

เป้าหมายในการศึกษาครั้งนี้เพื่อลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องพันแกน ซึ่งได้มีการศึกษาวิธีการทำงานของพนักงานและได้นำปัญหามาวิเคราะห์หาสาเหตุแล้วนำเสนอแนวทางการปรับปรุง พบว่าสาเหตุที่ทำให้สูญเสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องพันแกนเกิดจากวิธีการทำงานและอุปกรณ์เครื่องมือที่ไม่เหมาะสมทางผู้วิจัยจึงได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงโดยมีผลการดำเนินงาน แสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4: ตารางเปรียบเทียบก่อน-หลังปรับปรุงผลการดำเนินงาน

ขั้นตอนการทำงาน	เวลา (นาที)		ระยะทาง (เมตร)	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
<b>กลุ่มงานที่สามารถเตรียมได้ล่วงหน้า</b>				
3. นำม้วนกระดาษที่เหลือจัดเก็บเข้าคลังวัตถุดิบ	5	0	5	0
4. สํารวจม้วนกระดาษที่ทำการยกขึ้นรางเพื่อผลิตใหม่	5	0	5	0
5. รอรถ Forklift มายกม้วนกระดาษจากคลังวัตถุดิบและทำการตักเข้าพื้นที่ทำงานของกระบวนการพันแกน	5	0	5	0
7. นำม้วนกระดาษใหม่ขึ้นรางการผลิต	25	0	0	0
11. เคลื่อนย้ายเพลลาขึ้นรูปใหม่มาไว้ที่ข้างเครื่องพันแกน	2	0	5	0
13. นำ เพลลาขึ้นรูปเก่าไปเก็บ	3	0	5	0
<b>กลุ่มงานที่สามารถทำคู่ขนานกันได้</b>				
17. เปลี่ยน – ติดตั้งเชิงรองตัดแกนกระดาษ	5	5	0	0
18. เตรียมชุดโลโก้พิมพ์ / เปลี่ยนวันที่ผลิต	5			
24. ปรับชุดกระดาษผิวนอก (Skin) เพื่อหาระยะความห่าง	5	5	0	0
25. เอาแกนกระดาษที่พันแล้วเข้าชุดตัด	5			
26. ตั้งความตรงของเพลลาขึ้นรูปอีกครั้งเพื่อเช็คความตรงของแกนกระดาษ	5	5	0	0
27. ทำการทดสอบชุดตัดแกนกระดาษ	5			
28. วัดความยาว และความหนาของแกนกระดาษที่ผลิต	5	5	0	0
29. ตรวจสอบความหนา โลโก้ และตัวหนังสือบนแกนตามคำสั่งผลิต	3			
30. ตรวจสอบความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนกระดาษ	2			
<b>กลุ่มงานที่สามารถปรับปรุงได้</b>				
14. ติดตั้งเพลลาขึ้นรูปใหม่	10	4.6	0	0
22. ทำการปรับแรงตึงของกระดาษ	10	5.8	0	0
32. ตรวจสอบความแข็งของแกนกระดาษ	10	4.7	20	7
<b>รวม</b>	<b>115</b>	<b>35.1</b>	<b>45</b>	<b>7</b>

จากการที่ได้ปรับปรุงขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องพันแกนกระดาษสามารถลดความถี่ที่ส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าล่าช้าเฉลี่ยต่อเดือนจากเดิม 7.1 ครั้ง (ข้อมูลจาก เดือน กันยายน 58 – เมษายน 59) เหลือ 2.3 ครั้ง (ข้อมูลจาก เดือน สิงหาคม 59 – ตุลาคม 59) ส่งผลให้สามารถลดมูลค่าความเสียหายเนื่องจากส่งสินค้าให้กับลูกค้าล่าช้าได้เฉลี่ยต่อเดือนจากเดิม 302,353 บาท ลดลงเหลือ 20,887 บาท แสดงในดังตารางที่ 5

จากผลการปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์รวมถึงการปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงานสามารถลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องพันแกนกระดาษได้ โดยเปรียบเทียบจากแผนภูมิกระบวนการผลิตโดยสามารถลดขั้นตอนการทำงานจากเดิม 32 ขั้นตอน เหลือ 20 ขั้นตอน และลดเวลาในการปฏิบัติงานจาก 230 นาที เหลือ 145.1 นาที รวมถึงลดระยะทางในการปฏิบัติงานจาก 48 เมตร เหลือ 10 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 7

ตารางที่ 5: ตารางเปรียบเทียบความถี่และมูลค่าความเสียหายที่ส่งสินค้าให้กับลูกค้าล่าช้า

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ลดลงได้	คิดเป็นร้อยละ
ผลิตไม่ทันตามแผนเนื่องจากเสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร (ครั้ง/เดือน)	7.1	2.3	4.8	67.61
มูลค่าความเสียหาย (บาท/เดือน)	302,353	20,887	281,466	93.09

แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart)											
แผนภูมิหมายเลข.....แผนที่.....ของ.....					สรุปผล						
คติภรณ์เจ้า/วิศเวาพนักงาน					Activity	ปัจจุบัน	หลังปรับปรุง	ลดลง			
					ปฏิบัติงาน	16					
กิจกรรม					เคลื่อนย้าย	2					
					ลำช้า	0					
วิธีการทำงาน:ปัจจุบันปรับปรุง					ตรวจสอบ	2					
					จับเก็บ	0					
ระยะเวลา					10 m.						
ลำดับ	ขั้นตอนการทำงาน	จำนวนคน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ	
1	คิดน้ำหนักมวลกระดาษที่หือจากค่าสิ่งพิมพ์เก่าเพื่อคิดป้ายบ่งชี้	1		10	●						งานที่ต้องปฏิบัติ
2	นำม้วนที่คติน้ำหนักแล้วลงจากเครื่องพันแกน	2		10	➔						งานที่ต้องปฏิบัติ
3	ทำการต่อม้วนกระดาษที่ยกขึ้นรางแล้ว	2		5	●						งานที่ต้องปฏิบัติ
4	ร้อยกระดาษเตรียมเข้าเตาเผาขึ้นรูปใหม่	2		10	●						งานที่ต้องปฏิบัติ
5	ใส่อุปกรณ์วัดความทึบเมื่อมีการเปลี่ยนความหนาของแกนกระดาษ	2		5	●						งานที่ต้องปฏิบัติ
6	ถอดเตาเผาขึ้นรูปเก่าออกจากเครื่องจักร	2		5	●						งานที่ต้องปฏิบัติ
7	ติดตั้งเตาเผาขึ้นรูปใหม่	2		4.6	●						งานที่สามารถปรับปรุงได้
8	ปรับตั้งความตรงของเตาเผาขึ้นรูปตามมาตรฐาน	2		5	■						งานที่ต้องปฏิบัติ
9	หาสาเหตุที่เตาเผาขึ้นรูปเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่อง	1		2	●						งานที่ต้องปฏิบัติ
10	เปลี่ยน - ติดตั้งเครื่องวัดความทึบแกนกระดาษ	1		5	●						ทำร่วมกัน
11	เตรียมชุดโลโก้พิมพ์ / เปลี่ยนวันที่ผลิต	1		5	●						ทำร่วมกัน
12	เดินเครื่อง / วิเคราะห์ข้อมูล	1		2	●						งานที่ต้องปฏิบัติ
13	ป้อนข้อมูลชุดคิด ที่หน้าจอเครื่องจักร	1		3	●						งานที่ต้องปฏิบัติ
14	ร้อยกระดาษส่วนที่หือเข้าเตาเผาขึ้นรูปใหม่	2		30	●						งานที่ต้องปฏิบัติ
15	ทำการปรับแรงดึงของกระดาษ	1		5.8	●						งานที่สามารถปรับปรุงได้
16	ทำการเปิดคาวทากกระดาษและปรับกว้าที่ทากกระดาษ	2		20	●						งานที่ต้องปฏิบัติ
17	ปรับชุดกระดาษผิวนอก (5mm) เพื่อหาระยะความห่าง	1		5	●						ทำร่วมกัน
18	เอาแกนกระดาษที่พันแล้วเข้าชุดคิด	1		5	●						ทำร่วมกัน
19	ตั้งความตรงของเตาเผาขึ้นรูปอีกครั้งเพื่อเช็คความตรงของแกนกระดาษ	1		5	●						ทำร่วมกัน
20	ทำการทดสอบชุดคิดแกนกระดาษ	1		5	●						ทำร่วมกัน
21	วัดความยาวและความหนาของแกนกระดาษที่ผลิต	1		5	■						ทำร่วมกัน
22	ตรวจสอบความหนา โลโก้ และตัวหนังสือบนแกนตามคำสั่งผลิต	1		5	■						ทำร่วมกัน
23	ตรวจสอบความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนกระดาษ	1		5	■						ทำร่วมกัน
24	นำแกนที่ได้ไปขึ้นน้ำหนัก	1	3 m.	3	●						งานที่ต้องปฏิบัติ
25	ตรวจสอบความแข็งของแกนกระดาษ	1	7 m.	4.7	■						งานที่สามารถปรับปรุงได้
รวม			10 m.	145.1	16	1	0	3	0		

รูปที่ 7: แผนภูมิกระบวนการไหลในการปรับตั้งเครื่องพันแกนหลังการปรับปรุง

จากผลการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานและการปรับปรุงเครื่องจักร จะทำให้สามารถลดขั้นตอนในการทำงานและลดเวลาที่ใช้ปฏิบัติงานซึ่งสิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดเป็นต้นทุนในการทำงานดังนั้นการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องพั่นแกนจะช่วยให้สามารถลดต้นทุนในกระบวนการได้ 166,097 บาทต่อปี ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

#### ก่อนการปรับปรุง

จำนวนเครื่องพั่นแกน	4 เครื่อง
จำนวนพนักงานต่อเครื่อง	2 คน
รวมพนักงานเครื่องพั่นแกนทั้งหมด	$4 \times 2 = 8$ คน
ค่าแรงต่อหัวต่อวันละ	400 บาท
รวมค่าแรงทั้งหมดเท่ากับ	$8 \times 400 = 3,200$ บาทต่อวัน
หรือ	$3,200 \times 365 = 1,168,000$ บาทต่อปี

#### หลังการปรับปรุง

พนักงานทำงาน	8 คน
ค่าแรงต่อหัวต่อวันต่อชั่วโมง	$400/10 = 40$ บาทต่อชั่วโมง
หรือ	$40/60 = 0.67$ บาทต่อนาที
เวลาที่ใช้ทำงานลดลง	$230 - 145.1 = 84.9$ นาที
รวมค่าแรงที่ลดลงทั้งหมดเท่ากับ	$8 \times 0.67 \times 84.9 = 455.06$ บาทต่อวัน
หรือ	$455.06 \times 365 = 166,097$ บาทต่อปี
ต้นทุนแรงงานที่ลดลงได้	$= 166,097$ บาทต่อปี

#### สรุป

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยเรื่องการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องพั่นแกนกระดาษ โดยการศึกษากการทำงานแล้วนำมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า ซึ่งเป็นการทำงานที่แฝงอยู่ในกระบวนการทำงาน โดยสาเหตุที่ทำให้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรใช้เวลามาก คือ การจัดสรรขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการทำงานนั้นไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขั้นตอนการทำงานใหม่ให้พนักงานได้ปฏิบัติและออกแบบอุปกรณ์ที่ช่วยในการทำงาน ซึ่งผลจากงานวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. สามารถลดเวลาในการปฏิบัติงานจาก 230 นาที เหลือ 145.1 นาที คิดเป็นร้อยละ 36.91 และยังสามารถลดขั้นตอนการทำงานจากเดิม 32 ขั้นตอน เหลือ 20 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 37.5 รวมถึงส่งผลให้ระยะทางการทำงานลดลงจากเดิม 48 เมตร เหลือ 10 เมตร คิดเป็นร้อยละ 79.17

2. สามารถลดค่าเสียโอกาสที่ลูกค้ายกเลิกคำสั่งซื้อโดยลดความถี่ที่ส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าล่าช้าเฉลี่ยต่อเดือนจากเดิม 7.1 ครั้ง เหลือ 2.3 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 67.61 และยังสามารถลดมูลค่าความเสียหายเนื่องจากส่งสินค้าล่าช้าเฉลี่ยต่อเดือนจากเดิม 302,353 บาท เหลือ 20,887 บาท คิดเป็นร้อยละ 93.09

3. สามารถลดต้นทุนด้านแรงงานลงได้ถึง 166,096.9 บาทต่อปี



### เอกสารอ้างอิง

- ขวัญใจ โชคไพบุลย์. และ ทศพล เกียรติเจริญผล. (2555). “การลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรของกระบวนการพิมพ์.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- จันทร์ทา นาควชิระกุล. (2550). “การลดเวลาสูญเสียเปล่าในการเปลี่ยนแผ่นกรองในกระบวนการหลอมเหลวโพลีเอสเตอร์ที่ใช้ในการผลิตแผ่นฟิล์มโพลีเอสเตอร์.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ณัฐศ สมขันธ์. (2555). “การลดกระบวนการรอคอยงานในกระบวนการผลิตกล่องกระดาษ.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- พิทรพนธ์ พิทักษ์. (2552). “การเพิ่มอัตราผลิตในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมล้างขวด.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและระบบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุพัฒตรา เกษราพงศ์. ประภาพรรณ เกษราพงศ์. และ อวยชัย สลัดทุกข์. (2555). “การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนท่อไอเสียรถจักรยานยนต์.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา.

## การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าโดยใช้เว็บไซต์ออปติแมป: กรณีศึกษาบริษัทเอโอเอฟ อิเล็กทริก แอนด์ดีไซน์ จำกัด

### VEHICLE ROUTING USING OPTIMAP WEB SITE: CASE STUDY AOF ELECTRIC & DESIGN CO., LTD

สุเมธ ศรีสัมพันธ์<sup>1\*</sup>, ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

\*Corresponding author, E-mail: aofkila@gmail.com

#### บทคัดย่อ

บริษัทเอโอเอฟ อิเล็กทริกแอนด์ดีไซน์ จำกัด ดำเนินธุรกิจนำเข้าชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่างๆ เพื่อจำหน่ายให้ลูกค้าซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่มีฐานการผลิตในประเทศไทย รวมไปถึงตัวแทนขายปลีกซึ่งกระจายอยู่ในต่างจังหวัดบางส่วน ส่งผลให้มีปัญหาในเรื่องของการบริหารต้นทุนการขนส่งสินค้าเป็นอย่างมาก อันเนื่องมาจากการที่จำนวนลูกค้าของบริษัทมีเป็นจำนวนมากและสถานที่ขนส่งอยู่กระจัดกระจายทั้งกรุงเทพฯ ปริมณฑลและต่างจังหวัดบางจังหวัด ซึ่งการกระจายตัวของกลุ่มลูกค้าในลักษณะนี้ ก่อให้เกิดปัญหาที่ตามมาในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าที่มีไม่แน่นอน และในหลายๆครั้งทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งนั้นสูงกว่าที่ได้คาดการณ์เอาไว้ จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น ทำให้ทางบริษัทจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับกิจกรรมการลดต้นทุนในกระบวนการโลจิสติกส์ควบคู่ไปพร้อมกับการเพิ่มยอดขายของทางบริษัท

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ แล้วทางบริษัทได้ค้นพบรูปแบบการวางแผนเส้นทางจัดส่งแบบใหม่ที่ใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพแต่ยังไม่มีคนนำมาใช้ในประเทศไทย ได้แก่การจัดเส้นทางผ่านเว็บไซต์ออปติแมป (Optimap) ซึ่งพัฒนาโดยนักพัฒนาโปรแกรมและเว็บไซต์ชาวสวีเดนชื่อ Geir K. Engdahl โดยเว็บไซต์ออปติแมปนั้นสร้างขึ้นโดยใช้กูเกิ้ลแมป ร่วมกับทฤษฎีอาณานิคม (Ant Colony) ในกรณีที่มีจุดรับสินค้ามากกว่า 16 จุด และวิธีกำหนดการพลวัต (Dynamic Programming) ในกรณีที่มีจุดรับสินค้าน้อยกว่า 16 จุด จุดเด่นของโปรแกรมดังกล่าวคือกระบวนการในการจัดเส้นทางขนส่งนั้นมีพื้นฐานอยู่บนแผนที่จริง ถนนจริง และสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นในระหว่างขนส่ง

จากการทดลองจัดเส้นทางด้วยเว็บไซต์ออปติแมป พบว่าจากเดิมนั้นที่ทางบริษัทวางแผนเส้นทางขนส่งไว้ 9 เทียวก/สัปดาห์ รวมระยะทางโดยประมาณ 1,275.90 กม. ใช้เวลาโดยรวมประมาณ 48 ชั่วโมง 21 นาที ลดลงเหลือ 8 เทียวก/สัปดาห์ ระยะทางรวมโดยประมาณลดลงเหลือ 1,149 กม.(ลดลง 9.95%) และเวลาโดยรวมโดยประมาณลดลงเหลือ 46 ชั่วโมง 49 นาที(ลดลง 3.17%) ทำให้โดยภาพรวมแล้วทางบริษัทสามารถลดต้นทุนในเรื่องของค่าขนส่งไปได้ประมาณ 9.86% และยังสามารถบริหารจัดการในเรื่องของเวลาที่ไปส่งสินค้าให้เร็วขึ้น ทำให้เกิดความพึงพอใจต่อลูกค้า ซึ่งเพิ่มโอกาสในการทำให้บริษัทสามารถขยายธุรกิจต่อไปในอนาคตได้มากขึ้น

**คำสำคัญ:** ออปติแมป ทฤษฎีอาณานิคม วิธีกำหนดการพลวัต

## ABSTRACT

AOE Electric & Design Co., Ltd has conducted the business by import electronic components to distribute for the customers in Thailand. Most value customers are electronics manufactures in Thailand and some upcountry distributors. The case study company is dealing with logistics cost management problem, originated from several customers' locations disseminate around Bangkok metropolitan area as well as in some suburb areas. This can cause inconsistent logistics costs and higher unexpected costs for logistics expenses. From aforementioned, the company therefore aims to decrease logistics cost in parallel with increasing sales.

From literature review, the new vehicle routing tool, easy and very efficient but yet used in Thailand, is proposed and denoted as Optimap; developed by Geir K. Engdahl, Norwegian program and website developer. It was designed by using google map collaborate with Ant colony theory (when the destination points more than 16 points) and dynamic programming theory (when the destination points less than 16 points). The advantages of this software is that the calculated vehicle routing is obtained using real map, real streets, and traffic conditions during transportation.

From the experiment using Optimap with case study data set, the results show the improvement from existing planning route; 9 routes per week, total travel distance is 1,275 km. and travel time is 48 hours 21 minutes. The obtained results are reduced to 8 routes per week, total travel distance is 1,149 km. (decrease 9.95%) and travel time is 46 hours 49 minutes (decrease 3.17%), which leads to overall logistics costs reduced around 9.86%, approximately. Furthermore, this means the faster time delivery and better customer satisfaction, which increase more opportunity for expanding the business in the future.

**Keywords:** Optimap, Ant Colony, Dynamic Programming

## บทนำ

ในปัจจุบันการดำเนินงานทางธุรกิจต่าง ๆ นั้น เจ้าของกิจการหลายๆคนมักให้ความสำคัญในการเพิ่มกำไรในธุรกิจ โดยการเพิ่มยอดขายของธุรกิจตัวเองโดยไม่ได้มองถึงกระบวนการในการลดต้นทุนของธุรกิจนั้นๆ โดยเฉพาะกระบวนการโลจิสติกส์ ซึ่งถือเป็นกระบวนการสำคัญในการดำเนินธุรกิจ เนื่องด้วยในทุกกิจการนั้น จำเป็นต้องใช้กิจกรรมทางโลจิสติกส์เพื่อเพิ่มมูลค่าของสินค้าและบริการให้กับธุรกิจของตัวเอง เพราะเจ้าของกิจการทุกๆท่านจำเป็นต้องตระหนักว่าสภาพตลาดในปัจจุบันนั้นมีการแข่งขันกันสูงมาก ทั้งกิจกรรมทางด้านการตลาด มีการค้นคว้าและวิจัยสินค้าใหม่ๆออกสู่ท้องตลาดอย่างต่อเนื่อง หรือรูปแบบการบริหารจัดการที่เน้นความรวดเร็วให้ตอบสนองกับความต้องการของลูกค้า จากที่ได้กล่าวมานี้เอง กระบวนการทางโลจิสติกส์จึงถือเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญและมีความจำเป็นในการเพิ่มมูลค่าของสินค้าและบริการ เพื่อให้ธุรกิจนั้นสามารถแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

บริษัทเอโอเอฟ อิเล็กทริกแอนด์ดีไซน์ จำกัด นั้นดำเนินธุรกิจในรูปแบบของการซื้อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆเพื่อมาจำหน่ายให้กับลูกค้า ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่มีฐานการผลิตในประเทศไทย รวมไปถึงตัวแทนขายปลีกและโรงพยาบาลซึ่งกระจายอยู่ในต่างจังหวัดบางส่วน

โดยปกติแล้วธุรกิจประเภทนี้จะมีคู่แข่งอยู่เป็นจำนวนมาก ทางบริษัทเองจึงจำเป็นต้องควบคุมราคาสินค้าขายไม่ให้สูงมากจนเกินไป แล้วหันไปเน้นในเรื่องของกิจกรรมการตลาดต้นทุนของกระบวนการโลจิสติกส์แทน โดยปัจจุบันทางบริษัทนั้นมีลูกค้ามากกว่า 50 บริษัท มีรถที่ใช้ในการขนส่งจำนวน 2 คัน มีการขนส่งสินค้าประมาณ 9 เทียบต่อสัปดาห์ ใช้เวลาในการไหลสินค้าประมาณ 15-30 นาทีต่อจุดขนส่งสินค้า ซึ่ง ณ ปัจจุบันนั้นทางบริษัทมีปัญหาในเรื่องของการบริหารต้นทุนการขนส่งสินค้าเป็นอย่างมาก โดยสาเหตุหลักๆมาจากการที่จำนวนลูกค้าของบริษัทมีเป็นจำนวนมากและสถานที่ขนส่งอยู่กระจัดกระจายทั้งกรุงเทพฯ ปริมณฑลและต่างจังหวัดบางจังหวัด ส่งผลกระทบให้ในบางสัปดาห์จะต้องมีการจ้างรถขนส่งสินค้าจากภายนอกมาร่วมด้วยทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้ามากกว่าที่ได้คาดการณ์ไว้ ดังนั้นทางผู้บริหารของบริษัทเองจึงต้องการจะหาวิธีบริหารต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงมีนโยบายให้คณะกรรมการบริหารบริษัททำการศึกษางานวิจัยรวมถึงบทความ และวารสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานให้เหมาะสมกับทางบริษัทต่อไป

จากการศึกษางานวิจัยหลายๆชิ้นตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเราพบว่าปัญหาที่ทางบริษัทเผชิญอยู่นั้นเป็นปัญหาในเรื่องของการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า (Vehicle Routing Problem : VRP) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากปัญหาในการจัดเส้นทางสำหรับพนักงานขาย (Travelling Salesman Problem : TSP) โดยสิ่งที่เพิ่มขึ้นมาก็คือในเรื่องของความจุของรถที่ใช้ในการบรรทุกสินค้าที่มีปริมาตรและพื้นที่ๆจำกัด ซึ่งถือว่าอยู่ในกลุ่มของปัญหาระดับ NP-Hard ที่ต้องอาศัยการคำนวณที่ซับซ้อนและใช้เวลาค่อนข้างนานในการแก้ไขปัญหานั้นได้ ดังนั้นในงานวิจัยหลายๆชิ้นจึงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือเพื่อช่วยในการคำนวณทั้งในเรื่องของโปรแกรมต่างๆที่พัฒนามาจากพื้นฐานทฤษฎีโลจิสติกส์ รวมไปถึงอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่รองรับโปรแกรมต่างๆเหล่านั้นได้ด้วย ซึ่งตั้งแต่ในอดีตที่เราเริ่มค้นพบปัญหารวมไปถึงวิธีแก้ไขจนกระทั่งถึงปัจจุบันนั้นมีโปรแกรมที่ถูกพัฒนาเพื่อนำมาแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งอยู่เป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามจากการที่ได้ศึกษางานวิจัยหลายๆชิ้นแล้วเราพบว่าในช่วงเริ่มแรกที่มีการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา VRP และ TSP นั้นจะนิยมสร้างโปรแกรมซึ่งประมวลผลในคอมพิวเตอร์มาใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง โดยโปรแกรมส่วนใหญ่จะจำลองตำแหน่งที่ตั้งของจุดขนส่งด้วยคู่อันดับ (X,Y) แล้วเขียนโปรแกรมในการคำนวณหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดด้วยหลายๆทฤษฎี ไม่ว่าจะเป็นวิธีการตัดแบบระนาบ (Cutting Plane Method), วิธีbranch and bound (Branch and Bound method), วิธีการเจเนติกส์ (Genetic Algorithm), วิธีการระบบมด (Ant System Algorithm) , วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimization) อย่างไรก็ตามในช่วง 4-5 ปีหลังนี้ งานวิจัยหลายๆชิ้นเริ่มมีการพัฒนามากขึ้นด้วยการนำกูเกิ้ลแมป (Google Map) ซึ่งพัฒนามาจากบริษัท กูเกิ้ล อินซ์(Google Inc. ณ ปัจจุบันอยู่ภายใต้บริษัท Alphabet Inc.) มาเป็นเครื่องมือช่วยในการหาระยะทางเพื่อนำไปใช้คำนวณและวิเคราะห์หาเส้นทางที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตามกระบวนการหรือวิธีการในการหาค่าตอบนั้นยังมีขั้นตอนที่ค่อนข้างซับซ้อนและใช้เวลาค่อนข้างนาน กล่าวคือจากการที่ได้ศึกษางานวิจัยหลายๆงานนั้นพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่นิยมใช้โปรแกรมกูเกิ้ลแมป ช่วยในการหาระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังจุดต่างๆ อย่างไรก็ตามเมื่อได้ระยะทางแล้วจะต้องนำระยะทางที่ได้ไปใส่ข้อมูลในโปรแกรมซึ่งเขียนขึ้นเพื่อหาค่าผลลัพธ์เส้นทางที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดต่อไป ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นกระบวนการทำงานที่ซ้ำซ้อนถึงสองครั้ง จากโจทย์ของปัญหาเหล่านั้นเองทำให้เกิดงานวิจัยขึ้นนี้ขึ้นคือ การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าโดยใช้ฮอปติแมป มาแก้ปัญหาในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าของบริษัทเอไอเอฟ อีเล็กทริกแอนด์ดีไซน์ จำกัด ซึ่งเว็บไซต์ฮอปติแมปนั้น ถูกพัฒนาขึ้นโดยนักพัฒนาโปรแกรมและเว็บไซต์ชาวนอร์เวย์ชื่อ Geir K.Engdahl โดยคุณสมบัติเด่นของเว็บไซต์ฮอปติแมปนั้นสร้างขึ้นโดยใช้กูเกิ้ลแมป ร่วมกับทฤษฎีอาณานิคมมด(Ant Colony) และวิธีกำหนดการพลวัต(Dynamic Programming) ทำให้กระบวนการใน

การจัดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดนั้นมีพื้นฐานอยู่บนแผนที่และเส้นทางจริง อีกทั้งยังลดขั้นตอนการจัดเส้นทางที่ซ้ำซ้อนกันระหว่างกุ๊กเกิ้ลแมป กับโปรแกรมที่คำนวณบนคอมพิวเตอร์ให้อยู่บนเว็บไซต์ออปติแมปเพียงที่เดียว

### บททวนวรรณกรรม

จากที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นว่าปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าเป็นปัญหาที่มีพื้นฐานมาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ซึ่งที่มาของคำว่าปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ไม่สามารถระบุได้ว่าใครเป็นผู้คิดค้นขึ้นมา แต่จากหนังสือของ David L. Applegate, Robert E. Bixby, Vasek Chvátal & William J. Cook[1] ได้มีการสันนิษฐานถึงที่มาถึงปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ว่าอาจจะถูกคิดค้นโดย Hassler Whitney โดย Merrill Flood นักวิจัยของมหาวิทยาลัย Princeton และของบริษัท RAND Corporation ได้ให้สัมภาษณ์ไว้ถึงในช่วงปี ค.ศ.1930 นั้นผู้คนได้เริ่มให้ความสนใจในเรื่องของการแก้ปัญหาเชิงลำดับชั้น (Consequence) โดยปัญหาที่เป็นที่นิยมกันในขณะนั้นคือ “48 States Problem” ซึ่งเขียนโดย Hassler Whitney ทำให้มีการสันนิษฐานว่าปัญหาการเดินทางของพนักงานขายนั้นอาจเกิดขึ้นจากงานของ Hassler Whitney อย่างไรก็ตามสิ่งที่ได้กล่าวมานั้นเป็นเพียงแค่การสันนิษฐานเชิงข้อมูลเท่านั้น เนื่องจากในอดีตจนถึงปัจจุบันนั้นยังไม่มีหลักฐานที่แน่ชัด ที่สามารถพิสูจน์ถึงที่มาของปัญหานี้อย่างแท้จริง

จากปัญหาการเดินทางของพนักงานขายนั้น ได้มีผู้สนใจพัฒนาทฤษฎี แนวคิด และวิธีการต่างๆ เพื่อพยายามที่จะแก้ไขปัญหานี้เช่นวิธีกำหนดการเชิงพลวัต ที่คิดค้นโดย Richard E. Bellman[2] ซึ่งได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน หรือวิธีการแมนตรงซึ่งพัฒนาโดย Dantzig et al.[3] ก็ได้ทำให้เกิดความตื่นตัวในการที่จะคิดค้นวิธีการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายมากขึ้นเช่นวิธีการเจเนติกส์, วิธีอาณัติกรรม เป็นต้น สำหรับในส่วนของปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้านั้น ได้ถูกนำมาใช้ในบทความวิจัยและตีพิมพ์เผยแพร่ครั้งแรกในปี 1977 โดย Golden, Magnanti และNguyen[4] ซึ่งพื้นฐานในการแก้ปัญหา VRP นั้นจะคล้ายกับการแก้ปัญหา TSP แต่จะมีเงื่อนไขเพิ่มขึ้นมาในเรื่องของความจุของรถขนส่งสินค้าหรือเงื่อนไขทางด้านเวลาในการส่งสินค้าให้แก่ลูกค้ามากขึ้นนั่นเอง

สำหรับตัวอย่างงานวิจัยที่น่าสนใจทั้งในต่างประเทศนั้นได้แก่งานวิจัยของ Christian Blum[5] ซึ่งเป็นลักษณะการบรรยายถึงการนำทฤษฎีอาณัติกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหา TSP ในปัจจุบัน และแนวโน้มที่ทฤษฎีอาณัติกรรมจะถูกดัดแปลงเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในแบบต่างๆ เพื่อแก้ไขปัญหาคับซ้อนยิ่งขึ้นในอนาคตต่อไป งานวิจัยของAbdul Kadar M.Masum[6] ซึ่งนำวิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งได้ในขณะที่ของประเทศไทยนั้นมีงานของธรรณี มณีศรี[7] ซึ่งใช้วิธีเมตาฮิวริสติกส์แก้ปัญหาการเดินทางรถขนส่งกรณีมีรถขนส่งหลายขนาดและแบ่งแยกส่งสินค้า หรืองานวิจัยของญาณิภา และนระเกณท์[8] ที่ใช้การถ่ายโอนสินค้าช่วยลดระยะทางได้เฉลี่ยถึง12.42% รวมไปถึงการแนะนำเส้นทางขนส่งสินค้าโดยใช้วิธีอาณัติกรรมของวิงซากร และผุสดี[9]ที่นำเอาเว็บแอปพลิเคชัน(Web Application) มาประยุกต์ใช้กับกุ๊กเกิ้ลแมปได้

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อนำเว็บไซต์ออปติแมป มาใช้ในการใช้แก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## วิธีดำเนินการวิจัย

การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าโดยใช้เว็บไซต์ออปติแมปนั้น เริ่มต้นด้วยการรวบรวมข้อมูลและปัญหาในการจัดเส้นทางขนส่งด้วยวิธีเดิมของบริษัทเอโอเอฟ อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงในเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2559 หลังจากนั้นจึงรวบรวมข้อมูลใส่โปรแกรม Excel ซึ่งข้อมูลที่ถูกรวบรวมจะได้แก่สถานที่ตั้งของบริษัทลูกค้าในรูปแบบของละติจูด ลองจิจูด จำนวนสินค้าที่ต้องขนส่ง และเวลาที่ใช้ในการลงสินค้า(โดยประมาณ) หลังจากนั้นนำตัวอย่างการวางแผนการขนส่งของทางบริษัทมาทดลองใช้เว็บไซต์ออปติแมปในการจัดเส้นทางขนส่งด้วยการนำสถานที่ตั้งที่เป็นตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดของลูกค้าทั้งหมดมาใส่ลงในเว็บไซต์ ซึ่งมีทั้งหมด 56 จุด รวมจุดเริ่มต้นได้แก่บริษัทเอโอเอฟ อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด เป็น 57 จุด จากนั้นเลือกคำนวณเส้นทางเพื่อหาเวลาและระยะทางที่สั้นที่สุด อย่างไรก็ตามความสามารถในการจุของรถนั้นอยู่ที่ประมาณ 4,284,000 ลบ.ซม. ดังนั้นจึงใช้วิธีเรียงเส้นทางให้ปริมาตรของกล่องโดยรวมนั้นต้องไม่เกินความจุรวมของรถขนส่งสินค้า ทำให้จาก 56 จุดนั้นจะถูกแบ่งย่อยออกมาเป็นเส้นทางได้อีก 8 เส้นทาง โดยการแบ่งย่อยในแต่ละเส้นทางนั้นจะใช้วิธีเซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm) เพื่อตัดให้เหลือเส้นทางที่ขนส่งซึ่งทำให้ปริมาตรของสินค้าไม่เกินความจุรวมของรถขนส่ง หลังจากนั้นจึงนำเส้นทางที่เหลือมารันโปรแกรมใหม่อีกรอบวนไปเรื่อยๆจนครบจำนวนจุดลูกค้าทั้งหมด แล้วนำเส้นทางที่ได้ขึ้นมาเปรียบเทียบกับเส้นทางเดิมก่อนที่จะนำไปทดลองใช้ในเดือนมกราคม พุทธศักราช 2560 ต่อไป

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากวิธีการดำเนินงานวิจัยในที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ทางบริษัทได้ทำการรวบรวมเส้นทาง ระยะทางรวม ปริมาตรสินค้าที่ต้องขนส่ง ประมาณเวลาที่ใช้ในการลงสินค้า ไว้ได้ตามตารางที่ 1 ได้ดังนี้

ตารางที่ 1: เส้นทางที่ทางบริษัทจัดไว้ก่อนใช้ออปติแมป

เส้นทาง	ระยะทางรวม (กม.)	ปริมาตรสินค้า(ลบ. ซม.)	ประมาณเวลาทั้งหมด (ชม: นาที)
1 – 6 – 35 – 15 -14 – 13 – 27 – 28 – 36 – 1	198	3,776,402.50	6:52
1 – 11 – 31 – 32 - 33 38 - 1	45.7	4,164,212.50	3:16
เส้นทาง	ระยะทางรวม (กม.)	ปริมาตรสินค้า(ลบ. ซม.)	ประมาณเวลาทั้งหมด (ชม: นาที)
1 – 16 – 18 – 17 – 41 – 4 – 43 -19 – 8 - 42 - 1	247.8	4,211,555.00	9:07
1 – 5 – 34 – 3 – 12 – 26 – 2 - 1	118	3,116,190.00	4:27
1 – 20 – 21 – 22 – 23 – 10 – 54 – 55- 56 – 30 -1	128.4	4,154,788.75	6:24
1 – 47 – 48 – 49 – 50 – 51 – 53 - 52 - 1	163	3,754,605.00	5:42
1 – 44 – 45 – 46 – 1	166	1,325,293.75	4:03

เส้นทาง	ระยะทางรวม (กม.)	ปริมาตรสินค้า(ลบ. ชม.)	ประมาณเวลาทั้งหมด (ชม: นาที)
1 – 24 – 25 – 39 – 40 – 1	105	2,005,636.25	4:31
1 – 57 – 9 – 7 – 37 – 1	104	3,292,663.75	3:59
ระยะทางรวม	1,275.90	เวลารวม	48:21

และได้ทำการจัดเส้นทางขนส่งด้วยเว็บไซต์ออพติแมป ซึ่งรวบรวมข้อมูลไว้ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2:** เส้นทางที่จัดโดยใช้เว็บไซต์ออพติแมป

เส้นทาง	ระยะทางรวม (กม.)	ปริมาตรสินค้า(ลบ. ชม.)	ประมาณเวลาทั้งหมด (ชม: นาที)
1 – 11 – 36 – 6 -35 – 27 – 15 – 14 – 13 - 1	189	3,992,517.25	6:12
1 – 21 – 20 – 24 – 25 - 45 – 44 – 46 – 52 – 53 - 1	225	4,272,700.00	8:52
1 – 32 – 31 -33 -28 – 5 - 34 - 1	102	3,865,660.00	4:49
1 – 47 – 48 – 49 – 50 -51 – 39 – 40 -1	119	4,187,555.00	5:20
1 – 38 – 9 – 29 – 22 -23 – 10 – 30 - 55 -1	122	3,946,128.75	6:02
1 – 3 – 12 – 26 – 7 - 8 – 16 - 1	106	4,022,893.75	5:06
1 – 41 – 17 – 37 – 4 - 18 – 19 – 42 - 43 - 1	157	3,906,915.00	6:44
1 – 2 – 56 – 54 – 57 - 1	129	2,252,043.75	3:44
ระยะทางรวม	1,149	เวลารวม	46:49

บริษัทได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลการวางแผนการขนส่งปัจจุบันซึ่งใช้ล่าสุดในเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2559 และการวางแผนการขนส่งแบบใหม่ที่จัดโดยเว็บไซต์ออพติแมป ซึ่งจะนำไปใช้ในเดือน มกราคม พุทธศักราช 2560 ตามข้อมูลในตารางที่ 3

**ตารางที่ 3:** เปรียบเทียบข้อมูลการวางแผนการขนส่งปัจจุบัน (ใช้ล่าสุดเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2559) และการวางแผนการขนส่งแบบใหม่ที่จัดโดยเว็บไซต์ออปติแมป

การจัดเส้นทางขนส่ง	จำนวนเที่ยว	ระยะทางรวม(กม.)	เวลารวม (ชม:นาที)
แบบปัจจุบัน	9	1,275.90	48:21
โดยใช้ออปติแมป	8	1,149.00	46:49
เปลี่ยนแปลงดีขึ้น	1	126.90	1:32
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงดีขึ้น	11.11%	9.95%	3.17%

จากนั้นทางบริษัทได้นำการวางแผนเส้นทางขนส่งใหม่ที่จัดได้นั้น ไปใช้จริงในเดือนมกราคม พุทธศักราช 2560 เพื่อศึกษาถึงต้นทุนที่เปลี่ยนไป ดังข้อมูลตามตารางที่ 4 ดังต่อไปนี้

**ตารางที่ 4:** เปรียบเทียบต้นทุนการวางแผนการขนส่งปัจจุบัน (ใช้ล่าสุดเดือนธันวาคม พุทธศักราช 2559) และการวางแผนการขนส่งที่ใช้เว็บไซต์ออปติแมปในเดือนมกราคม พุทธศักราช 2560

การจัดเส้นทางขนส่ง	ค่าน้ำมันรถ(บาท)	ค่าทางด่วน(บาท)	รวม (บาท)
แบบปัจจุบัน	14,612.00	3,180	17,792
โดยใช้ออปติแมป	13,077.00	2,960	16,037
เปลี่ยนแปลงดีขึ้น	1,535	220	1,755
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงดีขึ้น	10.05%	6.92%	9.86%

**สรุป**


จากผลการวิจัยทั้งหมดเราพบว่าการจัดเส้นทางขนส่งด้วยออปติแมปนั้นช่วยลดทั้งระยะทาง, เวลา และต้นทุนรวมของทางบริษัทลงได้เป็นอย่างมาก โดยในส่วนของระยะทางนั้น สามารถลดระยะทางไปได้ถึง 126.9 กม. หรือคิดเป็น 9.95% ของระยะทางรวมทั้งหมด ในส่วนของเวลานั้นลดไปได้ถึง 1 ชั่วโมง 32 นาที หรือคิดเป็น 3.17% ของเวลาทั้งหมด และต้นทุนการขนส่งนั้นลดไปได้ประมาณ 1,755 บาทในเดือนมกราคม คิดเป็น 9.86% ของต้นทุนรวมทั้งหมด ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้ จึงเป็นไปตามเป้าหมายของบริษัทคือสามารถลดค่าใช้จ่ายในกิจกรรมโลจิสติกส์ลงไปได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามในส่วนของเว็บไซต์ออปติแมปเองนั้นยังมีข้อจำกัดในเรื่องของฟังก์ชันการทำงานนั้น ที่ยังไม่ครอบคลุมกิจกรรมโลจิสติกส์ในด้านอื่นๆทั้งหมดเช่น เรื่องของกรณีที่มียานพาหนะมากกว่า 1 คัน มีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่หรือปริมาตรหรือน้ำหนักของรถต่อคัน รวมไปถึงกรณีที่มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาในการขนส่งต่อจุดนั้น ทางเว็บไซต์ออปติแมปเองนั้นไม่สามารถที่จะคำนวณได้ จำเป็นที่จะต้องนำออกมาจัดการภายนอกต่างหาก อย่างไรก็ตามเว็บไซต์ออปติแมปนี้มีความเหมาะสมกับรูปแบบการจัดเส้นทางขนส่ง ที่มีปริมาณมากแต่ไม่เกิน 100 จุด หรือต้องการดูในเรื่องของปัญหาการจราจรเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยได้ และยังมีจุดเด่นในหลายๆด้าน ทั้งในเรื่องของการใช้งานเว็บไซต์ที่ค่อนข้างง่าย สามารถที่จะเลือกตำแหน่งลูกค้าจากจุดละติจูด, ลองติจูด หรือจะเลือกจากการคลิกที่ตำแหน่งของลูกค้าได้เลย สามารถเลือกบันทึกผลการรันเว็บไซต์แล้วเก็บเป็นลิงค์สามารถเข้าดูจากที่ใดก็ได้ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ดังนั้นจึงทำให้สะดวกในการใช้งาน จากประโยชน์ที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ จึงทำให้สรุปได้



ว่าออปติแมปนั้น จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การจัดเส้นทางขนส่งเป็นไปได้ง่ายขึ้น และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดต้นทุนการขนส่งได้มากขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

- David L. Applegate, Robert E. Bixby, Vasek Chvátal & William J. Cook (2007). *The Traveling Salesman Problem*, Princeton University Press.
- Michael Held, Richard M. Karp. (1962). A Dynamic Programming Approach to Sequencing Problem, *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, Vol. 10, No. 1 (Mar.,1962), 196 – 210.
- Matai, R., Singh, S., & Lal, M. (2010), *Traveling salesman problem: An overview of applications, formulations, and solution approaches*. *Traveling Salesman Problem, Theory and Applications InTech*.
- Golden, B.L., Magnanti, T.L., and Nguyen, H.Q. (1977), Implementing vehicle routing algorithms, *Networks* 7, 113-148.
- Christian Blum (2005), Ant colony optimization: Introduction and recent trends, *Physics of Life Reviews* 2 (2005) 353–373.
- Abdul Kadar M.Masum , Mohammad Shahjalal, Md. F. Faruque, Md. Iqbal H. Sarker, Solving the Vehicle Routing Problem using Genetic Algorithm, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 2, No. 7, 126 – 131, 2011.
- ชากร จำนงศรี และผุสดี บุญรอด. (2555). ระบบแนะนำเส้นทางขนส่งสินค้าโดยใช้อาณาจักรมด, The Eighth National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT).
- ธรีนิ มณีศรี. (2553). การประยุกต์ขั้นตอนวิธีเมต้าฮีริสติกส์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งกรณีมีรถขนส่งหลายขนาดและแบ่งแยกส่งสินค้าได้. วิทยานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- ญาณีภา ชินสุวรรณ และนระเกณท์ พุ่มชูศรี. (2556). การจัดเส้นทางเดินรถแบบต่อเนื่องที่มีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าและพักสินค้า, *วารสารวิศวกรรมศาสตร์* (ISSN: 1906-3636) ปีที่ 4 ฉบับที่ 3.



G – วิศวกรรมศาสตร์และ  
เทคโนโลยี

*Poster Presentation*



## การส่งเสริมการขายสินค้าของฝากของที่ระลึกด้วยการทำเหมืองข้อมูลตามอุปสงค์ ของนักท่องเที่ยวตามการพยากรณ์อนุกรมเวลา

### Using Data Mining to Increase Gifts and Souvenirs Sales Based on Tourism Demand of Times Series Forecasting

กฤษณสิทธิ์ พิมพิลา<sup>\*1</sup>, ภัทราวุธ วงศ์ศักดิ์<sup>2</sup>

Koonthaleerat Pimpila, Pattawut Wongsak

<sup>1,2</sup> คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

<sup>1,2</sup> Faculty of Education, Phetchabun Rajabhat University

<sup>\*</sup> Corresponding author, E-mail: moopop2909@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มยอดขายสินค้าจากการ วิเคราะห์หากฎความสัมพันธ์มาบูรณาการ  
ร่วมกับการพยากรณ์อนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของฝากของที่ระลึก ในจังหวัดเพชรบูรณ์โดยการทำเหมือง  
ข้อมูล ด้วยวิธีการวิเคราะห์หากฎความสัมพันธ์โดยใช้วิธี FP-Growth (ชื่อเฉพาะ) จากนั้นนำกฎความสัมพันธ์ที่  
ได้มาวิเคราะห์เพื่อทำโปรโมชันส่งเสริมการขายร่วมกับการพยากรณ์อนุกรมเวลา Time series (ชื่อเฉพาะ)  
ข้อมูลที่ใช้มาจากยอดขายผลิตภัณฑ์มะขามแปรรูปย้อนหลังตั้งแต่ 1 ม.ค. 2556 – 31 ธ.ค. 2559 เป็นจำนวน  
ทั้งสิ้น 300,765 รายการ ผลลัพธ์จากการหากฎความสัมพันธ์ของสินค้าของฝากของที่ระลึก ได้กฎ  
ความสัมพันธ์ (association rule ชื่อเฉพาะ) ที่ดีที่สุดจำนวน 5 กฎ จากสินค้าที่ขายดีที่สุด ซึ่งกฎความสัมพันธ์  
ที่มียอดขายดีที่สุดคือ สินค้าที่มีราคาต่อหน่วยไม่เกิน 100 บาท นำมาจัดรายการส่งเสริมการขายทำโปรโมชัน  
และจัดเรียงสินค้า สำหรับการพยากรณ์อนุกรมเวลา (Time series) เป็นการนำข้อมูลการขายสินค้านั้นย้อนหลัง  
ในแต่ละปีมาหาช่วงเวลาที่ยอดขายสินค้าดีที่สุดโดยแบ่งช่วงการขายออกเป็น 4 ไตรมาส ไตรมาสละ 3 เดือน  
ผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์อนุกรมเวลามีช่วงเวลาที่ขายสินค้าดีที่สุดอยู่ในไตรมาสที่ 4 และไตรมาสที่ 1 ของ  
แต่ละปี ผลลัพธ์จากการขายสินค้าตามกฎความสัมพันธ์ที่ได้ ในช่วงเวลาขายสินค้าที่ดีที่สุดในแต่ละปีทำให้  
ยอดขายสินค้าเพิ่มขึ้น ถึง 20%

#### ABSTRACT

The purpose of this research is to study the analysis of Association Rule and Sales Forecasting for gift and souvenirs marketing in Phetchabun using Data Mining. FP-Growth and Time Series are employed in the study. The sales volume data of tamarind based products is collected from January 1, 2013 to December 31, 2015, 300,795 items in total. According to the finding of association rules, it shows 5 strong relations. Regarding to times series analysis, sales volume information from the previous years is extracted to indicate the peak selling period of time divided into four quarters, each containing three months. The result presents that the peak selling period of time in each year is the first and fourth quarters. Combining both findings, it would increase 20% sales every year.

## บทนำ

ในปัจจุบันจังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นจังหวัดที่มีชื่อเสียง ทางการท่องเที่ยว เนื่องจากมี สถานที่ท่องเที่ยว หลายแห่งทั้งสถานที่ท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม เช่น อุทยานประวัติศาสตร์ศรีเทพ และ สถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่สวยงาม อาทิเช่น อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว เขาค้อ ยอดภูทับเบิก เป็นต้น ทำให้ปริมาณนักท่องเที่ยวที่เข้ามาเยี่ยมชมความงามตามธรรมชาติภายในจังหวัดเพชรบูรณ์ เพิ่มมากขึ้นทุกปี ตาม สถิติการสำรวจของ สำนักงานท่องเที่ยวและกีฬาจังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่าปริมาณนักท่องเที่ยว มีปริมาณไม่ เท่ากันตลอดปี ตามสถิติ นักท่องเที่ยวที่เข้ามาเยี่ยมชม ความงามภายในจังหวัดเพชรบูรณ์ จะมีปริมาณมาก ในช่วงเดือน พฤศจิกายน – ช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์ ตามสถิติ ตั้งแต่ปี 2554 ซึ่งปริมาณนักท่องเที่ยว นั้น สอดคล้องกับ ช่วงฤดูกาล ของผลผลิตมะขามหวานในจังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นโอกาสในการขายสินค้าและ ผลผลิตมะขามหวาน ของเกษตรกร และยังเป็นโอกาสของร้านค้า ที่อยู่ตามสถานที่ท่องเที่ยว ซึ่งมีสินค้า ประเภทของที่ระลึกประจำท้องถิ่นหรือสถานที่ท่องเที่ยวนั้นๆ อาทิเช่น พวงกุนแจ เข้มกลัด แมคเน็ต เป็นต้น แต่ในความเป็นจริงกลับพบปัญหา เนื่องจากปริมาณการขายสินค้ามะขามแปรรูป และ สินค้าที่ระลึก กลับมี ยอดการขาย ไม่สอดคล้องกับจำนวนนักท่องเที่ยวที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก กลุ่มเกษตรกร และร้านค้า ไม่ได้ทำการ วิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภค ไม่ได้วิเคราะห์ ปริมาณการระบายสินค้า ให้เหมาะสมตามช่วงเวลา การ จัดเรียงหน้าร้านและการจัดวางสินค้า ไม่เป็นที่สนใจ อีกทั้งไม่มีการส่งเสริมการขายที่สอดคล้องกับ ความ ต้องการของนักท่องเที่ยว

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิด เพิ่มยอดขายสินค้าให้กับกลุ่มผู้ประกอบการร้านค้าขายของฝากของที่ระลึกตาม สถานที่ท่องเที่ยวภายในจังหวัดเพชรบูรณ์จากการจัดรายการส่งเสริมการขายสินค้าโดย การทำเหมืองข้อมูล ด้วยการหาความสัมพันธ์ของสินค้า แบ่งกลุ่มสินค้าตามราคาต่อหน่วยจากนั้นนำมา วิเคราะห์หา ความสัมพันธ์เพื่อหาสินค้าที่ขายดีที่สุดและสินค้าที่ถูกซื้อพร้อมกันมากที่สุด มีกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลจาก พฤติกรรมการซื้อสินค้าของผู้บริโภค พิจารณาจากข้อมูลการขายสินค้าย้อนหลัง จากใบเสร็จประจำวัน ใบสั่ง ซื้อสินค้า หาความสัมพันธ์ของสินค้าในแต่ละรายการ หากกลุ่มสินค้าที่ถูกซื้อพร้อมกันบ่อยๆในช่วงฤดูกาล ตาม ปริมาณนักท่องเที่ยว จากการพยากรณ์อนุกรมเวลา เพื่อเพิ่มยอดขาย ในรูปแบบโปรโมชั่น จัดกลุ่มสินค้า จัดเรียงสินค้าบนชั้นวางให้มีความสอดคล้องง่ายต่อการเลือกซื้อตามโมเดลกฎความสัมพันธ์

## บททวนวรรณกรรม

การทำเหมืองข้อมูล (data mining) หรืออาจจะเรียกว่า การค้นหาความรู้ในฐานข้อมูล (Knowledge Discovery in Databases - KDD) เป็นเทคนิคเพื่อค้นหารูปแบบ (pattern) ของจากข้อมูลจำนวนมาก โดยอัตโนมัติ โดยใช้ขั้นตอนวิธีจากวิชาสถิติ การเรียนรู้ของเครื่อง และการรู้จำแบบ หรือในอีกนิยามหนึ่ง การ ทำเหมืองข้อมูล คือ กระบวนการที่กระทำกับข้อมูล(โดยส่วนใหญ่จะมีจำนวนมาก) เพื่อค้นหารูปแบบ แนวทาง และความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในชุดข้อมูลนั้น โดยอาศัยหลักสถิติ การรู้จำ การเรียนรู้ของเครื่อง และหลัก คณิตศาสตร์ ความรู้ที่ได้จากการทำเหมืองข้อมูลมีหลายรูปแบบ ได้แก่

การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Data clustering) แบ่งข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกันออกเป็นกลุ่ม แบ่งกลุ่มผู้ป่วยที่เป็นโรคเดียวกันตามลักษณะอาการ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของโรค โดยพิจารณาจาก ผู้ป่วยที่มีอาการคล้ายคลึงกัน (Kamber and Jian, 2015: 1 – 25)

กฎความสัมพันธ์ (Association Rules) หมายถึง การค้นคว้าหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล เช่น รายการสินค้าในเสร็จที่มีการซื้อพร้อมกัน เป็นต้น และผลของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จะมีรูปแบบและมี ข้อกำหนด เป็นค่าความเชื่อมั่น (Confidence) และค่าสนับสนุน (Support) จะเป็นค่าที่บอกความน่าเชื่อถือ

และความแม่นยำของกฎความสัมพันธ์ โดยกฎที่ได้จะมีรูปแบบของความสัมพันธ์ เช่น เมื่อซื้อของอย่างหนึ่งจะซื้อของอีกอย่างหนึ่งตามมาด้วยความมั่นใจก็เปอร์เซ็นต์ (เอกลีทธี, 2558: 10-12)

### การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis)

#### ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

1. ค่าแนวโน้ม (Long Term Trend : T) ค่าแนวโน้มเป็นการแสดงถึงการเคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในระยะยาว เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย ปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบ เป็นต้น

2. ค่าการผันแปรตามฤดูกาล (Seasonal Variation : S) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยเกิดขึ้นซ้ำ ๆ กันในรอบ 1 ปี จนกลายเป็นแบบแผนเดียวกัน เช่น ผลผลิตข้าวจะสูงในช่วงไตรมาสแรกของปี ยอดขายของห้างสรรพสินค้าจะสูงในช่วงปลายปี, เป็นต้น ในการวิเคราะห์การผันแปรตามฤดูกาลนี้จะวัดออกมาในรูปของดัชนีฤดูกาล (Seasonal Index)

3. ค่าการผันแปรตามวัฏจักร (Cyclical Variation: C) หมายถึง การเคลื่อนไหวที่เป็นไปตามวัฏจักร (เช่น วัฏจักรธุรกิจ) ซึ่งการเคลื่อนไหวตามวัฏจักรนี้จะมีลักษณะคล้ายกับการผันแปรตามฤดูกาล แต่จะมีระยะเวลาที่ยาวนานกว่า

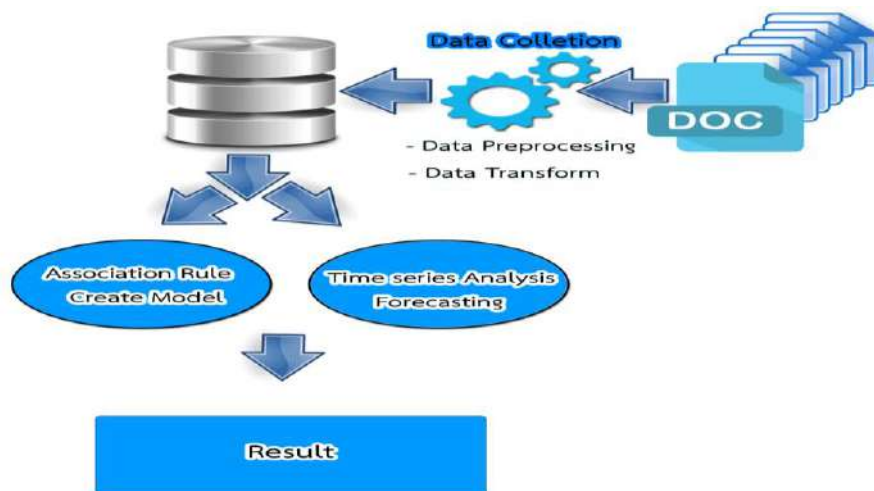
4. การผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ไม่ปกติ (Irregular Variation: I) การผันแปรชนิดนี้ไม่แน่นอน ไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า เช่น ภัยธรรมชาติ, สงคราม, การนัดหยุดงาน เป็นต้น

ข้อมูลอนุกรมเวลา อาจได้รับอิทธิพลของปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบของอนุกรมเวลาทั้ง 4 ปัจจัยหรือเพียงปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเท่านั้น การวิเคราะห์จึงควรแยกวิเคราะห์ทีละปัจจัย ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ปัจจัยค่าแนวโน้ม และค่าผันแปรตามฤดูกาลเท่านั้น

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ส่งเสริมการขายสินค้าของฝากและของที่ระลึกด้วยการทำเหมืองข้อมูล ตามการพยากรณ์อนุกรมเวลา
2. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านการทำโปรโมชัน การจัดเรียงสินค้า ตามกฎความสัมพันธ์ที่หาได้ สู่กลุ่มเป้าหมาย

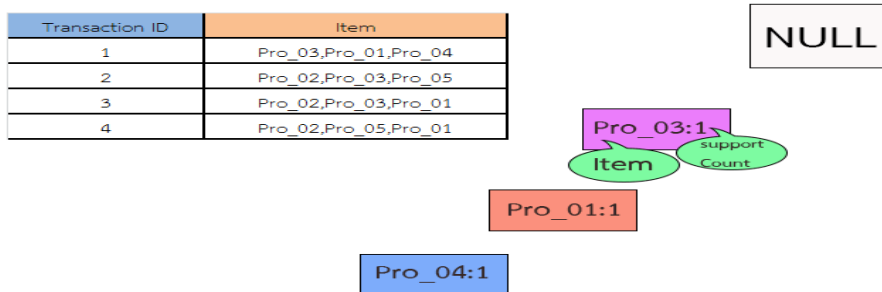
### วิธีดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 1: กรอบแนวคิด

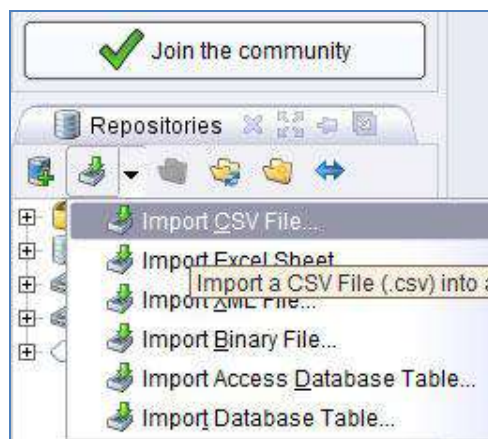
จากภาพที่ 1 เก็บข้อมูลจากใบเสร็จใบส่งของนำมาแปลงให้อยู่ในรูปแบบของตาราง โดยบันทึกรายการซื้อสินค้าในแต่ละรายการตามจำนวนการซื้อ ราคาขายต่อหน่วย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้วย วิธี FP-Growth จากโปรแกรม Rapid Miner ซึ่งโปรแกรม Rapid Miner จะหาค่า Support และค่า Confidence ที่ดีที่สุดของยอดขายสินค้าทั้งหมดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ผลลัพธ์ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์นี้ ผู้วิจัยได้หาความสัมพันธ์ทั้งหมดกว่า 5,000 รายการแต่เลือกหาความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการส่งเสริมการขายเพียง 5 ความสัมพันธ์ ต่อมากระบวนการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (time series) ผู้วิจัยได้บันทึกยอดขายสินค้าให้อยู่ในรูปแบบตาราง โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel จากนั้นแบ่งข้อมูลมูลค่าการขายสินค้าในแต่ละปีออกเป็น 4 ไตรมาสและหาค่า ดัชนีตามฤดูกาลเพื่อหาช่วงเวลาที่ยอดขายสินค้าได้ดีที่สุดในช่วงปี จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ซึ่งได้ความสัมพันธ์จำนวน 5 ความสัมพันธ์มาใช้ร่วมกับช่วงเวลาที่ยอดขายดีที่สุดตามการพยากรณ์

### ASSOCIATION RULE METHODOLOGY



ภาพที่ 2: ค่า Supportและความสัมพันธ์

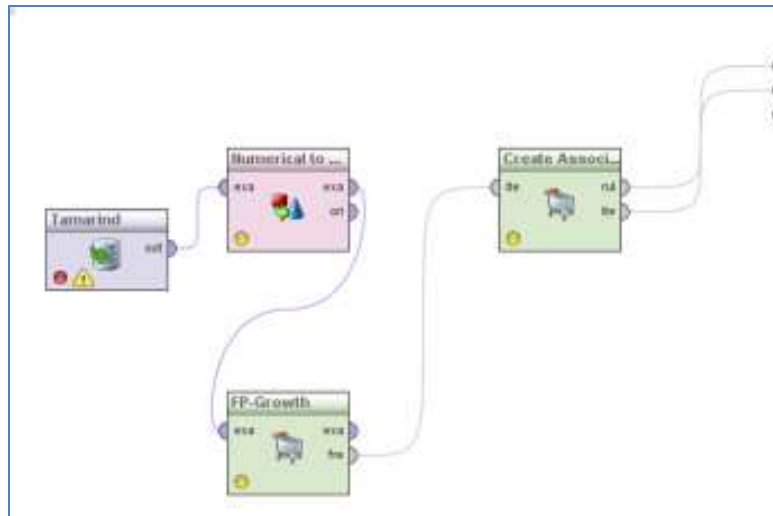
จากภาพที่ 2 แสดงการหาค่า Support ซึ่งมีส่วนสำคัญที่สุดในการหาความสัมพันธ์ของรายการซื้อสินค้า



ภาพที่ 3: โปรแกรม RapidMiner

จากภาพที่ 3 โปรแกรม Rapid Miner วิเคราะห์ข้อมูลจากผู้วิจัยแปลงรูปแบบการจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบของตาราง ซึ่งแต่ละแอตทริบิวต์ (Attribute) มีค่าของข้อมูลเก็บไว้ในแต่ละแอตทริบิวต์ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลผ่าน Repository ไม่ต้องเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลโดยตรง ซึ่งเปรียบเสมือนจำลองชุดข้อมูล

เพื่อนำไปใช้ใน อาทิเช่น การวิเคราะห์หากฎความสัมพันธ์ การแบ่งกลุ่มข้อมูลเป็นต้น ทำให้ Repository สามารถมีชุดข้อมูลที่หลากหลาย แบ่งตามความเหมาะสมตามการนำไปใช้



ภาพที่ 4: เครื่องมือสร้างกฎความสัมพันธ์

จากภาพที่ 4 กระบวนการของโอเปอเรเตอร์ที่ใช้หากฎความสัมพันธ์

```
AssociationRules  
  
Association Rules  
[pro_001] --> [pro_006, pro_005] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_004, pro_009] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_004, pro_008] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_009, pro_008] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_011, pro_003, pro_005] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_011, pro_007, pro_008] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_011, pro_006, pro_005] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_011, pro_006, pro_009] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_011, pro_005, pro_004] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_011, pro_005, pro_009] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_011, pro_004, pro_009] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_011, pro_004, pro_008] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_011, pro_009, pro_008] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_002, pro_006, pro_005] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_002, pro_006, pro_009] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_002, pro_005, pro_009] (confidence: 0.397)  
[pro_001] --> [pro_002, pro_005, pro_008] (confidence: 0.397)
```

ภาพที่ 5: ผลลัพธ์กฎความสัมพันธ์

จากภาพที่ 5 แสดงกฎความสัมพันธ์ที่ได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงว่าสัมพันธ์ของสินค้าที่ผู้ซื้อมักจะซื้อบ่อยๆพร้อมกัน ซึ่งจะเรียงลำดับจากสินค้าที่ขายดีเป็นอันดับแรกโดย สังเกต จากค่า Support ซึ่งในที่นี้ สินค้า รหัส Pro\_001 เป็นสินค้าที่ขายดีที่สุด คือ มะขามคลุกน้ำตาล ราคา 99 บาท จากนั้นผู้วิจัยได้นำปัจจัยร่วม

ได้แก่ ราคาสินค้าต่อหน่วย รูปแบบสินค้า และ โชนการจัดวางสินค้า เพื่อวิเคราะห์หาสัมพันธ์ของสินค้าที่จะซื้อ  
ร่วมกัน สังเกต ได้จากค่า confidence ซึ่งจะได้กฎความสัมพันธ์ ดังภาพ

ตารางที่ 1: ผลลัพธ์กฎความสัมพันธ์

กฎความสัมพันธ์	รายละเอียดกฎความสัมพันธ์
กฎที่ 1 pro_001 + [pro_005+pro_006]	มะขามคลุกน้ำตาล ราคา 29 บาท ขายคู่กับ มะขามคลุกบ๊วย ราคา 29บาทและมะขามจี๊ดจ๊าดราคา29บาท ( ราคาไม่เกิน 100 บาท)
กฎที่ 2 1 pro_001 + [pro_004+pro_009]	มะขามคลุกน้ำตาล ราคา 29 บาท ขายคู่กับ มะขามคลุกน้ำตาล ราคา 29 บาทและพวงกุญแจรูปฝักมะขามราคา 99 บาท (ราคา ไม่เกิน 150 บาท)
กฎที่ 3 1 pro_001 + [pro_004+pro_008]	มะขามคลุกน้ำตาล ราคา 29 บาท ขายคู่กับ มะขามคลุกน้ำตาล ราคา 29บาทและมะขามอบแห้งราคา 99 บาท (ราคาไม่เกิน 150 บาท)
กฎที่ 4 1 pro_001 + [pro_009+pro_008]	มะขามคลุกน้ำตาล ราคา 29 บาท ขายคู่กับ พวงกุญแจรูปฝัก มะขามราคา 99 บาทและมะขามอบแห้งราคา 99 บาท (ราคา ไม่เกิน 300 บาท)
กฎที่ 5 1 pro_001 + [pro_003+pro_005+pro_11]	มะขามคลุกน้ำตาล ราคา 29 บาท ขายคู่กับ มะขามคลุกบ๊วย ราคา 99บาทและมะขามจี๊ดจ๊าดราคา199บาทและน้ำเปล่า ราคา10 บาท(ราคาไม่เกิน 500 บาท)

ตารางที่ 1 แสดงกฎความสัมพันธ์ของสินค้าขายดีที่สุดคือ มะขามคลุกน้ำตาล ราคา 99 บาท ซึ่งขายคู่  
กับสินค้าชนิดอื่นๆ



## TIME SERIES METHODOLOGY

การพยากรณ์อนุกรมเวลา ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์อนุกรมเวลา ใช้ข้อมูลจากใบเสร็จ ใบสั่งของย้อนหลังตั้งแต่ 1 ม.ค. 2556- 31 ธ.ค. 2558 จากข้อมูลในใบเสร็จและใบสั่งของ รายการจำนวนสินค้า ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการพยากรณ์อนุกรมเวลาเพื่หาค่าช่วงเวลาที่มียอดขายสูงสุดของแต่ละปีดังนี้

ตารางที่ 2: มูลค่าการขายสินค้าเฉลี่ยต่อวัน

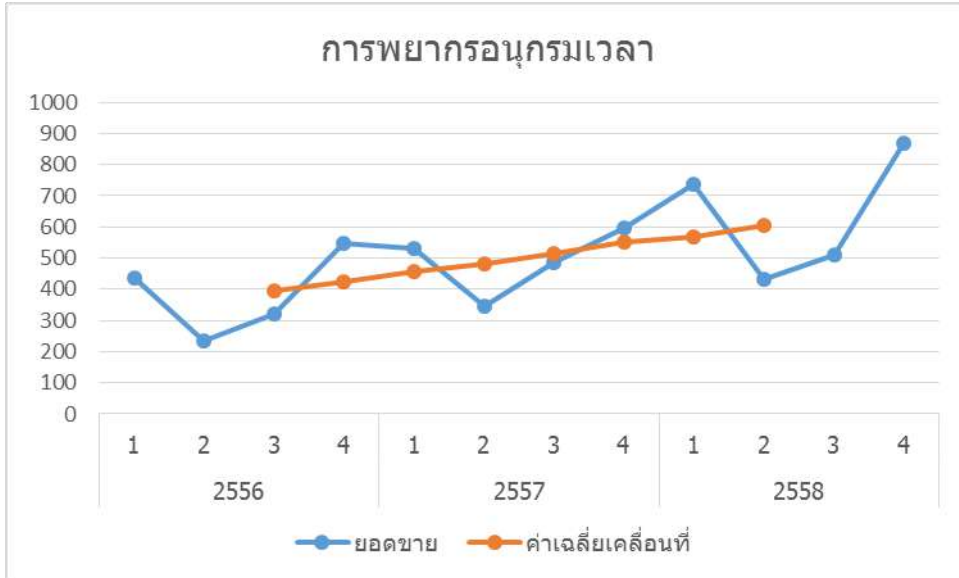
ปีที่เก็บข้อมูลย้อนหลัง	ไตรมาส	มูลค่าการขาย (บาท)
2556	1	437
	2	234
	3	323
	4	546
2557	1	531
	2	344
	3	484
	4	599
2558	1	735
	2	433
	3	511
	4	870

จากตาราง ที่ 2 แสดงรายการขายสินค้าย้อนหลังตั้งแต่ปี 2556 - 2558 ในแต่ละกลุ่มจะถูกแบ่งเป็น 4 ไตรมาสในแต่ละปี ซึ่งในแต่ละไตรมาสจะแบ่งตามจำนวนเดือนเท่ากันในแต่ละไตรมาส และบันทึกมูลค่าการขายสินค้าในแต่ละเดือนโดย การพยากรณ์อนุกรมเวลา มีสมการในการพยากรณ์ ซึ่งการพยากรณ์อนุกรมเวลาใช้หลักการพยากรณ์ดังนี้

ตารางที่ 3: ค่า Moving average ของสินค้า

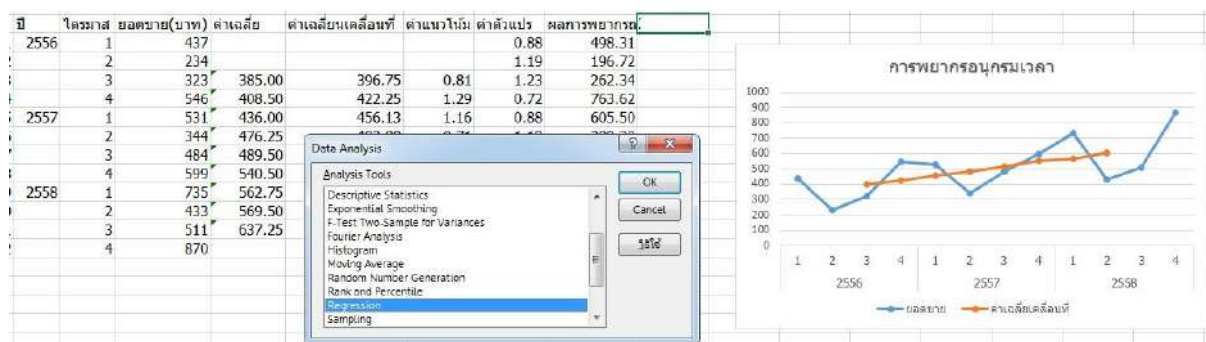
ดัชนีฤดูกาล	ปี	ไตรมาส	ยอดขาย(บาท)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่
1	2556	1	437		
2		2	234		
3		3	323	385.00	396.75
4		4	546	408.50	422.25
5	2557	1	531	436.00	456.13
6		2	344	476.25	482.88
7		3	484	489.50	515.00
8		4	599	540.50	551.63
9	2558	1	735	562.75	566.13
10		2	433	569.50	603.38
11		3	511	637.25	
12		4	870		

จากตารางที่ 3 แสดงค่า Moving average จากการนำค่าเฉลี่ยของยอดการขายแต่ละไตรมาส มาหาค่า จุดกึ่งกลางแนวโน้มเฉลี่ยเคลื่อนที่ เพื่อทดสอบหาค่า ดัชนีการพยากรณ์ต่อฤดูกาล เพื่อทำการพยากรณ์ ยอดขายไตรมาสต่อไป ของสินค้า



ภาพที่ 6: กราฟแสดงค่าแนวโน้มจากการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

จากภาพที่ 6 กราฟของข้อมูล กลุ่มแสดงด้วยเส้นกราฟการเคลื่อนที่ของแนวโน้มเฉลี่ย เปรียบเทียบกับยอดการขายสินค้าในแต่ละไตรมาสทั้ง 8 ไตรมาส จะเรียกเส้นกราฟนี้ว่าเส้นแนวโน้มเฉลี่ยของการหาค่า การพยากรณ์อนุกรมเวลาของข้อมูลซึ่งเส้นกราฟแนวโน้มเฉลี่ยนี้จะเริ่มในช่วงไตรมาสที่ 3 ของปี 2556 เป็นการแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ใช้ในการ พยากรณ์อนุกรมเวลานั้นมีลักษณะการเคลื่อนที่ของข้อมูลในรูปแบบใด หลังจากนั้นนำค่าที่ได้จากการหาค่าแนวโน้มเฉลี่ยไปพยากรณ์อนุกรมเวลา ผู้วิจัยได้ทำการพยากรณ์อนุกรมเวลา ของปี 2559 โดยการนำค่า ST มาวิเคราะห์ สมการการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear regression analysis) ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel มีผลลัพธ์ดังนี้



ภาพที่ 7: การใช้สมการถดถอยเพื่อพยากรณ์ยอดขายปี 2559

จากภาพที่ 7 เมื่อได้คำนวณหาค่าจุดกึ่งกลางค่าแนวโน้มเฉลี่ยเคลื่อนที่จากการคำนวณยอดขายสินค้าในแต่ละไตรมาส จากนั้นนำมาพยากรณ์ยอดขายในปี 2559 ด้วยวิธีสมการถดถอย (linear regression) จากโปรแกรม Microsoft Excel ผลลัพธ์ของการพยากรณ์ที่ได้มีดังนี้

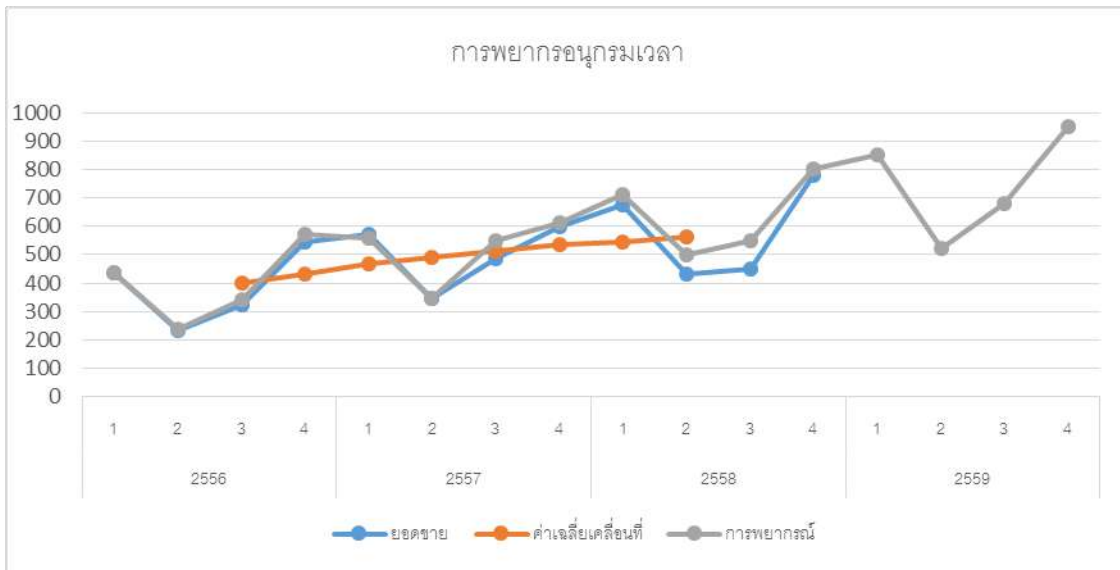
ตารางที่ 4: ค่าพยากรณ์มูลค่าการขายสินค้าปี 2559

ปี	ไตรมาส	ค่าพยากรณ์มูลค่าการขาย
2559	1	850.00
	2	521.00
	3	678.00
	4	950.00

จากการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่ได้ กราฟแสดงช่วงเวลาที่ยาวที่สุดในแต่ละปี อยู่ในไตรมาสที่ 1 และไตรมาสที่ 4 จากกราฟที่แสดงยังทำนายยอดขายสินค้าในปี 2559 ว่ามียอดขายที่สูงขึ้น

ตารางที่ 5: ผลจากการพยากรณ์อนุกรมเวลา

t	ปี	ไตรมาส	ยอดขาย (บาท)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	ค่าแนวโน้ม	ค่าตัวแปร	ผลลัพธ์สมการถดถอย	ดัชนีฤดูกาล	ค่าพยากรณ์
1	2556	1	437				0.87	499.76	358.51	435.00
2		2	234				1.19	196.63	390.50	237.00
3		3	323	385.00	401.63	0.80	1.23	262.02	422.49	340.00
4		4	546	418.25	432.00	1.26	0.73	743.40	454.49	570.00
5	2557	1	570	445.75	465.88	1.22	0.87	651.86	486.48	556.00
6		2	344	486.00	492.63	0.70	1.19	289.06	518.48	345.00
7		3	484	499.25	512.38	0.94	1.23	392.63	550.47	550.00
8		4	599	525.50	536.63	1.12	0.73	815.56	582.47	612.00
9	2558	1	675	547.75	543.50	1.24	0.87	771.93	614.46	712.00
10		2	433	539.25	561.88	0.77	1.19	363.85	646.46	501.00
11		3	450	584.50			1.23	365.04	678.45	550.00
12		4	780				0.73	1061.99	710.45	800.00
13	2559	1					0.87		742.44	850.00
14		2					1.19		774.44	521.00
15		3					1.23		806.43	678.00
16		4					0.73		838.43	950.00



ภาพที่ 8: กราฟแสดงค่าพยากรณ์การขายปี 2559

จากภาพที่ 8 จะเห็นได้ว่า เส้นกราฟที่ได้จากยอดการขายสินค้า มีการเคลื่อนที่ขึ้นลงตามไตรมาสในแต่ละปี และเส้นกราฟที่แสดงค่าแนวโน้มเฉลี่ยเคลื่อนที่แสดง ค่าแปรผันของฤดูกาลในแต่ละปี นั้นหมายความว่า การอนุกรมเวลาของการขายสินค้ามีการเคลื่อนที่แปรผันตามฤดูกาล กราฟที่ได้จากค่าสมการการพยากรณ์อนุกรมเวลาในปี 2559 และเส้นกราฟที่ได้จากยอดการขายสินค้าย้อนหลัง มีจุดตัดในแต่ละไตรมาสที่ตรงกันมีความคลาดเคลื่อนน้อยมาก แสดงให้เห็นถึงการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่แม่นยำ หมายความว่า การพยากรณ์อนุกรมเวลา ในปี 2559 มีความน่าเชื่อถือสูง

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลจากการหาความสัมพันธ์พบว่า ผู้ประกอบการร้านค้าร้านของฝากที่ระลึกภายในแหล่งท่องเที่ยวจังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 100 ร้านค้า มีร้านค้าใช้กฎความสัมพันธ์จำนวน 52 ร้านค้าพบว่าเมื่อร้านค้าทั้ง 52 ร้านค้าจัดโปรโมชั่นส่งเสริมการขายตาม กฎความสัมพันธ์โดย จัดวางสินค้าตามกฎความสัมพันธ์ที่มียอดการขายที่ดีที่สุด 5 กฎความสัมพันธ์ ผลลัพธ์ที่ได้คือ ผู้บริโภคซื้อสินค้าที่มีราคาต่ำกว่า 100 บาทมากที่สุด จากสินค้าที่มีค่า Support สูงที่สุด และเมื่อจัดวางสินค้าตาม ตามกฎความสัมพันธ์ พบว่าผู้บริโภค จะซื้อสินค้าที่ราคารวมกันแล้วไม่เกิน 500 บาทมากที่สุด ในที่นี้พบว่าเมื่อนำสินค้ามาจัดรายการขายเป็นคู่หรือเป็นชุดตามกฎความสัมพันธ์ อีกทั้งนำมาจัดรายการลดราคา จะทำให้สินค้านั้นมียอดการขายเพิ่มขึ้น 10% เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดวางสินค้าแบบเดิม และเมื่อมีการนำสินค้า ราคาไม่เกิน 100 บาทมาขายคู่กับสินค้าที่ราคา ไม่เกิน 50 บาทจะทำให้สินค้านั้นมียอดการขายเพิ่มขึ้น 15% นอกจากนี้ เมื่อนำมาบูรณาการกับการพยากรณ์อนุกรมเวลา ซึ่งมีช่วงฤดูกาลที่มูลค่าการขายสูงสุดคือไตรมาสที่ 1 และที่ 4 ของปี เมื่อร้านค้านำสินค้าที่ขายดีที่สุดจากกฎความสัมพันธ์มาปรับลดราคา 20% ของราคาขาย จะมียอดขายเพิ่มขึ้น 250% ของไตรมาส 1 และ 4 ในปี 2559 ตามการพยากรณ์อนุกรมเวลา เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับรายการส่งเสริมการขายแบบเดิม อาทิเช่น ซื้อสินค้า 1 ชิ้น แถม 1 ชิ้น หรือ ซื้อสินค้าครบ 500 บาทรับสิทธิพิเศษ พบว่าการจัดรายการส่งเสริมการขาย ตามกฎความสัมพันธ์ที่ได้สามารถเพิ่มยอดการขาย ของผู้ประกอบการร้านค้าทั้ง 52 สูงขึ้นจากเดิม 20%

## ข้อเสนอแนะ

สำหรับผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสินค้าประเภทของฝากของที่ระลึก ทั้งนี้ข้อมูลจากใบเสร็จ ใบสั่งของ ยังสามารถแบ่งกลุ่มสินค้า จากราคาขายต่อหน่วย รูปทรงและการจัดวางสินค้าภายในร้านค้า เพื่อเป็นทางเลือกในการนำเสนอ โปรโมชัน และการส่งเสริมการตลาดที่หลากหลายมากขึ้น อีกทั้งการนำเสนอสินค้าใหม่ๆ ที่นำมาขายคู่กับสินค้าที่ขายดีที่สุดของร้าน เป็นต้น

## เอกสารอ้างอิง

- กฤษณพร สุริยะบรรเทิงม และกมลเกียรติ เรืองกมลลา. (2555) *การสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์ประกันภัยให้กับผู้สูงอายุกลุ่มบัญชีออมทรัพย์โดยการทำให้เหมือนข้อมูล*. วิทยาลัยนวัตกรรมการบริหารมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2552). *การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร .ภาควิชาสถิติคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โกเมศ อัมพวัน. (2552). *วิธีการหาความสัมพันธ์แบบใหม่โดยต้นไม้แสดงรายการความถี่*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ริม โอทกานนท์. การตลาดบัตร KTC [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://inside.cm.mahidol.ac.th/mkt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=144:-ktc&catid=1:mk-articles&Itemid=11](http://inside.cm.mahidol.ac.th/mkt/index.php?option=com_content&view=article&id=144:-ktc&catid=1:mk-articles&Itemid=11).
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. *ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ กรณีศึกษา : ระบบประมวลผลภาพใบสั่งของกรมการขนส่งในกรุงนิวยอร์ก*.
- ชฎารัตน์ พิพัฒน์นันท์. (2552). *การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือนด้วยวิธีแบ่งกลุ่มและหาความสัมพันธ์ สำหรับการทำให้เหมือนข้อมูล*. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- ต่าย ฉียงซี่. (2552). *ทฤษฎีทดสอบและวัดผลการศึกษา*. ภาควิชาประเมินผลและวิจัยการศึกษา: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ณรงค์ศักดิ์ คงทิม และจิรัฐธา ภูบุญอบ. (2550). *การประยุกต์ใช้เอพี-กโรทกับงานแนะแนวการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา*. CIT2011 & UniNOMS. 21 (กันยายน 2550). 4-15.
- น้ำทิพย์ สมัครไทย. (2554). *การพัฒนาห้องสมุดประชาชนโดยใช้กฎความสัมพันธ์ผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์*. ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยราชพฤกษ์.
- ปราณี มณีรัตน์. (2554). *การสร้างโมเดลการจัดการระบบนักศึกษาสัมพันธ์โดยการทำให้เหมือนข้อมูล*. สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์:คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- ปริญานุช สมัครการ และกมล เกียรติเรืองกมลลา. (2552). *การสร้างแบบจำลองรายการธุรกรรมผิดปกติของบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ผู้สูงวัยโดยการทำให้เหมือนข้อมูล กรณีศึกษาธนาคารพาณิชย์แห่งหนึ่ง*. วิทยาลัยนวัตกรรมการบริหารมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- พิจิตรรา จอมศรี. (2552). *การทำนายเนื้อหาของเว็บโดยเทคนิคเหมือนข้อมูล*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- พีรภาวี เกียรติเฉลิมคุณ. (2553). *การพัฒนาแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์ยอดขายด้วยการทำเหมืองข้อมูล.กรณีศึกษาบริษัท ที สไตลโปรดักส์ จำกัด*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาบริหารเทคโนโลยี วิทยาลัยนวัตกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ฟูโตละห์ ลือมอง. (2553). *ขั้นตอนวิธีสำหรับการค้นหาข้อมูลที่ปรากฏร่วมกันบ่อยโดยรองรับรายการข้อมูลที่คล้ายคลึงกัน*. ปริญญาโทวิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ภาวิณี เหล่าพิพัฒน์ไพบุลย์ และพาชิตชนันต์ ศิริพานิช. (2555). *การจัดกลุ่มพฤติกรรมการใช้บัตรเดบิตและบัตรเครดิตเงินสดของคนทำงานในกรุงเทพมหานคร*. การประชุมเสนอผลงานระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 2.
- สมโภชน์ ศรีสมุทร. (2553). *การวิเคราะห์การจัดกลุ่มโรงเรียนตามมาตรฐานการศึกษาเพื่อการประเมินคุณภาพภายนอกระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ของโรงเรียนในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อดุลย์ ยิ้มงาม. *การทำเหมืองข้อมูล Data Mining* [ออนไลน์]. เอกสารการเรียนการสอนรายวิชา 801405 *Data Mining Chapter 1Introduction*. มิถุนายน, 2554 [www.open-miner.com](http://www.open-miner.com).
- Introduction to Data Mining* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :  
<http://opeminer.com/2009/11/03/introduction-datamining>.
- อรอุมา นองเนื่อง และณัฐวี อดุทกฤษฎ์. (2550). *ระบบช่วยวิเคราะห์บริการทางการเงินเพื่อกลุ่มลูกค้านิติบุคคลกรณีศึกษารานาคารกสิกรไทย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อรชุน ฟองประไพ และประสาร บุญเสริม. (2557). *การพยากรณ์อุปสงค์น้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย.วารสารการวิจัยทางธุรกิจ และการบริหาร ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2557*
- อำนวยการ มณีศรีวงศ์กุล. (2551). *Cluster Analysis*. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อัจฉราพร สี่หิรัญวงศ์ และรณชัย คงสกนธ์. (2551). *แบบวัด Hamilton Rating Scale for Depression : การวิเคราะห์การรวมกลุ่ม. วารสารสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย, 2551*.
- เอกสิทธิ์ พัชรวงศ์ศักดิ์ดา. *การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคคิตต้า ไมน์นิง เบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เอเชีย ดิจิตอลการพิมพ์ จำกัด.
- Aiman Moyaid Said,Dr. P D D. Dominic,Dr. Azween B Abdullah, (2014). *A Comparative Study of FP-growth Variations*.
- B.Santhosh Kumar.K.V.Rukman. (2013). *Implementation of Web Usage Mining Using APRIORI and FP-Growth Algorithms*.
- Jiawei Han, Micheline Kamber and Jian Pei. (2015). *Data Mining: Concepts and Techniques*, 3rd ed.
- Joseph F. Hair, Jr., William C. Black, Barry J. Babin, Rolph E. Anderson. (2012). *Multivariate Data Analysis . A GLOBAL PERSPECTIVE*.
- Johnson, R.A. and Wichern, D.W. (1999). *Applied Multivariate Statistical Analysis* 3rd ed. Englewood Cliffs : Prentice-Hall.

- Jiawei Han, Micheline Kamber and Jian Pei. (2015). *The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems*. Morgan Kaufmann Publishers.
- Norusis , M.J. (2010). *SPSSx Advance Statistics Guide*. New York : McGraw-Hill.
- Onuma Nongnuang, Nattavee Utakrit. “*Analysis System for Corporate Customer: CaseStudy of Product Cash Management Group for Kasikorn Bank*” The 6TH National Conference on Computing and Information Technology, NCCIT2010-154
- Preyanush Samakkan and Kamol Keatruangkamala. (2012) “*Modeling that unusual saving deposits transaction of the elderly using data mining process: case study of one commercial bank*”. pp 40-69 Education Study”, CIT2011 & UniNOMS2011
- Zolt'an Prekopcs'ak,G'abor Makrai,Tam'as Henk,Csaba. (2009). “*Radoop Analyzing Big Data with RapidMiner and Hadoop*”. pp 1-69.

## Cooking Pocket: แอปพลิเคชันสูตรการทำอาหาร Cooking Pocket: Food Recipe Application

ชนกานต์ กิ่งแก้ว<sup>1\*</sup>, วุฒิกานต์ หงษ์เวียงจันทร์<sup>2</sup>, นารณรินทร์ สุมะนังกุล<sup>3</sup>  
Chanakarn Kingkaew<sup>1\*</sup>, Woottikarn Hongwiengchan<sup>2</sup>, Nartnarin Sumanunkul<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

<sup>1</sup>Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering and Technology,  
Panyapiwat Institute of Management

<sup>1\*</sup>Corresponding author, E-mail: chanakarnkin@pim.ac.th

### บทคัดย่อ

การพัฒนาโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสูตรการทำอาหาร เพื่อเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลสูตรอาหารต่างๆ มาไว้ในแอปพลิเคชัน เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานค้นหาสูตรอาหาร และคำนวณปริมาณวัตถุดิบได้รวดเร็วขึ้นและสะดวกมากยิ่งขึ้น โดยแอปพลิเคชันนี้จะรวบรวมสูตรอาหารต่างๆไว้เป็นหมวดหมู่ สามารถกดค้นหาได้ อีกทั้งยังสามารถคำนวณปริมาณวัตถุดิบในการทำอาหารได้ โดยเอกสารมีจำนวนทั้งหมด 83 หน้า ซึ่งในการพัฒนาโดยใช้เทคโนโลยีแบบไฮบริด ทำให้สามารถลดเวลาในการพัฒนาลงไปได้โดยสามารถใช้ได้ทั้งระบบปฏิบัติการ Android และ iOS โดยพัฒนาโค้ดเพียงชุดเดียว

**คำสำคัญ:** แอนดรอยด์ แอปพลิเคชัน ไฮบริด ไอโอนิค ไอโอเอส

### ABSTRACT

In this work, we developed “Cooking Pocket” application for gathering all the standardized recipes in the application. This application makes it easier for searching for the recipe and able to calculate the ingredients faster and more efficient. This application will group the recipe into categories which can search and calculate the ingredients which consist of 83 pages using hybrid framework application development which reduce time to implements and can use on both Android and iOS devices.

**Keywords:** android application hybrid framework ionic ios

### บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าอย่างมากต่อการเรียนรู้ การค้นหาข้อมูล การติดต่อสื่อสารและความบันเทิงต่างๆ ซึ่งทำให้ผู้ใช้เข้าถึงแหล่งการเรียนรู้ได้สะดวก รวดเร็ว หลากหลาย และมีประสิทธิภาพ และได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเปรียบเสมือนตัวช่วยหนึ่งที่ทำให้ชีวิต ความเป็นอยู่ที่ดีมากขึ้น โดยเฉพาะอินเทอร์เน็ตคือตัวแปรสำคัญในการเข้าถึงสิ่งต่างๆเหล่านี้ได้



ผู้ที่ชื่นชอบด้านการทำ การปรุง และการตกแต่งอาหาร รวมถึงผู้ที่ชอบทำขนมก็นับเป็นต้องหาสูตรการทำอาหารหรือขนมจากหลากหลายสื่อ เช่น สื่อตีพิมพ์จำพวก หนังสืออาหารที่แยกออกไปเฉพาะด้านไม่นำมารวมกัน หรือสูตรอาหารตามนิตยสารต่างๆที่มีเนื้อหาไม่มากพอตามที่ต้องการ ซึ่งปัจจุบันนี้ผู้คนส่วนมากไม่ค่อยชอบซื้อหนังสือมาอ่านกันเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่สูง ต้องซื้อทีละหลายๆเล่ม เพราะว่าหนังสือแต่ละเล่มก็จะบอกสูตรตามประเภท เช่นหนังสืออาหารไทยก็จะมีแต่สูตรของอาหารไทย หนังสือขนมต่างประเทศก็จะมีแต่สูตรของขนมต่างประเทศ ทำให้ไม่มีความหลากหลายของข้อมูล และทำให้หาสูตรต่างๆได้ยาก ไม่สะดวกสบาย และทำให้เสียเวลาในการเปิดหาสูตรทำอาหาร

ผู้คนส่วนมากในปัจจุบันนี้มีสมาร์ทโฟนใช้กันเป็นส่วนมาก และสมาร์ทโฟนส่วนไม่เพียงแต่ใช้ในการสื่อสาร กับความบันเทิงเท่านั้น ยังสามารถใช้ในการส่ง และรับข้อมูล ค้นหาข้อมูล รวมถึงแอปพลิเคชันต่างๆมากมายที่เป็นประโยชน์ จากปัญหาข้างต้นเพื่อที่จะตอบสนองความต้องการของกลุ่มบุคคลที่ชอบทำอาหาร โครงการนี้จึงจัดทำแอปพลิเคชันสูตรอาหารพกพา หรือ Cooking pocket ซึ่งแอปพลิเคชันนี้จะรวบรวมสูตรอาหารมาตรฐาน และขนมต่างๆไว้มากมาย แบ่งตามหมวดหมู่ดูง่าย มีแถบค้นหาเพื่อให้ผู้ใช้งานหาสูตรอาหารได้ง่ายขึ้น บอกวิธีทำที่ชัดเจน และสามารถคำนวณปริมาณวัตถุดิบในการทำอาหารได้ด้วย เนื่องจากแต่ละบุคคลต้องการผลิตหรือทำอาหารจำนวนที่แตกต่างกันออกไป

## ทบทวนวรรณกรรม

ในส่วนของการทบทวนวรรณกรรมนี้ คณะวิจัยจะได้พูดถึงแอปพลิเคชันที่มีอยู่แล้ว รวมไปถึงอภิปรายถึงแต่ละแอปพลิเคชัน นอกจากนี้ยังจะได้กล่าวถึงเทคโนโลยีการพัฒนาแบบไฮบริด (Hybrid Application Development Technology) เนื่องจากช่วยลดเวลาในการพัฒนา รวมไปถึงทำให้แอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้ในระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกันได้ในการพัฒนาโดยใช้โค้ดชุดเดียว

### 1. แอปพลิเคชันสูตรอาหาร

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ศึกษาแอปพลิเคชันที่มีอยู่แล้วในท้องตลาด ได้มีแอปพลิเคชันประเภทนี้อยู่บ้างแล้ว



รูปที่ 1: ตัวอย่างแอปพลิเคชันสูตรอาหาร iFoodDay

ที่มา : <http://www.wesmartphonechannel.com/ifoodday-review-thai/>

แอปพลิเคชัน iFoodDay เป็นแอปพลิเคชันสอนทำอาหาร ที่รองรับเฉพาะระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีข้อมูลเป็นภาษาไทย อ่านง่ายเข้าใจง่าย แอปพลิเคชันนี้จะเน้นอาหารไทยเป็นหลัก ซึ่งมีให้เลือกมากมายตามความต้องการ แอปพลิเคชันนี้ก็จะจัดกลุ่มอาหารเป็นหมวดหลายหมวดให้เลือกได้ตามใจชอบก่อนศึกษาและลงมือทำ สูตรอาหารใน iFoodDay มีทั้งเมนูผัก เมนูไข่ แกง-ซุพ ผัด-ทอด อาหารตามภูมิภาค เมนูเนื้อต่างๆ อาหารเจ อาหารนานาชาติ หรือจะแบ่งตามวิถีชีวิตของคุณเช่นอาหารเพื่อสุขภาพ อาหารคนท้อง หรืออาหารเพื่อเด็กและผู้สูงอายุ



รูปที่ 2: ตัวอย่างแอปพลิเคชันสูตรอาหาร Kitchen Stories  
ที่มา : <https://www.dealsplus.com>

จากการศึกษา Kitchen Stories แอปพลิเคชันนี้เป็นแอปพลิเคชันสอนทำอาหารที่มีสูตรอาหาร สูตรขนม และเครื่องตีมานานาชาติต่างๆมากมายให้เราทำตาม โดยแอปพลิเคชันนี้จะสอนอย่างละเอียด ทั้งแบบวิดีโอสอนทำ และวิดีโอสอนเทคนิคต่างๆ อีกทั้ง ที่สวยงามมากและใช้ง่าย แอปพลิเคชันนี้รองรับเฉพาะระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เวอร์ชัน 4.0 และระบบไอโอเอส



รูปที่ 3: ตัวอย่างแอปพลิเคชันสูตรอาหาร “อร่อย สูตรอาหาร”  
ที่มา : <https://www.dealsplus.com>

นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาแอปพลิเคชันอื่น ๆ อาทิเช่น อร่อย สูตรอาหาร, สูตรอาหารไทย, I-Cook Thai, กินไรดี, Cookpad โดยได้ใช้คุณลักษณะต่าง ๆ เช่น ระบบปฏิบัติการที่รองรับ, ประเภทอาหาร, การค้นหาเมนูอาหาร, การคำนวณปริมาณอาหาร, ที่มาของสูตรอาหาร, การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต, การใช้งานบนแท็บเล็ต ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : การเปรียบเทียบแอปพลิเคชันสูตรอาหาร

ชื่อแอปพลิเคชัน	ระบบปฏิบัติการที่รองรับ	ประเภทอาหาร	สามารถค้นหาอาหารได้	การคำนวณปริมาณอาหาร	ที่มาของสูตร	การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต	ใช้บนแท็บเล็ต
iFoodDay	Android	ไทย,อีสาน,จีน	ใช่	ไม่มี	UGC	ต้อง	ไม่มีบนแท็บเล็ต
อร่อย สูตรอาหาร	iOS	ไทย	ใช่	ไม่มี	UGC	ต้อง	ไม่มีบนแท็บเล็ต
สูตรอาหารไทย	iOS	ไทย	ไม่ได้	ไม่มี	ผู้ผลิตทำขึ้นมา	ไม่ต้อง	ไม่มีบนแท็บเล็ต
I-Cook Thai	iOS	ไทย	ไม่ได้	ไม่มี	ผู้ผลิตทำขึ้นมา	ไม่ต้อง	ไม่มีบนแท็บเล็ต
กินไรดี	iOS	ไทย	ไม่ได้	ไม่มี	ผู้ผลิตทำขึ้นมา	ไม่ต้อง	ไม่มีบนแท็บเล็ต
Cookpad	Android, iOS	ไทย,นานาชาติ	ได้	ไม่มี	UGC	ต้องใช้	ได้
Kitchen Stories	Android, iOS	นานาชาติ	ได้	ไม่มี	UGC	ต้องใช้	ได้
Cooking Pocket	Android, iOS	ไทย,นานาชาติ	ได้	มี	สูตรมาตรฐานอาหารไทย	ไม่ต้อง	ได้

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่ามีแอปพลิเคชันสูตรอาหารอยู่บ้างแล้ว ในบางแอปพลิเคชันเช่น iFoodDay นั้นสามารถใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้เท่านั้น แอปพลิเคชันอย่าง สูตรอาหารไทย, I-Cook Thai, กินไรดี นั้นรองรับในระบบไอโอเอสเท่านั้น นอกจากนี้การค้นหาเมนูอาหารเพื่อหาสูตรจะเป็นประโยชน์มากเนื่องจากแต่ละแอปพลิเคชันมีการเก็บสูตรไว้เป็นจำนวนมาก รวมไปถึงที่มาของสูตรอาหารที่ต่างกัน ในแอปพลิเคชันอย่าง Kitchen Stories, Cookpad, iFoodDay มีการใช้สูตรอาหารที่ผู้ใช้งานได้ทำขึ้นมา (User Generated Contents: UGC) แต่ในการพัฒนาครั้งนี้จะได้นำสูตรอาหารมาตรฐานไทยเข้ามารวบรวมในแอปพลิเคชันนี้ เพื่อนำไว้อ้างอิงได้อย่างเป็นมาตรฐาน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการใช้งานอุปกรณ์แท็บเล็ต ซึ่ง

ในการทำอาหารจริง ผู้ใช้งานจะทำการตั้งอุปกรณ์แทปเล็ตเพื่อดูสูตรอาหารและวิธีการทำอาหาร เพื่อความสะดวกในการมองเห็น

ดังนั้นจากการสำรวจแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้อง ทำให้ได้ข้อสรุปในการทำแอปพลิเคชัน Cooking Pocket ก็จะได้ นำข้อดี-ข้อเสีย รวมถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

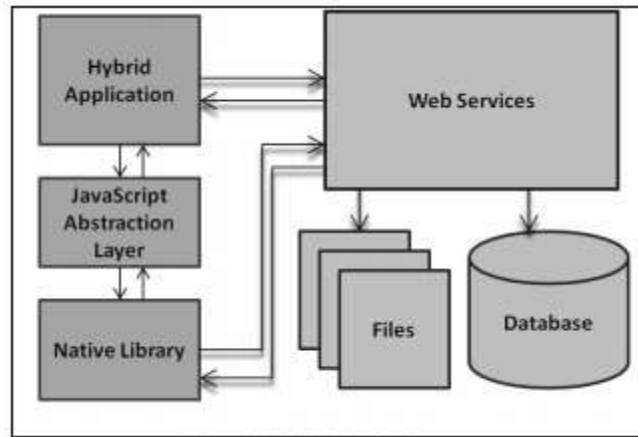
- สามารถใช้ได้ทั้ง 2 ระบบปฏิบัติการ คือ ไอโอเอส (iOS) และ แอนดรอยด์ (Android)
- สามารถใช้ได้ ในขนาดของหน้าจอโทรศัพท์ปกติ และ ในขนาดที่ใหญ่ขึ้นอย่างแทปเล็ต โดยหน้าตาโปรแกรมไม่มีการผิดเพี้ยนเนื่องจากขนาดของหน้าจอที่ต่างกัน
- ใช้สูตรอาหารที่เป็นมาตรฐาน โดยใช้สูตรมาตรฐานจากสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล
- สามารถคำนวณสูตรอาหาร โดยสูตรจะขึ้นอยู่กับปริมาณงานที่ต้องการได้

## 2. สูตรอาหารที่เป็นมาตรฐาน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับสูตรอาหารที่เป็นมาตรฐานจากสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล (สมศรี เจริญเกียรติกุล และคณะฯ) ได้วิจัยและพัฒนาสูตรการทำอาหารเพื่อคงความเป็นไทยและให้มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและคัดเลือกอาหารไทยที่สมควรส่งเสริมให้เป็นอาหารไทยเพื่อสุขภาพ โดยการพัฒนาจัดปรับตำรับอาหารไทยต่างๆที่มีอยู่ให้เป็นตำรับอ้างอิง โดยให้คงเอกลักษณ์ของความเป็นไทยและมีคุณค่าทางโภชนาการที่การศึกษาได้พัฒนาตำรับอาหารไทยทั้งสิ้น 3 ประเภท คืออาหารจานเดียว อาหารว่าง และอาหารร่วมสำหรับ จำนวน 21 ตำรับ ที่มีความหลากหลายของรสชาติและวิธีการปรุง

## 3. การพัฒนาด้วยเทคโนโลยีแบบไฮบริด (Hybrid Application Development)

จากงานวิจัยของ Heitkotter และคณะ รวมถึง Kalja ได้พูดถึงการทำแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ซึ่งในการพัฒนาเพื่อให้รองรับระบบปฏิบัติการต่าง ๆ ที่มีมากมายเช่น Android, iOS, Windows Phone และอื่น ๆ ต้องทำการพัฒนาโดยใช้ชุดคำสั่ง หรือ โค้ดในภาษาที่รองรับ เช่น ภาษา Objective-C และ Swift ใช้ในการพัฒนาระบบ iOS ภาษา Java ใช้พัฒนาระบบ Android เรียกการพัฒนาแบบนี้ว่า Native Application Development ซึ่งเป็นปัญหาในการพัฒนาเพราะต้องพัฒนาโค้ด 2 ชุด เสียค่าใช้จ่ายในการพัฒนา Heitkotter และ คณะ ได้พูดถึงเทคโนโลยีในการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบข้ามระบบปฏิบัติการ (Cross-Platform Development) โดยเป็นการใช้การพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยโค้ดชุดเดียว แต่สามารถใช้งานได้ ในหลายระบบปฏิบัติการ โดยเป็นการใช้หลักการของเทคโนโลยีเว็บ เช่น HTML, CSS และ JavaScript ซึ่งแต่ละระบบปฏิบัติการมีเทคโนโลยีเหล่านี้เป็นพื้นฐานในการพัฒนา โดยงานวิจัยนี้ได้แนะนำเทคโนโลยี PhoneGap มาใช้ในการพัฒนา ต่อมา Khandeparkar และ คณะ เป็นการศึกษาการใช้เทคโนโลยีแบบไฮบริดดังรูปที่ 4 ซึ่งแสดงสถาปัตยกรรมของเทคโนโลยีการพัฒนาแบบไฮบริด



รูปที่ 4: สถาปัตยกรรมการพัฒนาแบบไฮบริด  
ที่มา : Khandeparkar และ คณะ, 2015

โดยในงานนี้ได้พูดถึง IONIC Framework กล่าวคือเป็นเครื่องมือในการพัฒนาแบบไฮบริด โดยอาศัยเทคโนโลยีเว็บอย่าง HTML, JavaScript และ PhoneGap เข้ามา ซึ่งจากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่าเป็นเครื่องมือที่ง่ายต่อการพัฒนาแบบไฮบริด และยังมีเอกสารสนับสนุนเอกสารเพื่อง่ายต่อการพัฒนาอีกด้วย

อีกข้อสรุปที่ได้จากงานนี้ก็คือการใช้เทคโนโลยีเว็บในการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (Graphic User Interface) ที่ใช้เทคโนโลยีแบบ Responsive Web ทำให้การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน สามารถรองรับได้หลายระบบปฏิบัติการ และ ที่สำคัญยังสามารถตอบสนองได้ดีในขนาดหน้าจอที่แตกต่างกันออกไป ตั้งแต่ขนาดหน้าจอโทรศัพท์มือถือธรรมดาไปจนถึงหน้าจอขนาดใหญ่บนอุปกรณ์แท็บเล็ต

#### 4. อภิปรายการทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า มีแอปพลิเคชันที่มีอยู่แล้วมากมาย แต่สูตรอาหารที่มีนั้นเกิดมาจากผู้ใช้งานที่นำสูตรมาเผยแพร่ ซึ่งอาจจะไม่ได้มาตรฐาน ในงานนี้จะได้นำสูตรมาตรฐานที่ได้ผ่านการวิจัยมาแล้วมารวบรวมไว้ อีกทั้งจะได้นำเทคโนโลยีการพัฒนาแบบไฮบริดมาพัฒนาเพื่อประหยัดเวลาในการพัฒนา และสามารถใช้ออปพลิเคชันนี้ได้ทุกระบบปฏิบัติการ และ ขนาดหน้าจอที่แตกต่างกันออกไป

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสูตรอาหารที่เป็นมาตรฐาน บนอุปกรณ์พกพาอย่างโทรศัพท์และแท็บเล็ต ที่สามารถใช้ได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) และไอโอเอส (iOS)
2. เพื่อศึกษาการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบไฮบริดโดยใช้ไอออนิกเฟรมเวิร์ค (IONIC Framework) และนำมาใช้งานได้จริงได้

#### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการพัฒนาโครงการเรื่อง Cooking pocket ผู้จัดทำได้นำแนวคิด SDLC หรือ วัฏจักรการพัฒนา ระบบงาน โดยใช้รูปแบบของ Waterfall model เป็นแนวทางในการทำโครงการ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน (Requirement), การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ (Analysis and design),

การพัฒนาระบบ (Coding or Development), การทดสอบระบบ (Testing), การนำไปใช้งานจริง (Product or Implement) และ การดูแลผู้ใช้งานและการประเมินผล (Maintenance and Evaluation)

## 1. การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน (Requirement)

ผู้จัดทำโครงการได้สอบถามความต้องการ และปัญหาของผู้ใช้งานที่ชอบในการทำอาหารเกี่ยวกับการทำอาหารว่าผู้ใช้งานประสบปัญหาใดในการทำอาหาร หรือต้องการบางสิ่งบางอย่างมาช่วยในการทำอาหารให้ได้สะดวก รวดเร็วมากยิ่งขึ้น รวมถึงผู้จัดทำเองด้วยซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ 2 เรื่องหลักดังนี้

### 1.1 ปัญหาของผู้ใช้งาน

1. ในสูตรอาหารแต่ละสูตรมีการบอกปริมาณวัตถุดิบมากน้อยต่างกันทำให้บางครั้งทำอาหารมากเกินไปหรือน้อยเกินไปต่อความต้องการบริโภค และวัตถุดิบเหลือ ใช้ไม่คุ้มค่า
2. หนังสือสูตรอาหารมีราคาแพง และแต่ละเล่มก็จะจัดทำเฉพาะประเภท เช่นอาหารไทยประเภทแกงหรือขนมหวานญี่ปุ่น เป็นต้น ทำให้สูตรอาหารกระจัดกระจาย และผู้ใช้ที่ต้องการไม่กี่เมนูต้องซื้อสูตรอาหารตามแต่ละประเภทนั้นๆหลายเล่ม หรือหาสูตรอาหารบางอย่างได้ยาก
3. เวลาทำอาหาร หรือเลือกซื้อวัตถุดิบผู้ใช้งานต้องจดสูตร วัตถุดิบ และปริมาณวัตถุดิบจากอินเทอร์เน็ต หรือเปิดดูจากหนังสือ ทำให้พกพาไม่สะดวก มีความล่าช้า

### 1.2 ความต้องการของผู้ใช้งาน

1. ผู้ใช้งานต้องการให้แอปพลิเคชันสามารถคำนวณปริมาณวัตถุดิบที่จะใช้ในการทำอาหารตามความต้องการบริโภคของผู้ใช้งานเองได้
2. ผู้ใช้งานต้องการให้สูตรอาหารอยู่ในแอปพลิเคชันเดียวกันโดยแยกตามหมวดหมู่ของอาหาร หรือขนม และสามารถกดค้นหาสูตรอาหารได้สะดวกรวดเร็ว
3. ผู้ใช้งานต้องการความสะดวกในการพกพาสูตรอาหารไปได้ทุกที่ ทุกเวลาเพื่อที่จะได้เปิดดูปริมาณวัตถุดิบ และวิธีการทำอาหารได้ทันที

## 2. การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ (Analysis and design)

### 2.1 การวิเคราะห์ระบบ (Analysis)

ผู้จัดทำโครงการได้รวบรวมข้อมูลจากผู้ใช้งาน และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบที่จะพัฒนาซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

#### 2.1.1 การวิเคราะห์ระบบพื้นฐาน

แอปพลิเคชัน Cooking pocket ได้มีการแบ่งระบบพื้นฐานได้ 3 ส่วน ได้แก่

##### 2.1.1.1 ระบบการดูสูตรอาหาร

ระบบการดูสูตรอาหาร คือ ส่วนของผู้ใช้งานที่สามารถเข้าไปดูสูตรอาหารได้ โดยในหน้าเมนูหลักจะแบ่งเป็นอาหารคาว และอาหารหวาน และเมื่อกดเลือกแล้วจะแยกออกไปอีก 3 หมวดหมู่คือ อาหารไทย อาหารฝรั่ง และอาหารญี่ปุ่น จากนั้นระบบจะขึ้นชื่ออาหารตามประเภทนั้นๆออกมา และผู้ใช้สามารถกดเลือกเมนูอาหารได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ซึ่งจะประกอบไปด้วย ชื่อเมนูอาหาร วัตถุดิบที่ใช้ ปริมาณวัตถุดิบ และขั้นตอนการทำ

### 2.1.1.2 ระบบคำนวณปริมาณวัตถุดิบ

ระบบคำนวณปริมาณวัตถุดิบ คือ เครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดปริมาณวัตถุดิบในการทำอาหารเองได้เนื่องจากผู้ใช้งานแต่ละคนมีความต้องการบริโภคไม่เท่ากัน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการใช้วัตถุดิบอย่างสูงสุด วัตถุดิบไม่เหลือและช่วยประหยัดต้นทุน

### 2.1.1.3 ระบบค้นหาสูตรอาหาร

ระบบค้นหาสูตรอาหาร คือ เครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถหาสูตรอาหารที่ตนเองได้การได้สะดวก และรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

## 2.1.2 การวิเคราะห์ Interface ของระบบ

รูปแบบหน้าแอปพลิเคชัน เป็นการออกแบบอย่างง่ายเพื่อให้ผู้ใช้งานใช้งานได้ และเข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน ซึ่งจะนำข้อมูลของสูตรอาหาร ในแอปพลิเคชัน Cooking pocket ขึ้นไปแสดงผลดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 5: รูปแบบหน้าหลักแอปพลิเคชัน



รูปที่ 6: หน้าเลือกประเภทอาหาร

การประชุมวิชาการระดับชาติปัญญาภิวัฒน์ ครั้งที่ 7  
2 มิถุนายน 2560 สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์



รูปที่ 7: หน้าเลือกประเภทอาหารตามประเภท



รูปที่ 8: หน้าเลือกเมนูอาหาร



รูปที่ 9: หน้าเมนูอาหารที่เลือก



รูปที่ 10: หน้าปริมาณวัตถุดิบและคำนวณปริมาณ

### 3. การพัฒนาระบบ (Implementation)

ในส่วนของการพัฒนาระบบ ผู้จัดทำโครงการได้เลือกใช้เครื่องมือตามความเหมาะสมมาใช้พัฒนาระบบดังต่อไปนี้

3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ และเน็ตบุ๊ก

3.2 ใช้เครื่องมือโปรแกรม Ionic Framework ในการช่วยจัดการทำแอปพลิเคชัน ใช้ภาษา html, JavaScript ช่วยในการเขียนพัฒนาโค้ด



- 3.3 Sublime Text 3 ใช้ในการพัฒนา
- 3.4 Ionic Serve เพื่อเป็นเซิร์ฟเวอร์จำลอง
- 3.5 ใช้โปรแกรมตัดต่อภาพช่วยในการจัดการทำภาพ
- 3.6 ใช้โทรศัพท์สมาร์ทโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ ไอโอเอสในการทดสอบโปรแกรม
- 3.7 ใช้อุปกรณ์แท็บเล็ตที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ ไอโอเอสในการทดสอบโปรแกรม

#### 4. การทดสอบระบบ (Testing)

ในส่วนของการทดสอบระบบ ผู้จัดทำโครงการได้แบ่งการทดสอบระบบเป็น 3 ระบบดังนี้

##### 4.1 การทดสอบระบบเมนู และสูตรอาหาร

- 1.สามารถกดปุ่มต่างๆ และเชื่อมโยงไปยังหน้าต่อไปได้อย่างถูกต้อง
- 2.สามารถดึงข้อมูลเมนูอาหารมาแสดงตามประเภทได้
- 3.สามารถแสดงรูปภาพ Banner และรูปภาพอาหารได้
- 4.สามารถแสดงข้อความ หรือตัวอักษรต่างๆได้อย่างชัดเจน

##### 4.2 การทดสอบระบบคำนวณปริมาณวัตถุดิบ

- 1.สามารถใส่จำนวนปริมาณที่ต้องการได้(คำนวณเป็นจานมาตรฐาน หรือชิ้น)
- 2.สามารถกดปุ่มคำนวณ และคำนวณปริมาณวัตถุดิบได้อย่างถูกต้อง
- 3.สามารถแสดงปริมาณวัตถุดิบใหม่หลังจากกดคำนวณได้

##### 4.3 การทดสอบระบบค้นหาเมนู และสูตรอาหาร

- 1.สามารถใส่คำ หรือตัวอักษรในช่องค้นหาได้
- 2.สามารถกดปุ่มเลือกประเภทอาหารได้
- 3.สามารถกดปุ่มค้นหาได้ และค้นหาเมนูอาหารได้
- 4.สามารถแสดงรายชื่ออาหารที่กดค้นหาได้ถูกต้องตามที่ผู้ใช้งานเลือก

#### 5. การนำไปใช้งานจริง (Deployment)

ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน Cooking Pocket โดยเบื้องต้นผู้จัดทำโครงการจะนำแอปพลิเคชันที่ได้ไปให้นักศึกษาภายในสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ ในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการทำอาหาร เช่น คณะการจัดการธุรกิจอาหาร หรือคณะวิทยาการจัดการ สาขาวิชาการจัดการโรงแรมและการท่องเที่ยว เป็นต้น หรือบุคคลที่ชื่นชอบในการทำอาหาร ได้ใช้งานก่อน โดยจะให้ทดสอบทั้งหมด 40 คนจากคณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร และนำมาประเมินผล โดยสร้างแบบสอบถามผ่าน Google form หลังจากนั้นจะมีการเผยแพร่เพื่อให้บุคคลภายนอกสถาบันสามารถเข้ามาใช้งานแอปพลิเคชันได้ด้วย

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ทดสอบทั้งหมด 40 คนจากคณะกรรมการจัดการธุรกิจอาหาร และนำมาประเมินผลแบบ Likert Scale โดยสร้างแบบสอบถามผ่าน Google form และได้ผลสรุปดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: ผลการประเมินด้านความเหมาะสมของเนื้อหา

ประเด็นความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
1.แอปพลิเคชันมีเนื้อหาที่เหมาะสม	3.90	มาก
2.การแบ่งประเภทอาหาร มีความชัดเจนไม่สับสน	3.60	มาก
3.การนำเสนอสูตรอาหารมีความง่ายต่อการทำความเข้าใจ	3.60	มาก
4.เมนูอาหารมีความหลากหลาย	3.275	ปานกลาง
5.ความเหมาะสมของสูตรอาหาร	3.70	มาก
6.เนื้อหามีประโยชน์ ได้ความรู้ใหม่ๆ	3.65	มาก
7.สามารถค้นหาเมนูอาหารได้ง่าย	3.80	มาก
8.สามารถนำไปใช้ในการทำอาหารได้จริง	3.675	มาก
9.คำนวณปริมาณวัตถุดิบได้ และเพียงพอต่อความต้องการ	3.70	มาก
10.สูตรอาหารมีถูกต้อง	3.75	มาก

จากตาราง 2 จะเห็นได้ว่าระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมิน “ด้านความเหมาะสมของเนื้อหา” พบว่าผู้ตอบแบบประเมินมีระดับความพึงพอใจในประเด็น “แอปพลิเคชันมีเนื้อหาที่เหมาะสม” มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 และมีความพึงพอใจในประเด็น “เมนูอาหารมีความหลากหลาย” น้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.275 โดยรวมของหัวข้อนี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.66 ซึ่งถือว่ามีความพึงพอใจมาก โดยผู้ใช้งานให้ข้อเสนอในการเพิ่มเมนูอาหารต่าง ๆ ที่หลากหลายมากกว่านี้ไม่จำกัดเฉพาะอาหารไทย

ตารางที่ 3: ผลการประเมินด้านการออกแบบและการใช้งาน

ประเด็นความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
1.ความเหมาะสมของการใช้สี หรือภาพพื้นหลัง	3.925	มาก
2.ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร	3.75	มาก
3.ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	3.60	มาก
4.ตัวอักษรอ่านง่าย ชัดเจน	3.75	มาก
5.ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	3.75	มาก
6.ภาพประกอบหรือภาพพื้นหลังมีความสวยงาม	3.75	มาก
7.ภาพประกอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	4.75	มากที่สุด
8.ปุ่มต่างๆมีการจัดวางเหมาะสม ใช้งานได้ง่าย	3.8	มาก
9.แอปพลิเคชันนำใช้งาน	3.675	มาก
10.แอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้ดี	3.75	มาก

จากตาราง 3 ได้มีการให้ทดลองแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการต่าง ๆ และ ขนาดหน้าจอที่ต่างกัน จะเห็นได้ว่าระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมิน “การออกแบบและการใช้งาน” พบว่าผู้ตอบแบบ

ประเมินมีระดับความพึงพอใจในประเด็น “ภาพประกอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา” มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 และมีความพึงพอใจในประเด็น “ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร” น้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 โดยรวมของหัวข้อนี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.86 ซึ่งถือว่ามีความพึงพอใจมาก

จากผลที่ได้จากการประเมินผลพบว่าในด้านเนื้อหาของสูตรอาหารเป็นไปในทางที่ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจมาก แต่อย่างไรก็ตามในช่วงแรกของการพัฒนาได้มีการนำสูตรอาหารไทยที่ได้สูตรที่เป็นมาตรฐานมาเท่านั้น ทำให้ยังไม่มีหลากหลายเท่าที่ควร จึงได้เพิ่มประเภทอาหารอย่างญี่ปุ่น นานาชาติเข้าไปด้วยอีกส่วนในด้านการใช้งานนั้นได้ทำการทดลองกับโทรศัพท์ต่างรุ่น ต่างระบบปฏิบัติการ และบนแท็บเล็ตที่มีขนาดหน้าจอแตกต่างกัน ซึ่งสามารถทำงานได้ดีในทุกระบบปฏิบัติการ ทั้งนี้แต่ละระบบปฏิบัติการควรมีการปรับปรุงรุ่นให้ทันสมัยที่สุดเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้

## สรุป

การวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาแอปพลิเคชันสูตรอาหาร โดยเน้นไปที่สูตรอาหารไทยที่เป็นมาตรฐาน สามารถใช้อ้างอิงได้อย่างถูกต้อง สามารถใช้งานได้ทั้ง 2 ระบบปฏิบัติการสำคัญคือ ไอโอเอส (iOS) และ แอนดรอยด์ (Android) โดยได้อ้างอิงสูตรอาหารมาจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ และได้มีการทำการทดลองกับทุกระบบปฏิบัติการและทุกขนาดหน้าจอได้อย่างสมบูรณ์ และจะได้มีข้อเสนอแนะให้กับผู้พัฒนาต่อไปเพื่อการต่อยอดต่อไปได้

ในด้านการพัฒนาโดยใช้ Ionic Framework ผู้วิจัยและพัฒนาสามารถทำการพัฒนาโดยใช้โค้ดเพียง 1 ชุดเพื่อให้สามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการที่ต่างกัน และ ขนาดหน้าจอที่ต่างกัน ซึ่งต่างจากการพัฒนาแบบ Native ซึ่งต้องพัฒนาโดยต้องใช้ชุดโค้ดที่ต่างกัน ทำให้ลดเวลาได้มาก

จากการสำรวจความพึงพอใจในภาพรวมของการใช้งานแอปพลิเคชัน ซึ่งประเมินโดยนักศึกษาคณะการจัดการธุรกิจอาหาร สาขาการจัดการธุรกิจอาหารจำนวน 40 ท่าน แยกตามประเด็นวัดความพึงพอใจของผู้ตอบแบบประเมิน พบว่ามีความพึงพอใจในด้านความเหมาะสมของเนื้อหา 3.66 คิดเป็นร้อยละ 73.2 และมีความพึงพอใจในด้านความเหมาะสมของสี 3.86 คิดเป็นร้อยละ 77.2 ซึ่งความพึงพอใจโดยรวมของแอปพลิเคชันอยู่ที่ 3.76 คิดเป็นร้อยละ 75.2 อยู่ในขั้นมีความพึงพอใจมาก

### 1. ปัญหาในการทำโครงการ

#### 1.1 ปัญหาทางด้านทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้

เนื่องจากแอปพลิเคชันนี้ได้ใช้ Ionic framework ในการทำนี้จะสามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) ที่มีรุ่นการปรับปรุงรุ่นของระบบปฏิบัติการตั้งแต่ 4.0 ขึ้นไปได้เท่านั้น จากการทดสอบพบว่าผู้ใช้โทรศัพท์ที่มีรุ่นต่ำกว่าจะไม่สามารถแสดงผลได้ ดังนั้นผู้ใช้จึงต้องเลือกใช้โทรศัพท์สมาร์ทโฟนที่มีระบบแอนดรอยด์ที่มีการปรับปรุงรุ่นให้ทันสมัยที่สุด

#### 1.2 ปัญหาทางด้านการปฏิบัติงาน

ในขั้นตอนการนำสูตรอาหารต่างๆไม่ว่าจะเป็นอาหารไทยหรืออาหารต่างชาติ ทั้งอาหารคาวหวานมาลงในแอปพลิเคชันนี้ ได้นำเพียงแค่สูตรอาหารบางสูตรที่คนนิยมทานกันเท่านั้น ไม่สามารถนำสูตรอาหาร

ทั้งหมดมาลงในแอปพลิเคชันนี้ได้ เนื่องจากสูตรอาหารนั้นเยอะ จึงได้เลือกที่ได้รับความนิยมเท่านั้น แต่ได้มีการวางแผนในอนาคตให้สามารถทำการปรับปรุงเพิ่มเติมเมนูได้

## 2. ข้อเสนอแนะในการทำโครงการ

### 2.1 การปรับปรุงสื่อ

สูตรการทำอาหารควรมีหลายหลากเมนูกว่านี้และมีการพัฒนาปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ เพื่อจะได้มีเมนูอาหารให้เลือกอีก และเพิ่มในส่วนที่ผู้ใช้งานสนใจ เช่น การคำนวณแคลอรีจากปริมาณอาหารที่ใช้ หรือพลังงานที่ต้องใช้ต่อวัน

### 2.2 ด้านการออกแบบ

จากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ที่ได้ทดลองใช้แอปพลิเคชันนี้ พบว่าด้านการออกแบบต่างๆ สีเส้นของรูปเมนูอาหารเหมือน ตัวหนังสือมีขนาดเล็กยังไม่ค่อยชัดเจน ดังนั้น การพัฒนาแอปพลิเคชันนี้ ควรให้ความสำคัญในส่วนของสีเส้นเมนูตัวอย่างอาหาร รูปแบบของแอปพลิเคชันและขนาดของตัวอักษรให้มีขนาดใหญ่อ่านออกชัดเจน เพื่อสร้างแรงดึงดูด ได้รับความสนใจให้แก่ผู้ใช้งานแอปพลิเคชันนี้

### 2.3 ในด้านการพัฒนา

ในการพัฒนา เป็นไปด้วยความรวดเร็ว สามารถใช้แอปพลิเคชันได้ทั้งระบบ iOS และ Android ผู้วิจัยจึงจะได้แนะนำให้ใช้เทคโนโลยีการพัฒนาแบบไฮบริดในการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อสามารถใช้ในระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย ในขนาดหน้าจอที่หลากหลาย

## เอกสารอ้างอิง

- Heitkotter, H., Hanschke, S., & Majchrzak, T. A. (2013). *Evaluating Cross-Platform Development Approaches for Mobile Applications*, 140, 120–138.
- Khandeparkar, A., Gupta, R., & Sindhya, B. (2015). An Introduction to Hybrid Platform Mobile Application Development. *International Journal of Computer Applications*, 118(15), 31–33.
- Kalja, A. (2014). *Issues of Hybrid Mobile Application Development with PhoneGap : a Case Study of Insurance Mobile Application*, 215–220.
- Seven Seconds. (2558). *มาทำความรู้จัก ionic framework กัน*, สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม, 2559, จากเว็บไซต์ : <http://www.droid.in.th/2014/09/ionic-framework.html>
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, นิธิยา รัตนานนท์. (2554). *อาหารคืออะไร*, สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม, 2559, จากเว็บไซต์ : [http://zeedfood.blogspot.com/p/blog-page\\_01.html](http://zeedfood.blogspot.com/p/blog-page_01.html)
- อบเชย วงศ์ทอง. (2550). *หลักการประกอบอาหาร*. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม, 2559, จากเว็บไซต์ : <https://infothaifood.wordpress.com/>

## การศึกษาเทคนิคการพยากรณ์ยอดขายที่เหมาะสมสำหรับบริษัทผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า The Study of the Pertinent Sales Forecasting Technique for an Electrical Components Manufacturer

วิชรา วงศ์สามัญ<sup>1\*</sup>, ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์<sup>1</sup>  
Wishara Wongsamon<sup>1</sup>, Natapat Areeratchakulkan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

<sup>1</sup>Department of Engineering Management, Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University

\*Corresponding author, E-mail: wishara56@gmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษายอดขายที่เหมาะสมของบริษัทผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าในสินค้ากลุ่ม A จำนวน 5 รายการ เพื่อนำผลที่ได้จากการพยากรณ์ระหว่างปี 2556-2558 ไปเปรียบเทียบกับยอดขายที่เกิดขึ้นจริงในปี 2559 เพื่อนำไปกำหนดยอดขายที่เหมาะสมของบริษัทผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อไป

การศึกษานี้เลือกใช้เทคนิคการพยากรณ์ 3 เทคนิค ได้แก่ เทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย, เทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลสองครั้ง และเทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบวินเทอร์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab เพื่อนำผลของการพยากรณ์แต่ละวิธีมาเปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAD), ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) และค่าเฉลี่ยร้อยละของความผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) ที่มีค่าน้อยที่สุดเพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ยอดขายในอนาคต

ผลการศึกษาพบว่า การพยากรณ์ด้วยเทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบวินเทอร์ ให้ค่าเฉลี่ยร้อยละของความผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) ต่ำที่สุด พบว่าสามารถลดความคลาดเคลื่อนจากเดิม 37.27% เหลือเพียง 4.24%

**คำสำคัญ:** การพยากรณ์ยอดขาย วิธีพยากรณ์ปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล การพยากรณ์แบบวินเทอร์

### ABSTRACT

The research aims to study the proper forecasting methodology for sales forecast of "Group A" which are the product group. This is to compare and forecast sales volume in the period from 2013-2015 to 2016 including with to bring the forecasting results to apply with the future sales forecast in order to decrease deviation.

There are three techniques to be used in this research: Single Exponential smoothing method, Double Exponential smoothing method and Holt Winter's exponential smoothing method. After comparison by using Minitab program, the program presents the less forecasting value of each product by applying Mean absolute deviation (MAD), Mean square error (MSE) and Mean absolute percent error (MAPE) for further future forecast.

The result of this research shows that the Mean absolute percent error (MAPE) displays the appropriate sales forecasting result after analyzed by using Holt Winter's exponential smoothing method. Since the method can reduce the forecast deviation from 37.27% to 4.24%

**Keywords:** Reduce Sales Forecast Deviation, Exponential smoothing method, Winter's exponential smoothing method

## บทนำ

สำหรับกิจการที่มีโรงงานผลิตสินค้าเป็นของตนเอง เราจะพบว่าในแต่ละวันโรงงานจะได้รับคำสั่งผลิตทั้งสินค้าสั่งทำ (made to order) และสินค้าคงคลัง (made to stock) โดยที่ทางโรงงานจะต้องดำเนินการวางแผนการผลิต เพื่อให้สินค้าที่ผลิตออกมาทันต่อความต้องการ และมีคุณภาพตรงตามคำสั่งซื้อของลูกค้า โดยที่คำสั่งซื้อนั้น นับเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการต่าง ๆ ของทางโรงงาน ไม่ว่าจะเป็นการเตรียมกำลังการผลิต อาทิเช่น เครื่องจักร, แรงงาน, วัตถุดิบ ซึ่งหากโรงงานสามารถทราบล่วงหน้าว่าจะมีคำสั่งซื้อสินค้าชนิดใด ๆ เข้ามาในอนาคต ก็จะทำให้การวางแผนงานด้านกำลังการผลิต, สต็อกวัตถุดิบ รวมไปถึงสินค้าคงคลัง ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ซึ่งหากโรงงานวางแผนการสต็อกวัตถุดิบ รวมถึงผลิตสินค้าคงคลังน้อยเกินไป จะทำให้เกิดการขาดแคลนสินค้า ทำให้ไม่สามารถสนองความต้องการของลูกค้าได้ทัน ในทางตรงกันข้าม หากโรงงานสต็อกวัตถุดิบ รวมถึงสินค้าคงคลังมากเกินไป ก็จะทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้นโดยไม่จำเป็น ไม่ว่าจะเป็นค่าโกดังสินค้า, ค่าแรงเจ้าหน้าที่, ค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งการสต็อกวัตถุดิบ หรือสินค้าที่มากเกินไปอาจทำให้วัตถุดิบ หรือสินค้าหมดอายุก่อนการนำไปใช้หรือจำหน่ายได้อีกด้วย

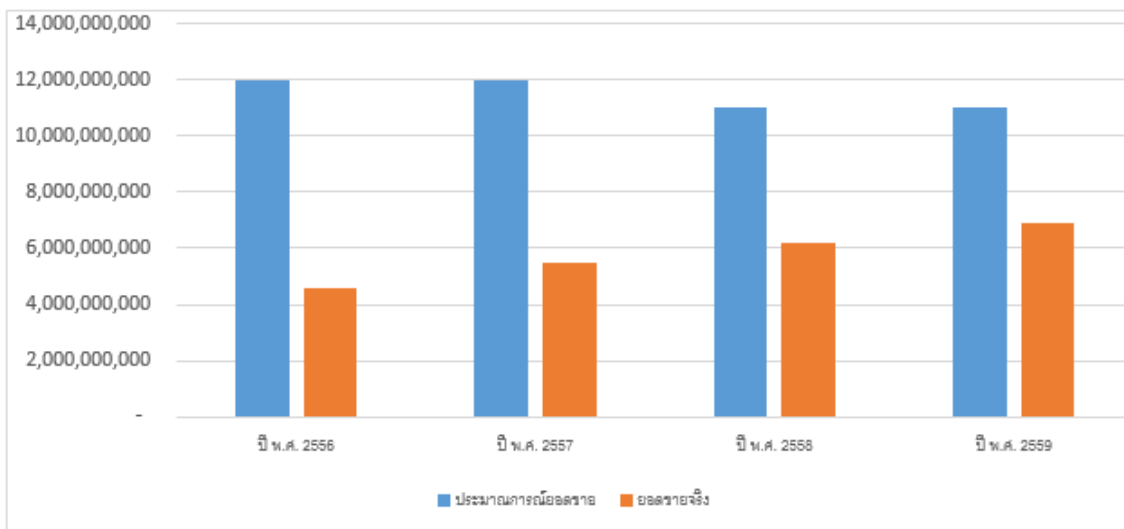
โดยที่บริษัทผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำมาศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นผู้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้ารายใหญ่แห่งหนึ่งของประเทศไทย ที่เคยมียอดขายใกล้เคียงกันในแต่ละปี เนื่องจากนโยบายการขายของผู้บริหารชุดเดิมไม่ได้มีการเปิดตลาดเพิ่มเติมแต่อย่างใด จนกระทั่งไม่กี่ปีมานี้ ผู้บริหารชุดใหม่ของบริษัทผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าดังกล่าว ได้เห็นถึงศักยภาพของโรงงาน ที่สามารถผลิตสินค้าได้อย่างมีคุณภาพ และมีราคาที่สามารถสู้ผู้ผลิตรายอื่นๆ ได้ จึงมีนโยบายให้ฝ่ายขายรุกเปิดตลาดในส่วนที่ยังไม่ได้มีการติดต่อซื้อขาย เพื่อเพิ่มยอดขายให้กับทางบริษัท หลังจากทำการเปิดตลาดเพิ่มเติมมาได้ 3 ปี ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558 ทางผู้บริหารกลับพบว่า ประสิทธิภาพการยอดขายที่ตั้งไว้ สูงกว่าความเป็นจริงมาก อาทิเช่น

ปี พ.ศ. 2556 ตั้งประมาณการยอดขายไว้ที่ 12,000 ล้านบาท แต่ยอดขายที่ได้จริง 4,600 ล้านบาท หรือตลาดเคลื่อนถึง 61.67%

ปี พ.ศ. 2557 ตั้งประมาณการยอดขายไว้ที่ 12,000 ล้านบาท แต่ยอดขายที่ได้จริง 5,500 ล้านบาท หรือตลาดเคลื่อนถึง 54.17%

ปี พ.ศ. 2558 ตั้งประมาณการยอดขายไว้ที่ 11,000 ล้านบาท แต่ยอดขายที่ได้จริง 6,200 ล้านบาท หรือตลาดเคลื่อนถึง 43.64%

ปี พ.ศ. 2559 ตั้งประมาณการยอดขายไว้ที่ 11,000 ล้านบาท แต่ยอดขายที่ได้จริง 6,900 ล้านบาท หรือตลาดเคลื่อนถึง 37.27%



รูปที่ 1: แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการยอดขาย และยอดขายที่เกิดขึ้นจริง ระหว่างปี พ.ศ. 2556 ถึง ปี พ.ศ. 2559 ของบริษัทผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า

### บททวนวรรณกรรม

ปาริชาติ วงศ์สุนทรรัตน์ (2555) ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์จำนวน 2 ชนิด ที่สร้างยอดขายให้แก่บริษัท กรณีศึกษา ได้ถึง 87% มาวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ระหว่างปี พ.ศ. 2550-2553 ด้วยวิธีวิธีการปรับเรียงทางสถิติ 8 วิธี และแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียม แบบส่งถ่ายข้อมูลย้อนกลับ ผลการศึกษาพบว่า การใช้ข้อมูลรายไตรมาส พยากรณ์ด้วยแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมแบบส่งถ่ายข้อมูลย้อนกลับ ให้ผลการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนในรูปแบบ Mean absolute error ของผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 1 เท่า 10,420 กล่อง และของผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 2 เท่ากับ 2,172 กล่อง ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการคาดการณ์ของสถานประกอบการ สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 1 เท่ากับ 61% สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 2 เท่ากับ 3%

อัญชลี ตามไวย์ (2557) ได้ศึกษาโดยนำเทคนิคการวิเคราะห์แบบ ABC มาจัดแบ่งสินค้าเป็นกลุ่ม และเลือกวิเคราะห์เฉพาะสินค้ากลุ่ม A ด้วยวิธีคำนวณโดยใช้ค่าสถิติของอุปสงค์แบบฤดูกาล, จำนวนโดยใช้ค่ากลางของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา และวิธีคำนวณโดยใช้ค่าอุปสงค์สูงสุดในอดีต การจำลองสถานการณ์โดยเทคนิคมอนติคาร์โลด้วยโปรแกรม เพื่อศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นใน 3 กรณี คือ ช่วงเวลาที่มีการขายปกติ, ช่วงเวลาที่มีการส่งเสริมการขาย 2 สัปดาห์ และช่วงเวลาที่มีการส่งเสริมการขาย 4 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า วิธีการที่ทำให้ได้ค่าระดับสินค้าคงคลังสำรองเหมาะสมที่สุด โดยไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการขาดส่งสินค้าในช่วงเวลาขายปกติ คือวิธีคำนวณโดยใช้ค่าสถิติของอุปสงค์แบบฤดูกาล ส่วนค่าที่เหมาะสมสำหรับช่วงเวลาที่มีการส่งเสริมการขาย 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ สามารถใช้ได้ทั้งวิธีคำนวณโดยใช้ค่าสถิติของอุปสงค์แบบฤดูกาล และจำนวนโดยใช้ค่ากลางของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา โดยสามารถลดจำนวนสินค้าคงคลังและลดต้นทุนการจัดเก็บสินค้าได้เฉลี่ย ร้อยละ 56 ต่อเดือน และเมื่อนำไปประยุกต์ใช้จริง 6 รายการ สามารถลดจำนวนสินค้าคงคลังและลดต้นทุนการจัดเก็บสินค้าได้เฉลี่ย ร้อยละ 53 ต่อเดือน

ปองภพ ศรีสวัสดิ์สกุล (2554) ได้ศึกษาการพยากรณ์ยอดขายด้วยเทคนิคอนุกรมเวลา 4 วิธี ได้แก่ วิธี นานาอีฟสำหรับข้อมูลอนุกรมแนวโน้มและฤดูกาล, วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลของวินเทอร์, วิธีแยก ส่วนประกอบอนุกรมเวลา และวิธีวิเคราะห์การถดถอย โดยนำเอายอดขายของปี 2549-2553 มาตรวจสอบ

ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติ พบว่า ข้อมูลมีแนวโน้มของปัจจัยและฤดูกาล ประกอบอยู่ จากนั้นทำการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี และวัดความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย, ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ผลการศึกษาพบว่าวิธีแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดกับอนุกรมเวลาชุดนี้ จากนั้นนำวิธีพยากรณ์ดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับยอดขายล่วงหน้า 12 เดือน เพื่อเปรียบเทียบกับยอดขายที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเดือนมกราคม-ธันวาคม 2554

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบยอดขายที่เกิดขึ้นจริงกับค่าที่ได้จากการพยากรณ์ และยอดขายที่ผู้บริหารประมาณการ
2. เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ยอดขายแบบอนุกรมเวลา เพื่อเป็นข้อมูลนำไปใช้ในการกำหนดเป้าหมายยอดขายที่ใกล้เคียงกับยอดขายจริงมากที่สุด

### วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาการพยากรณ์โดยวิธีแบ่งกลุ่มสินค้า ABC Analysis ของยอดขาย บริษัทผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า สำหรับสินค้าประเภท A
2. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย เพื่อหาตัวแบบ ได้แก่ยอดขายที่เก็บรวบรวมตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558
3. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย เพื่อเปรียบเทียบ ประกอบด้วยยอดขายสินค้าตั้งแต่ เดือน ม.ค. พ.ศ. 2558 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559
4. ค่าการวัดความถูกต้อง หรือค่าวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์ ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือค่าเฉลี่ยร้อยละของความผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE)

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผู้วิจัย ได้จัดสินค้าของบริษัทผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า ออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้แก่ กลุ่ม A, B และ C ตามลำดับ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel จนได้ผลสรุปออกมา 3 กลุ่ม คือ

กลุ่ม A ได้แก่ สินค้า01, สินค้า16, สินค้า05, สินค้า10 และสินค้า04 ตามลำดับ

กลุ่ม B ได้แก่ สินค้า06, สินค้า19, สินค้า13, สินค้า07, สินค้า14, สินค้า02 และสินค้า08 ตามลำดับ

กลุ่ม C ได้แก่สินค้า03, สินค้า11, สินค้า18, สินค้า09, สินค้า17, สินค้า12, สินค้า20 และสินค้า15

โดยแบ่งสินค้ากลุ่ม A ออกมาได้จำนวน 5 รายการ ได้แก่ สินค้า01, สินค้า16, สินค้า05, สินค้า10 และสินค้า04 ตามลำดับ ซึ่งเป็นกลุ่มสินค้าที่มีความสำคัญที่จะต้องดูแล และควบคุมอย่างใกล้ชิด ทั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์โดยอาศัยแนวคิดของ ABC Analysis ประกอบกับดุลพินิจ และประสบการณ์การขายสินค้า ทำให้ได้ผลการแบ่งกลุ่มสินค้าดังกล่าว ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556-2558 แสดงตามตารางดังต่อไปนี้



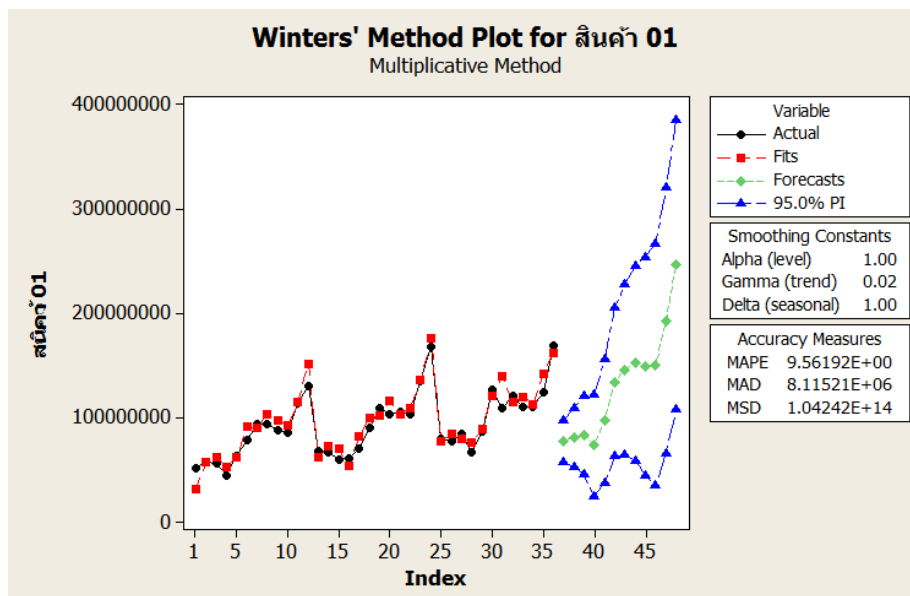
ตารางที่ 1: การแบ่งกลุ่มสินค้า ปี 2556-2558 โดยใช้เทคนิค ABC

ชนิดสินค้า	มูลค่าสินค้า ปี2556	มูลค่าสินค้า ปี2557	มูลค่าสินค้า ปี2558	มูลค่าสินค้า รวม 3 ปี	%ของ มูลค่าสินค้า	กลุ่ม	%สะสม
สินค้า 01	1,446,439,965	1,137,090,630	1,266,316,001	3,849,846,596	20.61	A	20.61
สินค้า 16	891,675,867	716,282,622	810,134,594	2,418,093,082	12.94	A	33.55
สินค้า 05	840,301,647	674,624,499	750,089,669	2,265,015,815	12.12	A	45.68
สินค้า 10	804,233,829	595,334,709	696,110,390	2,095,678,928	11.22	A	56.90
สินค้า 04	612,055,816	501,653,733	555,100,197	1,668,809,746	8.93	A	65.83
สินค้า 06	366,193,285	275,343,436	324,550,324	966,087,045	5.17	B	71.00
สินค้า 19	351,722,540	263,950,031	303,052,718	918,725,288	4.92	B	75.92
สินค้า 13	281,452,864	233,938,299	253,307,409	768,698,572	4.11	B	80.03
สินค้า 07	272,142,733	217,978,495	250,497,263	740,618,491	3.96	B	84.00
สินค้า 14	216,932,946	183,002,325	203,023,696	602,958,968	3.23	B	87.23
สินค้า 02	187,534,617	155,383,402	167,904,851	510,822,869	2.73	B	89.96
สินค้า 08	163,575,674	129,520,648	149,270,902	442,367,224	2.37	B	92.33
สินค้า 03	118,288,782	94,295,399	105,155,393	317,739,573	1.70	C	94.03
สินค้า 11	96,381,518	88,033,952	91,310,172	275,725,641	1.48	C	95.51
สินค้า 18	81,564,652	65,380,996	74,045,338	220,990,987	1.18	C	96.69
สินค้า 09	68,175,956	53,636,052	61,689,645	183,501,653	0.98	C	97.67
สินค้า 17	60,101,081	41,350,319	46,835,337	148,286,737	0.79	C	98.47
สินค้า 12	50,161,936	40,620,655	45,684,877	136,467,468	0.73	C	99.20
สินค้า 20	37,091,192	28,032,425	31,962,575	97,086,192	0.52	C	99.72
สินค้า 15	19,555,524	15,734,020	17,762,871	53,052,415	0.28	C	100.00
รวม	6,965,582,422	5,511,186,648	6,203,804,223	18,680,573,293	100	-	-

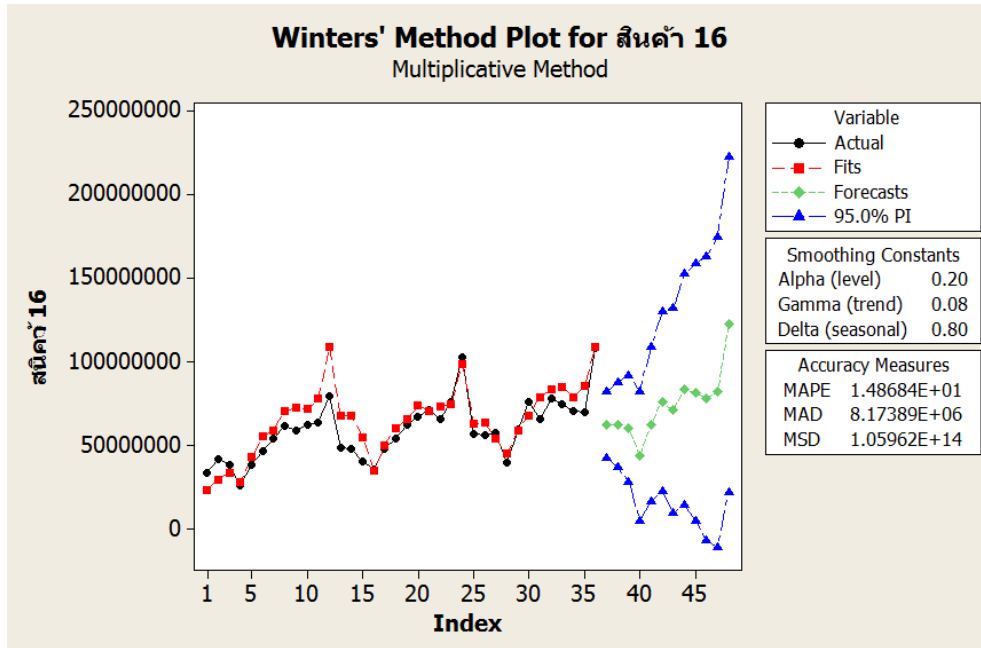
เมื่อได้รายการสินค้าในกลุ่ม A แล้ว ผู้วิจัย ได้นำสินค้าทั้ง 5 รายการดังกล่าว มาพยากรณ์ด้วยโปรแกรม Minitab ด้วยเทคนิคการพยากรณ์ 3 แบบ ได้แก่ เทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบง่าย, เทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลสองครั้ง และเทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์ เพื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง 3 วิธี ว่าวิธีใดจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด โดยพบว่าเทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนทั้ง MAPE, MAD และ MES ต่ำที่สุด สำหรับชุดข้อมูลที่นำมาใช้ศึกษาวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2: ผลการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์สินค้ากลุ่ม A

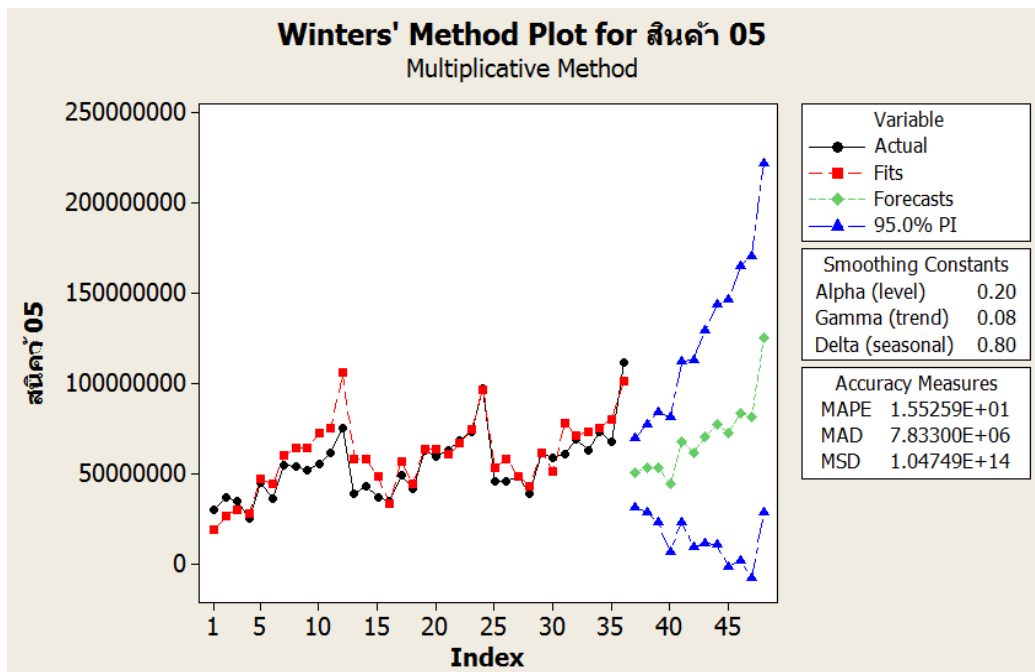
ชนิดสินค้า	เทคนิคการพยากรณ์	ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์		
		MAPE	MAD	MSE(E+9)
สินค้า 01	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบง่าย	18.62	17,111,500	601,127
	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลสองครั้ง	19.37	17,215,100	623,784
	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์	9.56	8,115,210	104,242
สินค้า 16	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบง่าย	19.03	10,866,900	201,450
	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลสองครั้ง	20.42	11,223,200	220,495
	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์	14.87	8,173,890	105,962
สินค้า 05	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบง่าย	20.22	10,997,600	222,602
	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลสองครั้ง	22.38	11,164,000	234,603
	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์	15.56	7,833,000	104,749
สินค้า 10	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบง่าย	18.68	8,738,700	142,638
	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลสองครั้ง	18.96	8,799,380	143,531
	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์	18.57	8,673,150	109,789
สินค้า 04	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบง่าย	21.73	9,226,640	123,330
	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลสองครั้ง	22.91	8,984,130	112,948
	การปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์	9.58	3,530,280	16,885



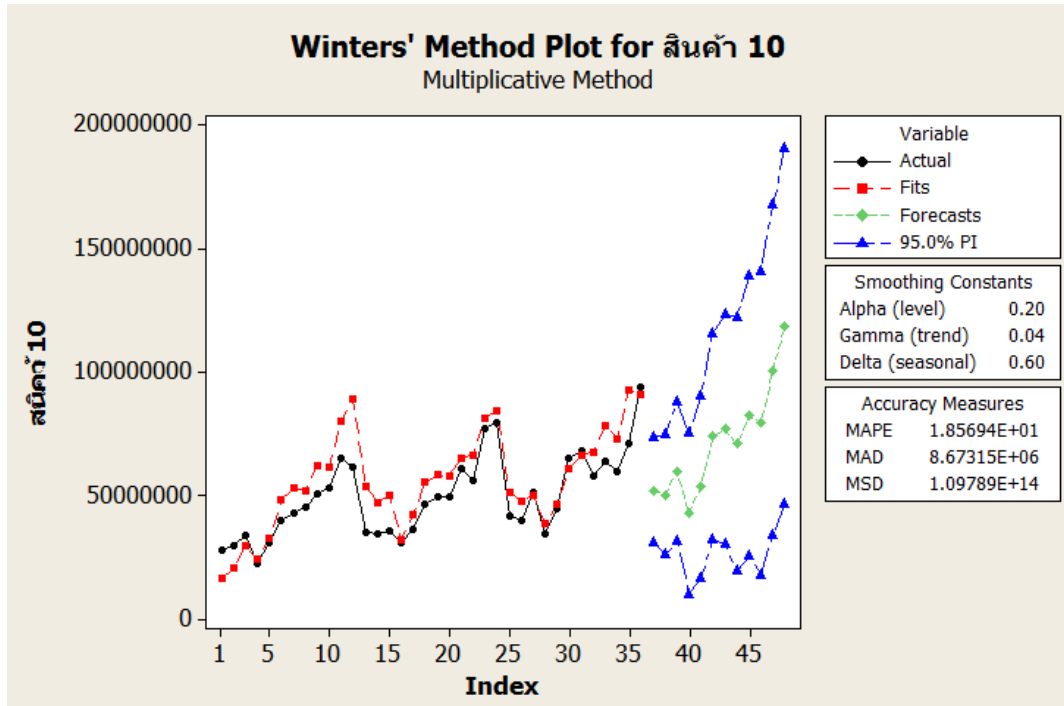
รูปที่ 2: ผลการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์ สินค้า 01 ปี 2556-2558



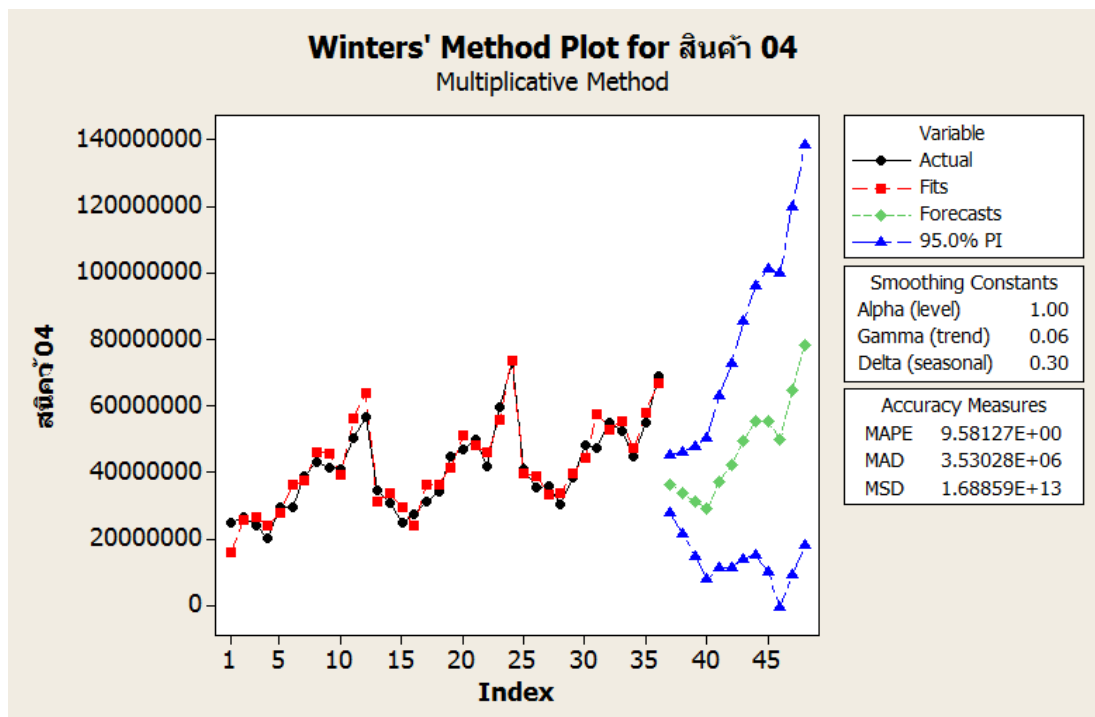
รูปที่ 3: ผลการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์ สินค้า 16 ปี 2556-2558



รูปที่ 4: ผลการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์ สินค้า 05 ปี 2556-2558



รูปที่ 5: ผลการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์ สินค้า 10 ปี 2556-2558



รูปที่ 6: ผลการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์ สินค้า 04 ปี 2556-2558

โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ กับยอดขายจริง สำหรับสินค้ากลุ่ม A ปี พ.ศ. 2559  
แต่ละรายการ แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3: การค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ยอดขายปี 59 ด้วยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์ สินค้า01

เดือน	สินค้า01			
	ยอดพยากรณ์	ยอดจริง	ผลต่าง(บาท)	ค่า error (%)
Jan	77,403,568	100,216,556	22,812,988	22.76
Feb	80,726,825	82,049,367	1,322,542	1.61
Mar	83,234,413	85,609,920	2,375,507	2.77
Apr	73,438,477	82,106,051	8,667,574	10.56
May	96,879,376	115,059,742	18,180,366	15.80
Jun	133,949,899	128,464,879	5,485,020	4.27
Jul	145,830,020	136,413,277	9,416,743	6.90
Aug	151,959,992	127,662,704	24,297,288	19.03
Sep	148,873,934	126,808,239	22,065,695	17.40
Oct	150,490,314	131,081,290	19,409,024	14.81
Nov	192,569,478	134,542,980	58,026,498	43.13
Dec	246,645,130	196,424,959	50,220,171	25.57
<b>Total</b>	<b>1,582,001,426</b>	<b>1,446,439,965</b>	<b>135,561,461</b>	<b>184.62</b>
			<b>MAPE</b>	<b>15.38</b>

ตารางที่ 4: การค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ยอดขายปี 59 ด้วยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์ สินค้า16

เดือน	สินค้า 16			
	ยอดพยากรณ์	ยอดจริง	ผลต่าง(บาท)	ผลต่าง (%)
Jan	61,911,220	63,517,536	1,606,316	2.53
Feb	80,726,825	59,827,663	20,899,162	34.93
Mar	59,943,738	57,797,560	2,146,178	3.71
Apr	43,280,368	48,481,668	5,201,300	10.73
May	62,420,241	67,466,849	5,046,608	7.48
Jun	76,081,309	76,310,334	229,025	0.30
Jul	70,724,167	81,323,300	10,599,133	13.03
Aug	83,129,647	82,825,071	304,576	0.37
Sep	81,509,780	79,016,189	2,493,591	3.16
Oct	77,908,305	83,474,652	5,566,347	6.67
Nov	81,694,448	75,521,767	6,172,681	8.17
Dec	122,146,572	116,113,276	6,033,296	5.20
<b>Total</b>	<b>901,476,620</b>	<b>891,675,867</b>	<b>9,800,753</b>	<b>96.28</b>
			<b>MAPE</b>	<b>8.02</b>

ตารางที่ 5: การค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ยอดขายปี 59 ด้วยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์ สินค้า05

เดือน	สินค้า05			
	ยอดพยากรณ์	ยอดจริง	ผลต่าง(บาท)	ผลต่าง (%)
Jan	51,022,163	56,460,032	5,437,869	9.63
Feb	83,234,413	46,580,109	36,654,304	78.69
Mar	53,969,222	49,540,766	4,428,456	8.94
Apr	44,626,475	48,481,668	3,855,193	7.95
May	68,130,963	63,282,858	4,848,105	7.66
Jun	61,799,415	59,840,478	1,958,937	3.27
Jul	70,942,420	78,699,968	7,757,548	9.86
Aug	77,399,923	74,106,643	3,293,280	4.44
Sep	73,211,896	72,643,916	567,980	0.78
Oct	83,624,206	87,387,527	3,763,321	4.31
Nov	81,855,280	73,617,857	8,237,423	11.19
Dec	125,801,157	129,659,825	3,858,668	2.98
<b>Total</b>	<b>875,617,533</b>	<b>840,301,647</b>	<b>35,315,886</b>	<b>149.70</b>
			<b>MAPE</b>	<b>12.48</b>

ตารางที่ 6: การค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ยอดขายปี 59 ด้วยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์ สินค้า10

เดือน	สินค้า10			
	ยอดพยากรณ์	ยอดจริง	ผลต่าง(บาท)	ผลต่าง (%)
Jan	52,460,503	42,345,024	10,115,479	23.89
Feb	50,612,854	47,007,450	3,605,404	7.67
Mar	60,050,388	52,148,174	7,902,214	15.15
Apr	42,964,346	42,616,950	347,396	0.82
May	53,927,902	51,776,884	2,151,018	4.15
Jun	74,353,053	66,428,420	7,924,633	11.93
Jul	77,389,899	91,816,629	14,426,730	15.71
Aug	71,216,871	61,651,745	9,565,126	15.51
Sep	82,594,511	73,918,371	8,676,140	11.74
Oct	79,642,728	71,736,029	7,906,699	11.02
Nov	101,126,852	83,772,044	17,354,808	20.72
Dec	118,837,566	119,016,108	178,542	0.15
<b>Total</b>	<b>865,177,473</b>	<b>804,233,829</b>	<b>90,154,189</b>	<b>138.46</b>
			<b>MAPE</b>	<b>11.54</b>

ตารางที่ 7: การค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ยอดขายปี 59 ด้วยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์ สินค้า04

เดือน	สินค้า04			
	ยอดพยากรณ์	ยอดจริง	ผลต่าง(บาท)	ค่า MAPE
Jan	36,670,405	46,109,026	9,438,621	20.47
Feb	33,980,133	38,033,300	4,053,167	10.66
Mar	31,475,361	36,503,722	5,028,361	13.77
Apr	29,105,940	37,534,195	8,428,255	22.45
May	37,251,214	33,471,925	3,779,289	11.29
Jun	42,336,215	48,860,574	6,524,359	13.35
Jul	49,827,166	59,024,976	9,197,810	15.58
Aug	55,676,028	58,538,020	2,861,992	4.89
Sep	55,753,966	60,536,597	4,782,631	7.90
Oct	49,867,376	53,475,949	3,608,573	6.75
Nov	64,695,411	59,655,850	5,039,561	8.45
Dec	78,495,856	80,311,683	1,815,827	2.26
<b>Total</b>	<b>565,135,071</b>	<b>612,055,816</b>	<b>64,558,445</b>	<b>138</b>
			<b>MAPE</b>	<b>11.49</b>

หลังจากนำยอดขายที่ได้จากการพยากรณ์โดยเทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์ของสินค้ากลุ่ม A ทั้ง 5 รายการ มาเปรียบเทียบกับยอดขายที่เกิดขึ้นจริง ของสินค้ากลุ่ม A ในปี พ.ศ. 2559 จะได้ค่าความคลาดเคลื่อน MAPE อยู่ที่ 5.98% โดยยอดขายที่ได้จากการพยากรณ์ อยู่ที่ 4,789,408,123 บาท ในขณะที่ยอดขายจริงอยู่ที่ 4,594,707,123 บาท แตกต่างกันเป็นจำนวน 194,700,999 บาท หรือประมาณ 4.24% ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 8: การเปรียบเทียบยอดขายจริง กับยอดขายที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบวินเทอร์ สินค้า A ปี 2559

ชนิดสินค้า	ยอดขายจริง	การพยากรณ์ด้วยวิธีวินเทอร์	ผลต่าง (บาท)	ค่า error (%)
สินค้า 01	1,446,439,965.21	1,582,001,426.00	135,561,460.79	9.37
สินค้า 16	891,675,866.77	901,476,620.00	9,800,753.23	1.10
สินค้า 05	840,301,646.55	875,617,533.00	35,315,886.45	4.20
สินค้า 10	804,233,829.05	865,177,473.00	60,943,643.95	7.58
สินค้า 04	612,055,816.14	565,135,071.00	46,920,745.14	7.67
<b>รวม</b>	<b>4,594,707,123.73</b>	<b>4,789,408,123.00</b>	<b>194,700,999.27</b>	<b>29.92</b>
			<b>MAPE</b>	<b>5.98</b>

## สรุป

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเทคนิค ABC analysis มาวิเคราะห์สินค้ากลุ่ม A ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญ และเป็นยอดขายหลักของบริษัท หลังจากนั้นได้นำสินค้ากลุ่ม A มาทำการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ เทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย, เทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลสองครั้ง และเทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบวินเทอร์ หลังการทดลองพบว่า การพยากรณ์ด้วยเทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบวินเทอร์ ให้ค่าเฉลี่ยร้อยละของความผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) ต่ำที่สุด จึงสรุปได้ว่าชุดของข้อมูลที่ใช้การศึกษา มีแนวโน้มแบบฤดูกาล และเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้ได้แก่ เทคนิคการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบวินเทอร์

จากเดิมที่บริษัทผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า ประมาณการยอดขายโดยไม่ได้นำเทคนิคการพยากรณ์เข้ามาพิจารณาด้วย ทำให้มีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง อาทิเช่นในปี 2559 มียอดประมาณการยอดขายอยู่ที่ 11,000 ล้านบาท ในขณะที่ยอดขายจริงมีเพียง 6,900 ล้านบาท คลาดเคลื่อนไปถึง 37.27% แต่เมื่อทดลองนำเทคนิคการพยากรณ์มาใช้วิเคราะห์ร่วมด้วย สำหรับการพยากรณ์ยอดขาย ปี 2559 พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนลดลงเหลือเพียง 4.24% เท่านั้น

## ข้อเสนอแนะ

จะเห็นได้ว่า การพยากรณ์โดยสอบถามข้อมูลจากผู้เกี่ยวข้อง, การอาศัยประสบการณ์ หรือดุลยพินิจของผู้ตัดสินใจอาจทำให้เกิดความผิดพลาดคลาดเคลื่อนได้สูง ซึ่งหากมีเครื่องมืออย่างเช่นเทคนิคการพยากรณ์ด้วยวิธีต่าง ๆ เข้ามาร่วมด้วย ก็จะทำให้การพยากรณ์ออกมาใกล้เคียงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในอนาคตมากยิ่งขึ้น ลดความผิดพลาดในการตัดสินใจเรื่องต่างๆ ของหน่วยงาน อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และลดต้นทุนในการบริหารงานโดยรวมอีกด้วย

โดยที่การพยากรณ์มีด้วยกันหลายวิธี ดังนั้นการจะเลือกเทคนิคใดๆ มาใช้กับสิ่งที่ต้องการพยากรณ์ ควรต้องศึกษาถึงชนิดของข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อเลือกเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสม และให้ผลความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ผู้พยากรณ์จึงควรมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะพยากรณ์ รวมถึงทราบข้อจำกัดและสิ่งที่ควรคำนึงถึงเกี่ยวกับข้อมูลนั้นๆ ก่อนทำการพยากรณ์ รวมถึงควรติดตามผลลัพธ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะ หรือพฤติกรรมของสิ่งที่พยากรณ์ได้ดียิ่งขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- กฤษณี รื่นรัมย์. (2545). *การพยากรณ์การขาย*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- จินตณัย ไพรสนธ์. (2556). *การจัดการการผลิตและการปฏิบัติการ*. นนทบุรี: กรีนแอปเปิ้ล กราฟฟิค
- ทรงศิริ แต่สมบัติ. (2549). *เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ*. กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์
- นิภา นิรุตติกุล. (2553). *การพยากรณ์การขาย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ปองภพ ศรีสวัสดิ์สกุล. (2554). *การพยากรณ์ยอดขายของธุรกิจค้าส่งเสื้อผ้าสำเร็จรูปนำเข้าขนาดเล็ก*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ปาริชาติ วงศ์สุนพรัตน์. (2555). *การพยากรณ์ยอดขายและการวางแผนความต้องการวัตถุดิบ กรณีศึกษาผู้ประกอบการยาแผนโบราณตรางามระหง*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- อัญชลี ตามไวย์. (2557). *การหาระดับสินค้าคงคลังสำรองที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล กรณีศึกษาสินค้าอุปโภคบริโภค*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



- Cliff T. Ragsdale. (2004). *Spreadsheet Modeling & Decision Analysis* (fourth edition). Mason, Ohio: South-Western
- James A. Tompkins and Jerry D. Smith. (1998). *The Warehouse Management Handbook* (second edition). Raleigh, North Carolina: Tompkins press

## การออกแบบและสร้างจักรยานปั่นไฟร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ Design and Build of Solar Energy Bike for Electric Generator

ศรายุทธ์ จิตรพัฒนานกุล<sup>1\*</sup>, กฤษณะ จันทสิทธิ์<sup>2</sup>, คมสัน มุ่ยสี<sup>3</sup>, นิกอร์ พงทอง<sup>4</sup>  
Sarayut Chitphutthanakul<sup>1\*</sup>, Kritsana Chantasit<sup>2</sup>, Komsan Muisee<sup>3</sup>, Nikorn Pongthong<sup>4</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี  
<sup>1</sup>Department of Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University  
<sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี  
<sup>2</sup>Department of Logistics Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University  
<sup>3</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี  
<sup>3</sup>Department of Mechatronics Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University  
<sup>4</sup>โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด เลขที่ 130 ม.1 ต.เกาะกูด อ.เกาะกูด จ.ตราด  
<sup>4</sup>Anubankohkood school, 130 M.1 T.kohkood A.kohkood Trat Province  
\*Corresponding author, E-mail: sarayut134@gmail.com

### บทคัดย่อ

ในการทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างจักรยานปั่นไฟร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเอง สำหรับเก็บกระแสไฟฟ้าไว้ใช้ระบายความชื้นในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการออกแบบติดตั้งชุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Dc Motor) ขนาด 350 วัตต์ จำนวน 4 ตัว บนจักรยาน 3 ล้อ จำนวน 2 คัน ชุดระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell) ขนาด 300 วัตต์ จำนวน 2 แผง ชาร์จประจุไฟฟ้าลงแบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ 150 แอมแปร์ พบว่า การปั่นจักรยานพร้อมกันจำนวน 2 คัน ด้วยความเร็ว 15-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะได้กระแสไฟฟ้าเป็นจำนวน 13 แอมแปร์ ใช้เวลาเก็บประจุไฟฟ้าประมาณ 9.30 ชั่วโมง เมื่อนำแผงโซลาร์เซลล์รับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะได้กระแสไฟฟ้าเป็นจำนวน 14 แอมแปร์ ใช้เวลาเก็บประจุไฟฟ้าประมาณ 11 ชั่วโมง และเมื่อทำการปั่นจักรยานพร้อมกับรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะได้กระแสไฟฟ้าเป็นจำนวน 27 แอมแปร์ ใช้เวลาเก็บประจุไฟฟ้าประมาณ 6 ชั่วโมง ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานขนาดของโหลดขนาด 58 วัตต์ จำนวน 8 ชั่วโมงต่อวัน การปั่นจักรยานยังช่วยให้สุขภาพร่างกายของผู้ที่ปั่นแข็งแรง และยังได้พลังงานไฟฟ้าไว้ใช้เอง

**คำสำคัญ:** จักรยาน พลังงานแสงอาทิตย์ กระแสไฟฟ้า การพึ่งพาตนเอง

### ABSTRACT

This research aims to design and build of solar energy bike for electric generator by self reliance, for electricity used to drain moisture in a solar drying plant. The design, installation of the DC motor (350 watts x 4 panel of DC motor) of bike 3 wheels 2 cars was installed, solar systems 600 watt (300 watts x 2 panel of solar cell) has kept electrical current into the 24 volt, 150 amperes battery. The production of electricity cycling along the two cars with a steady 15-20 Kilometers per hour generates electricity of 13 amperes by an average of 9.3 hours, when solar cells from solar energy to electricity is 14 amperes by an average of 11 hours and electricity from solar energy bike for electric generator electricity of

27 amperes by an average 6 hours. The sufficient to operate a small load of 58 watts for 8 hours a day. The cyclists have health benefit and this system could generate electricity for household usage.

**Keywords:** Bike, Solar Energy, Electric Current, Self-Reliance

## บทนำ

โรงเรียนอนุบาลเกาะกูดตั้งอยู่ในพื้นที่เป็นเกาะมีทะเลล้อมรอบ ประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพการประมง ทำสวนยาง และธุรกิจท่องเที่ยว ซึ่งจะเห็นได้จากการจับกุ้ง หอย ปู ปลา จากทะเลมาจำนวนมากมาเพื่อมาจำหน่ายและบริโภคส่วนที่เป็นปลาตัวเล็ก ๆ หรือกุ้งตัวเล็ก ๆ จึงมีการเสนอการแปรรูปอาหารให้อยู่ได้นานขึ้น ที่เรียกว่า “การถนอมอาหาร” ด้วยการทำให้แห้ง ซึ่งทางโรงเรียนอนุบาลเกาะกูดได้เล็งเห็นถึงความสำคัญได้จัดทำโครงการปลาอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยขั้นตอนในการทำแห้งยังขาดกระแสไฟฟ้าที่ไปป้อนให้กับพัดลมดูดความชื้นภายในโรงอบฯ ออกสู่ด้านนอก ซึ่งมีพัดลมไฟฟ้าขนาด 20 วัตต์ จำนวน 2 ตัว หลอดฟลูออโรหลอด 18 วัตต์ จำนวน 1 หลอด เพื่อให้มีแสงสว่างในเวลากลางวัน

จากการที่ผู้วิจัยได้ร่วมปรึกษากับทางโรงเรียนอนุบาลเกาะกูด พบว่า มีความต้องการที่จะพัฒนาจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเอง โดยจะนำกระแสไฟฟ้างดกล่าวเก็บไว้ใช้สำหรับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้สามารถหมุนพัดลมระบายความชื้นออกสู่ภายนอกของโรงอบฯ เนื่องจากปริมาณกระแสไฟฟ้ามีไม่เพียงพอต่อความต้องการของชุมชนที่อยู่อาศัยภายในเกาะ โดยเฉพาะในเวลากลางวันที่มีความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าสูง ทำให้บางวันมีกระแสไฟฟ้าตก อีกทั้งยังเป็นการสร้างกิจกรรมให้นักเรียนสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยตนเองจากการปั่นจักรยาน ควบคู่กับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งหากช่วงใดที่มีแสงอาทิตย์ก็นำกระแสไฟฟ้าไปเก็บประจุไว้ในแบตเตอรี่ และถ้าหากมีนักเรียนเข้าไปปั่นจักรยานเพื่อไปหมุนให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ก็จะสามารถนำกระแสไฟฟ้าไปประจุที่แบตเตอรี่อีกเช่นกัน โดยการออกแบบพัฒนาอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถนำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ภายในโรงเรียน

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเองภายในโรงเรียนอนุบาลเกาะกูด

## วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการออกแบบและสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเองในพื้นที่โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด จังหวัดตราด โดยวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

### ส่วนที่ 1 ศึกษาคุณลักษณะอุปกรณ์ในการจัดสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้า

ข้อมูลและอุปกรณ์ในการจัดสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเอง โดยลักษณะของจักรยานที่นำมาจัดสร้างเป็นจักรยานชนิด 3 ล้อ รายละเอียดดังรูปที่ 1 ขนาดล้อหน้า 24 นิ้ว ขนาดล้อหลัง 20 นิ้ว ขนาดจักรยานมีความกว้าง 64 เซนติเมตร ยาว 180 เซนติเมตร และสูง 80 เซนติเมตร ตัวถังแข็งแรงทำด้วยเหล็ก (1) แฮนด์จักรยานมีปลอกพลาสติกกันลื่น (2) ชุดเบรคห้ามล้อควบคุมล้อด้านหน้า และด้านหลัง (3) ชุดกระดิ่งสำหรับกำเนิดเสียงเตือน (4) ภาชนะสำหรับใส่ของด้านหน้า (5) เบาะนั่งสามารถปรับขึ้น-ลงได้ (6) ชุดเฟืองขับปั่นด้วยเท้ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17 เซนติเมตร เพื่อส่งกำลังขับเคลื่อนไปยังเฟืองด้านหลังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างเฟืองขับ 52

เซนติเมตร (7) ล้อหลังด้านซ้ายมีชุดห้ามล้อควบคุมผ่านเส้นลวดมาจากทางแฮนด์ด้านหน้าของจักรยาน (8) และภาชนะรองรับสิ่งของด้านหลัง (9) เป็นจักรยานที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่ไม่ชำนาญการทรงตัวทำให้สะดวกต่อการใช้งาน



รูปที่ 1: จักรยานปั่นด้วยเท้าชนิด 3 ล้อ

ชุดแทนสำหรับยึดจักรยานที่นำมาใช้สำหรับยึดจักรยานทำด้วยโลหะชนิดกลมชุบซิงค์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว นำมาทำเป็นฐานยึดโครงสร้างด้านล่างของจักรยาน ตัวขายึดชุดจักรยานใช้โลหะชนิดกลมชุบซิงค์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว นำมาเป็นอุปกรณ์ในการตั้งจักรยานให้ลอยบนชุดโครงสร้างจักรยาน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Dc Motor) ติดตั้งอยู่ที่ศูนย์กลางของล้อหรือดุมล้อบริเวณล้อหลังของจักรยาน มีขนาดตั้งแต่ 24-48 โวลต์ และสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ค่อนข้างสูงคือตั้งแต่ 5-10 แอมแปร์ ข้อดีสามารถนำมาประยุกต์เพื่อใช้ปั่นไฟหรือเป็นมอเตอร์ในเครื่องเดียวกัน โดยนำล้อจักรยานที่ยังไม่ได้ขึ้นซี่ลวดไปทำการเปลี่ยนดุมล้อโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อจักรยานที่ต้องการ เพื่อให้ได้ขนาดของดุมล้อที่เหมาะสมต่อการใช้งาน หลังจากนั้นต่อสายไฟเข้ากับวงจรไฟฟ้าให้สามารถควบคุมหรือวัดค่าปริมาณแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยทำเป็นจักรยานปั่นไฟได้ (นิรนาม, 2550) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2: ชุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Dc Motor)

ชุดระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell) แผงโซลาร์เซลล์ที่นำมาใช้มีขนาดความกว้าง 99.20 เซนติเมตร ยาว 195 เซนติเมตร และสูง 4.5 เซนติเมตร ขนาดกำลังวัตต์สูงสุดที่ผลิตได้ 300 วัตต์ ยี่ห้อ AP รุ่น STPV-72 Cells สำหรับติดตั้งด้านบนของอาคารเก็บจักรยานเพื่อใช้ในการรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand Alone System) หรือระบบออฟกริด (Off Grid) เป็นระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์โดยที่ไม่ต้องเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าจากฝ่ายจำหน่าย ข้อดีของระบบคือไม่ยุ่งเกี่ยวกับระบบของการไฟฟ้า ทำให้เมื่อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าดับ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระยังคงมีไฟฟ้าใช้งานได้ ข้อเสียของระบบดังกล่าวคือต้องใช้แบตเตอรี่เพื่อสำรองพลังงานในการใช้งานตอนกลางคืน (นครินทร์ รินพล, 2559: 25)

ชุดควบคุมการชาร์จประจุ (Control Charge) เครื่องควบคุมการชาร์จประจุมีแรงดัน 12-24 โวลต์ ขนาด 30 แอมแปร์ รุ่น LD2430 ชนิด PWM (Pulse Width Modulation) จำนวนอินพุตจากแผงโซลาร์เซลล์ 1 อินพุต เอาท์พุตสำหรับต่อไปยังแบตเตอรี่ 1 เอาท์พุต และโหลดใช้งานทั่วไป 1 เอาท์พุต โดยหลักการการทำงานของเครื่องควบคุมการชาร์จประจุคือ เครื่องควบคุมการชาร์จจะต่อระหว่างแผงโซลาร์เซลล์กับแบตเตอรี่และโหลด โดยจะกำหนดค่าแรงดันไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่ให้เหมาะสม ถ้าหากอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ เครื่องควบคุมการชาร์จประจุจะทำการปลดโหลดออกจากระบบทันที (Load Disconnect) เพื่อป้องกันการคลายประจุของแบตเตอรี่ที่มากเกินไปและอาจทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็วขึ้น โดยขนาดของเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า ควรมีขนาดเกินกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ (นครินทร์ รินพล, 2559: 78)

ชุดอินเวอร์เตอร์ (Inverter) สำหรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) เป็นกระแสไฟฟ้าสลับ (AC) มีค่าแรงดันที่ 220 โวลต์ การทำงานของอินเวอร์เตอร์ คือ การรับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเข้าสู่เครื่องอินเวอร์เตอร์ที่มาจากแบตเตอรี่ แล้วส่งผ่านวงจรไฟฟ้าภายในเครื่องอินเวอร์เตอร์ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันให้สลับกันไปมาระหว่างความต่างศักย์ที่เป็นบวกและลบจนได้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่เป็นไฟกระแสสลับ โดยมีจำนวนครั้งที่สลับไปมาเท่ากับ 50-60 ครั้งต่อวินาที (ความถี่ 50-60 เฮิร์ตซ์) โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผลิตและใช้กันอยู่ในประเทศไทยโดยทั่วไปจะมีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ที่ 220-230 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ โดยเป็นอินเวอร์เตอร์แบบ Pure Sine Wave รุ่น XSP-2000 (24 V) เนื่องจากสามารถสร้างคลื่นสัญญาณทางไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับไฟ AC ที่ใช้ตามบ้าน ทำให้สามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทุกชนิด (นครินทร์ รินพล, 2559: 73)

ชุดแบตเตอรี่ (Battery) ขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้มีขนาด 75 แอมแปร์ 12 โวลต์ ยี่ห้อ Shimastsu รุ่น NP75-12 แบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle เป็นแบตเตอรี่ที่มีความสามารถในการปล่อยค่าประจุไฟฟ้าได้มากถึงร้อยละ 60-80 ของประจุไฟฟ้ารวมทั้งหมด และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าประมาณ 8-10 ปี ในขณะที่แบตเตอรี่รถยนต์ทั่วไปนั้นจะมีความสามารถในการปล่อยค่าประจุไฟฟ้าได้เพียงร้อยละ 10-20 ของประจุไฟฟ้ารวมทั้งหมดและมีอายุการใช้งานที่สั้นกว่าคือ 1-2 ปีเท่านั้น ซึ่งสามารถเก็บประจุไว้ได้มากและสามารถจ่ายไฟได้อย่างต่อเนื่อง โดยการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมจะเป็นการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับโหลด ส่วนการต่อแบตเตอรี่แบบขนานจะเป็นการเพิ่มกระแสไฟฟ้า อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มค่าความจุของแบตเตอรี่ (Ah) เพื่อจ่ายให้กับโหลด โดยค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจะมีค่าเท่ากันทั้งวงจร (นครินทร์ รินพล, 2559: 10)

## ส่วนที่ 2 ศึกษาออกแบบชุดโครงสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ และออกแบบชุดควบคุมระบบผลิตกระแสไฟฟ้า

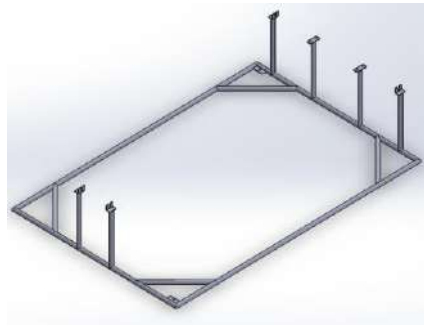
2.1 สืบค้นพื้นที่การสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ของโรงเรียน เพื่อเตรียมพื้นที่ในการติดตั้ง อุปกรณ์ บริเวณพื้นที่สำหรับจัดสร้างโรงเก็บจักรยานปั่นไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์นั้นอยู่บริเวณด้านหลังโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 3 ซึ่งได้ดำเนินการจัดสร้างไว้เมื่อปี พ.ศ. 2556 ชื่อโครงการอบปลาแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 3: พื้นที่จัดสร้างอาคารเก็บจักรยาน

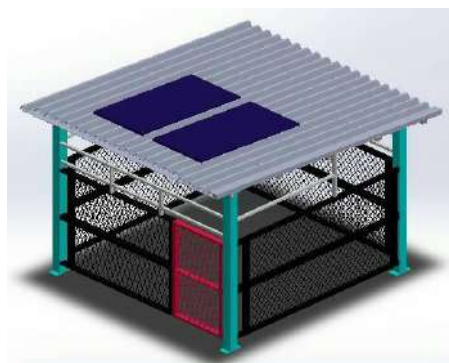
โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาดความกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร และสูง 2.3 เมตร มีพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ใช้ขนาดแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ขนาดกำลังวัตต์รวม 40 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่นำพาความชื้นที่อยู่ภายในโรงอบฯ ออกมายังบริเวณภายนอก

2.2 ออกแบบชุดโครงสร้างจักรยานปั่นจำนวน 2 คัน ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ โดยชุดโครงสร้างของจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้าส่วนล่างของจักรยานขนาดความกว้าง 110 เซนติเมตร ความยาว 113 เซนติเมตร และความสูง 30 เซนติเมตร เชื่อมระหว่างความกว้างและความยาวของฐานด้วยเหล็กกลมชุบซิงค์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับตัวโครงสร้าง ดังรูปที่ 4 ยึดโครงสร้างจักรยานด้วยพุกลงกับพื้นปูนซีเมนต์ เชื่อมติดกับมุมของโครงสร้างทั้ง 4 มุม เพื่อไม่ให้เกิดการขยับตัวขณะปั่นจักรยาน โครงสร้างสำหรับวางชุดจักรยานใช้โลหะชนิดกลมมาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว สูง 30 เซนติเมตร เป็นอุปกรณ์ในการตั้งจักรยานให้ลอยบนชุดโครงสร้างจักรยานจำนวน 6 จุด โดยมีขารับด้านหน้าล้อจักรยานจำนวน 2 จุด ขาดังสำหรับยึดแกนปั่นจักรยานด้านหลังจำนวน 4 จุด รััดโครงสร้างจักรยานให้แน่นกับขาตั้งด้วยโลหะครึ่งวงกลม



รูปที่ 4: โครงสร้างสำหรับวางจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้า

ส่วนโครงสร้างสำหรับรองรับแผงโซล่าเซลล์ ด้วยการวางบนหลังคาอาคารเก็บจักรยานปั่นไฟฟ้า ลักษณะหลังคาเมทัลชีต เพื่อรองรับแผงโซล่าเซลล์จำนวน 2 แผง ยึดด้วยอุปกรณ์สำหรับจับยึดแผงโซล่าเซลล์ เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ เชื่อมต่อสายไฟฟ้าที่ออกมากจากแผงโซล่าเซลล์มายังกล่องควบคุมภายในอาคาร ดังรูปที่ 5 กำหนดทิศทางการสร้างอาคารเก็บจักรยานให้ขนานกับโรงอบแห้ง โดยให้ระยะห่างระหว่างอาคารขนาด 3 เมตร และมีพื้นที่อาคารขนาดความกว้าง 3 เมตร ขนาดความยาว 3 เมตร และเทพื้นบริเวณโดยรอบขนาดความกว้าง 4 เมตร และขนาดความยาว 4 เมตร เพื่อให้สามารถมีทางเดินโดยรอบขนาด 0.5 เมตร



รูปที่ 5: โครงสร้างหลังคาเมทัลชีตสำหรับวางแผงโซล่าเซลล์

2.3 ออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากการปั่นจักรยานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ การออกแบบระบบควบคุมการชาร์จประจุ แผงโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ และระบบแปลงแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงอบฯ ตลอดวันเฉลี่ย 8 ชั่วโมง โดยใช้กับพัดลมขนาด 20 วัตต์จำนวน 2 ตัว สำหรับนำอากาศออกสู่ภายนอก หลอดไฟเพื่อแสงสว่างขนาด 18 วัตต์ จำนวน 1 หลอด เพื่อการออกแบบระบบไว้ประมาณร้อยละ 10-25 โดยเริ่มจากสูตรคำนวณ (นครินทร์ รินพล, 2559: 70-91)

กำลังไฟฟ้า (Power)

$$P = V \times I$$

เมื่อ  $P$  = กำลังไฟฟ้า วัตต์ (W)

$V$  = แรงดันไฟฟ้า โวลต์ (V)

$I$  = กระแสไฟฟ้า แอมแปร์ (A)

พลังงานไฟฟ้า (Energy)

$$W = P \times T$$

เมื่อ  $W$  = พลังงานไฟฟ้า วัตต์-ชั่วโมง (Wh)

$P$  = กำลังไฟฟ้า วัตต์ (W)

$T$  = เวลาที่ใช้ไฟฟ้า ชั่วโมง (h)

เมื่อทราบกำลังงานไฟฟ้าและพลังงานที่ต้องการต่อวันแล้วทำการคำนวณหารายละเอียดอุปกรณ์ดังนี้

#### 2.3.1 การคำนวณหาขนาดของอินเวอร์เตอร์

$$P_{inv} \geq 3 \times P_{ac}$$

เมื่อ  $P_{inv}$  = กำลังไฟฟ้าสูงสุดของอินเวอร์เตอร์ วัตต์ (W)

$P_{ac}$  = กำลังไฟฟ้ารวมของอุปกรณ์ด้านไฟฟ้ากระแสสลับ วัตต์ (W)

#### 2.3.2 การคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่

$$\text{Battery Capacity} = \frac{(W_s \times \text{Day of autonomy})}{(V_{\text{system}} \times \text{DOD})}$$

เมื่อ Battery Capacity = ค่าความจุของแบตเตอรี่ แอมแปร์-ชั่วโมง (Ah)

Day of autonomy = จำนวนวันที่ต้องการให้โหลดทางไฟฟ้ายังคงทำงานได้หากยังไม่มีการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ สำหรับพื้นที่ทั่วไปมีค่า 2-3 วัน อากาศมืดและมีฝน 5 วัน

$V_{\text{system}}$  = ระดับแรงดันของระบบ โวลต์ (V)

DOD = ค่าระดับความลึกการคายประจุ ร้อยละ (%)

$W_s$  = พลังงานไฟฟ้ารวมของระบบที่ใช้งานต่อ 1 วัน วัตต์-ชั่วโมง (Wh)

#### 2.3.3 การคำนวณหาขนาดของการควบคุมการเก็บประจุ (Control Charge) และจำนวนแผงโซลาร์เซลล์

##### 2.3.3.1 กระแสไฟฟ้าที่ต้องการจากแผงโซลาร์เซลล์

$$I_{pv} = \frac{(W_s \times Oz)}{(V_{\text{system}} \times \text{PSH} \times f_{\text{dirt}} \times f_{\text{tolerance}})}$$

เมื่อ  $I_{pv}$  = กระแสไฟฟ้าที่ต้องการจากแผงโซลาร์เซลล์ แอมแปร์ (A)

$W_s$  = พลังงานไฟฟ้ารวมของระบบใช้งานต่อ 1 วัน วัตต์-ชั่วโมง (Wh)

$Oz$  = Over Size Factor หรือค่าที่เผื่อร้อยละ 10-30 สำหรับการออกแบบ

$f_{\text{dirt}}$  = ค่าประสิทธิภาพเมื่อมีสิ่งสกปรกเกาะ ร้อยละ (%)

$f_{\text{tolerance}}$  = ค่าความคลาดเคลื่อนของผู้ผลิตเป็นค่าร้อยละ  $\pm$  (%)

PSH = Peak Sun Hours เวลาการมีแสงที่ 1,000 W/m<sup>2</sup> ชั่วโมง (hr)

2.3.3.2 จำนวนแผงโซลาร์เซลล์หรือสตริงที่ต่อขนานได้สูงสุด

$$N_{\text{smax\_per\_parallel}} = \frac{(I_{\text{pv}})}{(I_{\text{mp\_pv}})}$$

เมื่อ  $N_{\text{smax\_per\_parallel}}$  = จำนวนสตริงที่ขนานกันสูงสุด สตริง (String)

$I_{\text{pv}}$  = กระแสไฟฟ้าที่ต้องการจากแผงโซลาร์เซลล์ แอมแปร์ (A)

$I_{\text{mp\_pv}}$  = กระแสสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ แอมแปร์ (A)

2.3.3.3 จำนวนแผงโซลาร์เซลล์หรือโมดูลที่ต่ออนุกรมได้สูงสุด

$$N_{\text{max\_per\_string}} = \frac{(V_{\text{system}})}{(V_{\text{mp\_pv}})}$$

เมื่อ  $N_{\text{max\_per\_string}}$  = จำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่ต่ออนุกรมได้สูงสุด (โมดูล)

$V_{\text{system}}$  = ระดับแรงดันสูงสุดด้านขาเข้าของเครื่องชาร์จ โวลต์ (V)

$V_{\text{mp\_pv}}$  = แรงดันสูงสุดแผงโซลาร์เซลล์ โวลต์ (V)

2.3.3.4 จำนวนแผงโซลาร์เซลล์ทั้งหมดที่ต่อชาร์จเจอร์

$$N_{\text{Pv\_max}} = N_{\text{smax\_per\_parallel}} \times N_{\text{max\_per\_string}}$$

เมื่อ  $N_{\text{Pv\_max}}$  = จำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่ต่ออินพุตของชาร์จเจอร์ (โมดูล)

$N_{\text{smax\_per\_parallel}}$  = จำนวนสตริงที่ขนานกันสูงสุด สตริง (String)

$N_{\text{max\_per\_string}}$  = จำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่ต่ออนุกรมได้สูงสุด (โมดูล)

2.3.3.5 ขนาดของกระแสไฟฟ้าของชาร์จเจอร์ที่ต้องการ

$$I_{\text{charger}} \geq 1.25 \times N_{\text{smax\_per\_parallel}} \times I_{\text{sc\_pv}}$$

เมื่อ  $I_{\text{charger}}$  = กระแสไฟฟ้าของชาร์จเจอร์ที่ต้องการ แอมแปร์ (A)

$N_{\text{smax\_per\_parallel}}$  = จำนวนสตริงที่ขนานกันสูงสุด สตริง (String)

$I_{\text{sc\_pv}}$  = กระแสลัดวงจรของแผงโซลาร์เซลล์ แอมแปร์ (A)

2.3.4 การคำนวณแรงบิด กำลังและประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (เกียร์ตึ๊กกี้,

2556)

แรงบิด (Torque)	$T = F \times R$	(N.M.)
งานที่ได้จากแรงใน 1 รอบการหมุน	= แรง x ระยะทาง	
	= $F \times 2\pi r$	(Jule)
กำลังที่เกิดขึ้น ( $P_o$ )	= $F \times 2\pi r \times N/60$	(Jule/s)
	= $(F \times r) (2\pi N/60)$	(Jule/s)
เมื่อความเร็วเชิงมุม	$V = 2\pi N/60$	(Rad/s)
ดังนั้นกำลังที่เกิดขึ้น ( $P_o$ )	= $T \times V$	(Jule/s, W)
กำลังไฟฟ้า (P)	= $V \times I$	(W)
ประสิทธิภาพ (h)	= $(P_o/P_i) \times 100$	
เมื่อ $P_o$	= กำลังด้าน Output	
$P_i$	= กำลังด้าน Input	



## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 1. ผลการศึกษาคุณลักษณะอุปกรณ์ในการจัดสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแบบพึ่งพาตนเอง

#### 1.1 ผลการศึกษาจักรยานที่ใช้สำหรับโครงการวิจัย

จากการศึกษาจักรยานที่ใช้สำหรับโครงการวิจัย พบว่า โครงสร้างจักรยานมีล้อจำนวน 3 ล้อ เมื่อขับเคลื่อนล้อหน้ามีหน้าที่เลี้ยวไปยังเป้าหมายที่ผู้ขับขี่ต้องการ ส่วนล้อหลังจะมีหน้าที่รับกำลังจากผู้ขับขี่ที่ปั่นด้วยเฟืองขับปั่นด้วยเท้าไปยังเฟืองขับล้อด้านหลังที่อยู่กึ่งกลางของจักรยานทำให้เกิดการเคลื่อนที่ ขนาดความเร็วในการปั่นใช้งานที่เหมาะสม 15-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (กฤษณะ จันทสิทธิ์ และคณะ, 2558: 35) เนื่องจากเป็นช่วงความเร็วที่สมดุลในการใช้งาน เมื่อต้องการหยุดรถให้ทำการชะลอความเร็วหรือทำการเบรคด้วยคันเบรคของตัวจักรยานและเมื่อมีสิ่งกีดขวางให้ทำการใช้กระดิ่งเพื่อส่งสัญญาณเสียงเตือน

#### 1.2 ผลการศึกษาออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

จากการศึกษาระบบออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่า ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stan Alone System) หรือระบบ Off Grid เป็นระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์โดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าจากการไฟฟ้า โดนการออกแบบควรรออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้งาน โดยเก็บข้อมูลเก็บข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อวันที่ 8 ชั่วโมง อุปกรณ์ประกอบด้วยพัดลมขนาด 20 วัตต์ จำนวน 2 ตัว และหลอดไฟเพื่อแสงสว่างขนาด 18 วัตต์ จำนวน 1 หลอด จัดทำตารางคำนวณหากำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานต่อวันในระบบ Off Grid ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ปริมาณกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานต่อวันในระบบ Off Grid

ลำดับที่	เครื่องใช้ไฟฟ้า	จำนวน (Q'ty)	ชั่วโมงใช้งาน (hr)	กำลังไฟฟ้า (P)	กำลังไฟฟ้ารวม (W)	พลังงานไฟฟ้าที่ ต้องการ (Wh)
1	พัดลมดูดอากาศ	2	8	20	40	320
2	หลอดไฟนีออน	1	8	18	18	144
<b>รวม</b>					<b>58</b>	<b>464</b>

จากตารางที่ 1 สามารถวิเคราะห์การใช้กำลังไฟฟ้ารวมของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้เท่ากับ 58 วัตต์ และพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการทั้งหมดต่อวันมีค่าเท่ากับ 464 วัตต์-ชั่วโมง ระดับแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมของระบบ Off Grid คือ แรงดัน 24 โวลต์ เนื่องจากเป็นระดับที่ทำให้กระแสในการชาร์จแบตเตอรี่ต่ำ ส่งผลให้ขนาดของสายไฟมีขนาดเล็กลง และความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งในส่วนระดับแรงดันดังกล่าว นำมาใช้กับระบบแรงดันของจักรยานและระดับแรงดันของพลังงานจากแสงอาทิตย์ ทำให้มีระดับแรงดันของระบบเป็นขนาด 24 โวลต์

#### 1.2.1 ผลการศึกษาชุดอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

จากการศึกษาชุดอินเวอร์เตอร์ พบว่า ขนาดอินเวอร์เตอร์ควรมีขนาดขั้นต่ำ 3 เท่าของกำลังไฟฟ้ารวม (58 วัตต์) ของความต้องการของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีขนาดความต้องการขั้นต่ำมีขนาด 174 วัตต์ หรือ 200 วัตต์ ขนาด 24 โวลต์ เมื่อการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ขนาดอินเวอร์เตอร์จึงเท่ากับ 2,000 วัตต์ และควรเป็นอินเวอร์เตอร์แบบ Pure Sine Wave เนื่องจากสามารถสร้างคลื่นสัญญาณทางไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับไฟ AC ที่ใช้ตามบ้าน ทำให้สามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทุกชนิด

### 1.2.2 ผลการศึกษาหาขนาดของแบตเตอรี่ (Battery)

จากการศึกษาขนาดของแบตเตอรี่ พบว่า แบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานควรเป็นแบตเตอรี่แบบ Deep Cycle เนื่องจากสามารถเก็บประจุไว้ได้นาน สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง มีขนาดของแผ่นตะกั่วที่หนากว่าและรอบการชาร์จที่มากกว่า โดยขนาดของแบตเตอรี่มีขนาดค่าความจุรวมของระบบเป็น 72.5 แอมแปร์ ต่อพลังงานไฟฟ้ารวมของระบบที่ต้องการต่อหนึ่งวัน โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 75 แอมแปร์ เมื่อคำนวณแบตเตอรี่ที่นำมาต่ออนุกรมกันจะได้จำนวนเท่ากับ 2 ลูก เมื่อนำมาคำนวณแบตเตอรี่ที่นำมาต่อขนานกันจะได้จำนวนเท่ากับ 1 ลูก เมื่อนำมาหาจำนวนรวมของแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบทั้งหมดจะได้จำนวนแบตเตอรี่ขั้นต่ำเท่ากับจำนวน 2 ลูก และเมื่อทำการเผื่อระบบจะได้แบตเตอรี่ที่นำมาต่ออนุกรมกันจำนวนเท่ากับ 2 ลูก และจำนวนแบตเตอรี่ที่นำมาต่อขนานกันจะได้จำนวนเท่ากับ 2 ลูก รวมจำนวนแบตเตอรี่จำนวน 4 ลูก ขนาดแรงดัน 24 โวลต์ 150 แอมแปร์

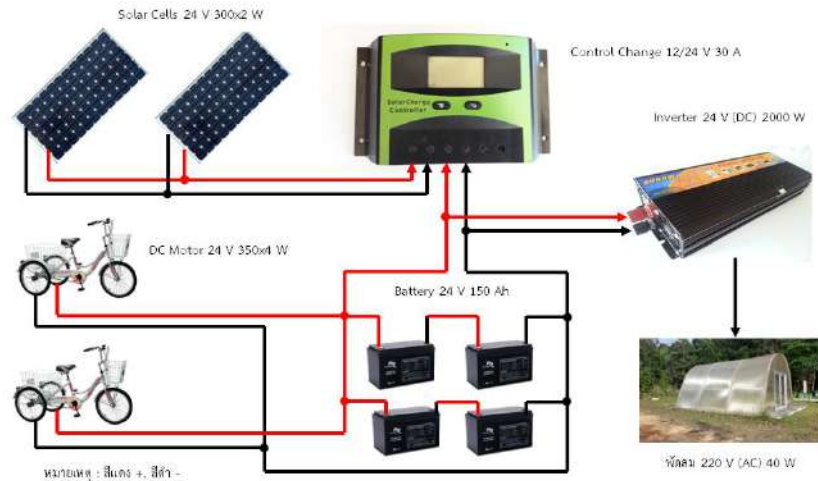
### 1.2.3 ผลการศึกษาชุดควบคุมการชาร์จประจุ และจำนวนแผงโซลาร์เซลล์

จากการศึกษาขนาดของชุดควบคุมการชาร์จประจุ พบว่า หน้าที่ของเครื่องควบคุมการชาร์จประจุจะทำการแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์เพื่อนำไปควบคุมการชาร์จ ซึ่งจะควบคุมป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่ชาร์จไฟมากเกินไป โดยเลือกใช้แบบ PWM (Pulse Width Modulation) โดยมีขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ต้องการจากแผงโซลาร์เซลล์เพื่อต่อเข้ากับชาร์จเจอร์เท่ากับ 5.20 แอมแปร์ จำนวนแผงโซลาร์เซลล์หรือสตริงที่ต่อขนานได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ 1 สตริง จำนวนแผงโซลาร์เซลล์หรือโมดูลที่ต่ออนุกรมได้สูงสุด 1 โมดูล จะทำให้ได้จำนวนแผงโซลาร์เซลล์ทั้งหมดที่ต่อชาร์จเจอร์เท่ากับขนาด 300 วัตต์จำนวน 1 โมดูล และขนาดของกระแสไฟฟ้าของชาร์จเจอร์ที่ต้องการขั้นต่ำมีค่าเท่ากับ 11.25 แอมแปร์ และเมื่อทำการเผื่อระบบจะใช้แผงโซลาร์เซลล์ 300 วัตต์ จำนวน 2 แผง ต่อเข้ากับชุดควบคุมการชาร์จประจุ 30 แอมแปร์

### 1.3 ผลการศึกษาออกแบบชุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Dc Motor)

จากการศึกษามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง พบว่า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เมื่อนำมาใช้งานจะติดตั้งอยู่ที่ศูนย์กลางของล้อหรือดุมล้อบริเวณล้อหลังของจักรยาน ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการทำงานโดยเป็นได้ทั้งมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะเดียวกัน มีขนาดตั้งแต่ 24-48 โวลต์ และสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ค่อนข้างสูงคือตั้งแต่ 5-10 แอมแปร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดเป็นจำนวน 350 วัตต์ และเนื่องจากการใช้งานจริงมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะไม่สามารถผลิตกำลังงานได้สูงสุดทำให้ต้องเผื่อจำนวนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไว้ที่จำนวน 2 ตัว ต่อจักรยาน 1 คัน ซึ่งจะได้กำลังไฟฟ้ารวมเท่ากับ 195 วัตต์ ด้วยแรงดัน 15 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 13 แอมแปร์ และเมื่อจักรยานทำงานพร้อมกันด้วยมอเตอร์ 4 ตัว จะมีแรงดัน 30 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 13 แอมแปร์ ความเร็วในการปั่นใช้งานที่เหมาะสม 15-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ต่อจักรยาน 1 คัน เมื่อคำนวณจักรยาน 2 คันจะได้กำลังไฟฟ้ารวมเท่ากับ 390 วัตต์

จากผลการวิเคราะห์หารายละเอียดคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่นำมาต่อเข้ากับระบบผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการของโรงอบแห้ง พบว่า คุณลักษณะของอุปกรณ์ประกอบด้วย แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 300 วัตต์ จำนวน 2 โมดูล ชุดควบคุมการชาร์จประจุ (Control Charge) แบบ PWM ขนาด 30 แอมแปร์ (เพื่อการใช้งานร่วมกันของระบบพลังงานแสงอาทิตย์กับการปั่นจักรยาน) ชุดอินเวอร์เตอร์แบบ Pure Sine Wave ขนาด 2,000 วัตต์ แบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานควรเป็นแบตเตอรี่แบบ Deep Cycle ขนาด 24 โวลต์ 150 แอมแปร์ จำนวน 4 ลูก มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจำนวน 4 ลูก ขนาดลูกเกด 350 วัตต์ นำอุปกรณ์ทั้งหมดมาเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า (Drawing Diagram) รูปที่ 6 ตามรายละเอียดและคุณลักษณะของอุปกรณ์ จึงนำไปสร้างใช้งานจริง ณ โรงเรียนอนุบาลเกาะกูดต่อไป



รูปที่ 6: ชุดควบคุมกระแสไฟฟ้าจากการปั่นจักรยานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

## 2. ผลการออกแบบชุดโครงสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์และการออกแบบชุดควบคุมระบบผลิตกระแสไฟฟ้า

### 2.1 ผลการจัดสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการจัดสร้างจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า นำโครงสร้างในส่วนฐานวางจักรยานที่ได้ทำการออกแบบและจัดสร้างไว้มาทำการวางเพื่อรองรับจักรยานปั่นแบบ 3 ล้อ ขนาดล้อหน้า 24 นิ้ว และล้อหลังขนาด 20 นิ้ว ซึ่งมีขนาดความกว้างของโครงสร้าง 110 เซนติเมตร ความยาว 113 เซนติเมตร ดังรูปที่ 7 เชื่อมให้เหล็กด้วยลวดเชื่อม ทาสีกันสนิม และปกปิดรอยเชื่อมด้วยสีบรอนเงินชนิดกันน้ำ



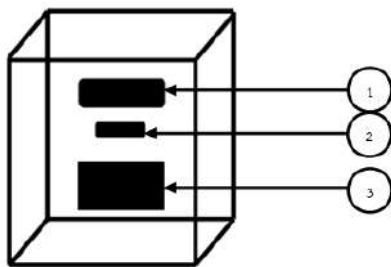
รูปที่ 7: โครงสร้างจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้า

### 2.2 ผลการจัดสร้างอาคารจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการติดตั้งโครงสร้างแผงโซลาร์เซลล์เพื่อรับพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า โครงสร้างอาคารจักรยานมีขนาดพื้นที่ด้านหลังคาขนาดความกว้าง 4 เมตร และขนาดความยาว 4 เมตร พื้นที่สำหรับวางแผงโซลาร์เซลล์รวมต้องการพื้นที่ขนาดความกว้าง 200 เซนติเมตร ยาว 195 เซนติเมตร และสูง 4.5 เซนติเมตร วางด้วยอุปกรณ์สำหรับจับยึดแผงโซลาร์เซลล์เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ขณะใช้งาน อีกทั้งการจัดวางให้เป็นไปตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์โดยวางในลักษณะกึ่งกลางระหว่างแนวทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด สามารถรับความเข้มของแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน

### 2.3 ผลการออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากการปั่นจักรยานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการศึกษาและออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากการปั่นจักรยานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ตู้ควบคุมที่นำมาใช้เก็บอุปกรณ์เป็นกล่องกันน้ำมีขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 43 เซนติเมตร และลึก 15 เซนติเมตร ดังรูปที่ 8 ภายในกล่องออกแบบสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ด้วยกัน 3 แฉก ประกอบด้วย แฉกที่ 1 (1) ทำการติดตั้งชุด Monitor สำหรับแสดงผลเกี่ยวกับค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์มิเตอร์) ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมมิเตอร์) ที่ได้จากการปั่นจักรยานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ แฉกที่ 2 (2) ติดตั้งชุด Monitor เพื่อแสดงผลระบบร้อยละแบตเตอรี่ และแฉกที่ 3 (3) ติดตั้งชุด Outlet ปลั๊กไฟฟ้าตัวเมีย (ตัวรับ) เพื่อต่อใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างที่ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์



รูปที่ 8: ชุดควบคุมกระแสไฟฟ้าจากการปั่นจักรยานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

เมื่อนำอุปกรณ์ทั้งหมดมาทำการจัดสร้างจักรยานปั่นกระแสไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ แล้วนำไปติดตั้งยังบริเวณด้านหลังของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้งานในทางทฤษฎีของแบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ 150 แอมแปร์ ด้วยการคายประจุของแบตเตอรี่ร้อยละ 30 จะสามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำมาต่อได้ขณะมีความต้องการขั้นต่ำที่ 58 วัตต์ ได้เฉลี่ยที่ 14 ชั่วโมง การเก็บกระแสไฟฟ้าจนกระทั่งแบตเตอรี่เต็มด้วยการปั่นจักรยานพร้อมกันจำนวน 2 คัน ด้วยความเร็ว 15-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะได้กระแสไฟฟ้าเป็นจำนวน 13 แอมแปร์ ใช้เวลาเก็บประจุไฟฟ้าประมาณ 9.30 ชั่วโมง เมื่อนำแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 300 วัตต์ จำนวน 2 แผง รับพลังงานจากแสงอาทิตย์เฉลี่ย 5 ชั่วโมงต่อวัน ได้กระแสไฟฟ้าจำนวน 14 แอมแปร์ ใช้เวลาเก็บประจุไฟฟ้าประมาณ 11 ชั่วโมง และเมื่อทำการปั่นจักรยานพร้อมกับรับพลังงานจากแสงอาทิตย์พร้อมกันจะได้กระแสไฟฟ้าเป็นจำนวน 27 แอมแปร์ ใช้เวลาเก็บประจุไฟฟ้าประมาณ 6 ชั่วโมง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประวิช บุญเจริญ และเอกชัย นามวงศ์ (2555) ศึกษาเกี่ยวกับการจัดสร้างจักรยานออกกำลังกายผลิตไฟฟ้าและเป็นการศึกษาการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟจ่ายออกขนาด 12 โวลต์ เนื่องจากมีอุปกรณ์ที่สามารถกำเนิดไฟฟ้าจากแรงปั่นได้ จึงนำหลักการดังกล่าวมาจัดสร้างอุปกรณ์ที่สามารถคืนพลังงานให้แก่แบตเตอรี่จากการปั่นด้วยเท้า จากผลของการทดสอบรถจักรยานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นได้ปริมาณไฟที่จ่ายออกคือขนาด 12 โวลต์ และนำไปใช้งานได้จริง

#### สรุป

โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของโรงเรียนอนุบาลเกาะกูดมีความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าขนาดแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ขนาด 20 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่นำพาความชื้นที่อยู่ภายในโรงอบฯ ออกมายังบริเวณภายนอก และหลอดไฟนีออนจำนวน 1 หลอด ขนาด 18 วัตต์ เมื่อนำชุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Dc Motor) ขนาดกำลังวัตต์ 350 วัตต์ จำนวน 4 ตัว ติดตั้งที่ล้อหลังของจักรยาน ชุดระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell) ขนาด 300 วัตต์ จำนวน 2 แผง เครื่องควบคุมการชาร์จประจุที่ใช้มีขนาด 30 แอมแปร์ ชุดอินเวอร์เตอร์ที่ใช้เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) เป็นกระแสไฟฟ้าสลับ (AC) ขนาด 2,000 วัตต์ และ

ขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้มีขนาดรวม 150 แอมแปร์ 24 โวลต์ จำนวน 4 ลูก เป็นแบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle ทำการวิเคราะห์ห้ออกแบบอุปกรณ์ให้สามารถใช้งานได้ทั้งวันประมาณ 8 ชั่วโมง ด้วยแบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ 150 แอมแปร์ จะสามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาด 58 วัตต์ ได้เฉลี่ยที่ 14 ชั่วโมง การเก็บกระแสไฟฟ้าจนกระทั่งแบตเตอรี่เต็มด้วยการปั่นจักรยานพร้อมกันจำนวน 2 คัน ด้วยความเร็ว 15-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้เวลาเก็บประจุไฟฟ้าประมาณ 9.30 ชั่วโมง เมื่อนำแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 300 วัตต์ จำนวน 2 แผง รับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะใช้เวลาเก็บประจุไฟฟ้าประมาณ 11 ชั่วโมง และเมื่อทำการปั่นจักรยานพร้อมกับรับพลังงานจากแสงอาทิตย์พร้อมกันจะใช้เวลาเก็บประจุไฟฟ้าประมาณ 6 ชั่วโมง

### ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาติดตั้งระบบกราวด์สำหรับป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจรขณะใช้งาน
2. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบการใช้แหล่งกำเนิดพลังงานทดแทนในรูปแบบอื่น ๆ
3. ควรมีการศึกษาออกแบบให้อุปกรณ์สามารถรองรับสำหรับการขยายระบบ

### เอกสารอ้างอิง

- กฤษณะ จันทสิทธิ์ และคมสัน มุ่ยสี. (2558). *การพัฒนาจักรยานปั่นน้ำพร้อมผลิตกระแสไฟฟ้า แบบพึ่งพาตนเองเพื่อลดต้นทุนการผลิตภาคเกษตรกรรม*. รายงานการวิจัยวิจัย คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- เกียรติศักดิ์ เพชรมี. (2556). *การคำนวณแรงบิด กำลังและประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง*. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2559. จากเว็บไซต์ : <http://9arduino.blogspot.com/2013/07/blog-post.html>.
- ประวิช บุญเจริญ และเอกชัย นามวงศ์. (2555). *จักรยานออกกำลังกายผลิตไฟฟ้า*. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 มกราคม 2559, จากเว็บไซต์ : <http://www.physics.cmru.ac.th>.
- นิรนาม. (2550). *เรียนรู้สร้างจักรยานไฟฟ้า*. สืบค้นเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ 2559, จากเว็บไซต์ : <http://www.ebikethaikit.com/>.
- นครินทร์ รินผล. (2559). *คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์เบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : จรัสสนิทวงศ์ การพิมพ์.

## การเปรียบเทียบการลงทุนสร้างคลังสินค้าอาหารแช่เย็นกับการใช้ผู้ให้บริการบริษัทในเครือ The Comparative of Investment in Building In-House Chilled Foods Warehouse with Using Affiliate Service Providers

อุทัยพร หลังแก้ว<sup>1\*</sup>, ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์<sup>2</sup>  
Ulaiporn Lungkaew<sup>1\*</sup>, Natapat Areerakulkan<sup>2</sup>

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

<sup>1,2</sup>Department of Engineering Management, Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University

\*Corresponding author, E-mail: L.ulaiporn@gmail.com

### บทคัดย่อ

เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษากำลังเผชิญกับปัญหาสินค้าที่ต้องจัดเก็บมีปริมาณมากต่อวันในขณะที่พื้นที่จัดเก็บสินค้าที่มีเนื้อที่จำกัดและไม่เพียงพอ จึงจำเป็นที่จะต้องนำสินค้าส่วนที่ไม่สามารถจัดเก็บได้ไปฝากเก็บกับบริษัทผู้ให้บริการในเครือ ส่งผลให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งและการใช้บริการรวมเป็นจำนวนเงินที่สูง ด้วยเหตุนี้เองผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบการลงทุนสร้างคลังสินค้าอาหารแช่เย็นเองกับการใช้ผู้ให้บริการบริษัทในเครือ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลต้นทุนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ต้นทุนการใช้บริการฝากสินค้าจัดเก็บในคลังผู้ให้บริการในเครือกับการสร้างคลังสินค้าอาหารแช่เย็นเอง และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความคุ้มค่าทางการเงินสำหรับการลงทุน โดยใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) การวิเคราะห์เชิงเทคนิคและอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) จุดคุ้มทุนและการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ตลอดจนอายุโครงการ 30 ปี

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบเมื่อครบอายุของโครงการพบว่า ทางเลือกแรก (การใช้ผู้ให้บริการบริษัทในเครือ) มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 428.51 ล้านบาท ในขณะที่ ทางเลือกที่สอง (การสร้างคลังสินค้าอาหารแช่เย็นเอง) มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 530.35 ล้านบาท นอกจากนี้ทางเลือกที่สองมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 2 ปี 7 เดือน และมีอัตราผลตอบแทนในการลงทุน (IRR) เท่ากับ 87.06% ที่ Discount rate เท่ากับ 8% ดังนั้นการสร้างคลังสินค้าอาหารแช่เย็นเองมีความเป็นไปได้ทางการเงินในการลงทุนมากกว่าการใช้ผู้ให้บริการบริษัทในเครือในการฝากสินค้าจัดเก็บ เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่ามากกว่าอีกทางเลือก นอกจากนี้อัตราผลตอบแทนในการลงทุนของโครงการมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยที่กำหนดไว้เท่ากับร้อยละ 8 ดังนั้นโครงการนี้จึงมีความน่าสนใจในการลงทุน

### ABSTRACT

Due to the fact that the case study company is facing with high quantity of storage items while the storage area is limited and not adequate. The company has to storage the over quantity items by using affiliate service providers that come with high transportation and service charge costs. Therefore, this research aims to conduct a comparative study of investment in building in-house chilled foods warehouse versus using affiliate service providers. By collecting all related costs, the financial analysis is conducted by using Net Present Value (NPV), technical analysis, internal rate of return (IRR), breakeven point, and

sensitivity analysis throughout project life of 30 years.

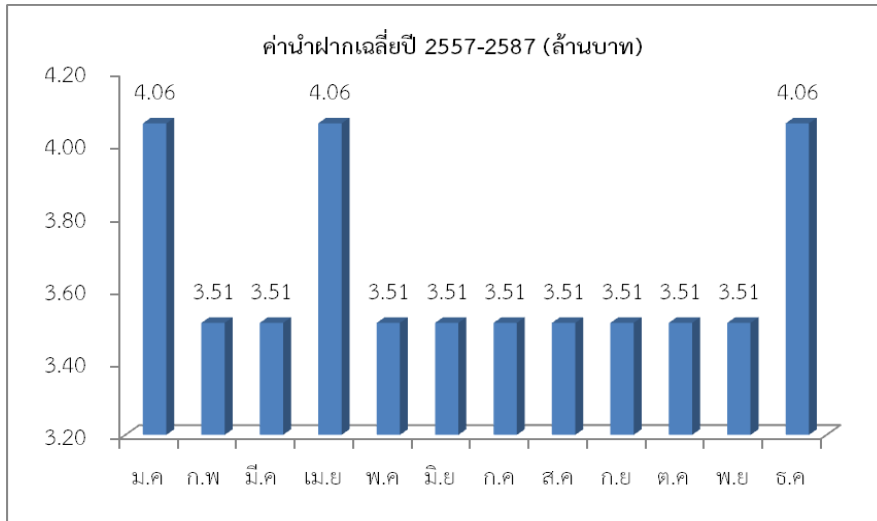
Obtained from analysis, the first alternative's (using affiliate service providers) NPV is 428.51 million Baht. Whereas, the second alternative's (Build in-house chilled foods warehouse) NPV is 530.58, breakeven point is 2 years and 7 months, and IRR is 87.06% at discount rate of 8%. Therefore, the investment in building in-house chilled foods warehouse project is financially feasible because it has more NPV than another alternative and it has IRR more than 8%.

**Keyword:** Chilled Foods Warehouse, Financial Analysis, Net Present Value

## บทนำ

จากสภาวะการณ์ในปัจจุบันสภาพการแข่งขันทางเศรษฐกิจการค้าในประเทศได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากการเปิดเสรีภาพทางการค้าและการรวมกลุ่มทางเศรษฐกิจในภูมิภาคต่างๆ ทำให้อุตสาหกรรมที่หลากหลายเข้ามาลงทุนในประเทศไทยมากขึ้น โดยอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ก็จะมีการค้าในรูปแบบการขนส่งเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งการขนส่งนี้มีรูปแบบที่หลากหลาย เช่น การขนส่งทางบก การขนส่งทางน้ำ การขนส่งทางอากาศ และการขนส่งทางท่อ โดยที่รูปแบบที่มีการขนส่งที่มีสัดส่วนสูงที่สุดและเป็นรูปแบบการขนส่งหลักที่หล่อเลี้ยงสังคมและชุมชนมาโดยตลอด คือ การขนส่งทางถนน การขนส่งทางถนน เป็นยานพาหนะในการเคลื่อนย้ายสินค้า ข้อดีที่สำคัญที่สุดของการขนส่งทางถนน ได้แก่ คุณลักษณะที่เรียกว่าบริการถึงที่หรือ Door-to-door Service หรือการนำสินค้าไปส่งได้ถึงบ้าน ทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคได้รับความสะดวกสบายมากกว่ารูปแบบการขนส่งอื่นๆ ในปัจจุบันประเทศไทยมีโครงข่ายถนนค่อนข้างดีมากทั้งในเขตเมืองและนอกเมืองการขนส่งสินค้าทางถนนสามารถเข้าถึงได้ทั่วทุกอำเภอของประเทศไทย

การขนส่งสินค้าทางถนนโดยรถบรรทุกนั้น ผู้ผลิตสินค้าขนาดใหญ่ที่มีปริมาณการขนส่งมาก นิยมว่าจ้างบริษัทผู้ประกอบการขนส่งสินค้าแทนการขนส่งสินค้าด้วยตัวเองเพื่อเป็นการลดขั้นตอนลดต้นทุน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้ดีกว่าการดำเนินงานเอง นอกจากนั้นการขนส่งด้วยรถบรรทุกยังสามารถแบ่งตามลักษณะการปฏิบัติการได้เป็น 2 ประเภทคือการขนส่งแบบเต็มคัน และการขนส่งแบบไม่เต็มคัน ซึ่งปัญหาดังกล่าวข้างต้นนั้น ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมผลิตสินค้าแช่เย็นเป็นอย่างมาก ดังนั้นผู้ผลิตจึงต้องพยายามลดต้นทุนในการขนส่ง เพื่อเพิ่มสัดส่วนของกำไร และการที่ผู้ประกอบการหลายรายได้ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการขนส่งให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมทั้งพัฒนารูปแบบและคุณภาพในการขนส่งสินค้าให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการขนส่งและยกระดับสินค้าให้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งภายในประเทศและต่างประเทศได้ นั้นหมายถึงความอยู่รอดทางธุรกิจ จากสภาวะที่กล่าวมาข้างต้น โรงงานที่เป็นกรณีศึกษาที่ได้รับผลกระทบมากเช่นกันดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1: ค่านำฝากสินค้าแช่เย็นเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2557-2587

การศึกษาเปรียบเทียบการสร้างคลังสินค้าอาหารแช่เย็นกับการใช้ผู้ให้บริการบริษัทในเครือ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยในการนำข้อมูลที่ทำการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการนำไปปรับปรุงและประยุกต์ใช้ได้ในโรงงานที่ทำการศึกษา ซึ่งโรงงานที่เป็นกรณีศึกษานี้กำลังประสบอยู่ คือ มีการจ้างรถบรรทุกสินค้าและการจ้างคลังจัดเก็บสินค้า ซึ่งยังไม่รวมค่าแรงของพนักงานในการขนส่งสินค้ารวมแล้วค่าใช้จ่ายเฉลี่ยประมาณ 3.65 ล้านบาทต่อเดือนดังที่ให้เห็นจากรูปที่ 1 โดยจากค่าใช้จ่ายที่กล่าวมาข้างต้นนับว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่ได้ก่อให้เกิดกำไร ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกที่จะทำการศึกษาและวิจัยการศึกษาเปรียบเทียบการสร้างคลังสินค้าอาหารแช่เย็นกับการใช้ผู้ให้บริการบริษัทในเครือ เนื่องจากการศึกษาเปรียบเทียบการสร้างคลังสินค้าอาหารแช่เย็นกับการใช้ผู้ให้บริการบริษัทในเครือสามารถช่วยให้โรงงานที่เป็นกรณีศึกษาสามารถลดต้นทุนจากการขนส่งและจัดเก็บสินค้าลงได้ มีการผลิตและการขนส่งที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

### ทบทวนวรรณกรรม

จากปัญหาที่เป็นกรณีศึกษา เรื่องการศึกษาเปรียบเทียบการสร้างคลังสินค้าอาหารแช่เย็นกับการใช้ผู้ให้บริการบริษัทในเครือ เป็นปัญหามาจากการที่ไม่มีพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าเป็นของตนเอง และมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการการใช้ผู้ให้บริการบริษัทในเครือเพื่อฝากเก็บสินค้า โดยงานวิจัยที่น่าสนใจเพื่อที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหานี้ก็ได้อีก

อริยุต จงใจ(2556) ศึกษาทางเลือกเพื่อใช้เครื่องปรับอากาศของใหม่และของเดิมโดยวิธีคำนวณต้นทุนวงจรอายุ (Life Cycle Cost, LCC) โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนวงจรอายุของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน แยกตามลักษณะการใช้งาน 4 ประเภท คือ เครื่องปรับอากาศขนาด 36,000 Btu และ 48,000 Btu ประเภทห้องเรียนและห้องทำงาน อายุโครงการ 9 ปี จากการศึกษาพบว่า เครื่องปรับอากาศที่มีการปรับเปลี่ยนใหม่ขนาด 36,000 Btu ประเภทห้องเรียนและห้องทำงานเครื่องปรับอากาศใหม่ขนาด 48,000 Btu ประเภทห้องทำงานมีจุดคุ้มทุนไม่เกินเกณฑ์อายุการทำงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานที่ 8 ปี มีความเป็นไปได้ทางการเงินในการลงทุน ทั้งนี้มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับ 445,112.32 บาท และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการเท่ากับ 12.92%ซึ่งมีการนำทฤษฎีความเป็นไปได้ทางการเงินในการลงทุนมาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาด้วย



ศศินันท์ จิระฉัตรพัฒน์(2554) ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนในธุรกิจจัดจำหน่ายเครื่องปรับอากาศในเขตมินบุรี โดยใช้เกณฑ์วัดความคุ้มค่าของโครงการเป็นเกณฑ์การตัดสินใจลงทุนว่าควรลงทุนหรือไม่ ประกอบด้วย ระยะเวลาคืนทุนคิดลด มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน และการวิเคราะห์ความไวของโครงการ โดยผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการลงทุน มีความเป็นไปได้ในการลงทุนเพราะว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 1,869,551 บาท อัตราผลตอบแทนภายในโครงการเท่ากับร้อยละ 51.48 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนของโครงการเท่ากับ 1.29 เท่า และระยะเวลาคืนทุนคิดลดเท่ากับ 1 ปี 11 เดือน ซึ่งสามารถทำทฤษฎีนี้มาประยุกต์ใช้และช่วยในการตัดสินใจได้ด้วย

คงฤทธิ์ อินทุสถิตยกุล (2551) ศึกษาปัญหาและกำหนดกลยุทธ์เพื่อลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการระบบขนส่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพในการขนส่งและลดต้นทุนของการขนส่งของบริษัท กรุงไทยธุรกิจบริการ จำกัด เนื่องมาจากราคาน้ำมันที่เป็นต้นทุนหลักมีการปรับตัวสูงขึ้นตามสภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบัน เพื่อนำมาแก้ไขปัญหาในด้านของการลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งในอนาคตต่อไป

ธนิตา เจริญยิ่ง (2551) ศึกษาและกำหนดกลยุทธ์การลดต้นทุนการขนส่งเพื่อสร้างรายได้เปรียบในการแข่งขันของบริษัท พีเคเอส ทรานสปอร์ต จำกัด ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการขนส่งเพื่อลดปัญหาต้นทุนด้านต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ระบบต้นทุนการขนส่ง สาเหตุ และผลกระทบจากการมีต้นทุนสูง และเพื่อลดต้นทุนเพิ่มผลกำไรของบริษัท และช่วยในการกำหนดกลยุทธ์ในการแข่งขัน เพื่อเพิ่มส่วนแบ่งการตลาด และเพื่อให้บริษัทสามารถดำเนินธุรกิจได้อย่างยั่งยืนอีกด้วยเช่นกัน ผู้ศึกษาจึงได้ทำการศึกษาโครงสร้างต้นทุนของบริษัท โดยเปรียบเทียบจากงบการเงินประจำปีตั้งแต่ปี 2547 ถึง 2549 โดยในช่วงปี 2548 ที่มีการเพิ่มขึ้นของอัตราน้ำมันพบว่าต้นทุนที่เพิ่มขึ้น คือต้นทุนการบริการ และต้นทุนการบริหาร ซึ่งกลยุทธ์ที่บริษัทนำมาใช้ คือ กลยุทธ์ผู้นำด้านต้นทุน ( Cost Leadership ) โดยแนวทางที่เลือกใช้คือการคำนวณต้นทุนช่วยในการวางแผนดำเนินงาน และการจัดการด้านน้ำมัน คือการทำสัญญาทำให้เกิดการลดต้นทุนการสั่งซื้อ การสร้างแรงจูงใจให้กับพนักงาน ช่วยให้บริษัทสามารถตรวจสอบการทำงาน และลดต้นทุนด้านน้ำมัน เพื่อช่วยให้องค์กรดำเนินงานอย่างเกิดประสิทธิภาพมากขึ้น

กุสุมา แจ็งล้อม (2551) ศึกษากลยุทธ์ในการลดต้นทุนการขนส่ง กรณีศึกษา บริษัท ดีเค เทรตติ้ง (ประเทศไทย) จำกัด จากผลการศึกษาพบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดต้นทุนสินค้าสูงมาจากหลายปัจจัย ได้แก่ ต้นทุนวัตถุดิบ ต้นทุนกระบวนการผลิต ต้นทุนบรรจุภัณฑ์ ต้นทุนค่าขนส่ง และต้นทุนการบริหาร(อื่นๆ) ทั้งนี้มีเพียงต้นทุนค่าขนส่งเท่านั้นที่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะลดต้นทุนค่าขนส่งสินค้า โดยการกำหนดรูปแบบการขนส่งแบบใหม่ ได้แก่ การพัฒนา Cluster โดยการรวมกลุ่ม Supplier ที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน เพื่อประโยชน์ในการรับส่งสินค้าและดำเนินการ Outsource เพื่อไปรับสินค้าจาก Supplier เอง จากนั้นทำการจำลองเหตุการณ์(Simulation) โดยใช้ AweSim เป็นเครื่องมือ ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาได้ว่ากลยุทธ์ในการลดต้นทุนการขนส่งจากการดำเนินการ Cluster และ Outsource ทำให้การบริหารการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดต้นทุนค่าขนส่งได้ร้อยละ 37

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการลงทุนระหว่างการจ้างเก็บสินค้ากับการสร้างคลังสินค้าแช่เย็นเป็นของตนเอง

## วิธีดำเนินการวิจัย

เก็บรวบรวมข้อมูลรายงานต้นทุนก่อนการปรับปรุง ได้แก่ ต้นทุนการใช้บริการฝากสินค้าจัดเก็บในคลังผู้ให้บริการในเครือ(Outsource) เปรียบเทียบระหว่างช่วงที่ใช้ Outsource กับการสร้างคลังสินค้าอาหารแช่เย็นเอง วิเคราะห์ทางการเงินระหว่างการลงทุนโดยใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) การวิเคราะห์เชิงเทคนิคและอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) และทำการสรุปพร้อมอภิปรายผล

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาเปรียบเทียบ 2 ทางเลือก คือ

ทางเลือกที่ 1 การวิเคราะห์ต้นทุนในด้านการใช้บริการฝากสินค้าจัดเก็บในคลังผู้ให้บริการในเครือ ดังแสดงในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่ามีค่าใช้จ่ายในการฝากสินค้าจัดเก็บเพิ่มขึ้นเรื่อยๆทุกปี

ตารางที่ 1: ค่าใช้จ่ายในการนำฝากสินค้าปีพ.ศ 2557-2587

ระยะเวลา		ค่าแรงพนักงาน	ค่าตะกร้า (บาท)	ค่าใช้จ่ายในการนำฝาก(บาท)	รายได้ของโครงการ	ผลตอบแทนสุทธิ
ปีที่	พ.ศ.					
1	2557	853,125.00	8,736,000	52,489,125.00	87,360,000	34,870,875.00
2	2558	853,125.00	8,736,000	52,489,125.00	87,360,000	34,870,875.00
3	2559	878,718.75	8,736,000	52,514,718.75	87,360,000	34,845,281.25
4	2560	905,080.31	8,736,000	52,541,080.31	87,360,000	34,818,919.69
5	2561	932,232.72	8,736,000	52,568,232.72	87,360,000	34,791,767.28
6	2562	960,199.70	8,736,000	52,596,199.70	87,360,000	34,763,800.30
7	2563	989,005.69	8,736,000	52,625,005.69	87,360,000	34,734,994.31
8	2564	1,018,675.87	8,736,000	52,654,675.87	87,360,000	34,705,324.13
9	2565	1,049,236.14	8,736,000	52,685,236.14	87,360,000	34,674,763.86
10	2566	1,080,713.23	8,736,000	52,716,713.23	87,360,000	34,643,286.77
11	2567	1,113,134.62	8,736,000	52,749,134.62	87,360,000	34,610,865.38
12	2568	1,146,528.66	8,736,000	52,782,528.66	87,360,000	34,577,471.34
13	2569	1,180,924.52	8,736,000	52,816,924.52	87,360,000	34,543,075.48
14	2570	1,216,352.26	8,736,000	52,852,352.26	87,360,000	34,507,647.74
15	2571	1,252,842.82	8,736,000	52,888,842.82	87,360,000	34,471,157.18
16	2572	1,290,428.11	8,736,000	52,926,428.11	87,360,000	34,433,571.89
17	2573	1,329,140.95	8,736,000	52,965,140.95	87,360,000	34,394,859.05

ระยะเวลา		ค่าแรง พนักงาน	ค่าตะกร้า (บาท)	ค่าใช้จ่ายใน การนำฝาก(บาท)	รายได้ของ โครงการ	ผลตอบแทนสุทธิ
ปีที่	พ.ศ.					
18	2574	1,369,015.18	8,736,000	53,005,015.18	87,360,000	34,354,984.82
19	2575	1,410,085.64	8,736,000	53,046,085.64	87,360,000	34,313,914.36
20	2576	1,452,388.21	8,736,000	53,088,388.21	87,360,000	34,271,611.79
21	2577	1,495,959.85	8,736,000	53,131,959.85	87,360,000	34,228,040.15
22	2578	1,540,838.65	8,736,000	53,176,838.65	87,360,000	34,183,161.35
23	2579	1,587,063.81	8,736,000	53,223,063.81	87,360,000	34,136,936.19
24	2580	1,634,675.72	8,736,000	53,270,675.72	87,360,000	34,089,324.28
25	2581	1,683,715.99	8,736,000	53,319,715.99	87,360,000	34,040,284.01
26	2582	1,734,227.47	8,736,000	53,370,227.47	87,360,000	33,989,772.53
27	2583	1,786,254.30	8,736,000	53,422,254.30	87,360,000	33,937,745.70
28	2584	1,839,841.93	8,736,000	53,475,841.93	87,360,000	33,884,158.07
29	2585	1,895,037.18	8,736,000	53,531,037.18	87,360,000	33,828,962.82
30	2586	1,951,888.30	8,736,000	53,587,888.30	87,360,000	33,772,111.70
รวมทั้งหมด				1,588,510,456.58	2,533,440,000	1,032,289,543.42

ปัจจัยต่าง ๆ ที่จะนำมาวิเคราะห์มีดังนี้

- ด้านราคา : คลังสินค้าอาหารแช่เย็นคิดรายได้กิโลกรัมละ 20 บาทตั้งแต่ปีที่ 1-30 คงที่
- ด้านสมมติฐานรายรับ-รายจ่าย(จากบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา)

รายจ่ายค่าแรงงานตั้งแต่ปีที่ 1-30 เพิ่มขึ้นปีละ 3% (คำนวณจากรายได้+โอที)

ค่าใช้จ่ายของตะกร้าตั้งแต่ปีที่ 1-30 คงที่ (คำนวณจากจำนวนสินค้าคูณกับราคาตะกร้า 12 บาทต่อ

ใบ)

รายได้จากโครงการตั้งแต่ปีที่ 1-30 คงที่กิโลกรัมละ 20 บาท (เนื่องจากผลผลิตตั้งแต่ปีที่ 1-30 เท่ากัน

ทุกปี)

ค่าใช้จ่ายในการนำฝากคิดจากค่าแรงงานรวมกับค่าตะกร้า

ผลการวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการตามที่ตั้งสมมติฐานด้านรายรับ-รายจ่าย ตั้งแต่เริ่มปีที่ 1-30

(พ.ศ. 2557-2587) พบว่า

รายจ่ายรวมทั้งสิ้น 1,588.51 ล้านบาท

รายได้รวมทั้งสิ้น 2,533.44 ล้านบาท

ผลตอบแทนสุทธิรวม 1,032.29 ล้านบาท

เนื่องจากสถานการณ์เศรษฐกิจที่ไม่แน่นอน ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ข้อมูลตามสถานะเศรษฐกิจโดยแปรผันตามอัตราดอกเบี้ย 8%, 9%, 10%, 11% และ 12% ต่อปี ผลการวิเคราะห์ต้นทุนในด้านการใช้บริการฝาก

สินค้าจัดเก็บในคลังผู้ให้บริการในเครือ โดยระยะเวลาในการใช้บริการ 30 ปี ของปีพ.ศ 2557-2587 ซึ่งอาศัยข้อมูลค่าใช้จ่ายด้านการใช้บริการฝากสินค้าจัดเก็บในคลังผู้ให้บริการในเครือดังแสดงในรูปที่ 2 ผลการวิเคราะห์เศรษฐกิจด้านมูลค่าใช้จ่ายด้านการใช้บริการฝากสินค้าจัดเก็บในคลังผู้ให้บริการในเครือตามระยะเวลาที่ใช้วิเคราะห์ 30 ปีตั้งแต่ พ.ศ.2557- 2587 โดยวิเคราะห์ด้านการเงินที่ Discount rate มีการเปลี่ยนแปลงไปที่ 8%, 9%, 10%, 11% และ 12% ต่อปี สรุปได้ดังนี้ พบว่า

ผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ Discount rate ที่ 8%

ผลประโยชน์สุทธิ(NPV)	428.51	ล้านบาท
ผลประโยชน์	1,082.39	ล้านบาท
ค่าใช้จ่าย	653.88	ล้านบาท

ผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ Discount rate ที่ 9%

ผลประโยชน์สุทธิ(NPV)	355.59	ล้านบาท
ผลประโยชน์	897.19	ล้านบาท
ค่าใช้จ่าย	541.60	ล้านบาท

ผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ Discount rate ที่ 10%

ผลประโยชน์สุทธิ(NPV)	325.63	ล้านบาท
ผลประโยชน์	821.18	ล้านบาท
ค่าใช้จ่าย	495.55	ล้านบาท

ผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ Discount rate ที่ 11%

ผลประโยชน์สุทธิ(NPV)	301.16	ล้านบาท
ผลประโยชน์	759.16	ล้านบาท
ค่าใช้จ่าย	458.00	ล้านบาท

ผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ Discount rate ที่ 12%

ผลประโยชน์สุทธิ(NPV)	278.76	ล้านบาท
ผลประโยชน์	702.37	ล้านบาท
ค่าใช้จ่าย	423.61	ล้านบาท

ผลการวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการตามที่ตั้งสมมติฐานด้านรายรับ-รายจ่าย ตั้งแต่เริ่มปีที่ 1-30 (พ.ศ.2557-2587) พบว่า Discount rate ยิ่งน้อยผลตอบแทนในการลงทุนยิ่งสูงขึ้น

ทางเลือกที่ 2 การวิเคราะห์ต้นทุนในด้านการสร้างคลังจัดเก็บสินค้าแช่เย็น โดยจะประกอบไปด้วยค่าประมาณการก่อสร้างห้องแช่เย็นพร้อมเครื่องจักรและอุปกรณ์ ได้แก่ งานอาคารมูลค่า 19,152,000 บาท, งานห้องเย็นมูลค่า 20,613,265 บาทและงานสารอุปโภคมูลค่า 5,400,000 บาท ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2: การประมาณการก่อสร้างห้องแช่เย็นพร้อมเครื่องจักรและอุปกรณ์

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	มูลค่า
1	งานอาคาร			
	1.1 งานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม	2,112	ต.ร.ม.	18,002,000
	1.1 งานไฟฟ้าและแสงสว่าง	1	งาน	550,000
	1.2 งานประปาและงานสุขาภิบาล	1	ระบบ	600,000

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	มูลค่า
<b>รวมทั้งหมด</b>				<b>19,152,000</b>
2	งานห้องเย็น			
	2.1 ห้องเย็นและเครื่องทำความเย็น	1	ห้อง	11,750,000
	2.2 ห้องลานโพลด	1	ห้อง	1,901,500
	2.3 ห้อง Anti Room	1	ห้อง	2,289,209
	2.4 ห้องพักหนาว, Office และห้องแต่งตัว	1	ห้อง	4,078,380
	2.5 ประตูห้องเย็น (สำหรับรถคอนเทนเนอร์)	1	ชุด	594,176
<b>รวมทั้งหมด</b>				<b>20,613,265</b>
3	งานสารอุบโภค			
	3.1 ระบบไฟฟ้าแรงสูง	1	ชุด	4,500,000
	3.2 ระบบไฟฟ้าแรงต่ำและตู้ควบคุม	1	ชุด	500,000
	3.3 ระบบน้ำเสีย	1	ระบบ	400,000
<b>รวมทั้งหมด</b>				<b>5,400,000</b>
4	งานอุปกรณ์เกี่ยวกับการขนส่ง			
	4.1 รถยกสินค้า Fork Lift ไฟฟ้า	1	คัน	3,700,000
	4.2 พาเลท, ตะกร้า, Hand Pallet	1	ชุด	1,134,735
<b>รวมทั้งหมด</b>				<b>4,834,735</b>
<b>รวมมูลค่างานที่ 1-4 เป็นเงิน</b>				<b>50,000,000</b>

เนื่องจากสถานการณ์เศรษฐกิจที่ไม่แน่นอน ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ข้อมูลตามสถานะเศรษฐกิจโดยแปรผันตามอัตราดอกเบี้ย 8%, 9%, 10%, 11% และ 12% ต่อปี ผลการวิเคราะห์ความไวของโครงการนี้ใช้ข้อมูลค่าใช้จ่ายด้านการใช้บริการฝากสินค้าจัดเก็บในคลังผู้ให้บริการในเครือของปี พ.ศ 2557-2587 เปรียบเทียบกับการก่อสร้างคลังสินค้าอาหารแช่เย็น โดยการวิเคราะห์และจำแนกงบประมาณรายได้ รายจ่ายต่างๆ มาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ทางการเงิน ในช่วงที่โครงการดำเนินการที่ระยะเวลา 30 ปี โดยจะวิเคราะห์ตั้งแต่ พ.ศ 2557-2587 ซึ่งอาศัยข้อมูลค่าใช้จ่ายด้านการใช้บริการฝากสินค้าจัดเก็บในคลังผู้ให้บริการในเครือเฉลี่ย 52.95 ล้านบาท/ปี

ปัจจัยต่างๆที่จะนำมาวิเคราะห์มีดังนี้

- กำลังการจัดเก็บ : คลังสินค้าอาหารแช่เย็นมีความสามารถในการเก็บรักษา 180 ตัน
- ด้านราคา : คลังสินค้าอาหารแช่เย็นคิดรายได้กิโลกรัมละ 20 บาท
- ด้านสมมติฐานรายรับ-รายจ่าย(จากบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา)  
รายจ่ายค่าประกันภัยและเงินทุนสำรองตั้งแต่ปีที่ 1-30 คงที่  
รายจ่ายค่าแรงงานตั้งแต่ปีที่ 1-30 เพิ่มขึ้นปีละ 3%  
รายจ่าย ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าโทรศัพท์และค่ากำจัดขยะตั้งแต่ปีที่ 1-30 เพิ่มขึ้นปีละ 1%  
รายจ่ายค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรตั้งแต่ปีที่ 1-30 คงที่  
รายได้จากโครงการตั้งแต่ปีที่ 1-30 คงที่กิโลกรัมละ 20 บาท  
ต้นทุนสินค้าจากโครงการตั้งแต่ปีที่ 1-30 เพิ่มขึ้นปีละ 1%

ผลการวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการตามที่ตั้งสมมติฐานด้านรายรับ-รายจ่าย ตั้งแต่เริ่มปีที่ 1-30 (พ.ศ.2557-2587) พบว่า

รายจ่ายรวมทั้งสิ้น	1,127.74	ล้านบาท
รายได้รวมทั้งสิ้น	2,620.80	ล้านบาท
ผลตอบแทนสุทธิรวม	1,493.06	ล้านบาท
ระยะเวลาคืนทุนประมาณ	2.32	ปี

ผลการวิเคราะห์เศรษฐกิจของโครงการนี้ตามระยะเวลาที่ใช้วิเคราะห์ 30 ปีตั้งแต่ พ.ศ.2557-พ.ศ.2587 โดยวิเคราะห์ด้านการเงินที่ Discount rate มีการเปลี่ยนแปลงไปที่ 8%, 9%, 10%, 11% และ 12% ต่อปี สรุปได้ดังนี้ พบว่า

ผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ Discount rate ที่ 8%

อัตราผลตอบแทนการลงทุน(IRR)	87.06	%
ผลประโยชน์สุทธิ(NPV)	530.35	ล้านบาท
ผลประโยชน์	1,011.63	ล้านบาท
ค่าใช้จ่าย	388.28	ล้านบาท
ระยะเวลาคืนทุนประมาณ	2.61	ปี

ผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ Discount rate ที่ 9%

อัตราผลตอบแทนการลงทุน(IRR)	82.96	%
ผลประโยชน์สุทธิ(NPV)	423.35	ล้านบาท
ผลประโยชน์	822.93	ล้านบาท
ค่าใช้จ่าย	307.58	ล้านบาท
ระยะเวลาคืนทุนประมาณ	2.68	ปี

ผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ Discount rate ที่ 10%

อัตราผลตอบแทนการลงทุน(IRR)	81.63	%
ผลประโยชน์สุทธิ(NPV)	380.05	ล้านบาท
ผลประโยชน์	746.05	ล้านบาท
ค่าใช้จ่าย	275.00	ล้านบาท
ระยะเวลาคืนทุนประมาณ	2.71	ปี

ผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ Discount rate ที่ 11%

อัตราผลตอบแทนการลงทุน(IRR)	79.93	%
ผลประโยชน์สุทธิ(NPV)	345.70	ล้านบาท
ผลประโยชน์	684.90	ล้านบาท
ค่าใช้จ่าย	249.20	ล้านบาท
ระยะเวลาคืนทุนประมาณ	2.75	ปี

ผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ Discount rate ที่ 12%

อัตราผลตอบแทนการลงทุน(IRR)	78.73	%
ผลประโยชน์สุทธิ(NPV)	313.34	ล้านบาท
ผลประโยชน์	627.24	ล้านบาท
ค่าใช้จ่าย	224.90	ล้านบาท

ระยะเวลาคืนทุนประมาณ

2.79

ปี

ผลการวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการตามที่ตั้งสมมติฐานด้านรายรับ-รายจ่าย ตั้งแต่เริ่มปีที่ 1-30 (พ.ศ.2557-2587) พบว่า Discount rate ยิ่งน้อยผลตอบแทนในการลงทุนยิ่งสูงขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาในการคืนทุนยิ่งเร็วมากขึ้นด้วย สำหรับความน่าลงทุนของโครงการนี้พบว่า การใช้ Discount rate ที่ 8% นั้น มีความเหมาะสมที่สุด และใช้ Discount rate ที่ 9%, 10%, 11% และ 12% ตามลำดับ โดยการเลือกใช้ Discount rate ไตนั้นขึ้นอยู่กับแหล่งเงินทุนและอัตราดอกเบี้ยในแต่ละที่ได้กำหนดไว้ซึ่งสามารถอ้างอิงจากธนาคารแห่งประเทศไทยก็ได้

## สรุป

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลจากโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา และได้นำข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาและวิจัยขั้นตอนต่างๆข้างต้น พบว่าโครงการก่อสร้างคลังสินค้าอาหารแช่เย็นใช้เงินในการลงทุนในโครงการกรณีที่ไม่รวมค่าที่ดิน(เนื่องจากเป็นที่ดินที่บริษัทกรณีศึกษามีที่ดินอยู่แล้ว) คิดเป็นเงินทั้งสิ้น 50,000,000 บาท (ห้าสิบล้านบาทถ้วน) โดยมีการตั้งสมมติฐานด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ในอัตราส่วนลด 8% โดยสามารถสรุปผลคือ ด้านระยะเวลาคืนทุนของโครงการที่ 2.61 ปี ซึ่งจะคืนทุนใน 2 ปีกับ 7 เดือนที่สร้างคลังสินค้าอาหารแช่เย็นเสร็จเรียบร้อยคือภายในปี พ.ศ. 2560 และมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ที่ 530.35 ล้านบาท โดยที่  $NPV > 0$  หรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการนี้มีความเหมาะสมที่จะลงทุน ผลประโยชน์ 1,011.63 ล้านบาท ค่าใช้จ่าย 388.28 ล้านบาท แสดงให้เห็นว่าโครงการนี้มีความเหมาะสมและคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจ ในทางด้านอัตราผลตอบแทนในการลงทุน (IRR) นั้นจะอยู่ที่ 87.06% แสดงให้เห็นว่าโครงการนี้มีความเหมาะสมและคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐกิจ (IRR มีค่าสูงและสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน) ส่วนในด้านการวิเคราะห์ความไวพบว่า ใช้อัตราส่วนลด 8% นั้นเนื่องจากเหมาะสมกับการลงทุนมากที่สุด และควรเลือกร้อยละที่ 9%, 10%, 11% และ 12% ตามลำดับ

## อภิปรายผล/ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากในการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ ได้เปรียบเทียบการลงทุนสร้างคลังสินค้าอาหารแช่เย็นกับการใช้ผู้ให้บริการบริษัทในเครือ ซึ่งการสร้างคลังสินค้าที่จัดเก็บอาหารแช่เย็นเพื่อรอส่งต่อให้กับลูกค้า โดยงานวิจัยนี้ไม่ได้อ้างอิงถึงคลังสินค้าในการจัดเก็บสินค้าอื่นได้ทั้งหมด โดยสำหรับคลังสินค้าจัดเก็บสินค้าชนิดอื่นๆ ต้องมีการแบ่งพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าใหม่ทั้งหมด

## เอกสารอ้างอิง

- กฤษมา แจ้งล้อม. (2551). การศึกษากลยุทธ์ในการลดต้นทุนการขนส่ง กรณีศึกษา บริษัท ดีเค เทรดดิ้ง (ประเทศไทย) จำกัด. วิทยานิพนธ์สาขาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- คงฤทธิ์ อินทุสถิตยกุล. (2551). การศึกษาปัญหาและกำหนดกลยุทธ์เพื่อลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการระบบขนส่ง. วิทยานิพนธ์สาขาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- ธนิดา เจริญยิ่ง. (2551). การศึกษาและกำหนดกลยุทธ์การลดต้นทุนการขนส่งเพื่อสร้างรายได้เปรียบในการแข่งขันของบริษัท พีเคเอส ทราฟพอร์ต จำกัด. วิทยานิพนธ์สาขาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

- ศศินันท์ จิระฉัตรพัฒน์. (2554). *การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนในธุรกิจจัดจำหน่ายเครื่องปรับอากาศในเขตมีนบุรี*. วิทยานิพนธ์สาขาเศรษฐศาสตร์การจัดการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- อธิยุต จงใจ. (2556). *การศึกษาทางเลือกเพื่อใช้เครื่องปรับอากาศของใหม่และของเดิมโดยวิธีคำนวณต้นทุนวงจรอายุ (Life Cycle Cost, LCC) กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต*. วิทยานิพนธ์สาขาเทคโนโลยีการจัดการในอาคาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.