

N6

วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี (Engineering and Technology)

การทดลองรถจักรยานยนต์พลังงานไฟฟ้าเพื่อคำนวณอัตราการใช้พลังงาน ENERGY CONSUMPTION OF ELECTRIC MOTORCYCLE

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรวุฒิ ทังหิกรม¹

¹สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

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

บทคัดย่อ

รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า หรือ Electric Motorcycle เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในระบบขนส่งโดยเฉพาะการลดไอเสีย ลดการพึ่งพาน้ำมันได้อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งหนึ่งในคำถามที่สำคัญที่สุดในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า คือ การจะใช้รถยนต์จักรยานยนต์ไฟฟ้าอย่างไรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การทดลองนี้เป็นการเก็บข้อมูลอัตราการใช้พลังงานของระบบขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งอัตราการใช้พลังงานดังกล่าวจะนำไปพัฒนาความแม่นยำในการคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการออกแบบจำลองประกอบด้วยการคำนวณและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของรถจะอ้างอิงจากรถจักรยานยนต์ เพราะเป็นรถที่มีขนาดใกล้เคียงกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามากกว่ารถยนต์พลังงานไฟฟ้า

จากการตรวจสอบค่าของแบบจำลองพบว่า สามารถจำลองการทำงานได้ใกล้เคียงกับผลการทดสอบจริง ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 5% จากการทดสอบการใช้รถยนต์พลังงานไฟฟ้าในครั้งนี้ เราได้ทราบถึงอัตราการสิ้นเปลืองของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ทั้งจากการทดสอบวิ่ง (Test Drive) จากการทดสอบในการใช้งานจริง ซึ่งได้ทำการเก็บค่าโดยละเอียด ทั้งจากการวัดการสิ้นเปลืองจากกระแสไฟฟ้าที่ใช้ รวมไปถึงการเก็บข้อมูลน้ำหนักสินค้า จุดดรอปลินค่าต่อรอบวิ่ง ระยะทาง ความเร็วเฉลี่ยโดยละเอียด รวมไปถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้งานจริง เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์ และเตรียมพร้อมกับการใช้งานเทคโนโลยีรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้

ซึ่งการทดลองนี้จะเป็นการเตรียมความพร้อมข้างต้น โดยการระบุหัวข้อพื้นฐานเช่น การวัดและคำนวณอัตราสิ้นเปลืองของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งการวัดและคำนวณอัตราสิ้นเปลืองจะทำจากข้อมูลซึ่งเก็บจากการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในสภาวะแวดล้อมจริงที่ได้ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าอยู่ที่ 44 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลเมตร และค่าที่คำนวณได้อยู่ที่ 46.2 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลเมตร

คำสำคัญ: รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า, อัตราสิ้นเปลือง, แบบจำลอง, การคำนวณ

ABSTRACT

Recently, Electric Motorcycle increasingly gain attention due to its significant

property, zero emission.

This study presents the calculation and simulation results of energy consumption for electric motorcycle that can be used to predict driving range. The consumption is calculated from the mathematical model. The model is consisted of two main models, traction model and battery model.

Initially, system design and parameters are based on motorcycle. The simulation results and real driving test results are similar so the model can represent accurately the actual electric motorcycle behavior and calculate results with a reliable level at 5% error.

However, the efficiency of EV transportation system is one of the biggest challenges. This project takes the first step in clarification of this challenge by addressing a fundamental issue, i.e. how to measure and analyze energy consumption of EVs in real-life situations.

For Predicting energy consumption and ranges per charge, the model was simulated with urban driving cycle. The data is collected and we can see overall energy consumption is 44 Wh/km and equivalent to 46.2 Wh/km from calculation.

Keywords: Electric Motorcycle, energy consumption, transportation, energy consumption model

บทนำ

ระบบขนส่งเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ อย่างไรก็ตามระบบขนส่งในประเทศในขณะนี้ส่วนมากใช้รถยนต์ระบบเครื่องยนต์เผาไหม้ ทำให้ต้องพึ่งพาเชื้อเพลิงหลักคือน้ำมันซึ่งต้องพึ่งพาการนำเข้าเป็นส่วนใหญ่ อีกทั้งยังเป็นต้นตอของการปล่อยมลภาวะซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดสภาวะเรือนกระจกโดยเฉพาะในเมืองหลวงที่มีการจราจรแออัด การจะหมดไปของน้ำมันในอนาคตอันใกล้และสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน

จากปัญหาข้างต้น หลายหน่วยงานจึงได้มีการปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ ความสนใจจึงพุ่งเล็งมาที่การพัฒนาขนส่งที่ยั่งยืน ลดปัญหาสภาวะโลกร้อน และลดการพึ่งพาน้ำมัน ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีหลากหลายที่สามารถช่วยบรรเทาปัญหาดังกล่าว ตัวอย่างเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจ รวมถึงมีการปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์อย่างกว้างขวาง เช่น การพัฒนารถยนต์พลังงานเซลล์เชื้อเพลิง รถยนต์ไฮบริด รถยนต์ ไฟฟ้า และรถยนต์พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

ในปัจจุบันเทคโนโลยีข้างต้นจึงได้ถูกพัฒนาและเข้ามามีบทบาทในระบบคมนาคมขนส่งมากขึ้น รวมถึงรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Motorcycle) ซึ่งสามารถตอบโจทย์ได้ทั้งด้านการใช้งานที่มีประสิทธิภาพ ลดการใช้น้ำมัน และไม่มีการปล่อยไอเสียโดยสิ้นเชิง

ทั้งนี้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องราคาและความสามารถในการเก็บพลังงานของแบตเตอรี่ ซึ่งส่งผลต่อระยะทางการขับขี่ ดังนั้นการหาอัตราการใช้พลังงานของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยในการกำหนดขนาดของแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

นอกจากนี้แล้วการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลสมรรถนะต่าง ๆ ของรถยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะหาได้จากข้อมูลในต่างประเทศ [1] - [3] เช่น ในประเทศญี่ปุ่นที่มีลักษณะเส้นทางสภาพถนน และสภาพการจราจรที่แตกต่างออกไป จึงไม่สามารถที่จะสรุปถึงประสิทธิภาพและอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าว่าเหมาะสมกับการจราจรในกรุงเทพฯ ได้

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อวิเคราะห์หาข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญได้แก่ การวัดและคำนวณอัตราสิ้นเปลืองของรถยนต์จักรยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งข้อมูลจากโครงการนี้อาจจะนำไปสู่การใช้รถยนต์จักรยานยนต์ไฟฟ้าในระบบขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพและลดมลภาวะในระบบขนส่งอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การทดลองนี้คือการพิสูจน์สมมุติฐานที่ได้กล่าวมาข้างต้นจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อหาอัตราการใช้พลังงาน โดยเก็บข้อมูลจากการขับขี่จริงเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์หาขนาดของมอเตอร์และแบตเตอรี่ที่เหมาะสม เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมไปสู่การใช้งานยนต์ไฟฟ้าในอนาคต

ทบทวนวรรณกรรม

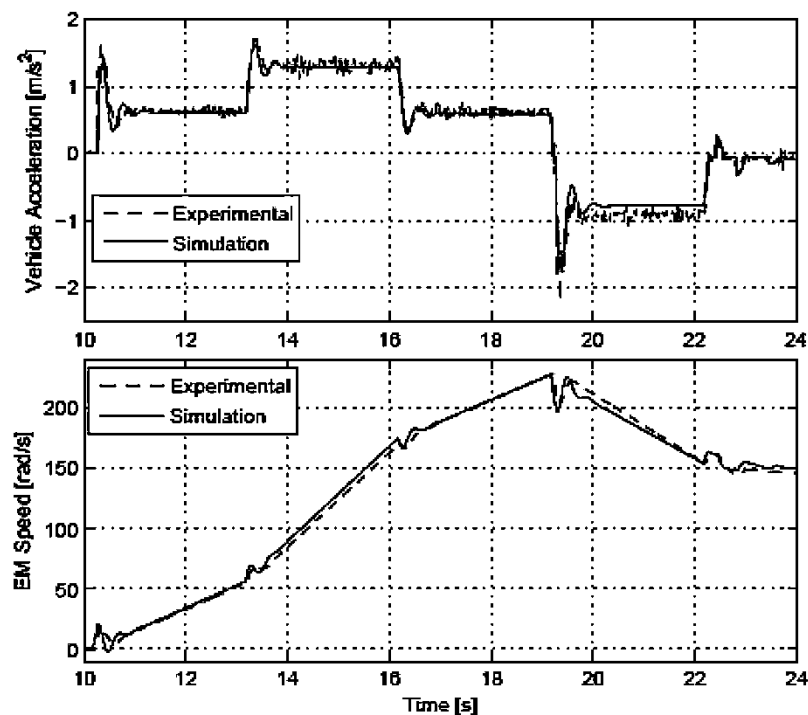
การศึกษาและการพัฒนาสมรรถนะของระบบขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ไฟฟ้านั้น หากทำโดยการสร้างรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบเพื่อทดสอบ จะมีความยุ่งยากซับซ้อน ใช้เวลานานและเสียค่าใช้จ่ายสูง จึงได้เปลี่ยนเป็นการสร้างแบบจำลองรถยนต์ไฟฟ้า คือการจำลองการทำงานของระบบขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้าด้วยสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อเป็นตัวแทนของระบบจริงในการทดสอบ เช่น การทดสอบหาสมรรถนะ การทดสอบหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า รวมถึงระยะทางการวิ่ง เป็นต้นนอกจากนี้แบบจำลองยังสามารถปรับปรุงและพัฒนาแบบได้โดยเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง

ประเภทของแบบจำลองนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองแบบสถานะคงตัว (Steady state model, Static model) แบบจำลองแบบ quasi-steady state และแบบจำลองพลศาสตร์ (Dynamic model) แบบจำลองแบบสถานะคงตัวและแบบ quasi-steady state หรือ quasi-static นั้นจะให้ผลลัพธ์ที่คล้ายกัน เช่น กราฟสมรรถนะของมอเตอร์ สมรรถนะการทำงาน ปริมาณไอเสียที่ปล่อย และ อัตราการใช้พลังงาน (Energy Consumption) [4] ซึ่งแบบจำลองทั้งสองนี้มีข้อดี คือใช้พารามิเตอร์ในการคำนวณน้อย สามารถคำนวณได้อย่างรวดเร็ว ไม่ซับซ้อน

อย่างไรก็ตามแบบจำลองข้างต้นสามารถจำลองการทำงานของระบบขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้าได้ดีในช่วงที่รถมีความเร็วคงที่แต่แบบจำลองพลศาสตร์จะสามารถจำลองการทำงานได้ทั้งในช่วงสถานะคงตัวและในช่วง Transient สำหรับการขับขี่จริงบนท้องถนนนั้น รถจะมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว โดยเฉพาะการขับขี่ในเมืองที่

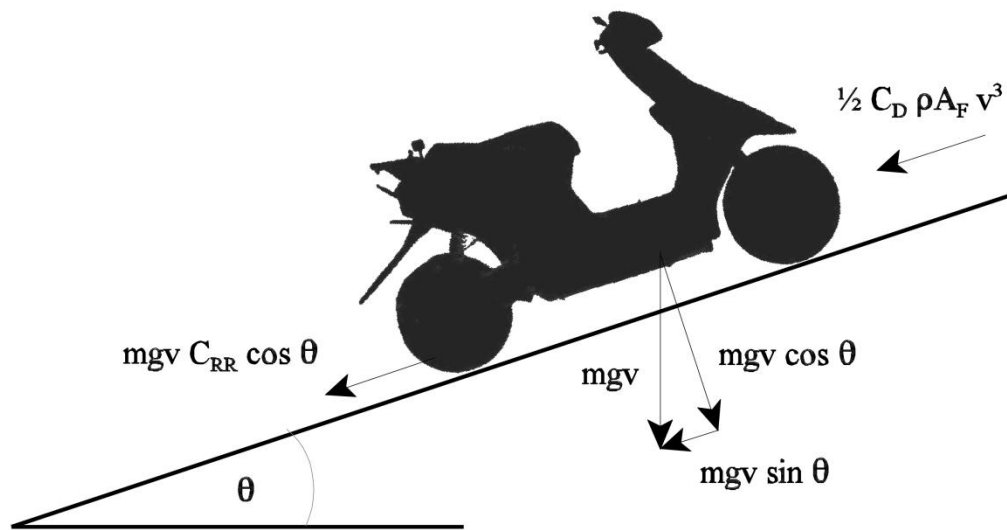
จะต้องมีการเร่งและเบรกอยู่บ่อยครั้ง

จากการตรวจสอบผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองพลศาสตร์ของรถยนต์ไฮบริด รถยนต์ Fuel Cell กับการทดสอบจริง [5]-[9] จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อรถมีความเร่ง ความเร็วของรถและมอเตอร์จะเกิดการเปลี่ยนแปลง เส้นกราฟความเร็วของมอเตอร์ที่ได้จากการจำลองการทำงานมีแนวโน้มใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากการทดลอง ดังรูปที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองพลศาสตร์สามารถคำนวณและจำลองการทำงานของระบบในช่วง Transient ได้ใกล้เคียงกับระบบจริงกว่า แบบจำลองแบบสภาวะคงตัวและแบบ quasi-steady state จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะพบว่า แบบจำลองแบบสภาวะคงตัวและแบบ quasi-steady



รูปที่ 1: กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเร็วของมอเตอร์ที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่วัดได้จากการทดสอบจริงที่ความเร่งต่าง ๆ

ซึ่งการที่รถจักรยานยนต์จะสามารถเคลื่อนที่ได้ก็ต่อเมื่อแรงจากมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนสามารถชนะแรงต้านทานการเคลื่อนที่ (Road load) ได้ ซึ่งแรงต้านทานการเคลื่อนที่นั้นจะประกอบด้วย แรงต้านทานการกลิ้งของล้อ (Rolling resistance force) แรงต้านทานการไหลของอากาศ (Aerodynamic drag force) แรงที่ใช้ในการขึ้นทางลาดชัน (Hill climbing force) และแรงจากความเร่ง (Acceleration force) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2: Free body diagram ของแรงที่กระทำกับรถจักรยานยนต์

ดังนั้น ภาระการขับเคลื่อนของรถยนต์รวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่ล้อรถจักรยานยนต์ (Total tractive effort, P_{te}) สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$P_{te} = (mav) + (mgv \sin \theta) + (mgv C_{RR} \cos \theta) + \left(\frac{1}{2} \rho_{air} C_D A_F v^3\right)$$

โดยที่กำหนดให้

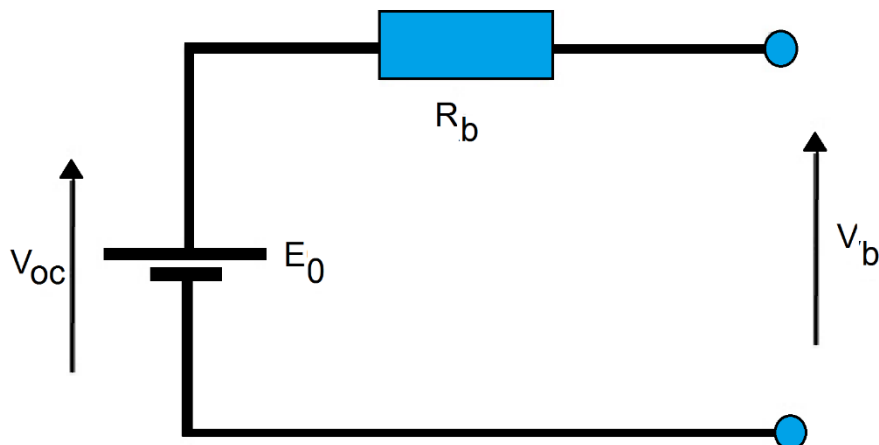
m	คือมวลทั้งหมดของรถ คนขับ และสิ่งของที่บรรทุก
θ	มุมความลาดชัน
a	อัตราเร่งของรถจักรยานยนต์
v	ความเร็วของรถจักรยานยนต์
C_{RR}	ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงต้านทานการกลิ้งของล้อ
ρ_{air}	ความหนาแน่นของอากาศ
C_D	ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทาน
A_F	พื้นที่หน้าตัด

ซึ่งในการทดลองนี้ เราจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ

C_{RR}	C_D	A_F (m ²)	curb weight (kg)
0.014	0.9	0.6	140

แบบจำลองที่สำคัญไม่แพ้กันกับที่กล่าวมาข้างต้นคือ แบบจำลองการทำงานของแบตเตอรี่ ในปัจจุบันมีหลากหลายแบบจำลอง ซึ่งแต่ละแบบจำลองก็มีวิธีการคำนวณที่แตกต่างกันออกไป ในการทำงานจริงของแบตเตอรี่ จะมีพารามิเตอร์หลายค่าที่ส่งผลต่อพฤติกรรมของแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นการยากที่จะนำผลของพารามิเตอร์ทุกค่ามาคิดรวมไว้ในแบบจำลอง ซึ่งแบบจำลองอย่างง่ายที่ส่วนใหญ่นิยมใช้กัน คือแบบจำลองแบบความต้านทานภายในคงที่ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3 โดยจะกำหนดให้ค่าความต้านทานภายในมีค่าคงที่ตลอดช่วงการทำงาน ส่วนแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจรจะใช้คำนวณหาแรงดันไฟฟ้ารวมกับความต้านทานภายในสำหรับแบตเตอรี่แบบอุดมคติ [9]



รูปที่ 3: Simple battery model [10]

แบบจำลองอย่างง่ายนี้จะไม่สามารถแสดงถึงค่าความต้านทานภายในที่แท้จริงได้ เพราะในทางปฏิบัติแล้วค่าความต้านทานภายในจะขึ้นอยู่กับระดับการประจุของแบตเตอรี่และความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ สำหรับแบบจำลองอย่างง่ายนี้แบตเตอรี่สามารถจ่ายพลังงานได้อย่างไม่มีข้อจำกัด จึงเหมาะที่จะใช้จำลองการทำงานของแบตเตอรี่ที่ไม่ต้องคำนึงถึงระดับการประจุ

แบบจำลองแบตเตอรี่แบบนี้จะเป็นแบบจำลองแบบความต้านทานภายในไม่คงที่โดยจะมีค่าขึ้นอยู่กับระดับการประจุ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3 เช่นเดียวกับแบบจำลองแบตเตอรี่อย่างง่าย แต่จะต่างกันตรงที่ค่าความต้านทานภายในเป็นฟังก์ชันของระดับการประจุ $R_b = f(S)$ และสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$R_b = \frac{R_0}{S^k}$$

เมื่อ

$$S = 1 - \frac{Ah}{C_{10}}$$

โดยที่กำหนดให้

R_b	คือความต้านทานภายในของแบตเตอรี่(Ω)
R_0	ความต้านทานภายในของแบตเตอรี่เมื่อระดับการประจุเต็ม (Ω)
S	ระดับการประจุของแบตเตอรี่
k	capacity coefficient
A	กระแสไฟฟ้าที่จ่าย (A หรือ แอมแปร์)
h	ระยะเวลาที่จ่ายกระแสไฟฟ้า (ชั่วโมง)
C_{10}	ความจุของแบตเตอรี่ที่อัตราการจ่ายไฟฟ้า 10 ชั่วโมง (Ah หรือแอมแปร์-ชั่วโมง)

ดังนั้นจะเห็นว่าแบบจำลองแบบความต้านทานภายในไม่คงที่ เป็นแบบจำลองที่มีวิธีการคำนวณและการหาค่าพารามิเตอร์ได้ง่าย แต่รวมเอาผลของระดับการประจุของแบตเตอรี่มาพิจารณาด้วย และสามารถจำลองการทำงานได้อย่างถูกต้องมากขึ้น

เนื่องจากข้อจำกัดของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเรื่องของระยะทางที่สามารถขับขี่ได้กับพลังงานจากแบตเตอรี่ การคำนวณหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อที่จะใช้ในการพิจารณาขนาดของแบตเตอรี่และมอเตอร์ให้เหมาะสมกับการจราจร

อย่างไรก็ตามการวิจัยและพัฒนาจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ผ่านมา ส่วนมากจะทำการทดลองและเก็บข้อมูลในต่างประเทศ ซึ่งมีสภาพการจราจรและสภาพภูมิศาสตร์ที่แตกต่างจากกรุงเทพฯ จึงไม่สามารถที่จะสรุปได้แน่ชัดว่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้านั้นเหมาะสมกับการจราจรในกรุงเทพฯ

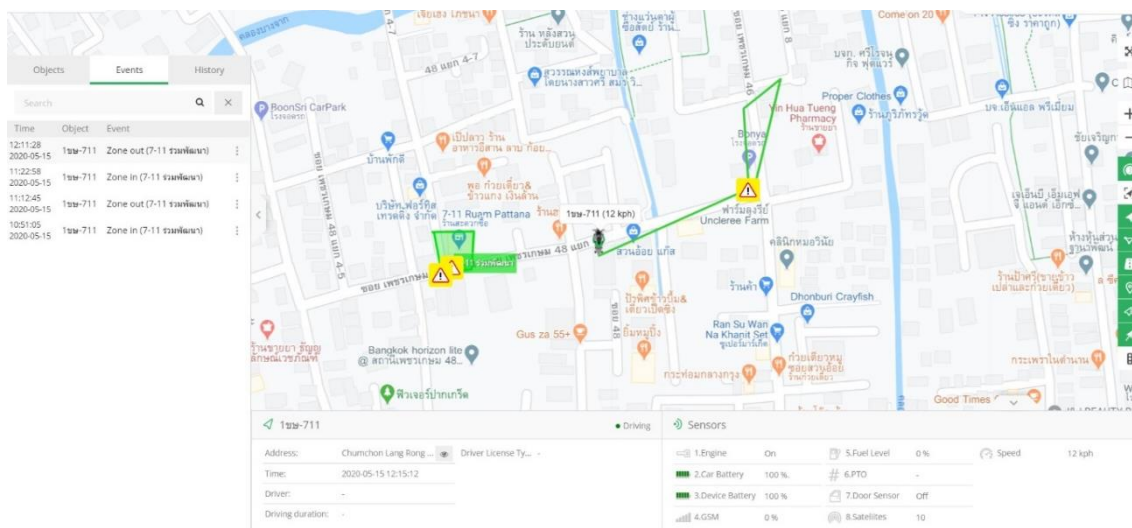
จากการขาดข้อมูลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการสร้างและพัฒนาแบบจำลองระบบขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าภายใต้การขับขี่ในกรุงเทพฯ

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้เริ่มทำการสำรวจและคำนวณอัตราสิ้นเปลืองของจักรยานยนต์ไฟฟ้าโดยทำการเก็บข้อมูลอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าหลังจากการวิ่งในสถานะแวดล้อมและเส้นทางที่ต่างกัน เพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองระบบขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า และเปรียบเทียบกับอัตราสิ้นเปลืองกับรถยนต์เผาไหม้ภายในทั่วไป

ข้อมูลเส้นทางจะถูกเก็บโดยระบบติดตามรถ GPS ซึ่งสามารถระบุได้ทั้งตำแหน่งรถ ความเร็วเฉลี่ย เส้นทางตั้งแต่ออกจนกระทั่งกลับมาที่เดิมดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ สามารถนำมาคำนวณเพื่อ

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเส้นทางที่ต่างกัน จากการเก็บข้อมูลทดสอบรถหลาย ๆ ครั้งในเส้นทางในเขตเมืองของกรุงเทพฯ จะพบว่าความเร็วเฉลี่ยของรถนั้นอยู่ในช่วง 13 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งงานวิจัยอื่น ๆ ได้เก็บข้อมูลความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 15 -17 กิโลเมตรต่อชั่วโมง[11],[12] การเก็บข้อมูลความเร็วของรถในขณะขับขึ้นเนิน เส้นทางที่ขับทดสอบนั้นเริ่มต้นจากร้านสะดวกซื้อในซอยร่วมพัฒนา ส่งกระจายสินค้า ซึ่งน้ำหนักไม่เกิน 30 กิโลกรัมสู่ลูกค้าในละแวกไม่เกินรัศมี 5 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4: การเก็บข้อมูลจาก GPS ซึ่งจะประกอบไปด้วย ระยะทาง เวลา และ ความเร็ว

สำหรับงานวิจัยนี้ Driving Cycle จะได้จากการขับทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น C-Lion Acid ซึ่งเป็นจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่มีระบบขับเคลื่อนเป็นมอเตอร์ขนาด 2000 วัตต์ ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 60 km/h และ 70 km/h ในโหมดปกติและโหมดเทอร์โบตามลำดับ ตัวมอเตอร์ติดตั้งอยู่กับตัวล้อหลัง ไม่มีสายพานหรือโซ่สำหรับขับเคลื่อน แบตเตอรี่เป็นประเภท Graphene Lead Acid แรงดันขนาด 72 โวลต์ ความจุ 20 แอมป์ชั่วโมง ซึ่งติดตั้งอยู่กับตัวรถไม่สามารถถอดเปลี่ยนทำการ swap แบตเตอรี่ได้ ใช้ระบบดิสก์เบรกซึ่งไม่มีระบบ Regenerative สำหรับปั่นไฟกลับเข้าตัวแบตเตอรี่ น้ำหนักรถจะอยู่ 70 กิโลกรัม ซึ่งคนขับจะน้ำหนักใกล้เคียงกับตัวรถเช่นกันคืออยู่ที่ 70 กิโลกรัม



รูปที่ 5: รถจักรยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น C-Lion Acid

การวัดและคำนวณอัตราสิ้นเปลืองจะทำจากข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ซึ่งเก็บจากการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าหลังจากการวิ่งรอบงานจนกระทั่งแบตเตอรี่เหลือน้อยไม่เพียงพอต่อการวิ่งรอบต่อไปได้ ข้อมูลที่ได้จาก power meter ซึ่งเก็บข้อมูลการกินไฟฟ้าของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้จากไฟบ้านขนาด 220 โวลต์ วัดความละเอียดได้เป็นหน่วยวัตต์ชั่วโมง ซึ่งจะเก็บควบคู่ไปกับข้อมูลจาก GPS เพื่อจะนำมาคำนวณเป็นอัตราสิ้นเปลืองโดยใช้อัตราสิ้นเปลืองเป็นหน่วยไฟฟ้าคือ วัตต์ชั่วโมง/กิโลเมตร หรือเป็นจำนวนเงิน/กิโลเมตร

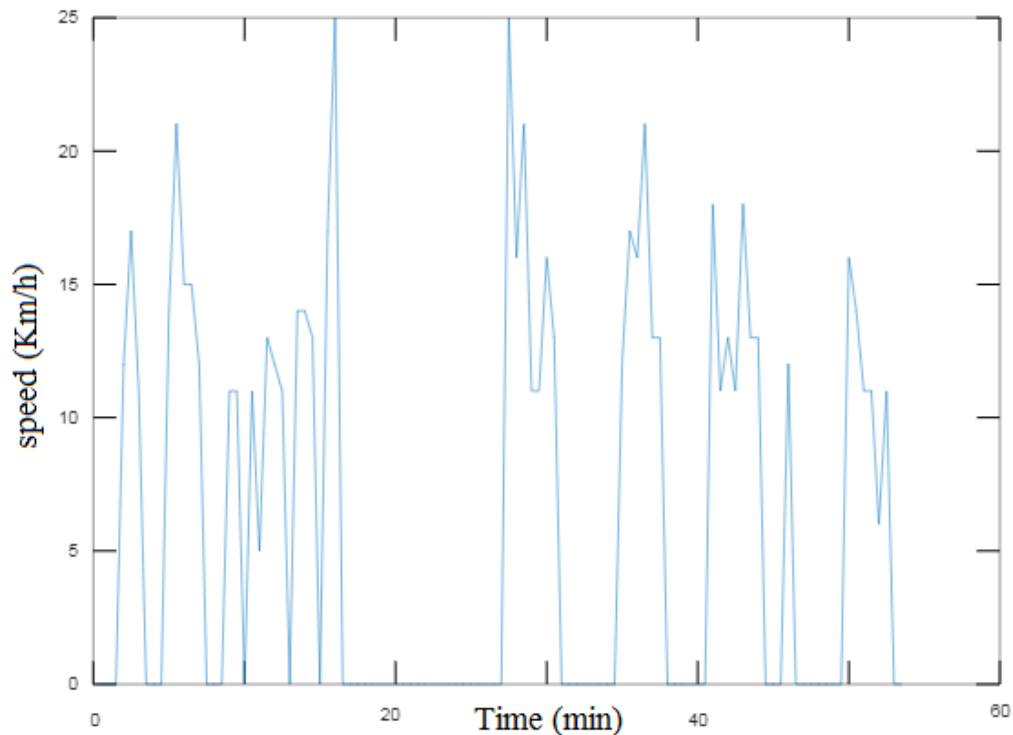


รูปที่ 6: Power meter ที่ใช้เก็บค่าสิ้นเปลืองพลังงานเมื่อมีการชาร์จแบตเตอรี่

ผลการวิจัย

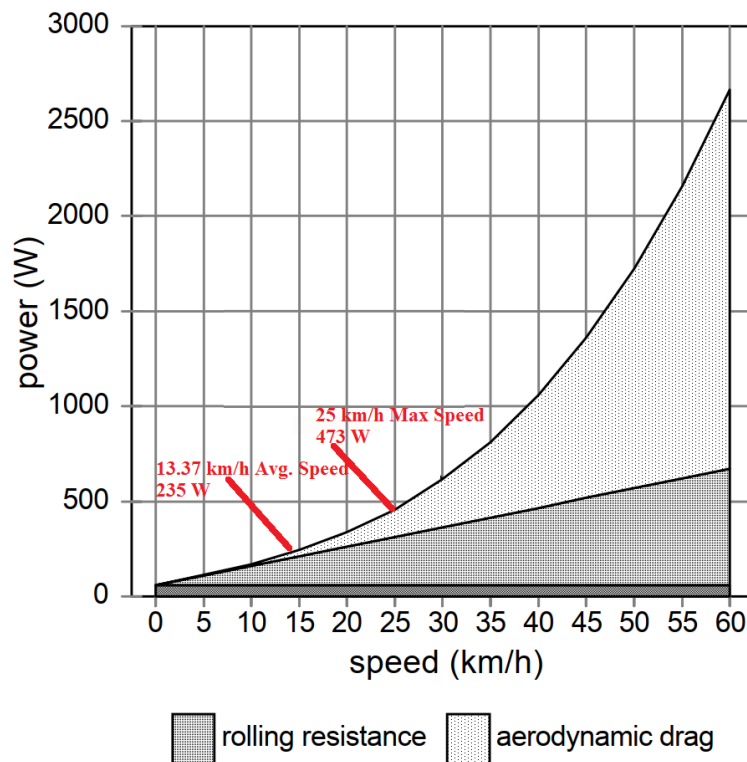
การเก็บข้อมูลจาก GPS ที่กล่าวไว้ในวิธีการดำเนินการวิจัยข้างต้น เมื่อข้อมูลตัวอย่างนำมาพล็อตกราฟที่แสดงในรูปที่ 6 เมื่อพิจารณาเวลาการวิ่ง Driving Cycle ของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีอัตราเร็วเฉลี่ย

13.37 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีความเร็วสูงสุด 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และคิดเป็นระยะขับขึ้นที่ทั้งสิ้น 1.8 กิโลเมตร ภายในระยะเวลา 60 นาที ซึ่งมีระยะเวลาที่รถจอดอยู่กับที่เพื่อส่งของ 20 นาทีโดยประมาณ



รูปที่ 7: Driving cycle ภายในระยะเวลา 60 นาที เมื่อพิจารณาประกอบกับความเร็ว

เนื่องจากได้ข้อมูลความเร็วในเบื้องต้นไว้ว่ารถวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 25 km/h และเฉลี่ยที่ 13.37 km/h ดังนั้นเมื่อคำนวณกำลังสูงสุดของมอเตอร์ตามสมการที่กล่าวไว้ในส่วนที่แล้ว ซึ่งจากพื้นที่ที่ใช้ทดสอบเป็นแนวราบซะส่วนมาก เราจะนำแค่ส่วนของ Rolling Resistance และ Aerodynamic Drag โดยไม่นำแรงต้านที่เกิดจากความชันเข้ามาคำนวณ จะได้ว่า Roadload power ที่ความเร็วสูงสุด 473 W และ 235 W ตามลำดับ ซึ่งรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ มีกำลังมอเตอร์ที่เพียงพอกับการเอาชนะแรงต้านดังกล่าวตามที่คำนวณดังแสดงในรูปที่ 8

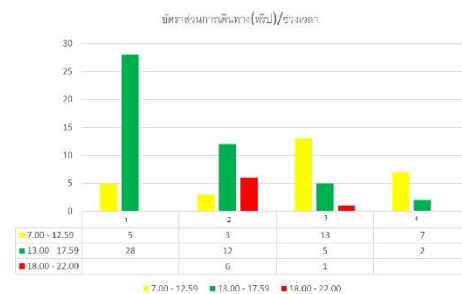
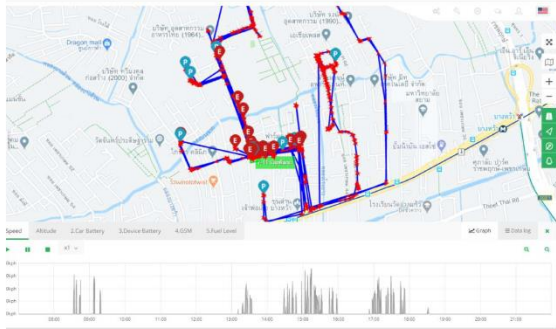


รูปที่ 8: แรงต้านที่เกิดขึ้นจาก Rolling Resistance และ Aerodynamic Drag

ซึ่งหลังจากเราได้ Driving Cycle และ Roadload Power แล้วขั้นตอนถัดไปคือการคำนวณหาอัตราการใช้พลังงานของจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้ทดลองซึ่งมีมอเตอร์ขนาด 2000 วัตต์ แรงดันขนาด 72 โวลต์ ใช้กับแบตเตอรี่ที่มีความจุ 20 แอมป์ชั่วโมง โดยที่อัตราเร็วเฉลี่ย 13.37 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มอเตอร์จะใช้กระแสไฟที่ 5.2 แอมป์ กำลังไฟ 380 วัตต์ ซึ่งหลังจากนำ Rolling Resistance และ Aerodynamic Drag เข้าคำนวณแรงต้านจะทำให้มีอัตราสิ้นเปลือง 46.2 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลเมตร

ขั้นตอนถัดไปคือการนำผลทดลองที่ได้จากการเก็บข้อมูลอัตราการใช้พลังงานจาก Power Meter โดยนำมาประกอบกับข้อมูลการเดินรถที่ได้จาก GPS ซึ่งจะเก็บเวลา ระยะทางที่ใช้ไฟซึ่งจะทำให้การเก็บเมื่อมีการชาร์จแบตเตอรี่เสร็จแต่ละรอบ

ลำดับ	รวมระยะทางวิ่ง(km)	การใช้ไฟรวม (kWh)	จำนวนทริป	รวมเวลาวิ่ง (ชม:นาท)	รวมเวลาหยุดเดินเบา (ชม:นาท)	รวมเวลาจอดค้นเครื่อง ที่ใช้งาน (ชม:นาท)
1	18.2	0.801	33	1 ชั่วโมง 8 นาที	1 ชั่วโมง 2 นาที	1 ชั่วโมง 15 นาที
2	14.29	0.629	21	45 นาที	29 นาที	3 ชั่วโมง 25 นาที
3	10.35	0.455	19	40 นาที	23 นาที	21 นาที
4	8.19	0.360	9	24 นาที	15 นาที	1 ชั่วโมง 11 นาที



รูปที่ 9: ข้อมูลที่ได้จาก GPS ประกอบกับข้อมูลจาก Power meter

ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการผลการทดลองคืออัตราการใช้ไฟฟ้าทั้งสิ้นในตลอดเวลาการทดลอง 2 เดือนต่อระยะทางที่เดินทางทั้งหมด เพื่อหาค่าเฉลี่ยของอัตราสิ้นเปลือง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 44 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลเมตร

จากผลการทดลองอัตราสิ้นเปลืองที่ได้ 44 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลเมตร และค่าที่ได้จากการคำนวณคือ 46.2 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลเมตรจะเห็นได้ว่ายังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ 2.2 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลเมตรซึ่งคิดได้เป็นสัดส่วน 5 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบการใช้รถจักรยานยนต์พลังงานไฟฟ้าในครั้งนี้ เราได้ทราบถึงอัตราการสิ้นเปลืองของรถจักรยานยนต์พลังงานไฟฟ้า ทั้งจากการทดสอบวิ่ง (Test Drive) จากการทดสอบในการใช้งานจริง ซึ่งมีค่าอยู่ที่ 44 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลเมตร ซึ่งได้ทำการเก็บค่าโดยละเอียด ทั้งจากการวัดการสิ้นเปลืองจากกระแสไฟฟ้าที่ใช้ รวมไปถึงการเก็บข้อมูลน้ำหนักคนขับ จุดดรอปลินค่าต่อรอบวิ่ง ระยะทาง ความเร็วเฉลี่ยโดยละเอียด รวมไปถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้งานจริง เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์และพัฒนาคำนวณอัตราสิ้นเปลือง ค่าที่ได้จากการคำนวณมีอัตราสิ้นเปลืองอยู่ที่ 46.2 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลเมตร ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 5 เปอร์เซ็นต์

อภิปรายผล/ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยรถจักรยานยนต์พลังงานไฟฟ้าในครั้งนี้ เราได้ทราบถึงความแตกต่างระหว่างระหว่างอัตราสิ้นเปลืองที่ได้จากการคำนวณและการเก็บค่าจากการใช้งานจริง ซึ่งจะเห็นได้ว่ายังคงมีความคลาดเคลื่อนอยู่ การนำโมเดลคณิตศาสตร์มาใช้กับแบตเตอรี่จะช่วยพัฒนาความแม่นยำในการคำนวณมากขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้ตัว

แบตเตอรี่ติดมากับตัวรถทำให้ไม่สามารถวัดค่าเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ ซึ่งการนำแบตเตอรี่มาทดสอบ
ด้วยจะช่วยให้หาค่าอัตราสิ้นเปลืองได้แม่นยำยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kempton, W., and Kubo, T. Electric-drive vehicles for peak power in Japan. *Energy Policy*, 28, 1, (January 2000) : 9-18.
- [2] Energy Efficiency & Renewable Energy, U.S. Department of Energy (2011). *Comparison of Fuel Cell Technologies*, URL: <http://www1.eere.energy.gov>, accessed on 25 August 2011.
- [3] International Energy Agency (IEA) (2010). *Energy Technology Perspective 2010: Scenarios & Strategies to 2050*, IEA Publications, Paris, France, July, pp. 639.
- [4] Koprubasi, K., B.S., and M.S. *Modeling and control of a hybrid- electric vehicle for drivability and fuel economy improvements*. Dissertation, The Ohio State University, 2008
- [5] Thomas, C. E. (2009). Fuel Cell and Battery Electric Vehicles Compared, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 34(15), pp. 6005-6020.
- [6] Gao, D.W., Mi, Ch., and Snadi, A. *Modeling and Simulation of Electric and Hybrid Vehicles*. IEEE, 95, 4, (April 2007).
- [7] Wipke, K.B., Cuddy, M.R., and Burch, S.D. ADVISOR :2.1 *A user-friendly advanced powertrain simulation using a combined backward/forward approach*. IEEE Transaction on Vehicular Technology, 48, 6, (November 1999):1751-1761.
- [8] Markel, T., et al. Advisor: *A system analysis tool for advanced Vehicle Modeling*. Journal of Power Sources, 110, 2, (August 2002): 255-266.
- [9] Amrhein, M. *Dynamic simulation for analysis of hybrid electric vehicle system and subsystem interactions, including power electronics*. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 54, 3, (May 2005).
- [10] Smith, R., Shahidienejad, S., Blair, D., and Bibeau, E.L. *Characterization of urban commuter driving profiles to optimize battery size in light-duty plug-in electric vehicles*. Transportation Research Part D, 16 (2011) : 218-224.



- [11] Tamsanya, S., Chungpaibulpaattana, S., and Atthajariyakul, S. *Development of automobile Bangkok driving cycle for emission and fuel consumption assessment*. International conference "Sustainable Energy and Environment, 10, .264-251 :(2009) 2
- [12] Tamsanya, S., Chungpaibulpaattana, S., and Limmeechokchai, B. *Development of a driving cycle for the measurement of fuel consumption and exhaust emissions of automobiles in bangkok during peak periods*. International Journal of Automotive Technology, 10, 2, (2009) : 251-264.

การประมาณค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ของนักศึกษาใน ศตวรรษที่ 21 ด้วยตัวแบบถดถอยเชิงพหุคูณ

ESTIMATION LEARNING ACHIEVEMENT FOR 21ST CENTURY STUDENTS IN THE LINGUISTICS AND SOCIAL SCIENCES SUBJECT GROUPS WITH A MULTIPLE LINEAR REGRESSION MODEL

สิทธิกรณ คัมรอด^{1*}, กิตติพงษ์ ศรีแซไตร,² พัชรภา อินทพรต², ณิตดานี ธัญพรศิริณ²
Sittikorn Khamrod^{1*}, Kittipong Srikhaetai², Patchrapa Intaprot², Nitdanee Tanyapornhirun²

^{1,2} สำนักการศึกษาทั่วไป สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

General Education, Panyapiwat Institute of Management

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

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย 8 ตัวแปรที่มีผลได้แก่ ผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หรือประกาศนียบัตรวิชาชีพ (x_1) ผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ขณะที่กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษา (x_2) ค่าใช้จ่ายเพื่อการศึกษาของนักศึกษาต่อเดือน (x_4) ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทบทวนบทเรียน (x_5) เจตคติของนักศึกษาต่อการเรียนการสอน (x_6) พฤติกรรมของนักศึกษาต่อการเรียนการสอน (x_7) เทคนิคการสอนของอาจารย์ผู้สอน (x_8) และกิจกรรมการเรียนการสอน (x_9) ทำให้ได้สมการถดถอยเชิงพหุคูณสำหรับประมาณผลสัมฤทธิ์การเรียนของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ คือ $\hat{y} = 4.497x_1 + 3.989x_2 + 0.0005376x_4 - 0.0005345x_5 + 10.111x_6 + 3.556x_7 + 4.293x_8 - 7.107x_9$ จากสมการถดถอยมีค่าความคาดเคลื่อน (S) เท่ากับ 7.678 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับค่าแล้ว (R_{adj}^2) เท่ากับ 41.60 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 43.20

คำสำคัญ: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ศตวรรษที่ 21 ตัวแบบถดถอยเชิงพหุคูณ

ABSTRACT

The purpose of this research aimed to study the effects on learning achievement for 21st century students in the linguistics and social sciences subject groups. As the result, eight factors were affecting the learning achievement for 21st century students, including the high

school grade point average (x_1), the average academic grade while studying in university (x_2), the average cost of students per month (x_4), the average time duration in reviewing lessons (x_5), the attitude of students for learning (x_6), the behavior of students for learning (x_7), the teaching techniques of teachers (x_8) and learning activities (x_9). The multiple linear regression equation for predicting of the learning achievement for 21st century students was

$\hat{y} = 4.497x_1 + 3.989x_2 + 0.0005376x_4 - 0.0005345x_5 + 10.111x_6 + 3.556x_7 + 4.293x_8 - 7.107x_9$, with the standard derivation of 7.678, adjusted coefficient of the determinant of 41.60, and coefficient of determinant with the percentage of 43.20.

Keywords: Learning Achievement, 21st Century, Multiple Linear Regression Model

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 โลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุก ๆ ด้าน อาทิเช่น ด้านการเมือง เศรษฐกิจ สังคม การดำเนินชีวิต การศึกษา รวมถึงความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาหลักสูตร ที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (The 21st century learning) และวิธีการสอนควบคู่ไปพร้อมกับการพัฒนาทักษะใหม่ ๆ ที่เรียกว่า ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (The 21st century skill) ซึ่งหมายถึง กลุ่มความรู้ ทักษะ และนิสัยการทำงาน ที่เชื่อว่ามีค่าสำคัญและมีผลต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ตลอดชีวิต (สฤตเฉลิม ศัสตราภักษ์; 2560) โดยทักษะดังกล่าวได้รับการนำเสนอโดยภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21st Century Skills) ซึ่งมีที่มาจากหนังสือ 21st Century Skills : Learning for Life in Our Times (2009) เขียนโดย Bernie Trilling และ Charles Fadel ได้นำเสนอสมการ “3R x 7C” ขึ้น ซึ่ง วิจารณ์ พาณิช (2556) ได้เพิ่มเติม 2L เข้าไปด้วย โดย 3R หรือ ทักษะการเรียนรู้หนังสือ 3 ประการ ได้แก่ (1) Reading (ทักษะการอ่าน), (2) Writing (‘Riting-ทักษะเขียน) และ (3) Arithmetic (Rithmetic-ทักษะเลขคณิต) ส่วน 7C หรือทักษะใหม่ 7 ด้าน ดังนี้ (1) Critical Thinking and Problem Solving (การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา) (2) Communications, Information and Media Literacy (การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ) (3) Collaboration, Teamwork and Leadership (ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ) (4) Creativity and Innovation (การสร้างสรรค์และนวัตกรรม) (5) Computing and ICT Literacy (คอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร) (6) Career and Learning Self-Reliance (การทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเอง) (7) Cross-Cultural Understanding (ความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์) (8) Change (ทักษะการเปลี่ยนแปลง) และ 2L คือ Learning skills (ทักษะการเรียนรู้) และ Leadership skills (ภาวะผู้นำ) โดยความแตกต่างระหว่างการศึกษาในศตวรรษที่ 20 กับการศึกษาในศตวรรษที่ 21 นั้นสถาบันการศึกษาต้องใช้ “สมการ 3R x 8C x 2L” เป็นตัวขับเคลื่อน และสิ่งที่มีผลต่อการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 คือการเปลี่ยนแปลงรูปแบบห้องเรียนแบบดั้งเดิม

(Traditional classroom) มาสู่ห้องเรียนสมัยใหม่ (Modern classroom) ซึ่งลักษณะสำคัญคือ บทบาทของครูอาจารย์จะเปลี่ยนไปจากเดิมที่เคยเป็น “ผู้สื่อสารทางเดียว” สู่การสอนที่เอื้อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ด้วยกระบวนการเรียนรู้ใหม่ ๆ เพื่อที่ต้องการให้ผู้เรียนมีแรงบันดาลใจในการเรียนมากยิ่งขึ้น มีความสุขกับการเรียนมากยิ่งขึ้นด้วยรูปแบบของหลักการเรียนการสอนที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม (รุ่ง แก้วแดง, 2540) รวมถึงผู้เรียนต้องฝึกตั้งคำถาม ทำความเข้าใจ และหาคำตอบด้วยตัวเอง ซึ่งเรียกว่า Open learning คือ คำถามที่ไม่มีคำตอบแบบตายตัว เป็นการฝึกให้ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และบ่มเพาะทักษะการคิดแบบลึกซึ้ง เพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของโลกยุคปัจจุบัน (วิจารณ์ พานิช, 2555) โดยรูปแบบการศึกษาในศตวรรษที่ 21 นี้ สำหรับผู้เรียนในยุคสมัยนี้ เป็นยุคการศึกษาที่มาพร้อมกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ และเป็นการสื่อสารผ่านหน้าจอมือถือ หรือ application ต่าง ๆ ที่เข้ามาแทนที่การพูดคุย หากผู้เรียนและผู้สอนมีความเข้าใจ และมีพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมมาปรับใช้กับการเรียนการสอน อาทิเช่น การนำเทคโนโลยีและสื่อดิจิทัล (Digital) มาเป็นองค์ประกอบสำหรับการเรียน การเรียนที่บ้าน (Home) โดยเรียนผ่านสื่อออนไลน์ต่าง ๆ รวมถึงการเรียนการสอนที่เน้นฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกว่าการท่องจำ (วันเพ็ญ และณมน; 2560) ซึ่งการเรียนที่เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหามากกว่าการท่องจำ เป็นลักษณะการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) เป็นการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรม การลงมือปฏิบัติจริง การมีปฏิสัมพันธ์และการโต้ตอบสื่อสารที่ทำให้ได้คำตอบจากการเรียนรู้ในทันที ซึ่งทำให้ผู้เรียนมีความสนใจการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง และได้รับความรู้ใหม่ ๆ มากขึ้น

ในการวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ของการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยขึ้นพื้นฐานที่ส่งผลต่อการเรียนการสอนในยุคในศตวรรษที่ 21 ที่มีรูปแบบการเรียนการสอนเน้นการฝึกปฏิบัติมากกว่าการฟังอย่างเดียว (Active leaning) (เดชดนัย จุ้ยชุม และคณะ, 2559) โดยเฉพาะทักษะการใช้ชีวิตในสังคม ที่ผู้เรียนต้องมีการปรับตัวให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่มาพร้อมกับเทคโนโลยี ดังนั้นเพื่อให้เกิดประสิทธิผลทางการเรียน ผู้วิจัยจึงศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนานักศึกษาให้มีความรู้ ความสามารถตามศักยภาพของตนเองในการดำรงชีวิตและการอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลสัมฤทธิ์การเรียนของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์
2. เพื่อสร้างสมการสำหรับพยากรณ์จากปัจจัยที่ส่งผลสัมฤทธิ์การเรียนของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์
3. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการจัดการเรียนการสอน

ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ สร้างสมการสำหรับพยากรณ์จากปัจจัยที่ส่งผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ และเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการจัดการเรียนการสอนของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21

ประชากร

งานวิจัยครั้งนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ผู้สอนของสถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล และเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามเกี่ยวกับตัวแปรที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2561 จำนวนทุกกลุ่มวิชาละ 3,255 คน ของสถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ กลุ่มนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์จำนวน 1,027 คน จากการคำนวณโดยใช้สูตร Yamane (1967) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 288 คน

กรอบแนวคิดความคิดในงานวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำมากำหนดตัวแปรอิสระ (Independent variable) และตัวแปรตาม (Dependent variable) ปรากฏดังกรอบแนวคิดดังนี้

ตัวแปรต้น

1. ผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ประกาศนียบัตรวิชาชีพ
2. ผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ขณะที่กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษา
3. รายได้เฉลี่ยของนักศึกษาที่ได้รับต่อเดือน
4. ค่าใช้จ่ายเพื่อการศึกษาของนักศึกษาต่อเดือน
5. ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทบทวนบทเรียน
6. เจตคติของนักศึกษาต่อการเรียนการสอน
7. พฤติกรรมของนักศึกษาต่อการเรียนการสอน
8. เทคนิคการสอนของอาจารย์ผู้สอน
9. กิจกรรมการเรียนการสอน
10. การพัฒนาศักยภาพนักศึกษา

ตัวแปรตาม

ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยเรื่อง การประมาณค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ ของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 ด้วยตัวแบบถดถอยเชิงพหุคูณ เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลสัมฤทธิ์การเรียน สร้างสมการ สำหรับพยากรณ์จากปัจจัยที่ส่งผลสัมฤทธิ์การเรียน และเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการจัดการเรียน การสอนของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21

คณะผู้วิจัยได้ทำแผนดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนและวิธีการศึกษา เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตาม วัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ระดับ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ขณะที่กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษา รายได้เฉลี่ยของนักศึกษาที่ได้รับต่อเดือน ค่าใช้จ่ายเพื่อการศึกษาของนักศึกษาต่อเดือนระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ใน การทบทวนบทเรียน เจตคติของนักศึกษาต่อการเรียนการสอน พฤติกรรมของนักศึกษาต่อการเรียนการสอน เทคนิคการสอนของอาจารย์ผู้สอน กิจกรรมการเรียนการสอน และการพัฒนาศักยภาพนักศึกษา เพื่อเป็น แนวทาง กรอบแนวคิด หลักการและกระบวนการเพื่อการวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 สร้างเครื่องมือและให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสอบถาม และตรวจสอบความถูกต้องของ เนื้อหาของเครื่องมือในการทำวิจัย หลังจากนั้นผู้วิจัยจัดทำเครื่องมือแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ตาม ข้อเสนอแนะและคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 3 คณะผู้วิจัยวางแผนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยจากกลุ่มตัวอย่าง และกำหนดวิธี วิเคราะห์ข้อมูลพร้อมการแปลผลข้อมูล

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินตามแผนในขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 3 โดยนำแผนปฏิบัติงาน ไปปฏิบัติจริง และติดตามการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามแผน

ขั้นตอนที่ 5 จากการดำเนินการตามแผนในขั้นตอนที่ 4 ที่กล่าวในข้างต้น คณะผู้วิจัยปฏิบัติตาม ขั้นตอนดังกล่าวโดยในส่วนของขั้นตอนที่ 2 – 4 คณะผู้วิจัยได้วางแผนการดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- 5.1 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 5.2 การสร้างเครื่องมือและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัย

ผลงานวิจัยกลุ่มตัวอย่างของนักศึกษาที่ตอบแบบสอบถามจำนวน 288 คน โดยคณะผู้วิจัยวิเคราะห์ ข้อมูลค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนกลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และ สังคมศาสตร์ พบว่า ผลการเรียนเฉลี่ยระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (GPAX) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.078 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.414 คะแนน ผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ขณะที่กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษา

เฉลี่ยเท่ากับ 3.281 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.425 คะแนน รายได้เฉลี่ยของนักศึกษาและค่าใช้จ่ายเพื่อการศึกษาโดยเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 12,840.24 บาท และ 8,755.63 บาท มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4,287.00 บาท และ 4,124.34 บาท ตามลำดับ โดยผู้ตอบแบบสอบถามใช้ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทบทวนบทเรียนประมาณ 3 ชั่วโมง 50 นาทีต่อสัปดาห์ มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานประมาณ 2 ชั่วโมง 12 นาทีต่อสัปดาห์ ด้านเจตคติที่มีต่อการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.761 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.234 คะแนน ด้านพฤติกรรมการเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.514 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.327 คะแนน ด้านเทคนิคการสอนของอาจารย์ผู้สอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.556 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.305 คะแนน ด้านกิจกรรมการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.193 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.192 คะแนน และด้านการพัฒนาศักยภาพนักศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.338 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.038 คะแนน

ในการศึกษาตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) คณะผู้วิจัยศึกษาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ (y) กับตัวแปรอิสระ 10 ตัว ได้แก่ ผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพ (x_1) ผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ขณะที่กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษา (x_2) รายได้เฉลี่ยของนักศึกษาที่ได้รับต่อเดือน (x_3) ค่าใช้จ่ายเพื่อการศึกษาของนักศึกษาต่อเดือน (x_4) ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทบทวนบทเรียน (x_5) เจตคติของนักศึกษาต่อการเรียนการสอน (x_6) พฤติกรรมของนักศึกษาต่อการเรียนการสอน (x_7) เทคนิคการสอนของอาจารย์ผู้สอน (x_8) กิจกรรมการเรียนการสอน (x_9) และการพัฒนาศักยภาพนักศึกษา (x_{10}) โดยใช้วิธีการคัดเลือกสมการถดถอยจะใช้เซตย่อยที่ดีที่สุด (Best subsets) เพื่อหาสมการที่จะใช้ในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ที่ดีที่สุด ซึ่งคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณที่มีตัวแปรตาม y และตัวแปรอิสระทั้งหมด 10 ตัว ดังนั้น ตัวแบบการถดถอย คือ

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{10} \beta_i x_i + \varepsilon \quad (1)$$

เมื่อ β_i แทนสัมประสิทธิ์การถดถอย เมื่อ $i = 1, 2, \dots, 10$ และ ε แทนความคลาดเคลื่อนของตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

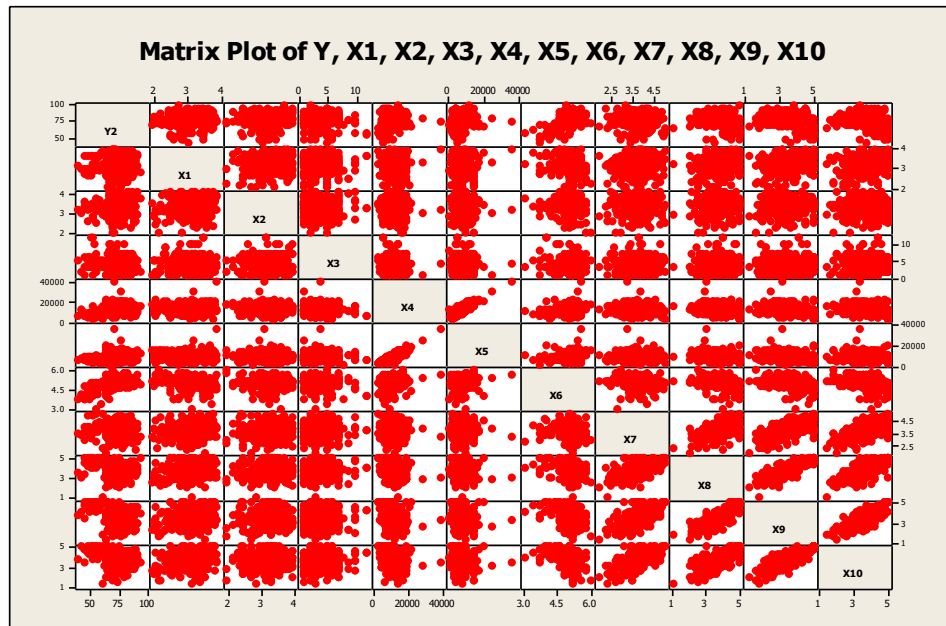
จากตัวแบบการถดถอยจะได้สมการถดถอยสำหรับพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ โดยใช้วิธีการประมาณค่ากำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Estimation)

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^{10} b_i x_i \quad (2)$$

เมื่อ b_i แทนสัมประสิทธิ์การถดถอย เมื่อ $i = 1, 2, \dots, 10$

คณะผู้วิจัยนำตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมาสร้างแผนภาพการกระจายแสดงดังภาพที่ 1 พบว่ามีลักษณะการกระจายของจุดมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง (Linear) และความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรอิสระ

ด้วยกัน พบว่า x_4 กับ x_5 และ x_8 , x_9 และ x_{10} มีลักษณะการกระจายของจุดที่อาจจะเกิดปัญหาพหุสัมพันธ์ (Multicollinearity) โดยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระแสดงผลดังตารางที่ 1 พบว่า y มีหลายคู่ที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นสูงกับ x_1 , x_2 , x_4 , x_6 , x_8 , x_9 และ x_{10} มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.125, 0.134, 0.184, 0.496, -0.158, -0.348 และ -0.219 ตามลำดับ



ภาพที่ 1: แผนภาพแสดงลักษณะการกระจายระหว่างตัวแปรตาม y และตัวแปรอิสระ

ตารางที่ 1: สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระ

ตัวแปร	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	0.125*									
x_2	0.134*	0.112								
x_3	-0.099	0.006	0.048							
x_4	0.184**	0.007	-0.060	-0.019						
x_5	0.062	0.014	-0.008	-0.028	0.860**					
x_6	0.496**	-0.168**	-0.077	-0.103	0.233	0.133				
x_7	-0.014	0.121*	0.036	0.047	-0.051	-0.013	-0.131*			
x_8	-0.158**	0.206**	0.093	0.124	-0.238**	-0.155**	-0.322**	0.597**		
x_9	-0.348**	0.161**	0.069	0.060	-0.209**	-0.103	-0.382**	0.622**	0.825**	
x_{10}	-0.219**	0.199**	0.057	0.053	-0.194	-0.115	-0.358**	0.640**	0.736**	0.816**

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

งานวิจัยนี้จะใช้วิธีการเลือกแบบเซตย่อยที่เป็นไปได้ทั้งหมด (All possible subsets) โดยทำการสร้างสมการถดถอย 2^k สมการ โดยขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรอิสระ k ตัว ในการคัดเลือกสมการถดถอยจะใช้เซตย่อยที่ดีที่สุด (Best subsets regression) เลือกพิจารณาสมการถดถอยใช้ค่า *Mallows C - p* ในการเลือกสมการถดถอย พบว่า สมการถดถอยที่มีตัวแปรอิสระ $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8$ และ x_9 ที่ให้ค่า *Mallows C - p* น้อยที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.2 มีค่าความคลาดเคลื่อน (S) เท่ากับ 7.678 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับค่าแล้ว (R_{adj}^2) เท่ากับ 41.6 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 43.2 ดังนั้นจะได้สมการถดถอยดังสมการ (3)

$$\hat{y} = 4.497x_1 + 3.989x_2 + 0.0005376x_4 - 0.0005345x_5 + 10.111x_6 + 3.556x_7 + 4.293x_8 - 7.107x_9 \quad (3)$$

จากตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณคณะผู้วิจัยได้ตรวจสอบข้อสมมุติ สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ด้วยวิธีการประมาณค่ากำลังสองน้อยที่สุดซึ่งมีข้อสมมุติสำหรับค่าความคลาดเคลื่อนดังนี้

1) ตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ โดยพิจารณาจากค่าสถิติแอนเดอร์สัน-ดาร์ริง (Anderson-Darling) (Lewis, 1961) พบว่า ค่าสถิติ AD มีค่าเท่ากับ 0.706 และมีค่า P-value เท่ากับ 0.065 พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

2) ตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน ด้วยทดสอบเดอบิน-วัตสัน (Durbin-Watson Test) (Durbin & Watson, 1951) ในการทดสอบสหสัมพันธ์ในตัว (Autocorrelation) อันดับที่ 1 ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่าค่า Durbin-Watson เท่ากับ 1.72304 เมื่อเทียบกับค่า $dL = 1.65303$ และค่า $dU = 1.79719$ ดังนั้นค่าคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนคงที่ ด้วยการทดสอบ Breusch-Pagan (2005) เมื่อตรวจสอบโดยใช้แบบทดสอบ บรูสช์ พาแกน (Breusch-Pagan Test) ได้ค่าสถิติทดสอบ χ_{BP}^2 มีค่าเท่ากับ 5.1856 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าวิกฤต $\chi_{0.05,(7)}^2$ มีค่าเท่ากับ 14.0671 พบว่าค่าสถิติ จึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

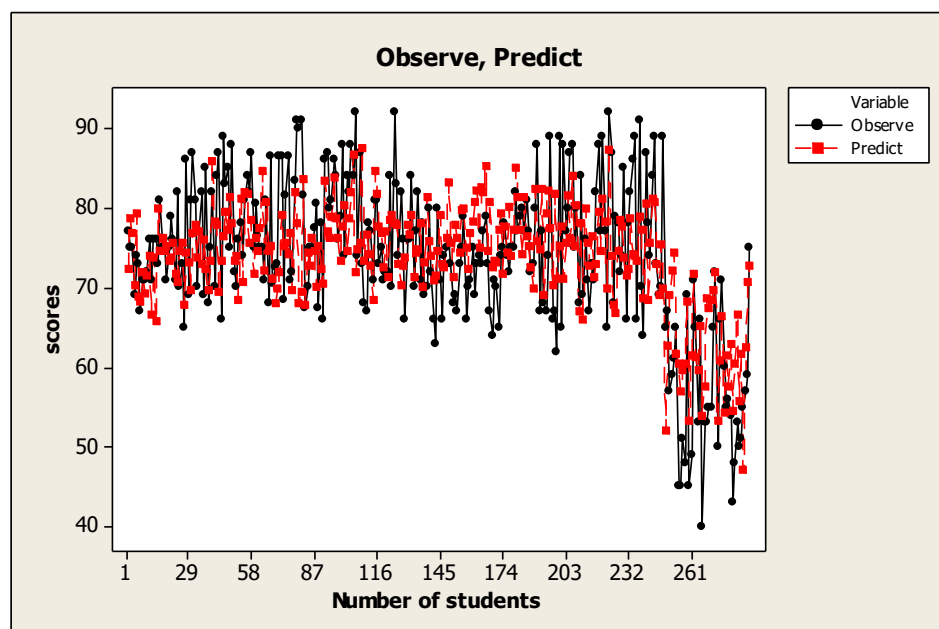
4) ตรวจสอบว่ามี พหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยค่า (Variance Inflation Factor) สำหรับการพิจารณาการเกิดปัญหาการมีพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระนั้นมีเกณฑ์ในการพิจารณาค่าของ คือ แสดงว่าเกิดปัญหาการมีพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระขึ้นเพียงเล็กน้อย แสดงว่าเกิดปัญหาการมีพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระขึ้นปานกลาง และ แสดงว่าเกิดปัญหาการมีพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระขึ้นอย่างรุนแรง (สิทธิกรณ และกิตติพงษ์, 2561) จากตารางที่ 2 พบว่าค่า VIF มีค่าน้อยกว่า 5 จึงไม่เกิดปัญหาพหุสัมพันธ์

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้ได้สมการสำหรับพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ในสมการ (3) นำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์จริงกับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ที่ประมาณขึ้น

ดังภาพที่ 2 พบว่าผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ (y) และค่าพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ ($\hat{y}$) มีความสอดคล้องและไปในทิศทางเดียวกันมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 7.678 คะแนน มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับค่าแล้ว (R^2_{adj}) เท่ากับร้อยละ 41.6 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับร้อยละ 43.2

ตารางที่ 2: แสดงค่า Variance Inflation Factor (VIF)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P -value	VIF
x_1	4.497	1.140	3.940	0.000	1.1
x_2	3.989	1.122	3.550	0.000	1.0
x_4	0.001	0.000	2.530	0.012	4.3
x_5	-0.001	0.000	-2.290	0.023	4.0
x_6	10.111	1.230	8.220	0.000	1.3
x_7	3.556	1.065	3.340	0.001	1.8
x_8	4.293	1.176	3.650	0.000	3.4
x_9	-7.107	1.068	-6.650	0.000	3.7



ภาพที่ 2: กราฟเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์จริงและผลสัมฤทธิ์ที่ประมาณการเรียนรู้ของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21
กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์

สรุปผลการวิจัย

ผลศึกษาตัวแบบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 กลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ ได้แก่ ผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพ (x_1) ผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ขณะที่กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษา (x_2) ค่าใช้จ่ายเพื่อการศึกษาของนักศึกษาต่อเดือน (x_4) ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทบทวนบทเรียน (x_5) เจตคติของนักศึกษาต่อการเรียนการสอน (x_6) พฤติกรรมของนักศึกษาต่อการเรียนการสอน (x_7) เทคนิคการสอนของอาจารย์ผู้สอน (x_8) และกิจกรรมการเรียนการสอน (x_9) ทำให้ได้สมการถดถอยเชิงพหุคูณสำหรับประมาณคะแนนสะสมตลอดภาคการศึกษาของนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 ของกลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ คือ

$$\hat{y} = 4.497x_1 + 3.989x_2 + 0.0005376x_4 - 0.0005345x_5 + 10.111x_6 + 3.556x_7 + 4.293x_8 - 7.107x_9$$

สมการถดถอยมีค่าความคาดเคลื่อน (S) เท่ากับ 7.678 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับค่าแล้ว (R_{adj}^2) เท่ากับ 41.60 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 43.20

อภิปรายผล

ตัวแบบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ สำหรับนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย ผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ขณะที่กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษา ค่าใช้จ่ายเพื่อการศึกษาของนักศึกษาต่อเดือน ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทบทวนบทเรียน เจตคติของนักศึกษาต่อการเรียนการสอน พฤติกรรมของนักศึกษาต่อการเรียนการสอน เทคนิคการสอนของอาจารย์ผู้สอน และกิจกรรมการเรียนการสอน อภิปรายผลได้ดังนี้

ผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ประกาศนียบัตรวิชาชีพ และผลการศึกษาเฉลี่ย (GPAX) ขณะที่กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษา สอดคล้องกับงานวิจัยของบัณฑิตา บุญพาวัฒนา และ อัญรัตน์ วิเชียร (2551) ที่พบว่า ผลการเรียนเฉลี่ยเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 และชั้นปีที่ 4 (หลักสูตร 2 ปี ต่อเนื่อง) คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาและงานวิจัยของ สิทธิกรณ คำนรอดและกิตติพงษ์ ศรีแฉไตร (2561) พบว่า ผลการเรียนเฉลี่ยระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักศึกษาเจนเนอร์เรชันวาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตัวแปรค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของนักศึกษาต่อเดือนสอดคล้องกับณัฐติยาภรณ์ หยกอุบล (2555) ที่พบว่า ปัจจัยด้านเศรษฐกิจของครอบครัวมีอิทธิพลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทบทวนบทเรียนสอดคล้องกับ เจษฎาภรณ์ อันแก้ว และคณะ (2557) พบว่า เวลาที่ใช้ในการศึกษาเพิ่มเติมมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของ

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจังหวัดพิษณุโลก: การวิเคราะห์พระดัตตโดยใช้โมเดลระดับลดหลั่นเชิงเส้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

เจตคติของนักศึกษาต่อการเรียนการสอน เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มรายวิชา ภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ สำหรับนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อ นักศึกษาให้ความสนใจในรายวิชาภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ซึ่งเป็นรายวิชาสอนทักษะการใช้ชีวิต ฝึกให้ เป็นคนมีเหตุผล กล้าแสดงความคิดเห็น เกิดความเชื่อมั่นในตนเองจนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสอดคล้องกับกานดา คำมาก (2558)

สำหรับตัวแปรพฤติกรรมของนักศึกษาต่อการเรียนการสอน เช่น การเตรียมตัว เตรียมอุปกรณ์การเรียน สมุดจดบันทึก การเข้าห้องเรียนอย่างสม่ำเสมอ การปฏิบัติตนในชั้นเรียนต้องทำความเข้าใจหลักการท่องจำ สูตรต่าง ๆ รวมไปถึงการทำบันทึกย่อวิธีคิดหรือสูตรลัด เพื่อไว้ช่วยความจำและเข้าใจง่าย อีกทั้งการทบทวน เนื้อหาที่เรียนมาและฝึกทำแบบฝึกหัดที่ได้รับมอบหมายด้วยตัวเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานของธนวัฒน์ ศรีศิริวัฒน์ (2556) และปนัดดา บุญพาพัฒนาและอัญรัตน์ วิเชียร (2551) พบว่า พฤติกรรมการเรียนที่นักศึกษามีความ ขยันหมั่นเพียร ตั้งใจเข้าเรียนตรงต่อเวลา และศึกษาค้นคว้านอกชั้นเรียน ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

เทคนิคการสอนของอาจารย์ผู้สอน สอดคล้องกับบุศรา เต็มลักษณ์ (2558) ที่พบว่า ปัจจัยที่มี ความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และตัวแปรด้านกิจกรรมการเรียนการสอนมีอิทธิพลต่อคะแนนสะสมตลอดภาคการศึกษาของกลุ่มรายวิชา ภาษาศาสตร์และสังคมศาสตร์ สำหรับนักศึกษาในศตวรรษที่ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เกิด จากอาจารย์ผู้สอนใช้เทคนิคหรือวิธีการสอนที่หลากหลาย จูงใจให้นักศึกษาสนใจ อยากเรียนรู้และติดตามการเรียน รวมถึงอาจารย์ผู้สอนเตรียมเนื้อหาการสอนอย่างเป็นลำดับ มีความต่อเนื่องน่าสนใจ ทันสมัย ครอบคลุม คำอธิบายรายวิชา มีการเชื่อมโยงเนื้อหาภาคทฤษฎีและปฏิบัติเพื่อกระตุ้นให้นักศึกษาได้คิดวิเคราะห์หา ประยุกต์ใช้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับสิริรักษ์ ศรีมรา และรุ่งทิพา หวังเรืองสถิตย์ (2558) พบว่า กิจกรรมการเรียน การสอนให้ผลความพึงพอใจด้านผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63 คะแนน

เอกสารอ้างอิง

กานดา คำมาก. (2558). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาแคลคูลัส 1 ของนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี, 9(1): 83-94.

- เจษฎาภรณ์ อันแก้ว, พัชรารัตน์ มีทรัพย์ และนิคม นาคอ้าย. (2557). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจังหวัดพิษณุโลก: การวิเคราะห์พหุระดับโดยใช้โมเดลระดับลดหลั่นเชิงเส้น (HLM). วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 8(1), 18-36.
- ณัฐติยาภรณ์ หยกอุบล. 2555. ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. วารสารการศึกษาและพัฒนาสังคม, 102-85 : (1)8
- เดชดนัย จัยชุม, เกษรา บ่าวเข้มซอย และศิริกัญญา แก่นทอง. (2559). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องทักษะการคิดของนักศึกษาในรายวิชาทักษะการคิด (Thinking Skills) รหัสวิชา 11-024-112 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ด้วยการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Active Learning). วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 57-47 .(2)3
- ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักศึกษาเจเนอเรชันวาย สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์. วารสารสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, 7(1), 92-103.
- ธนวัฒน์ ศรีศิริวัฒน์. (2556). การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารวิชาการปทุมวัน, 3(7): 23-29.
- บุศรา เต็มลักษณ์. (2558). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 10. 26(3), 26-36.
- ปนัดดา บุญพาพัฒนา, และ อัญรัตน์ วิเชียร. (2551). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 และชั้นปีที่ 4 (หลักสูตร 2 ปี ต่อเนื่อง) คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. นครราชสีมา.
- รุ่ง แก้วแดง. (2540). ปฏิวัติการศึกษาไทย. กรุงเทพฯ: มติชน.
- วันเพ็ญ ผลิต และณมน จีรังสุวรรณ. (2560). การกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียนใน Generation Z ด้วย Gamification. บทความวิชาการ 29(101), 13-22.
- วิจารณ์ พานิช. (2556). การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: มูลนิธิสยามกัมมาจล.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- สิทธิกรณ์ คำรอด และกิตติพงษ์ ศรีแช่ไตร. (2561). ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณสำหรับผลสัมฤทธิ์



- สุดเฉลิม ศัสตราพฤกษ์. (2560). การจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 แบบห้องเรียนกลับด้านเพื่อการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม. วารสารวิทยบริการมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ Academic Services Journal, Prince of Songkla University, 28(1), 100-108.
- Breusch, T. S. & Pagan, A. R. (1979). A Simple Test for Heteroskedasticity and Random Coefficient Variation. *Econometrica*, 47(5), 1287–1294.
- Durbin, J., & Watson, G.S. (1951). Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression II. *Biometrika*, 38(2), 159-177.
- Lewis, P. A. W. (1961). Distribution of the Anderson-Darling Statistic. *The Annals of Mathematical Statistics*, 32(4), 1118-1124.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). 21st century skills: Learning for life in our times. John Wiley & Sons.
- Yamane, Toro. (1973). Statistics: An Introductory Analysis. 3rd ed. Tokyo: Harper International Edition.

การประเมินประสิทธิภาพการบำบัดสารบิสฟีนอล-เอในน้ำชะมูลฝอยด้วยระบบบ่อฝัง:
กรณีศึกษา สถานที่กำจัดขยะเทศบาลนครขอนแก่น, ประเทศไทย

ASSESSMENT THE BISPENOL-A REMOVAL EFFICIENCY IN LANDFILL LEACHATE
BY OXIDATION POND PROCESS: THE CASE STUDY OF KHON KANE MUNICIPAL
LANDFILL, THAILAND

สมคิด ตันแก้ง

Somkid Tangan

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์

Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the royal patronage

Corresponding author, E-mail: Somkid.tan@vru.ac.th

บทคัดย่อ

บิสฟีนอล-เอเป็นสารเคมีที่ถูกใช้ในการกระบวนการผลิตพลาสติก โดยสารบิสฟีนอล-เอเป็นสารรบกวนการทำงานของระบบต่อมไร้ซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนและประสิทธิภาพการบำบัดสารบิสฟีนอล-เอโดยระบบบ่อฝังของสถานที่กำจัดขยะเทศบาลนครขอนแก่นในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการเก็บตัวอย่างน้ำชะขยะก่อนบำบัดและหลังบำบัดจำนวน 2 ครั้งคือ เดือนพฤษภาคม และธันวาคม 2556 และได้นำน้ำชะขยะตัวอย่างมาสกัดสารบิสฟีนอล-เอด้วยวิธีการสกัดบนวัฏภาคของแข็งและนำตัวอย่างที่มีการสกัดแล้วมาวิเคราะห์หาปริมาณสารบิสฟีนอล-เอด้วยเครื่องแยกสารสมรรถนะสูงโดยใช้ของเหลวเป็นตัวพา

ผลการศึกษาปริมาณสารบิสฟีนอล-เอในน้ำชะขยะที่เก็บเดือนพฤษภาคม 2556 น้ำชะขยะก่อนและหลังการบำบัดมีการปนเปื้อนของสารบิสฟีนอล-เอเท่ากับ 0.02 mg/l และ 0.01 mg/l ตามลำดับ และในเดือนธันวาคม 2556 พบว่าในน้ำชะขยะตัวอย่างมีการปนเปื้อนของสารบิสฟีนอล-เอเฉพาะในน้ำชะขยะก่อนบำบัด (0.002 mg/l) เท่านั้น จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ทราบประสิทธิภาพการบำบัดสารบิสฟีนอลเอในน้ำชะขยะด้วยระบบบ่อฝังในเดือนพฤษภาคม 2556 คือ 50% และในเดือนธันวาคม 2556 คือ 100%

คำสำคัญ: บิสฟีนอล-เอ ระบบบำบัดแบบบ่อฝัง น้ำชะขยะมูลฝอย

ABSTRACT

Bisphenol-A (BPA) is one of the chemical compositions in plastic. BPA is considered as an endocrine disruptor substance in human. The objective of this research is to study the

level of contamination of BPA in landfill leachate and to determine the BPA removal efficiency by oxidation pond treatment process at Khon kaen municipal landfill. Influent and effluent leachate samples from landfill site were taken in May and December 2013. BPA in leachate samples were extracted by Solid Phase Extraction and analyzed by High Performance Liquid Chromatography.

From the result, BPA was contaminated in influent leachate (0.02mg/l) and effluent leachate (0.01 mg/l) in May 2013. However, BPA was detected in only influent leachate (0.002 mg/l) in December 2013. BPA removal efficiency of oxidation pond treatment process was 50% in May 2013 and 100% in December 2013.

Keywords: Bisphenol-A Oxidation pond Leachate

บทนำ

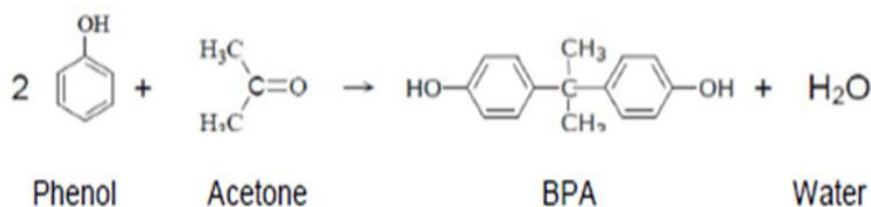
Bisphenol-A (BPA) เป็นสารเคมีที่เลียนแบบฮอร์โมนเอสโตรเจนซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศหญิง และด้วยสมบัติที่เลียนแบบฮอร์โมนเพศหญิงนี้ BPAจึงสามารถทำให้เกิดการเสียสมดุลของฮอร์โมนและรบกวนการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine system) ดังนั้นสาร BPA จึงจัดเป็น Endocrine disruptor chemicals ประเภทหนึ่งนั่นเอง ซึ่งมีผลต่อการควบคุมกระบวนการเมตาบอลิซึมของร่างกายและระบบต่าง ๆ ในร่างกาย และยังส่งผลต่อเนื่องทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสัตว์และมนุษย์ (Aleksandra Konieczna et. al, 2015, pp. 5) ปัจจุบันสาร BPA เป็นสารที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติกหลายชนิด แต่เมื่อพลาสติกเหล่านี้มีการเสื่อมสภาพหรือหมดอายุการใช้งาน ก็จะกลายเป็นขยะมูลฝอยที่ต้องนำไปกำจัด ซึ่งวิธีการกำจัดมูลฝอยที่นิยมใช้กันทั่วไปคือการฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล (Sanitary landfill) เนื่องจากเป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการถูกกว่าวิธีอื่น (กรมควบคุมมลพิษ, 2552, หน้า 12) เมื่อนำขยะมูลฝอยที่นำไปฝังกลบในหลุมฝังกลบ จะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลาย ทำให้มีน้ำชะขยะมูลฝอย (leachate) ออกมา (Safaa M. Raghab, et. al, 2013, pp. 187) ในน้ำชะขยะมูลฝอยนี้ประกอบไปด้วยสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในขยะละลายอยู่ และสาร BPA ก็เป็นสารเคมีอย่างหนึ่งที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำชะขยะมูลฝอยด้วย (Su-Yun Xu, et. al., 2011, pp. 1269) ดังนั้นจึงมีเหตุผลและมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาวิจัยเพื่อทราบถึงภาวะการปนเปื้อนของสาร BPA ในน้ำชะขยะมูลฝอย ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำคัญที่จะชี้ให้เห็นถึงความเสี่ยง ตลอดจนอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน หากมีการแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม

บททวนวรรณกรรม

Bisphenol-A

สาร Bisphenol – A (BPA) เกิดจากปฏิกิริยาเคมีด้วยวิธีการควบแน่นของสาร phenol กับ acetone

ภายใต้ pH ที่ต่ำ (กรด) และอุณหภูมิสูง (250°-300° C) โดยมีกรดเกลือ (HCl) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Azam Rahimi, and Satwa Farhangzadeh, 2000, pp. 30)



ภาพที่ 1: ปฏิกิริยาเคมีในการผลิตBisphenol-A

ที่มา: (Ibrahim Altuwair, 2018, pp. 72)

ในปี 1993-1996 มีการเพิ่มอัตราการผลิตสาร Bisphenol-A (BPA) มากกว่า 11.6% ต่อปีและคาดว่าจะมีอัตราการผลิตที่สูงขึ้นในทุก ๆ ปีประมาณ 7.6% ในช่วง 1996-2001 สาร BPA จะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต polycarbonate, epoxy resin และ polyester resin (C.P. Groshart, et. al., 2001, pp. 18)

ยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์กลุ่ม polycarbonate จะนิยมนำมาใช้ทำเป็นเครื่องอุปโภคบริโภคที่มีคุณสมบัติคือมีความแข็งแรงและใส เช่น ภาชนะบรรจุน้ำ, แผ่นซีดี และขวดนมเด็ก เป็นต้น (ยุภาพร อำนาจ, 2561, หน้า 1718)

การปนเปื้อนของสาร BPA จะพบอย่างกว้างขวางในสิ่งแวดล้อม เช่น ในแหล่งน้ำ, ในดินและตะกอนใต้ท้องน้ำ และบรรยากาศ แต่จะพบการปนเปื้อนสาร BPA มากได้ในน้ำชะขยะมูลฝอยพลาสติก เนื่องจากเกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่ย่อยสลายขยะพลาสติกโดยจุลินทรีย์ ทำให้มีการพบปริมาณสาร BPA ในน้ำชะขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกสูง (ยุภาพร อำนาจ, 2561, หน้า 1718)

การได้รับ Bisphenol-A (BPA) เข้าสู่ร่างกายมีอยู่หลายวิธี เช่น การได้รับ Bisphenol-A เข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ, การได้รับ Bisphenol-A เข้าสู่ร่างกายโดยการสัมผัส, การได้รับ Bisphenol-A เข้าสู่ร่างกายโดยการกิน (Karolina mikolajewska, 2015, pp. 210-214) ซึ่งหากได้รับสาร Bisphenol-A แม้จะเป็นปริมาณเล็กน้อยก็สามารถก่อให้เกิดความเป็นพิษได้ เช่น ก่อให้เกิดมะเร็ง ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันบกพร่อง ส่งผลต่อฮอร์โมนการเจริญเติบโตระบบสืบพันธุ์ โรคอ้วน และ โรคเบาหวาน (Basileet et. al., 2011, pp. 8389) นอกจากนั้น สาร Bisphenol-A ยังจัดเป็นสารendocrine disruptors ซึ่งเป็นสารที่จะรบกวนการทำงานของต่อมไร้ท่อ ส่งผลให้อวัยวะที่อยู่ภายใต้การควบคุมการทำงานของต่อมไร้ท่อมีความผิดปกติ (วราภรณ์ วิเศษมณี, 2553, หน้า 123)

ระบบบำบัดแบบบ่อฝัง

ระบบบำบัดแบบบ่อฝังจะแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 3 รูปแบบคือ

1. รูปแบบบ่อหมัก (Anaerobic pond)

2. บ่อแฟคัลเททีฟ (Facultative pond)

3. บ่อบ่ม (Maturation pond)

สำหรับข้อดีของระบบบำบัดแบบบ่อฝิ่ง เช่น ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง, การควบคุม และบำรุงรักษาต่ำ, การดูแลรักษาระบบบำบัดทำได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญมาก และ น้ำทิ้งได้มาตรฐาน เพราะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง แต่อย่างไรก็ตามระบบบำบัดแบบบ่อฝิ่งก็ยังคงมีข้อเสีย อาทิเช่น ต้องการพื้นที่ในก่อสร้างระบบบำบัดที่ค่อนข้างมาก และ ในฤดูที่มีแสงสว่างน้อยจะมีกลิ่นที่รุนแรงออกจากระบบบำบัด เป็นต้น (อรรถัย สุขเจริญ, 2546, หน้า 47-48)

ขยะมูลฝอยและการกำจัดขยะมูลฝอย

ความหมายของมูลฝอย คือ สิ่งต่าง ๆ ที่มนุษย์ไม่ต้องการ ที่มีลักษณะของแข็งและมีความชื้น ได้แก่ เศษกระดาษ, เศษอาหาร, และถุงพลาสติก เป็นต้น

ความหมายของของเสีย (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2550, หน้า 2) ให้คำจำกัดความไว้ว่า ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล น้ำเสีย อากาศเสีย มลสารหรือวัตถุอันตรายอื่นใด ซึ่งถูกปล่อยทิ้งหรือมีที่มาจากแหล่งกำเนิดมลพิษ รวมทั้งกากตะกอนหรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้น ที่อยู่ในสภาพของแข็งของเหลวหรือก๊าซ

ดังนั้นในทางวิชาการคำว่า ขยะมูลฝอย จะมีความหมายสื่อถึงสิ่งของที่มนุษย์ไม่ต้องการ โดยส่วนใหญ่จะเป็นของแข็ง และของแข็งบางชนิดอาจเน่าเปื่อยและบางชนิดไม่เน่าเปื่อย เช่น แก้ว, ซากสัตว์, มูลสัตว์, พลาสติก, ไม้, หิน, ยาง และ โลหะชนิดต่าง ๆ เป็นต้น (อรรถณพ หอมจันทร์ และคณะ, 2552, หน้า 10)

สำหรับแหล่งกำเนิดหลักของขยะมูลฝอยในปัจจุบันได้แก่ วัตถุที่แล้วจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งปัจจุบันปัญหาขยะมูลฝอย (Municipal solid waste) และการจัดการขยะมูลฝอยเป็นปัญหาสำคัญของประเทศไทย เนื่องจากปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นอย่างมากและการกำจัดขยะมูลฝอยที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ จึงทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน (ปิยชาติ ศิลปสุวรรณ, 2557, หน้า 2) ดังนั้นจึงต้องมีการนำเทคโนโลยีการจัดการและกำจัดขยะมูลฝอยที่ถูกต้องตามหลักวิชาการจึงถูกนำมาปรับใช้เพื่อลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน โดยปัจจุบันเทคโนโลยีการจัดการและการกำจัดขยะมูลฝอยที่ถูกต้องตามหลักวิชาการและมีการนำมาใช้มีหลายวิธี (กรมอนามัย, 2553, หน้า 8) ได้แก่

1. การนำขยะไปหมักทำปุ๋ย (Composting method)
2. ระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary landfill)
3. การเผาด้วยความร้อนสูง หรือการกำจัดโดยใช้เตาเผา (Incineration)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์สารปัสป็นอล-เอ
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบหาปริมาณของสารปัสป็นอล-เอในน้ำชะขยะมูลฝอยระหว่างเดือน พฤษภาคมถึงธันวาคม 2556

3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารปีสฟินอล-เอด้วยระบบบ่อฝัง
4. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดค่ามาตรฐานของการปนเปื้อนสารปีสฟินอล-เอในสิ่งแวดล้อม

ในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

ที่ตั้งและอาณาเขตของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่น หรือ สถานีกำจัดขยะมูลฝอยบ้านคำบอน สถานีกำจัดขยะมูลฝอยบ้านคำบอน มีเนื้อที่ประมาณ 100 ไร่ ตั้งอยู่ที่ บ้านคำบอน หมู่ที่ 7 และ 11 ตำบลโนนท่อน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ซึ่งอยู่บนถนนหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 โดยมีระยะห่างจากเทศบาลนครขอนแก่นประมาณ 17 กิโลเมตร และมีพิกัดภูมิศาสตร์ละติจูด 16 องศา 35 ลิปดาเหนือ ลองติจูด 102 องศา 48 ลิปดา ตะวันออก

การใช้ที่ดินบริเวณโดยรอบสถานที่กำจัดขยะในรัศมี 1 กิโลเมตรรอบสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยบ้านคำบอน นั้นมีรายละเอียดคือ

1. ทิศเหนือ ใช้ประโยชน์ด้านเกษตรกรรม (ไร่อ้อย) และมีฟาร์มโคนมห่างจากสถานที่กำจัดขยะ จำนวน 1 แห่ง
2. ทิศใต้ ใช้ประโยชน์ด้านเกษตรกรรม (สวนมะม่วง, ไร่มันสำปะหลัง และสวนยูคาลิปตัส) และมีชุมชน
3. ทิศตะวันออก ใต้ ใช้ประโยชน์ด้านเกษตรกรรม (ไร่มันสำปะหลัง)
4. ใช้ประโยชน์ด้านเกษตรกรรม (ไร่อ้อย)

การเก็บตัวอย่าง

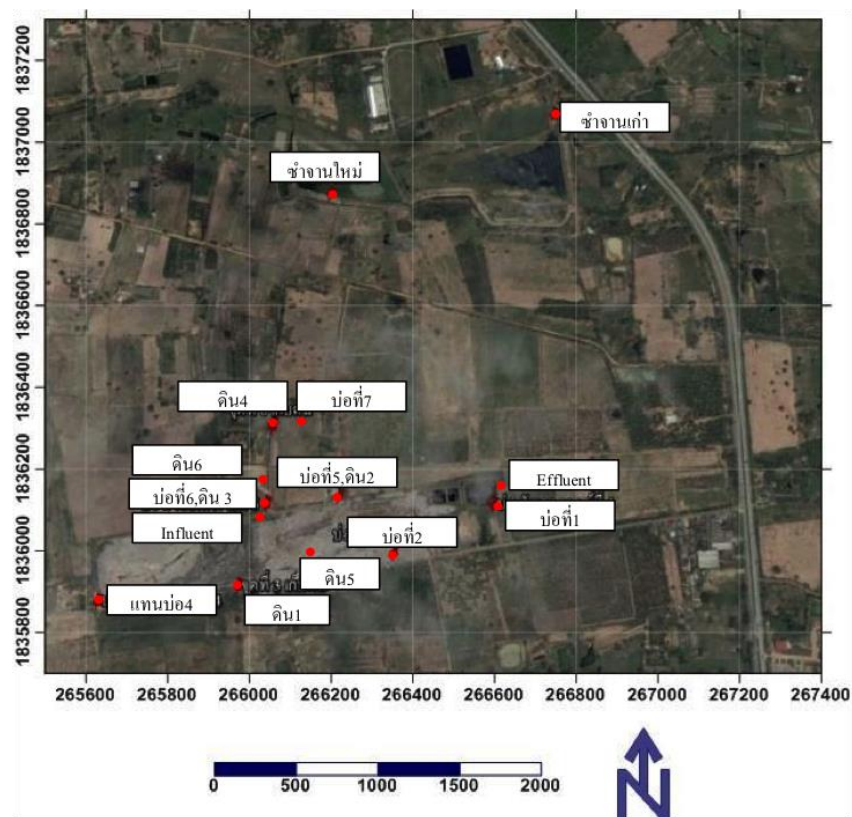
เก็บตัวอย่างน้ำชะขยะใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง หรือ Grab sampling จำนวน 2 จุดเก็บตัวอย่าง จุดเก็บตัวอย่างละ 3 ตัวอย่าง บริเวณจุดรวบรวมน้ำชะขยะก่อนเข้าระบบบำบัดและจุดปล่อยน้ำชะขยะที่ผ่าน การบำบัดแล้วลงสู่สิ่งแวดล้อม แล้วนำน้ำชะขยะตัวอย่างมาวิเคราะห์หาสารปีสฟินอล-เอที่ศูนย์ธรณีพิบัติภัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2: แผนภาพแสดงพื้นที่รอบรอบบริเวณหลุมฝังกลบขยะบ้านคำบอนจังหวัดขอนแก่น

ตารางที่ 1: พิกัดการเก็บตัวอย่างของแต่ละพื้นที่ศึกษา

ชนิดของ ตัวอย่าง	สถานที่เก็บ ตัวอย่าง	ช่วงเวลาเก็บ ตัวอย่าง	ตัวอย่าง	พิกัด	
				X	Y
น้ำชะขยะ	น้ำชะขยะก่อน บำบัด	พฤษภาคม	In	0266069	1836076
		ธันวาคม	In	0266019	1836058
	น้ำชะขยะหลัง บำบัด	พฤษภาคม	Eff	0266618	1836076
		ธันวาคม	Eff	0266615	1836072



ภาพที่ 3: พื้นที่ศึกษาโดยรอบบริเวณพื้นที่ศึกษาและจุดเก็บตัวอย่างน้ำชะขยะมูลฝอย (Influent และ Effluent)



ภาพที่ 4: ระบบบำบัดน้ำชะขยะแบบบ่อฝังของสถานที่กำจัดขยะเทศบาลนครขอนแก่น

สารเคมีและสารมาตรฐาน

สารมาตรฐานของบิสฟีนอล-เอ ที่ใช้มีความบริสุทธิ์ 97% (Sigma Aldrich) และสารเคมีที่ใช้คือ เมทานอล HPLC grade, เฮกเซน AR grade และ น้ำ AR grade

การวิเคราะห์ปริมาณบิสฟีนอล-เอในน้ำชะขยะมูลฝอย

นำน้ำชะขยะตัวอย่างมาสกัดสารบิสฟีนอล-เอออกจากตัวอย่างด้วยวิธี Solid phase extraction โดยใช้ C₁₈ เป็น Solid phase และใช้ Hexane เป็น elutant แล้วนำสารละลายที่สกัดสารแล้วมาระเหยจนแห้ง จากนั้นเติมสาร methanol 1 มิลลิลิตร แล้วใช้ปิเปตต์อัตโนมัติ (Syringe) ดูดสารฉีดเก็บใส่ขวด เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณบิสฟีนอล-เอ โดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลสถิติของค่าปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) โดยวิเคราะห์จากเฉลี่ย (Mean)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาปริมาณ บิสฟีนอล-เอ ในน้ำชะขยะ

ตารางที่ 2: ปริมาณการปนเปื้อนของบิสฟีนอล-เอ ในน้ำชะขยะก่อนและหลังการบำบัดในเดือนพฤษภาคม และเดือนธันวาคม 2556

ชนิดของตัวอย่าง	ช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง	สถานที่เก็บตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารบิสฟีนอล-เอ (ppm)	ประสิทธิภาพการบำบัด
น้ำชะขยะ	พฤษภาคม 2556	น้ำชะขยะก่อนบำบัด	0.02	50%
		น้ำชะขยะหลังบำบัด	0.01	
	ธันวาคม 2556	น้ำชะขยะก่อนบำบัด	0.002	100%
		น้ำชะขยะหลังบำบัด	No detectable	

จากตารางที่ 2 แสดงถึงปริมาณการปนเปื้อนของสารบิสฟีนอล-เอในน้ำชะขยะทั้งก่อนบำบัดและหลังบำบัด ในเดือนพฤษภาคม 2556 มีการปนเปื้อนมากกว่าในเดือนธันวาคม 2556 ทั้งในน้ำชะขยะก่อนบำบัดและหลังบำบัด ซึ่งปริมาณของสารบิสฟีนอล-เอในน้ำชะขยะก่อนบำบัดในเดือนพฤษภาคมที่มีค่ามากกว่าธันวาคม อาจมีสาเหตุมาจากในเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงฤดูฝนและมีอุณหภูมิสูงกว่าเดือนธันวาคม ดังนั้นจึงมีการย่อยสลายและเกิดน้ำชะขยะได้มากกว่าในฤดูแล้ง

จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารบิสฟีนอล-เอในตัวอย่างน้ำชะขยะมูลฝอยที่ทำ

การเก็บตัวอย่างเดือนพฤษภาคมคือ 0.02 และ 0.01 ppm ตามลำดับ และความเข้มข้นเฉลี่ยของสารบิสฟีนอล-เอ ในตัวอย่างน้ำชะขยะมูลฝอยที่ทำการเก็บตัวอย่างเดือนธันวาคมตรวจพบสารบิสฟีนอล-เอเฉพาะตัวอย่างน้ำ ชะขยะก่อนบำบัดเท่านั้น คือ 0.002 ppm แต่สารบิสฟีนอล-เอในตัวอย่างน้ำชะขยะหลังบำบัดมีปริมาณน้อย มากจึงไม่สามารถตรวจพบได้ และจากข้อมูลความเข้มข้นของสารบิสฟีนอล-เอเฉลี่ยข้างต้น ทำให้ทราบถึง ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำชะขยะแบบบ่อฝังของสถานกำจัดขยะเทศบาลนครขอนแก่นดังนี้

ระบบบำบัดน้ำชะขยะแบบบ่อฝังสามารถลดปริมาณบิสฟีนอล-เอในน้ำชะขยะได้ร้อยละ 50 และ 100 ในเดือนพฤษภาคมและธันวาคมตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัดสารบิสฟีนอล-เอที่แตกต่างกันของ ระบบบำบัดแบบบ่อฝัง อาจมีผลมาจากระดับความเข้มข้นของสารบิสฟีนอล-เอในตัวอย่างน้ำชะขยะก่อนบำบัด ของเดือนพฤษภาคมและธันวาคมที่มีความแตกต่างกันถึง 10 เท่า และปริมาณน้ำชะขยะเดือนพฤษภาคมที่มี ปริมาณมากเนื่องจากผลของอุณหภูมิที่สูง ทำให้เกิดอัตราปฏิกิริยาเคมีของการย่อยสลายขยะสูง

สรุป

จากการศึกษาพบการปนเปื้อนของสารบิสฟีนอล-เอในน้ำชะขยะทั้งในเดือนพฤษภาคมและเดือน ธันวาคม 2556 และระดับการปนเปื้อนเดือนพฤษภาคมมีค่ามากกว่าเดือนธันวาคม 2556 ทั้งในน้ำชะขยะก่อน บำบัดและหลังบำบัด เนื่องจากปัจจัยด้านอุณหภูมิและกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีในการสลายตัวของสาร บิสฟีนอล-เอจากขยะที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีการปล่อยสารบิสฟีนอล-เอจากขยะสู่สิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้จากปริมาณการปนเปื้อนสารบิสฟีนอล-เอในน้ำชะขยะก่อนบำบัดจะลดลงถึง 10 เท่าจากปริมาณเดิม และด้วยความเข้มข้นของสารบิสฟีนอล-เอที่แตกต่างกันนี้ จึงทำให้พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดแบบบ่อฝัง สามารถบำบัดสารบิสฟีนอล-เอในน้ำชะขยะได้ แต่ระบบบำบัดแบบบ่อฝังจะมีประสิทธิภาพการบำบัดสูง ก็ต่อเมื่อ มีความเข้มข้นของสารบิสฟีนอล-เอต่ำและปริมาณน้ำชะขยะมูลฝอยน้อย

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อมีปริมาณน้ำชะขยะมูลฝอยเข้าสู่ระบบบำบัดจำนวนมาก จะทำให้ ประสิทธิภาพการบำบัดสารบิสฟีนอล-เอลดลง ดังนั้น เพื่อให้ระบบบำบัดทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ควร มีการปรับปรุงระบบบำบัดให้มีความสามารถในการบำบัดน้ำชะขยะได้แม้ว่าจะมีปริมาณน้ำชะขยะที่สูงเข้าสู่ ระบบ และควรมีการติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลเข้าและไหลออกของน้ำชะขยะ เพื่อให้ทราบปริมาณน้ำเสียที่ ไหลเข้าสู่ระบบบำบัดที่แน่นอน

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2552). *การจัดการขยะมูลฝอยแบบฝังกลบอย่างถูกสุขอนามัย*. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ.
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2550). *พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สุทรไพศาล.

- กรมอนามัย. (2553). *คู่มือการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ*. นนทบุรี: กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ.
- ปิยชาติ ศิลปสุวรรณ. (2557). *ขยะมูลฝอยชุมชน ปัญหาใหญ่ที่ประเทศกำลังเผชิญ*. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา.
- ยุทธพร อำนาจ. (2561). การปนเปื้อนของบิสฟีนอลเอในน้ำชะขยะเทศบาล. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 23(3), 1717-1728.
- วรางคณา วิเศษมณี. (2553). การปนเปื้อนของสารรบกวนการทำงานต่อมไร้ท่อในสิ่งแวดล้อม. *วารสารวิชาการ และวิจัย มทร. พระนคร*, 4(1), 122-128.
- อรรถัย สุขเจริญ. (2546). *ระบบกำจัดของเสีย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง
- อรรณพ หอมจันทร์, นิตยา เลหาะจินดา, วีระศักดิ์ อุดมโชค, และอภิสิทธิ์ ศงะเสน. (2552). รายงานฉบับสมบูรณ์) โครงการวิจัยรหัส ว-ท(ด)36.51) การปนเปื้อนของบิสฟีนอล-เอจากน้ำชะมูลฝอยหลุมฝังกลบในเขตกรุงเทพมหานครและพื้นที่ใกล้เคียง (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Aleksandra, Konieczna. Aleksandra, Rutkowska. and Dominik, Rachon. (2015). HEALTH RISK OF EXPOSURE TO BISPHENOL A (BPA). *National Institute of Public Health - National Institute of Hygiene*, 66(1), 5-11.
- Azam, Rahimi. and Satwa, Farhangzadeh. (2001). Kinetics Study of Bisphenol A Synthesis by Condensation Reaction. *Iranian Polymer Journal*, 10(1), 29-32.
- Basile, T. Petrella, A. Petrella, M. Boghetich, G. Petruzzelli, V. Colasuonno, S. and Petruzzelli, D. (2011). Review of endocrine disrupting – compound removal technologies in water and wastewater treatment plants: an EU Perspective. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50(14), 8389-8401.
- C.P., Groshart. and P.C., Okkerman. (2001). Chemical study on Bisphenol A. Netherlands: BKH Consulting Engineers.
- Ibrahim, Altuwair. (2018). Production of Bisphenol A (BPA) By Green Technology. *Eng Technol Open Acc*, 1(3), 72-87.
- Karolina, M. Joanna, S. and Jolanta, G. (2015). Bisphenol a – application, sources of exposure and potential risks in infants, children and pregnant women. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 28(2), 209 – 241.
- Safaa M., Raghab. Ahmed M, Adb. El, Meguid. and Hala A, Hegazi. (2013). Treatment of leachate from municipal solid waste landfill. *HBRC Journal*, 9, 187-192.
- Su-Yun, Xu. Hua, Zhang. Pin-Jing, He. and Li-Ming, Shao. (2011). Leaching behaviour of bisphenol A from municipal solid waste under landfill environment. *Environmental Technology*, 32(11), 1269-1277.

การปรับปรุงความชื้นในดินทรายจัดด้วยเพอร์ไลต์ กรณีศึกษา ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี

IMPROVEMENT OF MOISTURE IN SANDY SOIL WITH PERLITE: A CASE STUDY AT TAMBON PHANIAT, AMPHOE KHOK SAMRONG, CHANGWAT LOPBURI

รัตชล อ่างมณี

หลักสูตรการจัดการภัยพิบัติ และบรรเทาสาธารณภัย
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
*Corresponding author, E-mail: Rattachon@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเพอร์ไลต์ต่อความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดิน โดยใช้เพอร์ไลต์ผสมกับดินทรายจัดในแปลงทดลอง การออกแบบแปลงทดลองในการวิจัยใช้วิธีสุ่มบล็อกสมบูรณ์โดยผสมเพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 10 และ 5 ตัน/เฮกตาร์ ตัวอย่างดิน จะถูกเก็บตัวอย่างแบบไม่ถูกรบกวนด้วยคอร์เก็บดินเพื่อนำมาวิเคราะห์ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดิน ตลอดจนทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ผลการศึกษาพบว่าเพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 10 ตัน/เฮกตาร์มีความสามารถในการยึดความชื้นในดินได้สูงที่สุด โดยมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากกว่าแปลงทดลองอื่นโดยมีค่าเท่ากับ 10.02, 9.25 และ 10.67% ส่วนแปลงทดลองมีอัตราผสมเพอร์ไลต์ 5 ตัน/เฮกตาร์ มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมาน้อยกว่าแปลงที่ปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 10 ตัน/เฮกตาร์ แต่มากกว่าแปลงควบคุมที่ไม่มีการปรับปรุงดินโดยมีค่าเท่ากับ 7.99, 8.38 และ 8.67 % แปลงทดลองที่ไม่ได้ปรับปรุงดินด้วยการผสมเพอร์ไลต์ มีค่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 6.98, 6.78 และ 5.36 % ผลการวิจัยนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าเพอร์ไลต์สามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเนื่องจากมีความสามารถในการยึดเหนี่ยวความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินเพิ่มปริมาณน้ำในดินที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชจึงสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้

คำสำคัญ: เพอร์ไลต์, วัสดุปรับปรุงดิน, ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดิน

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of perlite on available water capacity in sandy soil at Tambon Phaniat, Amphoe Khok Samrong, Changwat Lopburi. Perlite was used to mix with the sandy soil in the study plots. The RCBD (Randomized Complete Block Design) was used in experimental design with two perlite application rates at 10 and 5

t/h. Soil samples were collected by the uninterrupted method from the soil collecting cores and physical properties of the soil were analyzed. The results show that perlite at application rates of 10 t/h has the highest available water capacity of 10.02, 9.25 and 10.67 % respectively. The study plots with perlite application rates of 5 t/h have available water capacity lower than the perlite at application rates 10 t/h but more than the control plots or without soil improvement by available water capacity of 7.99, 8.38 and 8.67 %. Trial plots without soil improvement by perlite were demonstrated the lowest available water capacity of 6.98, 6.78 and 5.36 %. It can be concluded that using perlite for soil amendment is effective due to its ability to hold the beneficial moisture of the soil and increase available water capacity that affects the growth of plants.

Keywords: Perlite, Soil amendment, available water capacity

บทนำ

หินเพอร์ไลต์ (Perlite) เป็นหินภูเขาไฟชนิดหนึ่งที่เกิดจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วของลาวา ทำให้เกิดหินที่มีลักษณะเนื้อคล้ายแก้ว มีสีตั้งแต่เทาถึงดำ ลักษณะประกายผิวคล้ายไข (Waxy Luster) มีรอยแตกเป็นวงซ้อนเหมือนเกล็ดหอยเกิดจากการหดตัวเมื่อหินเย็นตัว และมักพบน้ำเจือปนอยู่ในโครงสร้างในอัตราส่วนระหว่าง 2-6% ทำให้หินเพอร์ไลต์มีคุณสมบัติพิเศษเมื่อโดนความร้อนจะแตกตัวออกและเปลี่ยนสภาพเป็นวัสดุที่มีความพรุนสูง, เบา, อุ้มน้ำและธาตุอาหารได้ดีซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร

ดินทรายจัด (Sandy Soils) เป็นปัญหาสำคัญของประเทศไทย จากการสำรวจของกรมพัฒนาที่ดินพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ ที่มีปัญหาดินทรายจัดประมาณ 7.1 ล้านไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, หน้า 39) ปัญหาดินทรายจัดนี้ กรมพัฒนาที่ดินได้ให้คำจำกัดความ หมายถึง ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทราย หรือดินทรายปนร่วน มีอนุภาคนาดทรายเป็นองค์ประกอบมากกว่าร้อยละ 85 มีความหนาของชั้นดินมากกว่า 50 เซนติเมตร ดินทรายจัดมักเกิดจากวัตถุดินกำเนิดดินที่เป็นตะกอนเนื้อหยาบ หรือตะกอนทรายชายฝั่งทะเล พบได้ทั้งในพื้นที่ลุ่ม และพื้นที่ดอน เกิดการชะล้างพังทลายได้ง่าย ดินไม่จับตัวเป็นก้อนทำให้ไม่มีโครงสร้าง ส่วนใหญ่มีวัตถุดินกำเนิดเป็นแร่ควอตซ์ทำให้มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำมาก จึงมีธาตุอาหารน้อย โดยเฉพาะฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีการตอบสนองของพืชต่อปุ๋ยเคมีแย่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, หน้า 42) นอกจากนั้นดินทรายจัดถ้าอยู่ในพื้นที่ดอนจะระบายน้ำเร็วเกินไปและมีการซึมซับน้ำที่เร็วมาก (เอิบ, 2533, หน้า 18) และดินยังมีการอุ้มน้ำต่ำเมื่อเกิดฝนตกหรือให้น้ำทำให้พืชเกิดอาการขาดน้ำได้ง่ายเมื่อเกิดฝนทิ้งช่วง (สมบุญ, 2530, หน้า 23)

จากปัญหาดินทรายจัดดังกล่าว สมบัติบางประการของหินเพอร์ไลต์มีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะ

นำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินทรายเพื่อแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี เนื่องจากหินเพอร์ไลต์ที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยการเผาแล้วมีความพรุนสูง สามารถเพิ่มการอุ้มน้ำของดินส่วนที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ คือ การศึกษาผลของเพอร์ไลต์ต่อความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินทรายจัดในตำบลเพนียด อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี ผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงดินทรายจัดเพื่อแก้ปัญหาทางด้านเกษตรกรรม เพิ่มประสิทธิภาพของดินให้เหมาะสมแก่การเกษตรกรรม ช่วยเพิ่มผลผลิต และเป็นการเพิ่มมูลค่าของหินเพอร์ไลต์ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถหาได้ในประเทศไทย

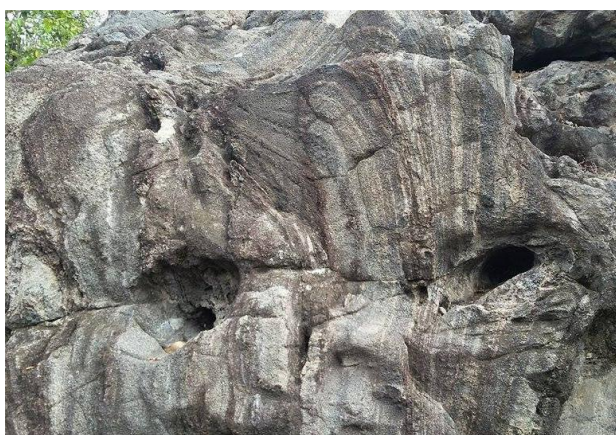
บททวนวรรณกรรม

1. หินเพอร์ไลต์

หินเพอร์ไลต์เกิดจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วของลาวาทำให้เนื้อหินมีลักษณะเป็นแก้วผลึก (Devitrification) หินเพอร์ไลต์เป็นหินภูเขาไฟเนื้อแก้วที่มีองค์ประกอบของธาตุ ซิลิกาสูงประมาณร้อยละ 70 หรือมากกว่า และมีน้ำในองค์ประกอบประมาณร้อยละ 2 – 5 ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีอื่นได้ง่าย และจัดอยู่ในสารจำพวกที่เฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป โดยทั่วไปหินเพอร์ไลต์มีลักษณะสีเทาอ่อน แต่อาจพบสีดำ สีน้ำตาล สีเขียวได้ ในเนื้อหินมักพบแร่ควอตซ์ (Quartz), เฟลสปาร์, ไบโอไทต์, ฮอร์นเบลนด์, หรืออาจพบชิ้นส่วนของเศษหินชนิดอื่นฝังตัวอยู่ในเนื้อหิน (สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 2549, หน้า 5)

1.1 หินเพอร์ไลต์ที่พบในประเทศไทย

ในประเทศไทยพบหินเพอร์ไลต์ได้ในหินภูเขาไฟตั้งแต่ยุคเทอร์เชียรีรีขึ้นมา หรือน้อยกว่า 65 ล้านปี แหล่งที่พบมักอยู่ในบริเวณที่เกิดภูเขาไฟระเบิดอย่างรุนแรงมาก่อน จากการสำรวจของกรมทรัพยากรธรณีพบว่า แหล่งหินเพอร์ไลต์สามารถพบได้ในกลุ่มหินภูเขาไฟโบราณบริเวณตอนกลางประเทศ โดยเฉพาะกลุ่มหินภูเขาไฟลำนารายณ์จังหวัดสุพรรณบุรีและจังหวัดเพชรบูรณ์ อำเภอสระโบสถ์ จังหวัดสุพรรณบุรี มีหินเพอร์ไลต์อยู่ปริมาณมาก มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมได้ (นิคม, 2530, หน้า 12) โดยแหล่งแร่เพอร์ไลต์บริเวณนี้ครอบคลุมพื้นที่กว่า 1,200 ตร.กม. องค์ประกอบเนื้อแก้วในหินเพอร์ไลต์บริเวณนี้พบว่ามีแร่ K_2O สูงกว่าหินเพอร์ไลต์จากแหล่งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจอื่น ๆ (สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 2549, หน้า 5)



ก) ภูเขาหินเพอร์ไลต์ที่เกิดจากการเย็นตัวของลาวา

ข) ตัวอย่างหินเพอร์ไลต์

ภาพที่ 1: ตัวอย่างหินเพอร์ไลต์ บริเวณเขาจุมกแซก ตำบลนิคมชัย อำเภอกระบือ จังหวัดลพบุรี

1.2 สมบัติทางฟิสิกส์ และเคมีของหินเพอร์ไลต์

องค์ประกอบของหินเพอร์ไลต์ และสมบัติทางเคมีของหินจะมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในการเกิดแต่โดยหลักแล้วจะมีซิลิกอนออกไซด์ และอลูมินาออกไซด์ เป็นองค์ประกอบหลัก เชสเตอร์แมน (Chesterman, 1995, pp 56) ได้ระบุคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของหินเพอร์ไลต์ไว้ และได้วัดความหนาแน่น 1,100 กก./ลบ.ม. โดยประมาณ (Maxim, 2014, pp 268) มีองค์ประกอบประกอบด้วยซิลิกา 70-75% อลูมินา 12-14% และน้ำ 2-6% มีผลหินและสิ่งเจือปนเล็กน้อย มีความแข็งตามสเกลของมอร์ 5.5-7, ความถ่วงจำเพาะ 2.3 - 2.8 และมีจุดหลอมเหลว 760 - 1300 องศาเซลเซียส (Chesterman, 1995, pp 56) สมบัติทางเคมีของหินเพอร์ไลต์ หินเพอร์ไลต์ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้นั้นจะต้องอยู่ในสภาพที่ยังไม่เปลี่ยนเป็นแก้วผลึก ซึ่งสามารถพบได้ในหินภูเขาไฟยุคเทอร์เชียรีขึ้นมา หรือมีอายุน้อยกว่า 65 ล้านปี ส่วนประกอบทางเคมีของหินเพอร์ไลต์ ส่วนมากอยู่ในรูปออกไซด์ของธาตุต่าง ๆ รายละเอียดดังตารางด้านล่าง ซึ่งเป็นผลการศึกษาองค์ประกอบของหินเพอร์ไลต์จากอำเภอลำน้ำราชน จังหวัดลพบุรี

ตารางที่ 1: ส่วนประกอบทางเคมีของหินเพอร์ไลต์จากอำเภอลำน้ำราชน จังหวัดลพบุรี

สารประกอบ	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ/น้ำหนัก)
SiO ₂	72.62
TiO ₂	0.30
Al ₂ O ₃	12.99
Fe ₂ O ₃	1.36
MnO	0.05

สารประกอบ	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ/น้ำหนัก)
MgO	0.13
CaO	0.71
Na ₂ O	3.93
K ₂ O	5.78
P ₂ O ₃	0.05
SO ₃	0.03

ที่มา : (สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 2549, หน้า 23)

1.3 การใช้ประโยชน์จากหินเพอร์ไลต์

เมื่อนำหินเพอร์ไลต์มาปรับสภาพด้วยความร้อนโดยการเผาที่อุณหภูมิ 760-1,000 องศาเซลเซียส หินเพอร์ไลต์จะเกิดการขยายตัว ทำให้น้ำที่อยู่ในเนื้อแก้วหลุดออกไปอย่างรวดเร็วในสภาพที่เป็นไอน้ำที่อยู่ในโครงสร้างของหินจะเกิดการระเหยอย่างรุนแรงทำให้หินเพอร์ไลต์ขยายตัวออก 4 – 20 เท่าของปริมาตรเดิม ปัจจัยสำคัญในการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับ ขนาดของหินเพอร์ไลต์ที่ทำการเผา, อุณหภูมิที่เหมาะสมในการขยายตัวของหินเพอร์ไลต์ และช่วงระยะเวลาที่ปริมาณน้ำระเหยออกก่อนขยายตัว (Chesterman, 1995, pp 25) หลังการเผาแล้วหินเพอร์ไลต์จะเปลี่ยนสภาพเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา พองตัวมีรูพรุนเล็กมากคล้ายฟองน้ำ มีพื้นที่ผิวสูง (Tekin, N. *et al.*, 2006, pp130) มีลักษณะคล้ายข้าวโพดคั่ว สีขาวลอยน้ำได้ (นิคม, 2530, หน้า 133) ค่าความหนาแน่นของหินในสภาพปกติ 1,100 กก./ลบ.ม.จะลดลงเหลือเพียง 30–150 กก./ลบ.ม. (Naeve, 2014, pp 163) เรียกว่าสารเพอร์ไลต์ (Expanded Perlite) ซึ่งสมบัติที่ดีคือ น้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำ ไม่เป็นตัวนำความร้อน เป็นสารทนไฟ ป้องกันเสียง มีความสามารถดูดซับได้ดี และเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี (Chesterman, 1995) จากคุณสมบัตินี้ ทำให้หินเพอร์ไลต์ที่เผาแล้วสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา หินเพอร์ไลต์ที่ผลิตได้ในแต่ละปีประมาณ 375,000 ตัน ถูกใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง 53% , ใช้ในอุตสาหกรรมเกษตร 14% ส่วนที่เหลือถูกใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ (USGS, 2016)

จากคุณสมบัติของหินเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ทำให้เหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร โดยส่วนมากการใช้ประโยชน์อยู่ในรูปแบบของการใช้เพื่อความอัดแน่น เป็นตัวกลางเพื่อกักเก็บความชื้นและปุ๋ย และปลดปล่อยออกมาในเวลาที่เหมาะสม และยังถูกใช้เป็นวัสดุทดแทนดินเพื่อพรางรากพืชในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 2549, หน้า 32) เนื่องจากมีคุณสมบัติดูดซับความชื้นของดินช่วยการเจริญเติบโตของพืช (Yilmazer, S. and M. B. Ozdeniz, 2005, pp 315) อนุภาคของเพอร์ไลต์ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยความร้อนจะประกอบด้วยช่องว่างขนาดเล็กมากมายทำให้มีพื้นที่ผิวสูงสามารถดูดซับความชื้นได้มากกว่า 2-4 เท่าโดยน้ำหนัก และเมื่อเทียบกับดินทรายพบว่าเพอร์ไลต์มีการอุ้มน้ำน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของน้ำที่ไหลลงไป และเพอร์ไลต์ยังมีการระบายอากาศที่ดี ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อรากพืชนอกจากนั้นเพอร์ไลต์ยังสามารถปรับปรุงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้

เหมาะสมแก่การเพาะปลูก (Silber, A. *et al.*, 2010, pp 279) โดยประเทศไทยได้มีการทดลองนำเพอร์ไลต์มาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินในสวนยางพาราและนาข้าว เพื่อช่วยเพิ่มความร่วนซุยของดินทำให้การระบายน้ำและอากาศดีขึ้น เพอร์ไลต์จึงถูกนำมาใช้ในการปลูกพืชหลายชนิด เช่น มะเขือเทศ เมล่อน สตอเบอรี่ ผักกาดกล้วยไม้ และไม้ดอกอื่น ๆ และยังใช้เป็นวัสดุเก็บกักยาฆ่าวัชพืช และควบคุมความเข้มข้นของอาหารสัตว์ เนื่องจากมีสมบัติที่สามารถซึมซับความเข้มข้นในขณะที่ยังมีคุณสมบัติในการไหล และคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาได้ดี (สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 2549, หน้า 33)

นอกจากการใช้ปรับปรุงดินเพื่อการเกษตรแล้ว เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนยังถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมประเภทอื่นเนื่องจากมีน้ำหนักเบา เป็นสารเฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมี (Karakoç, M. B. *et al.*, 2012, pp 49) ความหนาแน่นต่ำโดยทั่วไปมีความหนาแน่นประมาณ 30-300 kg/m³ เมื่อนำไปผสมในวัสดุใดจะทำให้มีน้ำหนักเบาขึ้น เช่นนำไปผสมในซีเมนต์ หรือปูนปาสเตอร์ (Abidi, S. *et al.*, 2015, pp. 398) นอกจากนั้นเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนแล้วยังมีค่าการนำความร้อนต่ำ โดยมีค่าการนำความร้อนเพียง 0.265 ส่วนเพอร์ไลต์ที่อัดแน่น มีค่าการนำความร้อน 1.25 ซึ่งจากสมบัติดังกล่าวนี้สามารถใช้เป็นวัสดุกันความร้อนได้ (Demirboga, R. and R. Gül, 2003, pp 1157) หรือใช้เป็นสารทนไฟ และจะไม่หลอมละลายจนกว่าอุณหภูมิจะสูงถึง 1,200 องศาเซลเซียส และเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนยังสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุสำหรับดูดซับ เช่น ใช้เป็นวัสดุกรองน้ำ (Nguyen Thanh, D. *et al.*, 2011, pp 98) กรองโลหะหนักในน้ำบางชนิดเช่นสารหนู หรือวัสดุดูดซับน้ำมัน (Boumniel, I. *et al.*, 2013, 115),

2. ดินทรายจัด

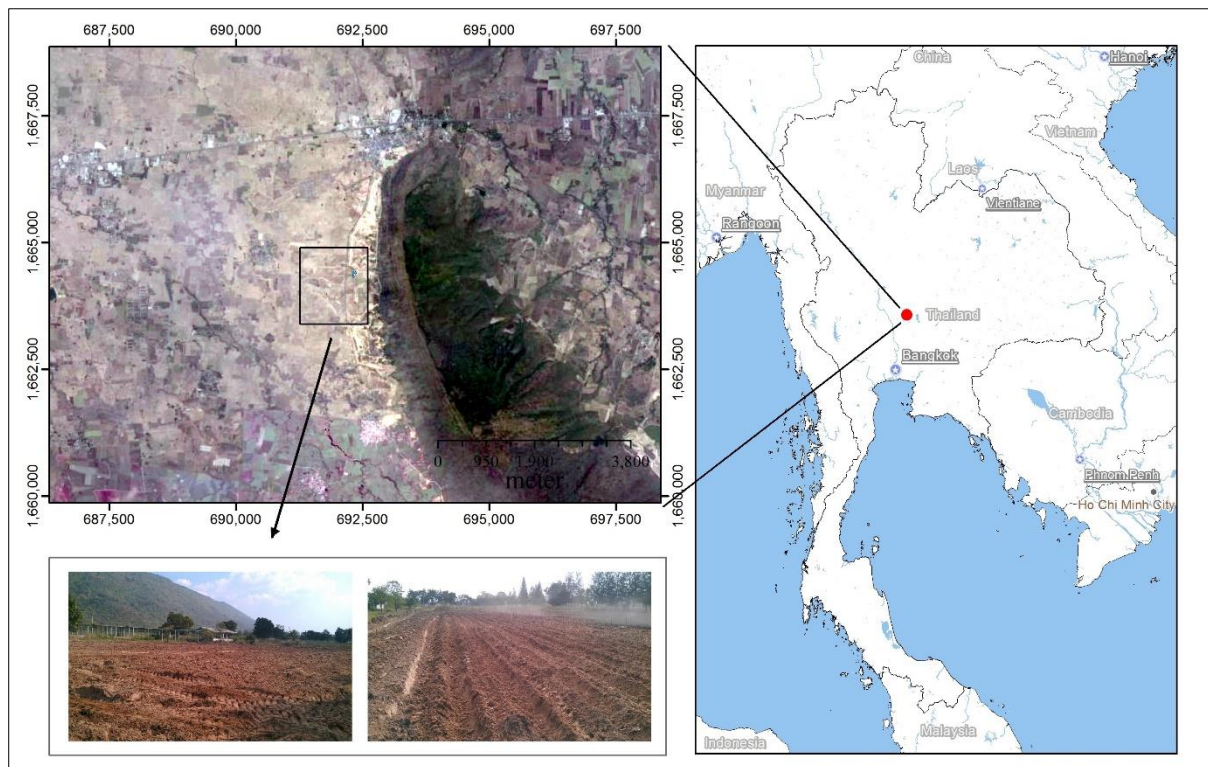
ดินทรายจัด เป็นดินที่มีปัญหาต่อการใช้ประโยชน์ด้านเกษตรกรรม (Problem Soils) (สำนักสำรวจดิน และวางแผนการใช้ที่ดิน, 2549, หน้า 27) กล่าวว่า หมายถึง ดินที่มีคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างไม่เหมาะสม หรือไม่ค่อยเหมาะสมที่จะนำมาใช้สำหรับการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ ทำให้ผลผลิตต่ำ และ ต้องมีการจัดการดินเป็นกรณีพิเศษกว่าดินทั่วไปจึงจะสามารถใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูก และให้ผลผลิตดีเท่าที่ควรได้ นอกจากนั้นกรมพัฒนาที่ดินได้ให้คำจำกัดความของดินทรายจัดคือดินที่มีเนื้อดินบนเป็นดินทราย หรือดินทรายปนร่วน มีอนุภาคน้ำดินทรายเป็นองค์ประกอบมากกว่าร้อยละ 85 มีความหนาแน่นมากกว่า 50 เซนติเมตร ดินมีการระบายน้ำดีจนถึงดีเกินไป ไม่อุ้มน้ำ ทำให้ดินเก็บน้ำไว้ไม่อยู่ และเกิดการกร่อนได้ง่าย มักเกิดจากวัตถุดิบกำเนิดดินที่เป็นตะกอนเนื้อหยาบ หรือตะกอนทรายชายฝั่งทะเล พบได้ทั้งในพื้นที่ลุ่มและพื้นที่ดอน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, หน้า 13) โดยดินนี้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 7 ล้านไร่ คิดเป็น 2% ของดินทั้งประเทศ

ดินทรายจัดในประเทศไทยสามารถพบได้ในในพื้นที่ดอน พบตามบริเวณหาดทราย สันทราย ชายทะเล หรือบริเวณพื้นที่ลาดถึงที่ลาดเชิงเขา เนื้อดินเป็นทรายตลอด มีการระบายน้ำดีมากจนถึงดีมากเกินไป ดินไม่อุ้มน้ำ และเกิดการชะล้างพังทลายได้ง่ายเนื่องจากอนุภาคดินมีการเกาะตัวกันน้อยมาก ส่วนใหญ่ใช้ปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง สับปะรด นอกจากนั้นยังพบได้ในพื้นที่ลุ่ม โดยมักพบตามที่ลุ่มระหว่างสันหาด หรือเนินทรายชายฝั่งทะเล หรือบริเวณที่ราบที่อยู่ใกล้ภูเขาหินทราย ดินมีการระบายน้ำเร็วหรือค่อนข้างเร็ว

ทำให้ดินแฉะหรือมีน้ำขังเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ได้ หลังจากที่มีฝนตกหนัก บางแห่งใช้ทำนา บางแห่งใช้ปลูกพืชไร่ เช่น อ้อย และปอ บางแห่งเป็นที่ทิ้งร้าง หรือเป็นทุ่งหญ้าธรรมชาติ นอกจากนี้ในบางพื้นที่ บริเวณหาดทรายเก่า หรือบริเวณสันทรายชายทะเล โดยเฉพาะในเขตภาคตะวันออกและภาคใต้ อาจพบดินทรายที่มีชั้นดินดาน อินทรีย์ ซึ่งเป็นดินทรายที่มีลักษณะเฉพาะตัวคือ ช่วงชั้นดินตอนบนจะเป็นทรายสีขาว แต่เมื่อขุดลึกลงมา จะพบชั้นทรายสีน้ำตาลปนแดงที่เกิดจากการจับตัวกัน ของสารประกอบพวกเหล็ก และอินทรีย์วัตถุอัดแน่น เป็นชั้นดานในตอนล่าง ซึ่งในช่วงฤดูแล้งชั้นดานในดินนี้ จะแห้งแข็งมากจนรากพืชไม่อาจงอกขึ้นไปได้ ส่วน ในฤดูฝนดินจะเปียกแฉะ ส่วนใหญ่ยังเป็นพื้นที่ป่าเสม็ด ป่าชายหาด ป่าละเมาะ หรือบางแห่งใช้ปลูกมะพร้าว มะม่วงหิมพานต์

3. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

สถานที่ดำเนินการศึกษาตั้งอยู่ที่ สถานีวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตำบลเพนียด อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบกว้างติดกับกลุ่มเขาที่เป็นเทือกยาวทอดเรียบ มีแนวตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือ ประกอบด้วยเขาพระยาเดินธง เขาชะโมยปล้น เขาเพนียด และ เขาจระเข้ สำหรับพื้นที่ศึกษามีเขาเพนียดตั้งตระหง่านอยู่ทางด้านหลังของสถานีวิจัย ลักษณะดินบริเวณพื้นที่ศึกษานี้ เป็นบริเวณที่มี ปัญหาดินทรายจัด กล่าวคือมีอนุภาคขนาดทราย 85% ขึ้นไป และมีความหนาเกินกว่า 50 เซนติเมตร สาเหตุ ที่บริเวณดังกล่าวมีปัญหาดินเป็นทรายจัดอย่างรุนแรงเนื่องจากลักษณะธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่ศึกษา เป็นหิน ทรายที่เกิดในยุคไทรแอสซิก (TR) ซึ่งเป็นกลุ่มย่อยของหมวดหินโคราช ในมหายุคมีโซโซอิก มีอายุประมาณ 245 - 65 ล้านปี หินบริเวณนี้จะเป็นหินทรายที่มีเนื้อละเอียด เป็นหินทรายเนื้อควอตซ์ ซึ่งจะมีแร่ธาตุต่ำ เมื่อ มีการผุพังจึงทับถมทำให้เกิดดินที่มีลักษณะอนุภาคหยาบอยู่บริเวณดังกล่าว (กัญจน์รี, 2555, หน้า 7)



ภาพที่ 2: ตำแหน่ง และลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาผลของเพอร์ไลต์ต่อความจุณ้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินทรายจัดในตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมแปลงทดลอง

แปลงทดลองที่ใช้ในการศึกษานี้ตั้งอยู่ที่ สถานีวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตำบลเพนียด อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี พิกัดภูมิศาสตร์ UTM 47P, 692344 E, 1664397 N. โดยแปลงทดลองตั้งอยู่บริเวณที่ราบเชิงเขาเพนียดซึ่งเป็นภูเขาหินทรายยุคโครแอตที่ผุพังและถูกพัดพาลงมาทับถมทำให้สภาพของดินบริเวณพื้นที่ศึกษามีลักษณะหยาบ ส่วนใหญ่เป็นอนุภาคขนาดเม็ดทราย ขนาดแปลงทดลองในการวิจัยครั้งนี้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 6 เมตร พื้นที่ 36 ตารางเมตร แต่ละแปลงห่างกัน 1 เมตร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) โดยแต่ละแปลงมีการระบุขอบเขตและตำแหน่งด้วยการปักไม้กั้นดังภาพที่ 3 การศึกษาได้แบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 3 แปลง ตามอัตราส่วนปริมาณเพอร์ไลต์ที่ใส่แต่ละแปลง ประกอบด้วยแปลงที่ใส่เพอร์ไลต์ใน

อัตราส่วน 5 ตัน/เฮกตาร์ (ใช้เพอร์ไลต์จำนวน 18 กก./แปลง) จำนวน 3 แปลง, แปลงที่ใช้เพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 10 ตัน/เฮกตาร์ (ใช้เพอร์ไลต์จำนวน 36 กก./แปลง) จำนวน 3 แปลง และแปลงควบคุม หรือแปลงทดลองที่ไม่ใส่เพอร์ไลต์ จำนวน 3 แปลง เพอร์ไลต์ที่ใช้ในการศึกษานี้ได้จากการจัดทำโดยสถานีวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตลพบุรี ผลิตจากหินเพอร์ไลต์บริเวณอำเภอสระโบสถ์ ที่ถูกเผาเพื่อปรับสภาพด้วยอุณหภูมิ 800 องศา



ภาพที่ 3: แปลงทดลองขนาด 6 x 6 เมตร ที่ระบุขอบเขตและตำแหน่งด้วยการปักไม้

2. ศึกษาสมบัติของดินก่อนปรับปรุงดินและปรับปรุงพื้นที่ด้วยการไถพรวน และกำจัดวัชพืช โดยสมบัติของดินที่ศึกษาได้แก่ ลักษณะเนื้อดิน, ความหนาแน่นรวม, ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน และค่าความพรุน
3. ศึกษาผลของเพอร์ไลต์ต่อความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดิน โดยศึกษาจากการตรวจวัดค่า ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (Available Water Capacity) ของแปลงทดลองและเปรียบเทียบระหว่างแปลงที่มีการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ และแปลงที่ไม่มีการปรับปรุง ก่อนปรับปรุงดิน และหลังปรับปรุงดินเป็นเวลา 90 วัน การเก็บตัวอย่างดินใช้วิธีเก็บแบบไม่ถูกรบกวนด้วยคอร์เก็บดินมาตรฐาน จากนั้นวิเคราะห์หาระดับความชื้นที่ระดับ Matrix potential ต่าง ๆ ได้แก่ 1 kPa, 3.3 kPa, 10 kPa, 33.3 kPa, 100 kPa, 300 kPa และ 1,500 kPa และวิเคราะห์การดูดยึดน้ำของอนุภาคดินโดยใช้แรงดึงที่ 1/3 บรรยากาศ (33 kPa) เรียกว่า ชีดจำกัดบน (Upper limit) หรือความจุความชื้นสนาม (Field Capacity, FC) และที่แรงดึงที่ 15 บรรยากาศ (1,500 kPa) เรียกว่า ชีดจำกัดล่าง (Lower limit) หรือความชื้นที่ ณ จุดเหี่ยวถาวร (Permanent Wilting Point ,PWP) ผลต่างของระดับความชื้นที่ความจุสนาม (FC) กับจุดเหี่ยวถาวร (PWP) จะเป็นความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดิน (Available water capacity, AWCA) หรือ $AWCA = FC - PWP$ ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นสูงสุดที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. สมบัติของดินในพื้นที่ศึกษา

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินดั้งเดิมในพื้นที่ศึกษาหรือสภาพดินก่อนการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ สามารถสรุปได้ดังนี้ ลักษณะเนื้อดินของพื้นที่ศึกษาเป็นดินทรายปนดินร่วน ประกอบด้วยทราย

84.6 % ทรายแบ่ง 9.5 % และ ดินเหนียว 4.1 % มีค่าความหนาแน่นรวม 1.64 กรัม/ลบ.ซม. มีค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน ประมาณ 2.54 และมีค่าความพรุนประมาณ 37 %

2. ผลของเพอร์ไลต์ต่อความชื้นที่เป็นประโยชน์

การทดสอบความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินเพื่อศึกษาปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ที่กักเก็บในดิน และพืชสามารถนำไปใช้ได้ แสดงดังตารางที่ 2 ดินดั้งเดิมที่ยังไม่ได้ปรับปรุงพื้นที่ด้วยการไถพรวน และกำจัดวัชพืชมีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดิน 5.3 % แปลงทดลองที่ไม่ได้ปรับปรุงดินด้วยการผสมเพอร์ไลต์ มีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 6.78 ,6.98 และ 5.36 % จากการทดลองผสมเพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 5 ตัน/เฮกตาร์ และ 10 ตัน/เฮกตาร์ พบว่า ค่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินที่แปลงทดลองซึ่งมีอัตราผสมเพอร์ไลต์ 10 ตัน/เฮกตาร์ มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงกว่าแปลงทดลองอื่น โดยมีค่าเท่ากับ 9.25 ,10.02 และ 10.67 % ส่วนแปลงทดลองมีอัตราผสมเพอร์ไลต์ 5 ตัน/เฮกตาร์ มีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินต่ำกว่าแปลงที่ปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 10 ตัน/เฮกตาร์ แต่มากกว่าแปลงควบคุมที่ไม่มีการปรับปรุงดินโดยมีค่าเท่ากับ 8.38 ,7.99 และ 8.67 %

ตารางที่ 2: เปรียบเทียบความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินในแปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ในอัตราส่วนต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 90 วัน แปลงควบคุมที่ไม่ได้ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ และก่อนปรับปรุงดิน

แปลงทดลอง	การดูดซับน้ำของอนุภาคดิน(hPa)							ความจุน้ำใช้ประโยชน์ ได้ของดิน***
	1	3.3	10	33.3*	100	300	1500**	
P10N1	35.27	31.50	23.70	14.90	9.01	5.13	10.02	10.02
P10N2	34.21	33.71	24.15	15.26	8.69	6.11	9.25	9.25
P10N3	37.59	30.26	26.32	17.56	12.23	7.12	10.67	10.67
P5N1	33.56	32.25	25.36	16.33	13.25	8.88	7.99	7.99
P5N2	35.26	34.25	25.63	15.36	12.33	7.25	8.38	8.38
P5N3	35.22	34.29	26.29	17.26	12.36	8.21	8.67	8.67
CN1	35.28	34.39	22.19	13.89	8.36	7.29	6.98	6.98
CN2	35.14	33.96	24.69	13.55	9.21	7.15	6.78	6.78
CN3	33.95	31.25	23.27	12.34	9.32	7.01	5.36	5.36
ก่อนปรับปรุงดิน	32.35	30.25	22.18	12.36	9.47	7.84	7.33	5.03

หมายเหตุ P5N1, P5N2, P5N3 คือ แปลงทดลองที่ใส่เพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 5 ตัน/เฮกตาร์

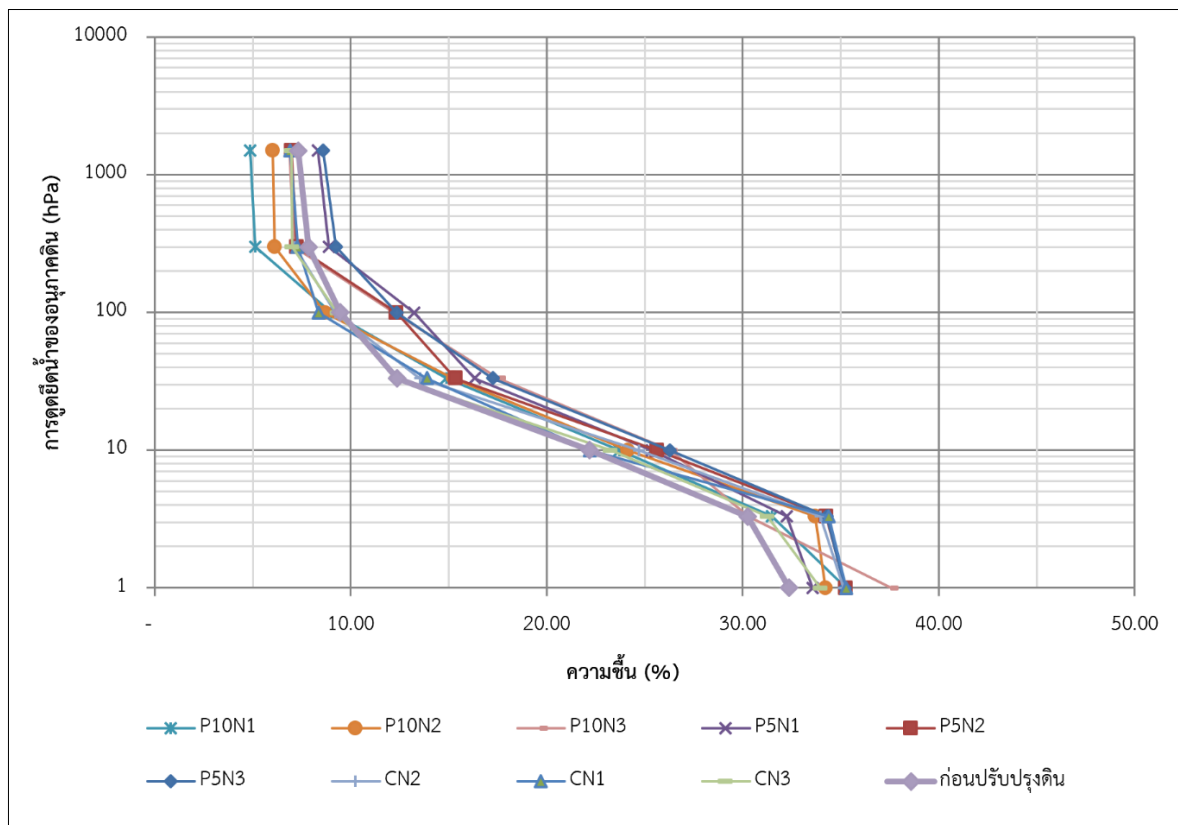
P10N1, P10N2, P10N3 คือ แปลงทดลองที่ใส่เพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 10 ตัน/เฮกตาร์

CN1, CN2, CN3 คือ แปลงควบคุม หรือ แปลงทดลองที่ไม่ใส่เพอร์ไลต์

* ความจุความชื้นสนาม (Field Capacity, FC) % (m^3/m^3)

** ความชื้นที่ ณ จุดเหี่ยวถาวร (Permanent Wilting Point, PWP) % (m^3/m^3)

*** ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดิน (Available water capacity, AWCA) $\text{AWCA} = \text{FC} - \text{PWP}$ % (m^3/m^3)



ภาพที่ 4: กราฟเปรียบเทียบความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินก่อนปรับปรุงดิน แปรผลทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ในอัตราส่วนต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 90 วัน แปรผลควบคุมที่ไม่ได้ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์

สรุป

สรุปผลการศึกษาลงของเพอร์ไลต์ต่อความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินพบว่าเพอร์ไลต์สามารถเพิ่มปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงทดลองที่ไม่ได้ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ และดินดั้งเดิมในพื้นที่ศึกษา ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้เจริญเติบโตได้โดยตรง ดังนั้นเพอร์ไลต์จึงสามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตทางการเกษตรได้เป็นอย่างดี ความชื้นที่เพิ่มขึ้นในดินจากการใส่เพอร์ไลต์ลงไปในนั้นเกิดจากสมบัติความพรุนของเพอร์ไลต์ที่เข้าไปปรับโครงสร้างดินทรายที่มีลักษณะเนื้อหยาบและมีช่องว่างระหว่างอนุภาคใหญ่ทำให้ไม่สามารถดูดซับน้ำและกักเก็บไว้ได้ด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเมื่อได้รับน้ำจากฝนตามธรรมชาติ หรือการชลประทาน น้ำจะไหลระบายออกจากดินอย่างรวดเร็วตามช่องว่างของดินที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนั้นสมบัติความพรุนของเพอร์ไลต์ยังมีความเหมาะสม ไม่มากเกินไปกว่าแรงดึงดูดออสโมติกที่รากพืชต้องดูดน้ำในดินไปใช้เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ดังจะเห็นได้จากค่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ ซึ่งน้ำในส่วนนี้สัมพันธ์กับน้ำที่พืชใช้ประโยชน์โดยตรง

ความคุ้มค่าของการใช้เพอร์ไลต์เพื่อปรับปรุงดินทรายจัดในจังหวัดลพบุรีนั้น มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยสามารถประเมินจากระยะทางของแหล่งแร่เพอร์ไลต์ในจังหวัดลพบุรีจะพบว่ามีปริมาณสำรองในจังหวัดประมาณ 1,200 ตร.กม. ซึ่งสามารถลดต้นทุนการขนส่งเนื่องจากการใช้ทรัพยากรภายในพื้นที่ นอกจากนั้นการปรับโครงสร้างดินด้วยเพอร์ไลต์ยังเป็นการแก้ปัญหาระยะยาวของดินทรายจัด เนื่องจากเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนแล้วนั้นมีคุณสมบัติทำปฏิกิริยากับสารอื่นน้อยมาก และมีความคงทนของโครงสร้างสูงทำให้ไม่ต้องใส่ทุกครั้งในฤดูเพาะปลูก

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของเพอร์ไลต์ในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินและการตอบสนองของน้ำในดินเพียงชนิดเดียวคือดินทรายจัด การวิจัยต่อไปจึงควรมีการศึกษาให้ครอบคลุมถึงดินชนิดอื่น ๆ ที่มีปัญหาทางการเกษตรคล้ายคลึงกัน เช่น ดินที่มีชั้นดินตื้น หรือดินที่มีเนื้อหยาบ และควรศึกษาผลของเพอร์ไลต์ที่มีผลต่อช่องว่างอากาศของดินชนิดต่าง ๆ ตลอดจนการหมุนเวียนของอากาศในดินที่เกิดจากการปรับสภาพดินด้วยเพอร์ไลต์ ตลอดจนควรมีการศึกษาค้นคว้าผลของเพอร์ไลต์ต่อการยืดเหยียดอาหารในดิน นอกจากนั้นควรมีการทดลองนำไปปลูกพืชโดยเฉพาะพืชที่เป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย เช่น ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย ตลอดจนครอบคลุมดินประเภทต่าง ๆ ซึ่งผลการวิจัยเหล่านี้จะทำให้การประยุกต์ใช้เพอร์ไลต์สามารถนำมาใช้ประโยชน์กับประเทศได้อย่างเป็นรูปธรรมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2540). *การจัดการดินทราย*. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2540). *การจัดการดินและพืชเพื่อปรับปรุงดินอินทรีย์วัตถุต่ำ*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2550). *ความสำคัญของดินและปุ๋ย*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กัญจน์รี ช่วงจำ. (2555). *กลไกทางกายภาพ และ เคมี ของสารปรับปรุงบำรุงดินถ่านชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดที่มีผลต่อผลผลิตและการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในไร่ข้าวโพด*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิคม จิงอยู่สุข. (2530). *ประโยชน์ของหินภูเขาไฟเนื้อแก้วเพอร์ไลต์ในงานอุตสาหกรรม*. การประชุมเหมืองแร่. หน้า 133-140, กรุงเทพฯ, กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.
- บุรี บุญสมภพพันธ์. (2531). *ดินทราย*. *วารสารพัฒนาที่ดิน*, 25, 19-23.
- สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี. (2549). *สมบัติของหินเพอร์ไลต์ และ การใช้ประโยชน์*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน. (2553). *เอกสารวิชาการ เรื่อง ความเสื่อมโทรมของที่ดิน และการจัดการแก้ไข*. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. (2519). *ธรณีวิทยา*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิชย์.
- เอิบ เขียวรีนรมย์. (2533). *ดินของประเทศไทย ลักษณะ การกระจาย และการใช้*. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Abidi, S., B. Nait-Ali, Y. Joliff & C. Favotto. (2015). Impact of Perlite, Vermiculite and Cement on the Thermal Conductivity of a Plaster Composite Material: Experimental and Numerical Approaches. *Composites Part B: Engineering*, 68, 392-400.
- Bastani, D., A.A. Safekordi, A. Alihosseini & V. Taghikhani. (2006). Study of Oil Sorption by Expanded Perlite at 298.15 K. *Separation and Purification Technology*, 52(2), 295-300.
- Boumnijel, I., H. Ben Amor & C. Chtara. (2013). Effect of Calcinated and Activated Perlite on Improving Efficiency of Dihydrate Process for Phosphoric Acid. *International Journal of Mineral Processing*, 125, 112-117.
- Chesterman, C. W. (1995). *Industrial Mineral and Rocks*. New York : American Institute of Mining, Metallurgical and petroleum Engineering, Inc.
- Demirboga, R. and R. Gül. (2003). Thermal Conductivity and Compressive Strength of Expanded Perlite Aggregate Concrete with Mineral Admixtures. *Energy and Buildings*, 35(11), 1155-1159.
- Karakoç, M.B., R. Demirboğa, İ. Türkmen & İ. Can. (2012). Effect of Expanded Perlite Aggregate on Cyclic Thermal Loading of Hsc and Artificial Neural Network Modeling. *Scientia Iranica*, 19(1), 41-50.
- L. Daniel Maxim, Ron Niebo & Ernest E. McConnell. (2014). Perlite toxicology and epidemiology – a review, *Inhalation Toxicology*. *Inhal Toxicol*, 26(5), 259-270, DOI: 10.3109/08958378.2014.881940
- Nguyen Thanh, D., M. Singh, P. Ulbrich, N. Strnadova & F. Štěpánek. (2011). Perlite Incorporating Γ -Fe₂O₃ and Δ -MnO₂ Nanomaterials: Preparation and Evaluation of a New Adsorbent for as(V) Removal. *Separation and Purification Technology*, 82, 93-101.
- Silber, A., Bar-Yosef, B., Levkovitch, I. & Soryano, S. (2010). Ph-Dependent Surface Properties of Perlite: Effects of Plant Growth. *Geoderma*, 158(3-4), 275-281.
- Tekin, N., E. Kadıncı, Ö. Demirbaş, M. Alkan, A. Kara & M. Doğan. (2006). Surface Properties of Poly (Vinylimidazole)-Adsorbed Expanded Perlite. *Microporous and Mesoporous Materials*, 93(1-3), 125-133.
- Yilmazer, S. & M. B. Ozdeniz. (2005). The Effect of Moisture Content on Sound Absorption of Expanded Perlite Plates. *Building and Environment*, 40(3), 311-318.

การเปรียบเทียบสมบัติการผลิตภาพของเครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซตและเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ ทรอโฟโตกราฟี

THE COMPARISON QUALITY AND REPRODUCTIONS PRINTING OF DIGITAL OFFSET PRINTING AND ELECTROPHOTOGRAPHY PRINTER

ศุภกานต์ แก้วกมลรัตน์^{1*}, พิชิต ขจรเดชะ¹ และนิทัศน์ ทิพย์โสตนัยนา¹
Suppakan Kaewkamolrat^{1*}, Phichit Kajondecha¹ and Nitus Tipsotnaiyana¹

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี

¹Department of Printing and Packaging Technologies, Faculty of Industrial Education and Technology,
King Mongkut's University of Technology Thonburi.

*Corresponding author, E-mail: mayba27@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการผลิตภาพของเครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซตและเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ทรอโฟโตกราฟี โดยทำการศึกษาจากกระบวนการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต จำนวน 1 เครื่อง (เครื่อง Hp Indigo รุ่น 5600 Digital Press) และเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ทรอโฟโตกราฟี จำนวน 2 เครื่อง (เครื่อง Konica Minolta รุ่น Accurio Press C6085 และ เครื่อง Fuji Xerox รุ่น Color 1000 Press) วิธีการทดลองคือ เตรียมไฟล์ต้นฉบับ ซึ่งประกอบด้วยตารางสีทดสอบและภาพลักษณะต่าง ๆ โดยทำการพิมพ์ลงบนกระดาษเคลือบผิวแบบขัดมัน จำนวน 800 แผ่น และกระดาษไม่เคลือบผิว จำนวน 800 แผ่น ทั้ง 3 เครื่องพิมพ์ โดยการพิมพ์แบบต่อเนื่องไม่หยุดพัก ระหว่างพิมพ์มีการวัดอุณหภูมิในเครื่องพิมพ์ และที่กระดาษตรงบริเวณกระดาษออก เพื่อเปรียบเทียบการผลิตภาพที่พิมพ์ออกมา โดยการตรวจสอบคุณภาพการพิมพ์ ในเรื่อง ค่าสี และคุณภาพงานพิมพ์ในด้านต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือวัดค่าสีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทุก ๆ 50 แผ่น

จากการวิจัยพบว่า

เครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซตจะมีการควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องพิมพ์ให้คงที่ตลอดรอบพิมพ์ ทำให้คุณภาพการพิมพ์ที่ได้มีความสม่ำเสมอในด้านค่าความดำสี (density) และค่าขอบเขตสี (color gamut) กว่าเครื่องพิมพ์ระบบอิเล็กทรอนิกส์ทรอโฟโตกราฟี ที่มีการเปลี่ยนแปลงเพราะอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากการสะสมอุณหภูมิความร้อนในขั้นตอนผลิตภาพให้แห้งบนกระดาษด้วยลูกกลิ้งให้ความร้อน ส่งผลต่อคุณภาพงานพิมพ์ในเรื่องการเพิ่มขึ้นของค่าความดำสี (density) หมึกพิมพ์ ค่าขอบเขตสี (color gamut) เกิดการเปลี่ยนแปลงและกว้างมากขึ้น แต่ในเรื่องของความละเอียดของเส้น ตัวอักษร ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นถ้ามีการพิมพ์งานดิจิทัลแบบต่อเนื่อง ควรเลือกใช้เครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต แต่ถ้าต้องใช้เครื่องพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ทรอโฟโตกราฟี ควรหยุด

เครื่องพิมพ์ในระหว่างการพิมพ์งานเป็นระยะ ๆ ทุก 250 แผ่น เพื่อป้องกันความร้อนที่เกิดจากการทำงานของเครื่องพิมพ์ดิจิทัล โดยการปรับตั้งอุณหภูมิภายนอกและภายในเครื่องพิมพ์ให้คงที่ตลอดการพิมพ์งาน เพื่อให้ได้งานพิมพ์มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: คุณภาพการพิมพ์ ขอบเขตสี งานพิมพ์ดิจิทัล เครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต เครื่องพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์โฟโตกราฟี

ABSTRACT

The objective of this research is to comparison of quality and property printing reproduction on digital offset printing and electrophotography printer by studying the printing process of 1 digital offset printer (Hp Indigo Model 5600 Digital Press) and 2 electrophotography printer (Konica Minolta Model Accurio Press C6085 and Fuji Xerox Color Model 1000 Press) The test form file including color test chart and varios styles of images was print on 800 sheets of coated paper and 800 sheets of uncoated paper on all 3 printers with continuous printing without breaks. During printing, the temperature is measured in the printer. And where the paper occupies the output tray to compare the production of printed images by checking the print quality in terms Measurement color and quality printing by spectrophotometer every 50 sheets.

The finding were as followed :

Digital offset printers have constant temperature control within the printer throughout the printing cycle. Resulting in consistent print quality in both the density and color gamut values than the electrophotography printer that is changed because the temperature increases by spontaneous heating in printer at fusing unit had affect to resolution. Affect the print quality with regard to the increase in the density of the ink, the color gamut has changed and is wider. But in the matter of the resolution of the text line has not changed therefore, if there is continuous digital printing There should choose a digital offset printer. But if using a electrophotography printer must stopped during the period of printing every 250 sheets. way to prevent the heat generated by the operation of the digital printer. By adjusting the outside and inside temperature of the printer to be stable throughout the printing process for the same quality of printing.

Keywords: print quality, color gamut, digital print, digital offset printer, electrophotography printer

บทนำ

ในปัจจุบันเครื่องพิมพ์ดิจิทัลได้รับความนิยมในการใช้อย่างแพร่หลายเป็นจำนวนมากในระบบอุตสาหกรรมพิมพ์เนื่องจากเครื่องพิมพ์มีความสะดวกสบาย ง่ายต่อการใช้งาน เร็วในการผลิต และมีค่าใช้จ่ายไม่สูง (ศุภณีย์ เรียบเลิศหิรัญ, 2542) แต่ในขั้นตอนการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ระบบดิจิทัล สีที่ได้จากการพิมพ์จะมีการเปลี่ยนแปลงไม่เหมือนกับสีที่ได้ในการพิมพ์ระยะแรก ๆ ถ้าพิมพ์จำนวนมากติดต่อกันโดยไม่หยุดพัก (นิทัศน์ ทิพย์โสตนัยนา, พิชิต ขจรเดชะ และอนุชา วัฒนาภา, 2560) ดังเช่น บริษัทเปเปอร์เมท (ประเทศไทย) จำกัด ใช้เครื่องพิมพ์ระบบดิจิทัลออฟเซต และเครื่องพิมพ์ระบบอิเล็กทรอนิกส์โทรโฟโตกราฟี ในการผลิตงานพิมพ์ ซึ่งมีงานพิมพ์ที่เกิดจากการผิดพลาดของสี ความคมชัดของภาพ เส้น และตัวอักษร ทำให้เกิดความสูญเสียทางการพิมพ์เป็นจำนวนมาก งานพิมพ์ที่ได้ไม่มีคุณภาพ และไม่เป็นที่ต้องการของลูกค้า

ฉะนั้นด้วยเหตุผลดังกล่าวที่ได้กล่าวมาเพื่อลดปัญหาทางด้านคุณภาพงานพิมพ์ จึงเป็นที่มาของการเปรียบเทียบสมบัติการผลิตภาพของเครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต และเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์โทรโฟโตกราฟี โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การทดสอบครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในองค์กร และสร้างองค์ความรู้ใหม่ในองค์กร เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ทบทวนวรรณกรรม

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นฐานความรู้สำหรับใช้ในการศึกษาโดยมีประเด็นการค้นคว้าเป็นดังต่อไปนี้

เครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต (digital offset)

เทคโนโลยี indigo technology-offset technology (อารีญา คระนันท์, 2557: 25-26) มีหลักการทำงานโดยการใช้หมึกพิมพ์เหลว โปรงสีทำให้การพิมพ์สอดสีได้คุณภาพของงานสีใกล้เคียงกับการพิมพ์ออฟเซตทั่วไปเวลาพิมพ์มีการปล่อยประจุลบลงบนดรัมก่อน จากนั้นฉายแสงเลเซอร์สร้างภาพแฝงที่ยังคงประจุลบไว้ เมื่อผ่านจ่ายหมึกที่มีประจุบวก ทำให้ภาพแฝงดูดหมึกพิมพ์ เกิดเป็นภาพที่ติดหมึกพิมพ์บนดรัมได้ก่อนการถ่ายโอนภาพไปบนผ้าเยื่อและกระดาษตามลำดับ มีการให้ความร้อน ซึ่งทำให้หมึกพิมพ์แห้งทันที ส่วนดรัมจะได้รับการทำความสะอาดประจุที่ค้างอยู่ออกก่อนที่สร้างภาพในรอบพิมพ์ใหม่ต่อไป Hp Indigo เป็นเครื่องพิมพ์ระบบดิจิทัลออฟเซต ที่ใช้หมึกพิมพ์ชนิดน้ำ เรียกว่า Electroink ซึ่งประจุไฟฟ้าลงบนเม็ดสีได้ ทำให้สามารถควบคุมตำแหน่งการลงหมึกพิมพ์ด้วยอนุภาคขนาดเล็กเพียง 1 ไมครอน ได้อย่างแม่นยำ จึงพิมพ์ภาพได้รายละเอียดสูง และคมชัด คุณภาพเทียบเท่าหรือสูงกว่า (ในบางกรณี) การพิมพ์ด้วยระบบออฟเซตเดิมเทคโนโลยีดิจิทัลนอกจากจะทำให้ประสิทธิภาพการพิมพ์สูงขึ้นแล้ว ยังช่วยให้เกิดการสร้างสรรค์รูปแบบงานพิมพ์ที่หลากหลายได้ไม่จำกัดอีกด้วย มีระบบชดเชยเม็ดสีอยู่ภายใน เพื่อแก้ไขขนาดเม็ดสีให้ถูกต้องตามที่ต้องการอยู่เสมอ จึงสามารถรักษาคุณภาพของสีและเม็ดสีให้สม่ำเสมอได้ตลอดเวลา ผลลัพธ์คือคุณภาพงานพิมพ์ที่สม่ำเสมอตั้งแต่แผ่นแรกถึงแผ่นสุดท้าย

เครื่องพิมพ์ดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์โฟโตกราฟี (Electrophotography)

เครื่องพิมพ์ดิจิทัลโฟโตกราฟีทั้งที่เป็นเครื่องพิมพ์ดิจิทัลประสิทธิภาพสูงและเครื่องพิมพ์สำเนาดิจิทัล (อริญ หายสูญหาย, 2542: 113-116) เป็นเครื่องพิมพ์ที่สร้างภาพแฝงไฟฟ้าสถิต (latent static image) ด้วยแสงแล้วสร้างภาพปรากฏ (develop image) และภาพพิมพ์ตามลำดับด้วยแรงไฟฟ้าสถิต การสร้างภาพแฝงไฟฟ้าสถิตเกิดขึ้นบนตัวกลางถ่ายทอดภาพซึ่งอาจเป็นกระบอกหรือสายพานนำแสง (photoconductor) ที่เมื่อได้รับแสงแล้วจะมีสมบัติ ไดอิเล็กทริก (dielectric) โทเนอร์ที่ให้เป็นโทเนอร์แห้ง (dry powder toner) ชนิด 2 องค์ประกอบ (dual-component toner) โทเนอร์ที่ติดบนภาพปรากฏนี้จะถ่ายโอนต่อไปเพื่อสร้างภาพพิมพ์บนกระดาษหรือวัสดุพิมพ์อื่น ๆ แล้วผนึกโทเนอร์ให้ติดแน่นกับกระดาษด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การใช้ความร้อนและ/หรือแรงกดเป็นต้น

แบบทดสอบทางการพิมพ์

แบบทดสอบ หรือ Test Form หมายถึง เครื่องมือที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตงานพิมพ์ (อริญ หายสูญหาย, 2547: 12-14) ประกอบด้วยแถบควบคุม และภาพสีแบบต่าง ๆ มารวมกันจัดเป็นหน้า ได้ขนาดตามต้องการ อาจออกแบบเอง หรือสำเร็จรูปจากสถาบัน องค์กรที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์ เช่น ISO, GATF, FOGRA, PIRA, BRUNER และ UGRA เป็นต้น

แบบทดสอบเหล่านี้ โดยทั่วไปเวลานำไปใช้งานมี 2 ลักษณะ ได้แก่ เป็นข้อมูลดิจิทัล กับเป็นแผ่นฟิล์มแยกสีสำเร็จรูปพร้อมที่จะนำไปทำแม่พิมพ์ได้ทันที สำหรับกรณีแบบแรกมีข้อดีตรงที่ข้อมูลสามารถส่งออกไปยังอุปกรณ์ได้หลายประเภทได้แก่ เครื่องอิมเมจเซตเตอร์สำหรับผลิตฟิล์มแยกสีปริ้นต์ดิจิทัล เพลตเซตเตอร์ และเครื่องพิมพ์ดิจิทัลโดยไฟล์จะอยู่ในโหมด RGB/CMYK และอาจมีรูปแบบ (format) ได้หลายรูปแบบ เช่น PDF, EPS และ TIFF เป็นต้น ในขณะที่แบบทดสอบที่เป็นแผ่นฟิล์มสำเร็จรูป นอกจากจะใช้งานง่ายแล้ว ยังสามารถใช้เทียบกับฟิล์มแยกสีที่ได้มาจากเครื่องอิมเมจเซตเตอร์ เพื่อตรวจสอบการเทียบมาตรฐานหรือคาลิเบรต และลีเนียร์ไรเซชัน (linearization) ของเครื่องอิมเมจเซตเตอร์นั้น ๆ

แบบทดสอบมาตรฐาน (standard test form) จะเป็นแบบทดสอบที่ได้รับการยอมรับกันในการทำธุรกิจ เพราะสามารถใช้ในการสื่อสารทำความเข้าใจระหว่างโรงพิมพ์กับลูกค้าได้เป็นอย่างดีก่อนตัดสินใจจะจ้างพิมพ์ นอกจากนี้ แนวโน้มในอนาคตการใช้แบบทดสอบยังจะมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับโรงพิมพ์มาตรฐานเพื่อให้ได้งานพิมพ์คุณภาพสม่ำเสมอ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

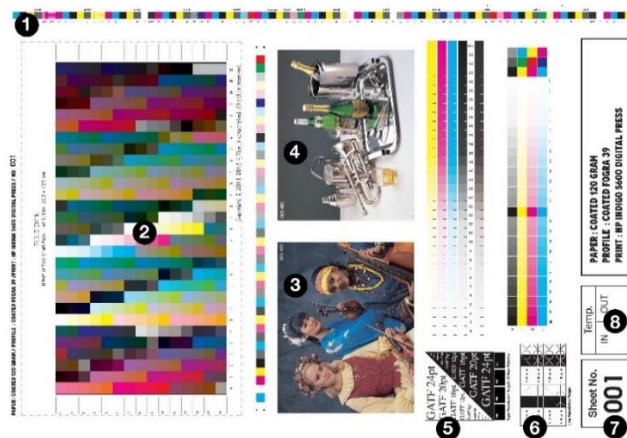
1. เพื่อทดสอบสมบัติการผลิตภาพของเครื่องพิมพ์ระบบดิจิทัลออฟเซต และเครื่องพิมพ์ระบบอิเล็กทรอนิกส์โฟโตกราฟี
2. เพื่อวิเคราะห์หาตัวแปรที่ส่งผลต่อสมบัติทางการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ระบบดิจิทัลออฟเซต และเครื่องพิมพ์ระบบอิเล็กทรอนิกส์โฟโตกราฟี
3. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ระบบดิจิทัลออฟเซต และเครื่องพิมพ์ระบบอิเล็กทรอนิกส์โฟโตกราฟี

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเป็นการทดลองและเปรียบเทียบการผลิตภาพของเครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต และเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์โพโตกราฟี โดยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐานทางการพิมพ์ (อรัญ หาญสืบสาย, 2547) ในเรื่อง ความดำสี (density) การแสดงขอบเขตสี (color gamut) เส้นและขนาดตัวอักษร โดยจะใช้แบบทดสอบงานพิมพ์ (test form) ที่ประกอบไปด้วยภาพรูปแบบต่าง ๆ แลปสี (test chart) แล้วนำไปทำการประกอบหน้างานพิมพ์และสร้างไฟล์ด้วย โปรแกรมผลิตงานดีไซด์ทางการพิมพ์คือโปรแกรม Adobe Illustrator เวอร์ชัน cc แล้วนำไปพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต จำนวน 1 เครื่อง (เครื่อง Hp Indigo รุ่น 5600 Digital Press) และเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์โพโตกราฟี จำนวน 2 เครื่อง (เครื่อง Konica Minolta รุ่น Accurio Press C6085 และ เครื่อง Fuji Xerox รุ่น Color 1000 Press) พิมพ์งานลงบนกระดาษเคลือบผิวแบบขัดเงา (coated paper) 120 แกรม จำนวน 800 แผ่น และกระดาษไม่เคลือบผิว (uncoated paper) 120 แกรม จำนวน 800 แผ่น ขนาดกว้าง 317 มิลลิเมตร ยาว 457 มิลลิเมตร ผ่านโปรแกรมสั่งงานพิมพ์ที่มีการจัดการสี (rip) โดยมีการควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงาน โดยกำหนดอุณหภูมิห้องที่ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางการพิมพ์ด้วยเครื่องมือวัดค่าสี ได้แก่เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectro Photometer) ของ X-Rite รุ่น Spectro Eyes และเครื่องวัดค่าพิกัดสี เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectro photometer) ของ X-Rite รุ่น Eye-One Pro (i1Pro) ภายใต้การสร้าง ICC Profile ด้วยข้อกำหนดแหล่งกำเนิดแสงที่ D50 (daylight 5000°K) มุม 2° และใช้โปรแกรมวิเคราะห์ขอบเขตสี โปรแกรม ProfileMaker เวอร์ชัน 5.0.10 ควบคุมในการวิเคราะห์ผล เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ระบบดิจิทัลออฟเซต และเครื่องพิมพ์ระบบอิเล็กทรอนิกส์โพโตกราฟี และนำมาวิเคราะห์จำนวนรอบทางการพิมพ์ต่อคุณภาพที่ได้และเพื่อนำไปวิเคราะห์วางแผนในการทำงานพิมพ์ดิจิทัลเพื่อป้องกันปัญหาทางการพิมพ์ต่อไป

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการออกแบบ แบบทดสอบคุณภาพการพิมพ์ (test form) ที่ใช้ในการทำงานวิจัย สร้างจากโปรแกรมออกแบบงานพิมพ์มีรูปแบบดังภาพที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

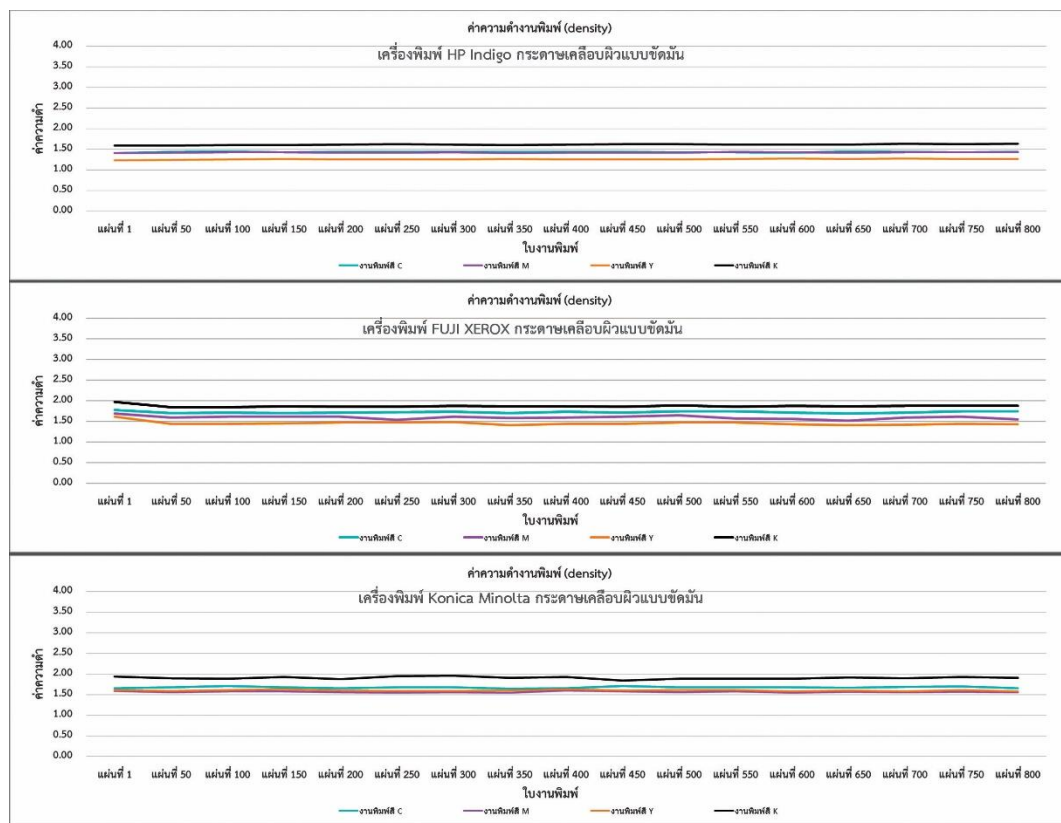


ภาพที่ 1: แบบทดสอบคุณภาพการพิมพ์ (test form)

จากนั้นนำไปทำการพิมพ์ ด้วยการนำไฟล์งานที่ออกแบบ และใส่หมายเลขประจำแผ่น (001-800) นำไปพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต ของ Hp Indigo รุ่น 5600 Digital Press และเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ของ Konica Minolta รุ่น Accurio Press C6085 และ เครื่อง Fuji Xerox รุ่น Color 1000 Press ลงบน กระดาษเคลือบ ผิวแบบ ขัดเงา และกระดาษไม่เคลือบผิว โดยผ่านโปรแกรมควบคุมการสั่งงานพิมพ์ที่มีระบบการจัดการสี (rip) ทำการพิมพ์แบบต่อเนื่องจำนวน 800 แผ่น (ชินญ์ ทรงอมรสิริ, 2559) แบบไม่มีการหยุดพักและมีการควบคุมอุณหภูมิในห้องพิมพ์ที่ 25 องศาเซลเซียส และนำงานพิมพ์ไปวิเคราะห์คุณภาพการพิมพ์ในเรื่องต่าง ๆ

การวิเคราะห์ความดำสีของงานพิมพ์ดิจิทัล

จากการวัดค่าความดำของสีน้ำเงินเขียว (Cyan: C) สีม่วงแดง (Magenta: M) สีเหลือง (Yellow: Y) สีดำ (Black: K) บริเวณหมายเลข 1 ใน ภาพที่ 1 ได้ค่าความดำ ในการพิมพ์ลงบนกระดาษเคลือบผิวแบบขัดมัน และกระดาษไม่เคลือบผิว แต่ละสีดังนี้



ภาพที่ 2: ค่าความดำของงานพิมพ์ดิจิทัล แผ่นที่ 1-800 บนกระดาษเคลือบผิวแบบขัดมัน

จากภาพที่ 2 ค่าความดำสีของงานพิมพ์เครื่องอิเล็กทรอนิกส์โพโตกราฟี บนกระดาษเคลือบผิวแบบขัดมัน แต่ละสีมีค่าใกล้เคียงกัน โดยในช่วงแรกสีจะเข้มและลดลงจนสม่ำเสมอ แต่เมื่อพิมพ์ไปที่ช่วงจำนวนแผ่นที่ 200-250 ค่าความดำจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงลดลงและเพิ่มขึ้นโดยสังเกตได้จากค่าความดำของสีม่วงแดง (Magenta: M) และสีดำ (Black: K) ที่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน แต่เครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต ได้ค่าความดำที่สม่ำเสมอทั้งหมดทั้ง 800 แผ่น

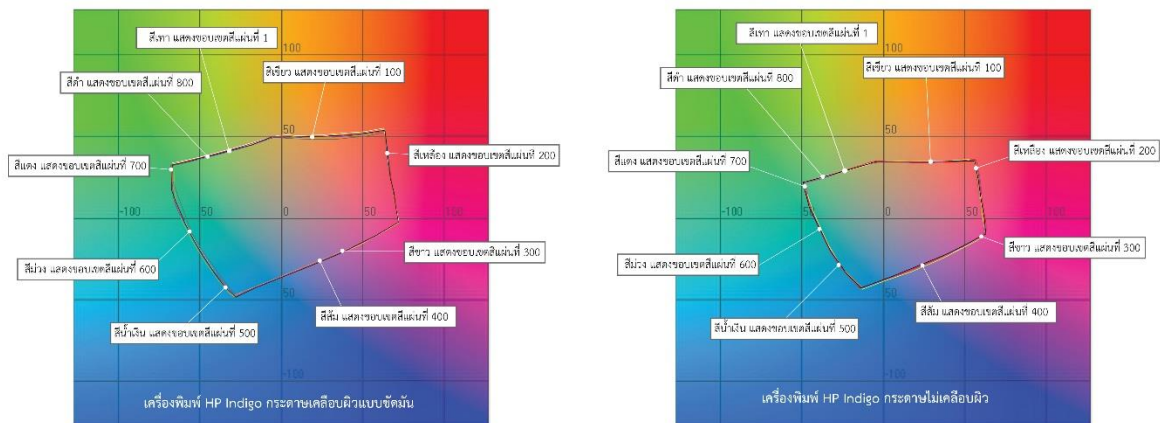


ภาพที่ 3: ค่าความดำของงานพิมพ์ดิจิทัล แผ่นที่ 1-800 บนกระดาษไม่เคลือบผิว

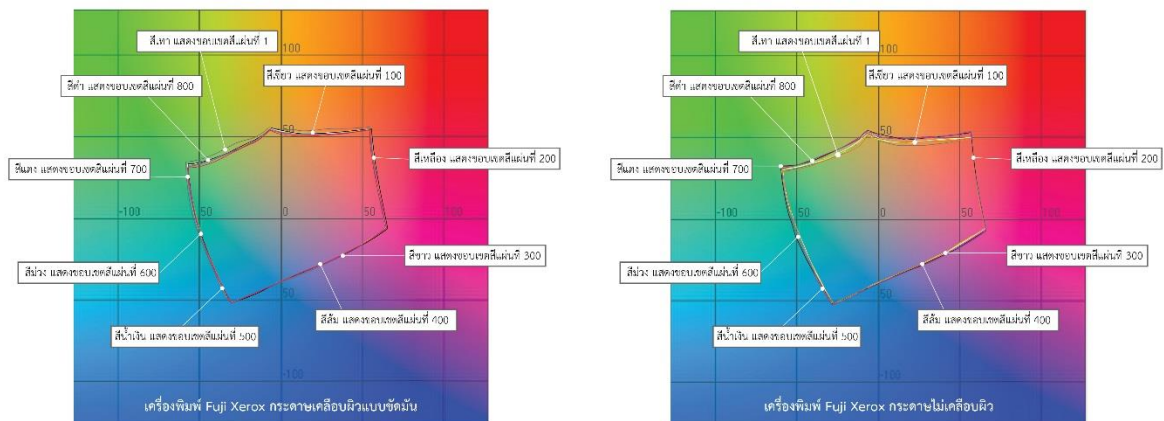
จากภาพที่ 3 ค่าความดำสีของงานพิมพ์เครื่องอิเล็กทรอนิกส์โทรโฟโตกราฟี บนกระดาษไม่เคลือบผิว แต่ละสีมีค่าใกล้เคียงกัน โดยในช่วงแรกสีจะเข้มและลดลงจนสม่ำเสมอ แต่เมื่อพิมพ์ไปที่ช่วงจำนวนแผ่นที่ 200-250 ค่าความดำจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงลดลงและเพิ่มขึ้นโดยสังเกตได้จากค่าความดำของสีม่วงแดง (Magenta: M) และสีดำ (Black: K) ที่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน แต่เครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต ได้ค่าความดำที่สม่ำเสมอทั้ง 800 แผ่น เหมือนกันกับกระดาษเคลือบผิวแบบขดมัน แต่ค่าความดำที่ได้น้อยกว่างานพิมพ์จากเครื่องพิมพ์ระบบอิเล็กทรอนิกส์โทรโฟโตกราฟีทั้ง 2 เครื่อง

การวิเคราะห์การแสดงขอบเขตสีของงานพิมพ์

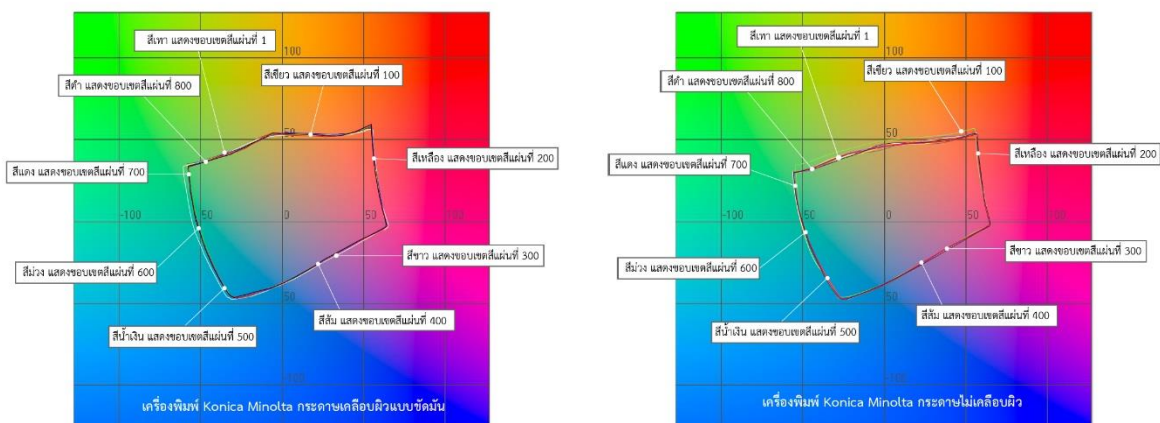
จากการวัดค่าพิกัดสี CIE Lab* ด้วยเครื่องวัดค่าพิกัดสี เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ของ X-Rite รุ่น Eye-One Pro (i1Pro) บริเวณหมายเลข 2 ในภาพที่ 1 ที่เป็นแถบมาตรฐานสี GATF Digital Test From TC3.5 CMYK และนำไปสร้างโปรไฟล์เพื่อแสดงขอบเขตสีสำหรับการพิมพ์ (ปิยพงศ์ ลิมนปะเสริฐ, 2554) โดยมีผลดังนี้



ภาพที่ 4: ขอบเขตสี (color gamut) 1-800 แผ่น เครื่องพิมพ์ Hp Indigo บนกระดาษทั้ง 2 ประเภท



ภาพที่ 5: ขอบเขตสี (color gamut) 1-800 แผ่น เครื่องพิมพ์ Fuji Xerox บนกระดาษทั้ง 2 ประเภท



ภาพที่ 6: ขอบเขตสี (color gamut) 1-800 แผ่น เครื่องพิมพ์ Konica Minolta บนกระดาษทั้ง 2 ประเภท

จากภาพที่ 4 พบว่าเมื่อพิมพ์งานจำนวน 800 แผ่นแบบไม่หยุดพัก จากเครื่องพิมพ์ระบบดิจิทัลออฟเซต

จะแสดงขอบเขตสีเส้นที่ใกล้เคียงกันตลอดการพิมพ์แบบไม่หยุดพัก แต่งานพิมพ์ที่พิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิว ค่าแสดงขอบเขตสีเส้นแคบกว่ากระดาษเคลือบผิว และการพิมพ์จากเครื่องอิเล็กทรอนิกส์โพโตกราฟี ภาพที่ 5 และ ภาพที่ 6 เป็นงานพิมพ์จากเครื่องพิมพ์ระบบอิเล็กทรอนิกส์โพโตกราฟี ค่าแสดงขอบเขตสีมีการเปลี่ยนแปลงและ กว้างมากขึ้น และลดลง อย่างเห็นได้ชัด ทั้ง 2 ประเภทกระดาษ ซึ่งเป็นผลมาจากการค่าอุณหภูมิของเครื่อง ระหว่างพิมพ์ ที่เปลี่ยนแปลงจึงส่งผลให้ค่าขอบเขตสีเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

การวิเคราะห์เส้นและขนาดตัวอักษรของงานพิมพ์

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางการพิมพ์จากภาพพิมพ์สีบริเวณหมายเลข 4 ในภาพที่ 1 และนำมา วิเคราะห์ในเรื่องภาพลายเส้นและขนาดตัวอักษรที่เล็กที่สุดที่สามารถพิมพ์ได้จากภาพขาวดำบริเวณ หมายเลข 5 และ 6 ในภาพที่ 1 ผลปรากฏออกมาดังนี้



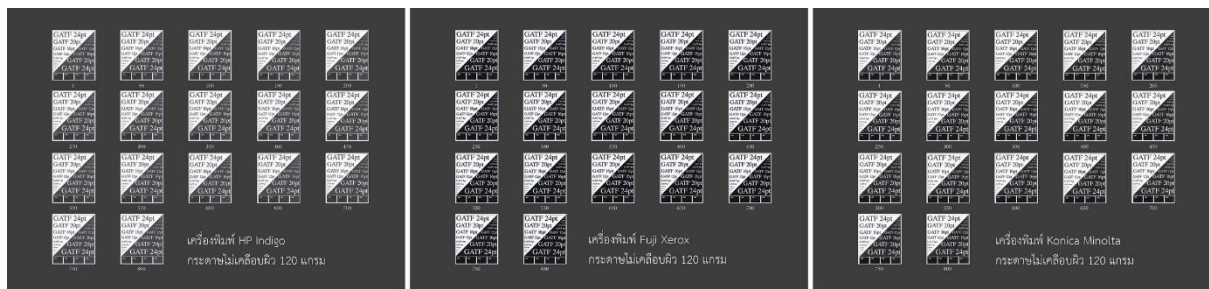
ภาพที่ 7: ภาพพิมพ์สีของงานพิมพ์ดิจิทัล 1-800 แผ่น กระดาษเคลือบผิวแบบขัดมัน



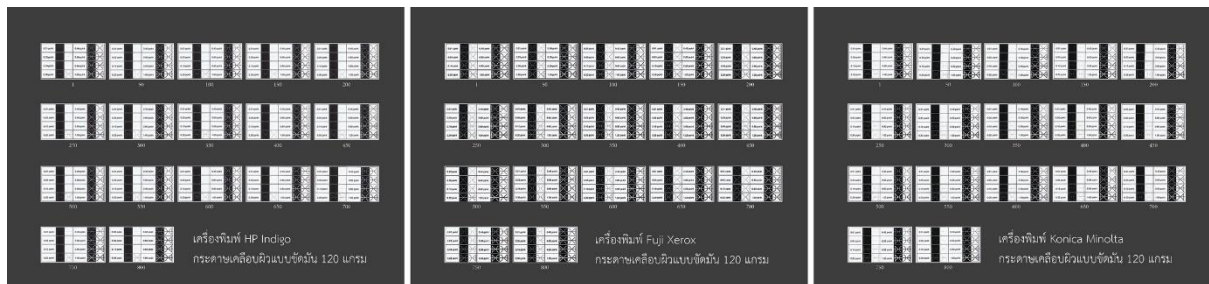
ภาพที่ 8: ภาพพิมพ์สีของงานพิมพ์ดิจิทัล 1-800 แผ่น กระดาษไม่เคลือบผิว



ภาพที่ 9: ตัวอักษรขนาดต่าง ๆ ของงานพิมพ์ดิจิทัล 1-800 แผ่น กระดาษเคลือบผิวแบบขัดมัน



ภาพที่ 10: ตัวอักษรขนาดต่าง ๆ ของงานพิมพ์ดิจิทัล 1-800 แผ่น กระดาษไม่เคลือบผิว



ภาพที่ 11: ภาพลายเส้นขนาดต่าง ๆ ของงานพิมพ์ดิจิทัล 1-800 แผ่น กระดาษเคลือบผิวแบบขี้มัน



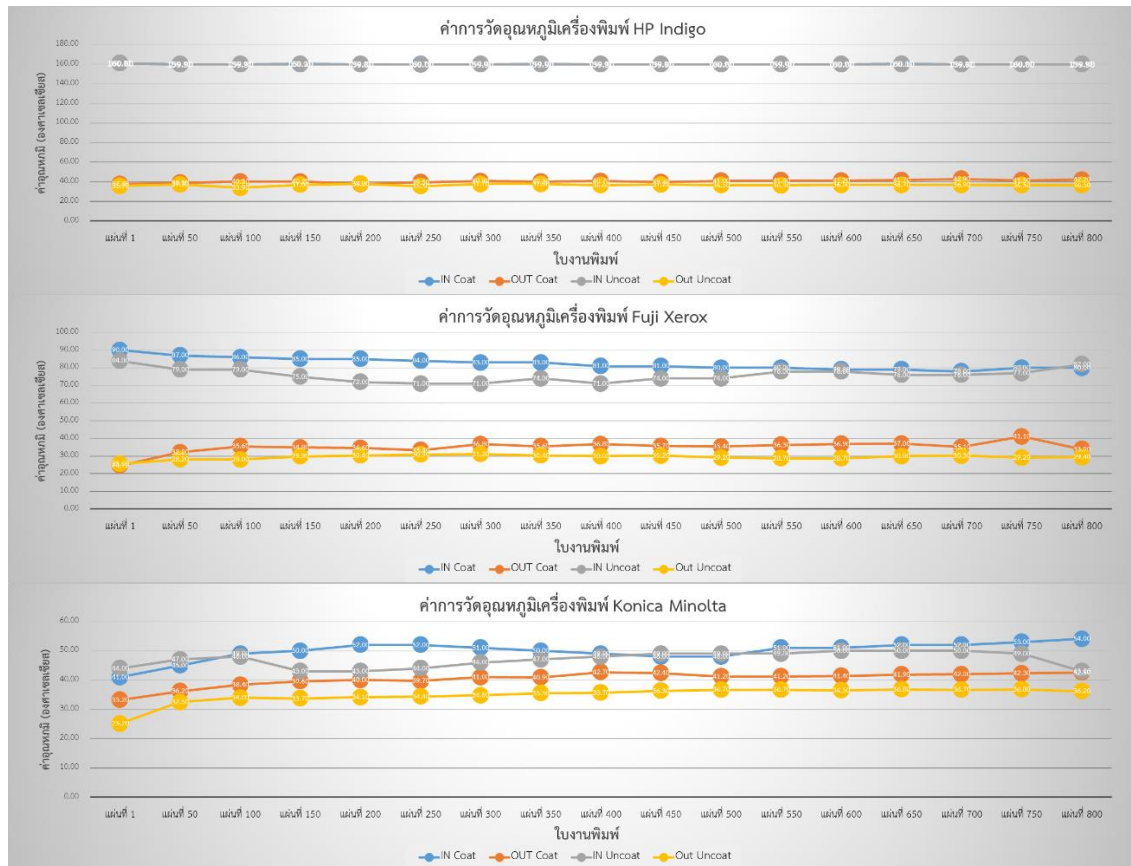
ภาพที่ 12: ภาพลายเส้นขนาดต่าง ๆ ของงานพิมพ์ดิจิทัล 1-800 แผ่น กระดาษไม่เคลือบผิว

จากการเปรียบเทียบคุณภาพงานพิมพ์สีของงานพิมพ์จากภาพที่ 7 และภาพที่ 8 พบว่าภาพที่พิมพ์ออกมาทั้ง 3 เครื่องพิมพ์ทั้ง 800 แผ่น มีความใกล้เคียงกัน ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน และเมื่อนำมาวิเคราะห์ขนาดตัวอักษรที่เล็กที่สุด ภาพที่ 9 และ ภาพที่ 10 และภาพลายเส้น ภาพที่ 11 และภาพที่ 12 ในรูปแบบของภาพโพสิทีฟและเนกาทีฟ ที่สามารถพิมพ์ได้ พบว่าขนาดเส้นและตัวอักษรทั้งสองรูปแบบสามารถพิมพ์ได้เหมือนกันทุกประการ โดยเมื่อจำนวนยอตพิมพ์จำนวนมากขึ้นก็ไม่ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลง แต่ภาพที่ได้จากเครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต พิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิว ความเข้มของสีจะอ่อนกว่างานพิมพ์ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ระบบอิเล็กทรอนิกส์โพโตกราฟี พิจารณาได้จากภาพที่ 10 และภาพที่ 12

การวิเคราะห์อุณหภูมิในการพิมพ์

เป็นการวัดอุณหภูมิระหว่างการพิมพ์ โดยแบ่งออกเป็น 2 จุด (ภายในเครื่องพิมพ์บริเวณลูกกลิ้งให้

ความร้อน และ ที่กระดาษ ตำแหน่งถาดกระดาษออก) บริเวณหมายเลข 8 ในภาพที่ 1 เป็นผลบันทึกค่าอุณหภูมิที่ได้อยู่ระหว่างพิมพ์ จาก 3 เครื่องพิมพ์ มีผลปรากฏออกมาดังนี้



ภาพที่ 12: ค่าการวัดอุณหภูมิ ของงานพิมพ์ดิจิทัล 1-800 แผ่น

จากภาพที่ 12 ผลที่ได้จากการวัดอุณหภูมิเครื่องพิมพ์ระหว่างการพิมพ์ ต่อเนื่อง 800 แผ่น ทั้ง 2 ประเภทกระดาษ ของเครื่องพิมพ์ ทั้ง 3 เครื่อง จะเห็นได้ว่าเครื่องพิมพ์ระบบดิจิทัลออฟเซต มีการควบคุมอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกที่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นผลให้คุณภาพสีของงานพิมพ์ที่ได้มีความใกล้เคียงกันทุกแผ่น แต่เมื่อดูอุณหภูมิของงานพิมพ์ที่ได้จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 2 เครื่อง มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขึ้นลงตลอดการพิมพ์ทั้ง 800 แผ่น ซึ่งส่งผลทำให้ค่าความดำของสี และขอบเขตสีของงานพิมพ์ที่ได้ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดงานพิมพ์

สรุป

ผลการสรุปข้อมูลจากการเปรียบเทียบสมบัติการผลิตภาพของเครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต และเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยการนำแบบทดสอบคุณภาพทางการพิมพ์ (test form) มาพิมพ์งานลงบนกระดาษเคลือบผิวแบบขัดมัน และกระดาษไม่เคลือบผิว แบบละ 800 แผ่น โดยไม่หยุดพัก แล้วทำการวัด

หาค่าขอบเขตสี (color gamut), ค่าความดำสี (density), ค่าความคมชัด และความสมจริงของสี รวมถึงอุณหภูมิของเครื่องพิมพ์ระหว่างการพิมพ์ โดยผลที่วัดได้ ค่าความดำสี แต่ละสีเพิ่มขึ้นและลดลง จนส่งผลให้ขอบเขตสี กว้างมากขึ้นและแคบลงตามไปด้วย ซึ่งมีตัวแปรมาจากอุณหภูมิเครื่องพิมพ์ระหว่างการพิมพ์ โดยเฉพาะเครื่องพิมพ์ระบบอิเล็กทรอนิกส์กราฟิ์ ค่าอุณหภูมิที่วัดได้ขึ้นลงตลอดเวลา ต่างจากเครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซตที่มีอุณหภูมิสม่ำเสมอ พิจารณาได้จากภาพที่ 12 แต่อุณหภูมิที่ไม่สม่ำเสมอก็ไม่ได้มีผลต่อเรื่องความละเอียดของขนาดเส้นและตัวอักษร ส่วนงานพิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิวภาพที่ได้จากเครื่องดิจิทัลออฟเซต มีสีที่อ่อนกว่าอย่างเห็นได้ชัด พิจารณาได้จากภาพที่ 8

ผลจากการวิจัยนี้ สามารถนำไปเลือกใช้เครื่องพิมพ์ดิจิทัลตามประเภทงาน และจำนวนงานที่พิมพ์ โดยถ้ามีการพิมพ์งานดิจิทัลแบบต่อเนื่อง ที่มีจำนวนงานพิมพ์มากกว่า 250 แผ่น ควรเลือกใช้เครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต เพราะมีความสม่ำเสมอของอุณหภูมิระหว่างการพิมพ์ จึงส่งผลให้คุณภาพสีที่ได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าต้องใช้เครื่องพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์กราฟิ์ ควรหยุดเครื่องพิมพ์ในระหว่างพิมพ์งานเป็นระยะ ๆ ทุก 250 แผ่น เพื่อป้องกันความร้อนที่เกิดสะสมจากการทำงานของเครื่องพิมพ์ โดยการปรับตั้งอุณหภูมิภายนอกและภายในเครื่องพิมพ์ให้คงที่ตลอดการพิมพ์งาน เพื่อให้ได้งานพิมพ์มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน

ส่วนงานพิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิว ควรเลือกใช้เครื่องพิมพ์ระบบอิเล็กทรอนิกส์กราฟิ์ ที่ให้สีที่สดใสและชัดเจนมากกว่า ดูได้จากค่าขอบเขตสี (color gamut) ที่กว้างกว่าของเครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต

เอกสารอ้างอิง

- ชินญ์ ทรงอมรสิริ. (2559). การหาจุดเปลี่ยนการผลิตในการพิมพ์สิ่งพิมพ์ระบบออฟเซตและดิจิทัลกราฟิ์ศึกษา บริษัท บีพีเค พรินต์ติ้ง จำกัด. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- นิทัศน์ ทิพย์โสตนัยนา, พิชิต ขจรเดช และอนุชา วัฒนาภา. (2560). อุณหภูมิในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพการพิมพ์ระบบดิจิทัล. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม (บทคัดย่อ) เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปิยพงศ์ ลิ้มปะนะเศรษฐ์. (2554). การเปรียบเทียบชนิดของโปรไฟล์ที่มีผลต่อคุณภาพงานพิมพ์ระบบดิจิทัล. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- ศุภณีย์ เรียบเลิศหิรัญ. (2542). กระบวนการพิมพ์พื้นสีการพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด, พิมพ์ครั้งที่ 3. นนทบุรี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- อรัญ หาญสืบสาย. (2542). ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการพิมพ์. กรุงเทพฯ: สุรพิมพ์การพิมพ์.
- อรัญ หาญสืบสาย. (2547). มาตรฐานการพิมพ์ออฟเซตแนวคิดและวิธีการ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: บริษัทอมรินทร์พรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).
- อารีญา คกระนันท์. (2557). การทดสอบการผลิตบรรจุภัณฑ์จากวัสดุลามิเนตที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัลออฟเซต. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

การพัฒนาเกม 2.5 มิติ เรื่อง ขยะเหลือศูนย์ และประเมินความพึงพอใจด้านประโยชน์เชิงสร้างสรรค์

GAME DEVELOPMENT 2.5 DIMENSION SUBJECT ZERO WASTE AND ASSESS SATISFACTION WITH CREATIVE BENEFITS

วิยะดา ฐิติมาจshima^{1*}, กนกพร เทียนศิริ², เดชาวัฒน์ ไชยรัตน์ดิเวช³ และ อมรินทร์ ผ่องแผ้ว⁴
Wiyada Thitimajshima¹, Kanokporn Tiensiri², Dechawat Chairattiwet³, Amarin Phongphaew⁴

สาขาเกมและสื่ออินเทอร์แอคทีฟ, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
Department of Game and Interactive Media, School of Information Technology and Innovation,
Bangkok University

*Corresponding author, E-mail: wiyada.t@bu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาเกม 2.5 มิติ บนแพลตฟอร์มมือถือ ประเภท เกมวางแผน เรื่อง ขยะเหลือศูนย์ 2) เพื่อพัฒนาเกมที่จะช่วยส่งเสริมความตระหนักรู้ถึงปัญหาขยะและการจัดการขยะด้วยวิธีการลดขยะ การนำมาใช้ใหม่ และการรีไซเคิล และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อเกมและประโยชน์เชิงสร้างสรรค์ของเกม กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาสาขาเกมและสื่ออินเทอร์แอคทีฟ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ จำนวน 72 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เกม 2.5 มิติ เรื่อง ขยะเหลือศูนย์ แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เล่นที่มีต่อเกม และ สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) ได้เกมวางแผน แบบ 2.5 มิติ เรื่อง ขยะเหลือศูนย์ 2) กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อเกม โดยรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.25 (S.D. = 0.71) และ 3) กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจด้านประโยชน์ที่ช่วยส่งเสริมความตระหนักรู้ถึงปัญหาขยะและการจัดการขยะด้วยการลดขยะ การนำมาใช้ใหม่ และการรีไซเคิล อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.35 (S.D. = 0.63) ผลวิจัยแสดงให้เห็นว่า เกมขยะเหลือศูนย์ให้ทั้งความสนุกสนานและมีประโยชน์เชิงสร้างสรรค์ด้วย

คำสำคัญ: เกม, ปัญหาขยะ, รีไซเคิล, นำมาใช้ใหม่

ABSTRACT

The objectives of research were to: 1) design and develop a 2.5 dimension strategy game named “Zero Waste”; 2) develop the game that helps promote awareness of waste

problem and waste management by reducing, reusing, and recycling materials; and 3) evaluate user satisfaction including creative benefits. The target respondents were 72 students of Game and Interactive Media department, school of Information Technology and Innovation, Bangkok University. The game and questionnaire were used to collect data. The data were analyzed using mean and standard deviation.

The results of research were: 1) “Zero Waste”, the 2.5 dimension strategy game was developed successfully; 2) the overall user satisfaction towards the game was good. The mean score was 4.25 (S.D. = 0.71); and 3) the user satisfaction towards creative benefits was good. The mean score was 4.35 (S.D. = 0.63). The results showed that the game had creative benefits for raising awareness of waste problem and waste management by reducing, reusing, and recycling.

Keywords: Game, Waste Problem, Recycle, Reuse

บทนำ

ขยะเป็นปัญหาระดับโลกที่มีมานานและยังไม่สามารถทำให้ปัญหาขยะหมดไปได้ งานวิจัยเกี่ยวกับแนวโน้มของขยะทั่วโลกของ Waste Generation and Recycling Indices 2019 เปิดเผยข้อมูลว่าสถานการณ์ขยะโลกกำลังน่าเป็นห่วง เนื่องจาก มีขยะมูลฝอยชุมชนเกิดขึ้นในแต่ละปีมากกว่า 2.1 พันล้านตัน แต่มีเพียง 16% หรือราว 323 ล้านตันเท่านั้น ที่จะถูกนำไปเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล (ณรงค์กร มโนจันทร์เพ็ญ, 2562)

ปัญหาขยะชุมชนและขยะพลาสติกจัดเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศไทยเช่นกัน อันเป็นผลสืบเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวของชุมชน การขาดจิตสำนึกของประชาชนในการสร้างและทิ้งขยะ และการพัฒนาทางเทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคม ทำให้ปัญหาขยะจะทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ขยะส่งผลกระทบต่อทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยก่อให้เกิดมลพิษทั้งบนดิน ในอากาศ และในน้ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การดำรงชีวิตของทั้งมนุษย์ สัตว์ และระบบนิเวศ และก่อให้เกิดโรคทางเดินหายใจ และโรคทางเดินอาหาร เป็นต้น (วีระพงศ์ ศุภเศรษฐ์ศักดิ์, 2562)

รัฐบาลไทยเองได้ให้ความสำคัญกับปัญหาขยะ จึงได้มีแผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ (พ.ศ. 2559 - 2564) และให้กระทรวงและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องไปดำเนินการ นอกจากนี้ องค์กรในประเทศก็ได้ออกมาแสดงจุดยืนร่วมกันในการแก้ปัญหาขยะ โดยเฉพาะขยะพลาสติก (พิราภรณ์ วิทูรัตน์, 2562) หลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนมีการรณรงค์ให้ผู้คนตระหนักถึงปัญหาขยะและให้ร่วมด้วยช่วยกันแก้ไข

การรณรงค์ให้คนทั่วโลกมีความตระหนักและเห็นความสำคัญของปัญหาขยะ จำเป็นต้องต้องใช้สื่อ

และเทคโนโลยีที่สามารถเข้าถึงคนทุกเพศทุกวัยได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันวิดีโอเกมเป็นสื่อที่ได้รับความนิยมอย่างมากจากคนทุกเพศทุกวัยทั่วโลก เป็นที่ยอมรับกันว่า เกมคืออุตสาหกรรมคอนเทนต์ (Content) ที่ใหญ่ที่สุดในโลก (อริบ อัสวานันท์, 2561) ผลสำรวจการเติบโตและมูลค่าของตลาดอุตสาหกรรมเกมทั่วโลกปี 2562 พบว่ามีการเติบโตอย่างมาก มูลค่าตลาดอุตสาหกรรมเกมเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในปี 2562 เติบโตถึงกว่า 22% จากปี 2561 ในขณะที่อุตสาหกรรมเกมไทยในปี 2562 เติบโตเพิ่มขึ้นถึง 13% จากปีที่ผ่านมา โดยสัดส่วนของประเภทเกมในประเทศไทย แบ่งตามแพลตฟอร์ม ได้แก่ เกมมือถือ (Mobile) มีสัดส่วนมากที่สุด 67%, พีซี (PC) มีสัดส่วน 24% และ คอนโซล (Console) มีสัดส่วน 9% ดังนั้น เกมบนแพลตฟอร์มมือถือจึงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้อุตสาหกรรมเกมเติบโตมากขึ้น มีการคาดการณ์ว่า ในอีก 3 ถึง 5 ปีถัดไป อุตสาหกรรมเกมประเทศไทยยังจะเติบโตขึ้นอีกอย่างต่อเนื่อง (วุฒิพงษ์ รักชิต, 2562)

จากหลักการและเหตุผลทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้ คณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนา เกมบนแพลตฟอร์มมือถือ เพื่อช่วยส่งเสริมความตระหนักรู้ถึงความสำคัญของปัญหาขยะและการจัดการขยะด้วยวิธีการลดขยะ การนำมาใช้ใหม่ และการรีไซเคิล เพื่อลดปัญหาขยะซึ่งเป็นปัญหาระดับโลกอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเกม 2.5 มิติ บนแพลตฟอร์มมือถือ ประเภทเกมวางแผน เรื่อง ขยะเหลือศูนย์
2. เพื่อพัฒนาเกมที่ช่วยส่งเสริมความตระหนักรู้ถึงปัญหาขยะและการจัดการขยะด้วยการลดขยะ การนำมาใช้ใหม่ และการรีไซเคิล
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อเกมและประโยชน์เชิงสร้างสรรค์ของเกม

ทบทวนวรรณกรรม

รวีพร จรูญพันธุ์เกษม และคณะ (2560) งานวิจัยเรื่อง พัฒนาเกม 2 มิติ เรื่อง ThaiCooking สรุปความว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อเกม โดยรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกมที่พัฒนามีความเหมาะสมกับช่วงวัยของผู้เรียน และสามารถนำไปใช้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้การสอนได้

อภิรักษ์ ภิรมย์ และคณะ (2559) งานวิจัยเรื่อง พัฒนาเกมสามมิติเรื่อง เกมทางออกอยู่ไหน สรุปความว่า กลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม มีความพึงพอใจต่อเกมโดยรวมอยู่ในระดับมาก

ภัทรวิธ สรรพคุณ (2558) งานวิจัยเรื่อง พัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อส่งเสริมการใช้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับนักศึกษาคณะเภสัชศาสตร์ สรุปความว่า คะแนนผลการทดสอบความรู้เรื่องการใช้ยาปฏิชีวนะอย่างสมเหตุสมผลที่ได้หลังจากเล่นเกมสูงกว่าก่อนเล่นเกมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลประเมินด้านความพึงพอใจต่อระบบและเนื้อหาของเกมคอมพิวเตอร์โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ผลการวิจัยบ่งชี้ว่าเกมคอมพิวเตอร์สามารถประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ได้ดีและสามารถนำไปใช้พัฒนาการเรียนการสอนได้

ศรีสุตา ตัวงัด (2554) งานวิจัยเรื่อง พัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการสอนวิชาคอมพิวเตอร์บูรณาการคณิตศาสตร์และเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการแก้ปัญหาของนักเรียน สรุปความว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาวิชาคอมพิวเตอร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการสอนวิชาคอมพิวเตอร์บูรณาการคณิตศาสตร์ กับ นักเรียนที่เรียนแบบปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เกม 2.5 มิติ ประเภทการวางแผน เรื่อง ขยะเหลือศูนย์ (Zero Waste) ที่พัฒนาโดยทีมผู้วิจัย
2. แบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อเกมขยะเหลือศูนย์
3. สถิติในการวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1. พัฒนาวิดีโอเกมบนแพลตฟอร์มมือถือ ชื่อ ขยะเหลือศูนย์ ที่ช่วยส่งเสริมความตระหนักรู้ถึงปัญหาขยะและการจัดการขยะด้วยการลดขยะ การนำมาใช้ใหม่ และการรีไซเคิล

2. ประเมินความพึงพอใจของผู้เล่นที่มีต่อเกมขยะเหลือศูนย์
3. รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล และสรุปผลการวิจัย

รายละเอียดของการดำเนินการวิจัย มีดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาวิดีโอเกมบนแพลตฟอร์มมือถือ ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 5 ระยะ ดังต่อไปนี้

ระยะที่ 1 การเก็บรวบรวมข้อมูลและหาความต้องการ โดยทีมผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแพลตฟอร์มเกมและประเภทเกมที่เป็นได้รับความนิยม โดยการอ่านจากงานวิจัย ผลสำรวจจากหน่วยงาน และบทความ รวมถึงสอบถามความคิดเห็นจากผู้เล่นเกมทั่วไปที่รู้จัก ทีมผู้วิจัยเลือกพัฒนาเกมบนแพลตฟอร์มมือถือที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) ในรูปแบบเกม 2.5 มิติ ประเภทเกมวางแผน (Strategy) กลุ่มเป้าหมายหลักของงานวิจัยนี้ คือ วัยรุ่นในช่วงอายุ 15 - 25 ปี ทั้งนี้เนื่องจากมีผลสำรวจบ่งชี้ว่า ช่วงอายุของคนเล่นเกมในไทยอยู่ในช่วงวัยรุ่น ไปจนถึงวัยทำงาน (กรุงเทพฯธุรกิจ, 2562)

ระยะที่ 2 การวิเคราะห์และออกแบบเกม ทีมผู้วิจัยกำหนดวัตถุประสงค์ของเกมขยะเหลือศูนย์ที่จะพัฒนา คือ เกมต้องให้ทั้งความสนุกสนานและมีประโยชน์เชิงสร้างสรรค์ กล่าวคือ ช่วยส่งเสริมความตระหนักรู้ถึงปัญหาขยะและการจัดการขยะด้วยการลดขยะ การนำมาใช้ใหม่ และการรีไซเคิล จากนั้นจึงออกแบบเกมโดยมุ่งเน้นออกแบบเนื้อหาเกมและระบบเกมที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของเกม โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ในส่วนของเนื้อหาของเกม ได้จากการสังเคราะห์เนื้อหาเกี่ยวกับปัญหาขยะและวิธีแก้ไขจากบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้เลือกทำเกมที่มีเนื้อหาส่งเสริมการแก้ปัญหาขยะด้วยการลดขยะนำมาใช้ใหม่ และรีไซเคิล ข้อดีของวิธีการนี้คือ คนทุกเพศทุกวัยสามารถทำได้ง่าย และทำได้ทันทีทุกที่ทุกเวลา

- เนื้อเรื่องย่อของเกม คือ เด็กชาย “รีฟิล” มีความใฝ่ฝันว่าอยากจะมีธุรกิจเป็นของตัวเอง โดยธุรกิจนั้นจะต้องมีประโยชน์ต่อสังคมและโลกด้วย จึงเกิดความคิดที่จะทำธุรกิจที่เกี่ยวกับการนำขยะมาแปรรูปให้เกิดของสิ่งใหม่ที่ใช้ประโยชน์ได้ จึงรณรงค์ให้ลูกค้าที่มาเข้าร้าน ได้นำขวดน้ำจากที่บ้านมาเติมเอง ใช้ถุงผ้าในการใส่ของที่ซื้อ และแยกขยะ เพื่อเป็นการลดปริมาณขยะและส่งเสริมให้คนหันมารักษาสิ่งแวดล้อมด้วย

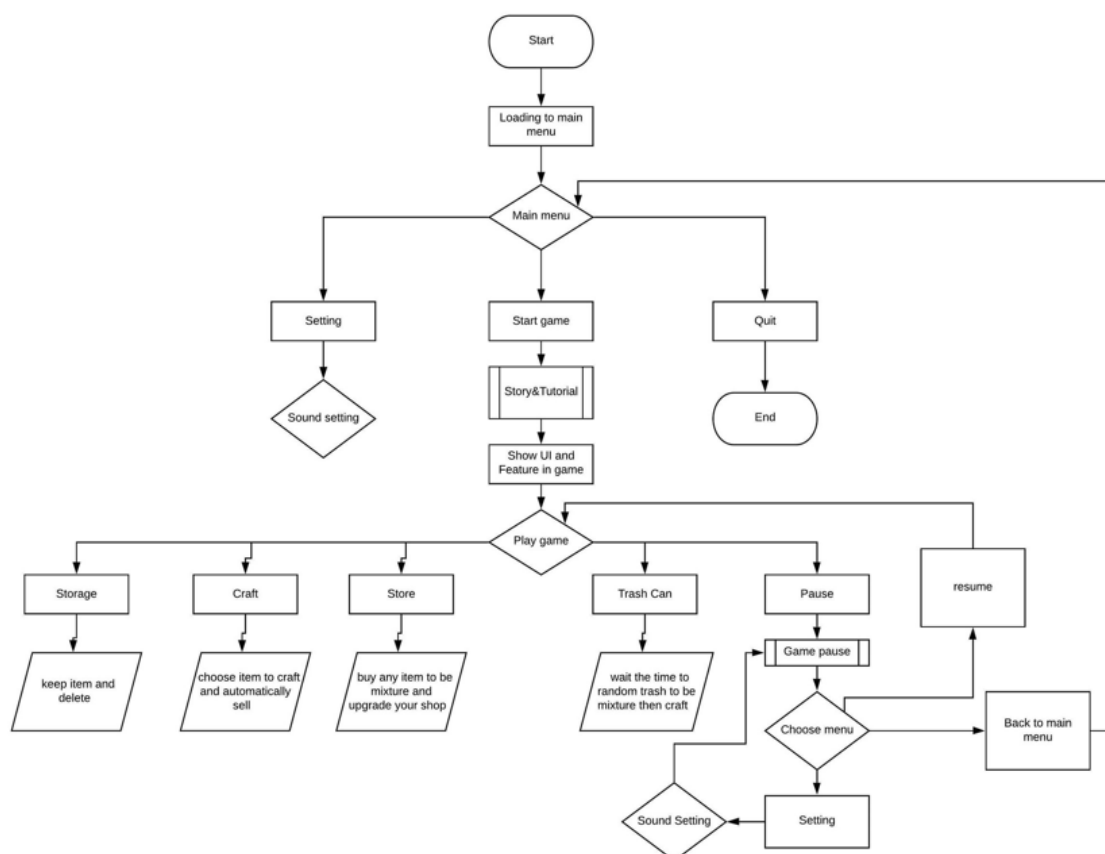
- การออกแบบสตอรี่บอร์ด (Storyboard) ของเกม ระบบเกมและวิธีการเล่น ทำโดยการวาดภาพและเขียนเป็นผังงาน (Flowchart) ดังแสดงในภาพที่ 1 ในส่วนของออกแบบตัวละคร ฉาก และสิ่งของประกอบฉาก ทำโดยคำนึงถึงกลุ่มเป้าหมายของเกมและวัตถุประสงค์ของเกมเป็นสำคัญ ภายในเกมนอกจากภาพตัวละคร ฉาก ของประกอบฉากต่าง ๆ ในเกมที่ทีมผู้วิจัยออกแบบเองแล้ว ยังมีการนำภาพ เสียง และองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำเกมที่มีอยู่แล้วและอนุญาตให้นำไปใช้ได้ฟรี หรือที่เรียกโดยรวมว่า Assets มาใช้ในเกมนด้วย

- ผู้เล่นจะได้รับบทบาทให้เป็นเจ้าของธุรกิจ มีหน้าที่ควบคุมและบริหารจัดการร้านค้า ระบบเกมประกอบด้วย 4 ฟังก์ชันหลัก โดยภายในเกมจะมีถังขยะทั้งหมด 4 แบบ โดยแต่ละถังจะมีการสุ่มขยะตามเวลาที่กำหนดขึ้นมาให้เก็บครั้งละ 1 ชิ้น ซึ่งของชิ้นนั้นจะไปเก็บอยู่ที่คลังเก็บไอเทม (Storage) ผู้เล่นสามารถนำขยะที่มีไปสร้างไอเทมหรือคราฟ (Craft) เป็นไอเทมต่าง ๆ เพื่อนำไปขายให้ได้เงิน แล้วนำเงินไปซื้อไอเทมในร้านค้า (Store) มาเป็นส่วนผสมของการ Craft หรือสามารถนำไปยกระดับ หรือ Upgrade ร้านค้า เพื่อให้ร้านของผู้เล่นน่าสนใจอยู่เสมอ เป้าหมายหลักของเกม คือ วางแผนและจัดการขยะให้เหลือศูนย์ด้วยการลดขยะนำมาใช้ใหม่ และรีไซเคิลทรัพยากร

ระยะที่ 3 การพัฒนาเกม ทีมผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม Unity ซึ่งเป็นเกมเอนจิน (Game Engine) ที่อนุญาตให้ใช้ฟรี (Freeware) ในการพัฒนาเกม เขียนโปรแกรมด้วยภาษา C# โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio ในส่วนของการออกแบบและสร้างภาพตัวละคร ของประกอบฉาก และโมเดลต่าง ๆ ใช้โปรแกรมมายา (Maya) โดยมีการวาดรูปในกระดาษและ Ipad pro ก่อนนำไปปั้นเป็นตัวละครและโมเดล

ระยะที่ 4 การตรวจสอบและปรับปรุงเกม ทีมผู้วิจัยได้ให้นักศึกษากลุ่มตัวอย่างทดสอบเล่นเกมเพื่อหาข้อผิดพลาดของโปรแกรม จัดบันทึกเก็บข้อมูลไว้ จากนั้นจึงนำข้อผิดพลาดไปปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม

ระยะที่ 5 การนำเกมขยะเหลือศูนย์ที่พัฒนาเสร็จแล้ว ซึ่งเป็นเกมบนแพลตฟอร์มมือถือที่รันบนปฏิบัติการ Android นำไปลงใน Google Play Store



ภาพที่ 1: ภาพโครงสร้างของซอฟต์แวร์เกมขยะเหลือศูนย์

2. การประเมินความพึงพอใจของผู้เล่นที่มีต่อเกมขยะเหลือศูนย์

ทีมผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ และจัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เล่นที่มีต่อเกมขยะเหลือศูนย์ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ที่มีจำนวน 5 ระดับ จำนวนหัวข้อการประเมินมีทั้งหมด 13 ข้อ เพื่อวัดระดับความพึงพอใจ 2 ด้าน ได้แก่ ด้านคุณภาพของตัวเกม มีหัวข้อย่อยจำนวน 10 ข้อ และด้านประโยชน์เชิงสร้างสรรค์ มีหัวข้อย่อยจำนวน 3 ข้อ หัวข้อการประเมินในแบบสอบถามได้มาจากการประยุกต์คำถามหรือหัวข้อประเมินของงานวิจัยอื่นที่ใกล้เคียงกัน และมาจากวัตถุประสงค์ของเกมขยะเหลือศูนย์

จากนั้นจึงนำแบบสอบถามความพึงพอใจที่สร้างเสร็จแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้อง และนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ มาปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามความพึงพอใจ แล้วจึงนำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ปรับปรุงแล้วไปใช้ในการทดลอง ทีมผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจโดยใช้ Google Form เพื่อให้ผู้ประเมินสามารถเข้าถึงได้ง่ายและเพื่อความสะดวกในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ย (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ดังนี้

- 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับดีมาก
- 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับดี
- 1.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับปานกลาง
- 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อย
- 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

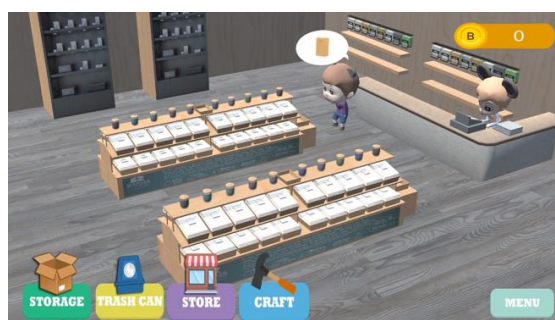
ทีมผู้วิจัยนำเกมขยะเหลือศูนย์ที่พัฒนาขึ้นเองในแพลตฟอร์มแอนดรอยด์ ไปลงใน Google Play Store และจัดทำ QR Code เพื่อเข้าถึงเกม จากนั้นจึงส่งแบบสอบถามให้กับกลุ่มเป้าหมายผ่านทางอีเมลและสื่อสังคมออนไลน์เพื่อให้เข้าถึงตัวกลุ่มเป้าหมายได้มากและง่ายขึ้น ในอีเมลและข้อความที่ส่งมีการแจ้งวัตถุประสงค์ของงานวิจัยและเกมขยะเหลือศูนย์ มี QR code เพื่อดาวน์โหลดเกมขยะเหลือศูนย์ จาก Play Store และ ลิงค์ของแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อเกม โดยประชากรของงานวิจัยนี้ คือ นักศึกษาสาขาวิชาเกมและสื่ออินเทอร์เน็ตแอกทีฟ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ จำนวน 700 คน มีนักศึกษาได้ทดลองเล่นเกมขยะเหลือศูนย์และส่งผลประเมินความพึงพอใจกลับคืนมาให้ 72 คน ดังนั้น อัตราการตอบกลับของกลุ่มตัวอย่าง คิดเป็น 10.29% ข้อมูลผลการประเมินถูกเก็บรวมไว้ที่ส่วนการตอบกลับของ Google Form

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนานวัตกรรมเกม เรื่อง ขยะเหลือศูนย์ ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความสนุกสนานและช่วยส่งเสริมความตระหนักรู้ถึงปัญหาขยะและการจัดการขยะด้วยวิธีการลดขยะ การนำมาใช้ใหม่ และการรีไซเคิล แสดงดังภาพที่ 2 – 9 ซึ่งแสดงหน้าจอของภาพในเกมที่สำคัญตั้งแต่เริ่มต้นเกมและระบบเกม
2. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เล่นที่มีต่อเกมขยะเหลือศูนย์ จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 72 คน โดยการวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์ แสดงดังตารางที่ 1



ภาพที่ 2: หน้าจอเริ่มต้นเกมแสดงเมนูของเกม



ภาพที่ 3: หน้าจอร้านค้าและตัวละครหลักในเกม



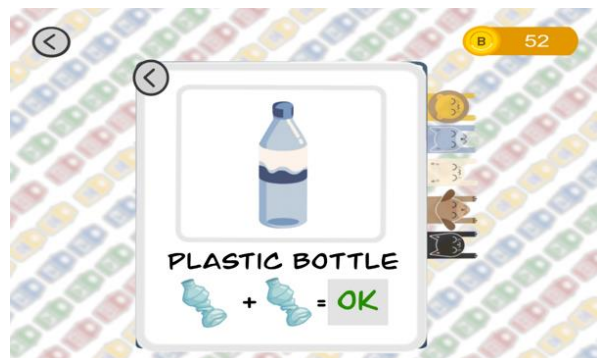
ภาพที่ 4: หน้าจอถังขยะ 4 ใบ แต่ละถังจะมีการสุ่มขยะขึ้นมาให้เก็บครั้งละ 1 ชิ้น



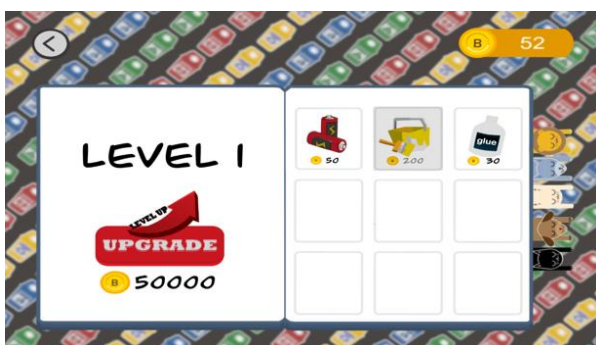
ภาพที่ 5: หน้าจอคลังไอเทม หรือ Storage ให้ผู้เล่นดูไอเทมที่เก็บและซื้อมาจากถังขยะและร้านค้า



ภาพที่ 6: หน้าจอการ Craft ของ ที่จะมีการให้ผู้เล่นเลือก Craft ของหรือไอเทมที่ต้องการ



ภาพที่ 7: หน้าจอ Craft ของ ที่แสดงส่วนผสมของของที่จะให้ Craft จากนั้นนำของไปขายได้



ภาพที่ 8: หน้าจอ Store ร้านค้า และ Upgrade ร้าน



ภาพที่ 9: หน้าจอ Totorial สอนเล่นเกม

ตารางที่ 1: ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เล่นที่มีต่อเกมขยะเหลือศูนย์

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านคุณภาพของเกม			
1. ความน่าสนใจของเนื้อเรื่องของเกมและตัวเกม	4.33	0.66	ดี
2. เนื้อเรื่องเกมมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.53	0.62	ดีมาก
3. ความสวยงามของตัวละครและภาพในเกม	4.37	0.76	ดี
4. ความเหมาะสมของเสียงประกอบภายในเกม	4.03	0.56	ดี
5. เนื้อหาภายในเกมเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน	4.23	0.77	ดี
6. วิธีการเล่นเกมเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถเล่นได้อย่างอิสระในเวลาว่าง	4.23	0.70	ดี
7. ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ในการเล่น	3.84	0.80	ดี
8. ความสนุกสนานเพลิดเพลินที่ได้รับจากการเล่นเกม	4.29	0.84	ดี
9. ความเร็วในการประมวลผลภายในเกม	4.07	0.88	ดี
10. ความพึงพอใจต่อเกมโดยรวม	4.23	0.79	ดี
รวม	4.22	0.74	ดี
ด้านประโยชน์เชิงสร้างสรรค์			
1. เกมช่วยส่งเสริมให้ตระหนักถึงปัญหาขยะ	4.28	0.78	ดี
2. เกมช่วยส่งเสริมให้เห็นความสำคัญของการจัดการขยะด้วยวิธีการลดขยะ นำกลับมาใช้ใหม่ และรีไซเคิล	4.48	0.70	ดี
3. เกมให้ประโยชน์ที่ผู้เล่นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริง	4.30	0.42	ดี
รวม	4.35	0.63	ดี
คะแนนเฉลี่ยรวมทั้ง 2 ด้าน	4.25	0.71	ดี

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปโดยภาพรวม พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อเกมขยะเหลือศูนย์โดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{x} = 4.25$, S.D. = 0.71) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ความพึงพอใจด้านคุณภาพของเกมอยู่ในระดับดี ($\bar{x} = 4.22$, S.D. = 0.74) และ ความพึงพอใจด้านประโยชน์เชิงสร้างสรรค์อยู่ในระดับดี ($\bar{x} = 4.35$, S.D. = 0.63) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ในด้านคุณภาพของเกม กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจเรื่องเนื้อเรื่องเกมมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์มากที่สุด ($\bar{x} = 4.53$, S.D. = 0.62) และในด้านประโยชน์เชิงสร้างสรรค์ ความพึงพอใจที่เกมช่วยส่งเสริมให้เห็นความสำคัญของการจัดการขยะ ด้วยวิธีการลดขยะ นำกลับมาใช้ใหม่ และรีไซเคิล มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x} = 4.48$, S.D. = 0.70) และอยู่ในระดับดี

อภิปรายผล

ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อเกมขยะเหลือศูนย์ โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.25 สามารถอภิปรายได้ว่า เกมที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับช่วงวัยและความชอบของผู้เล่น และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของเกมคือเพื่อช่วยส่งเสริมความตระหนักรู้ถึงปัญหาขยะและการจัดการขยะ ด้วยวิธีการลดขยะ การนำมาใช้ใหม่ และการรีไซเคิล ผลการวิจัยนี้อาจเนื่องมาจากการที่เกมขยะเหลือศูนย์ได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างมีระบบ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเกมจากกลุ่มเป้าหมายที่ชื่นชอบการเล่นเกม และในการออกแบบและพัฒนาเกมนี้ ทีมผู้วิจัยตั้งเป้าหมายที่เกมจะต้องถูกใจผู้เล่น และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของเกมด้วย นอกจากนี้ ในด้านความพึงพอใจต่อเนื้อหาเกมและระบบเกมอยู่ในระดับดี แสดงว่า กลุ่มตัวอย่างสนใจและเห็นว่าเกมขยะเหลือศูนย์ที่พัฒนาขึ้นมามีเนื้อหา ภาพและเสียงที่เหมาะสม และตัวระบบเกมทำงานได้ดี

นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจด้านประโยชน์เชิงสร้างสรรค์ของเกมขยะเหลือศูนย์อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.35 แสดงให้เห็นว่า นอกเหนือจากประโยชน์พื้นฐานของเกมคือให้ความสนุกสนานเพลิดเพลินแก่ผู้เล่นแล้ว เกมยังสามารถถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์เชิงสร้างสรรค์ ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้คือช่วยส่งเสริมความตระหนักรู้ถึงปัญหาขยะและการจัดการขยะด้วยวิธีการลดขยะ การนำมาใช้ใหม่ และรีไซเคิล โดยผลการวิจัยนี้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของงานวิจัยอื่น ๆ ที่ได้นำเกมไปใช้ประโยชน์เชิงสร้างสรรค์ในหลากหลายด้าน ดังตัวอย่างต่อไปนี้ 1) งานวิจัยของ ชลิษา ประชุมวรรณ และสุวิษ ธีระโคตร (2558) พัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ส่งเสริมการอ่านภาษาไทย สำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ สรุปความว่า เกมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้หรือความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น และผู้เรียนมีความพึงพอใจในการเล่นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด 2) งานวิจัยของ ภัทรวิธ สรรพคุณ (2558) สรุปความว่า การใช้เกมคอมพิวเตอร์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องการใช้จ่ายในชีวิตประจำวันอย่างสมเหตุสมผลสามารถช่วยเสริมความรู้ให้กับนักศึกษาเภสัชศาสตร์ได้ โดยการใช้เกมคอมพิวเตอร์เป็นทางเลือกอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนได้ 3) งานวิจัยของ คณิศร จักระโทก และคณะ (2560) สรุปความว่า ผลการเรียนรู้ของนักเรียนหลังจากที่เรียนด้วยเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษาเรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน สูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนยังมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดอีกด้วย

สรุป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาเกม 2.5D บนแพลตฟอร์มมือถือ ประเภทเกมวางแผน เรื่อง ขยะเหลือศูนย์ 2) เพื่อพัฒนาเกมที่ช่วยส่งเสริมความตระหนักรู้ถึงปัญหาขยะและการจัดการขยะด้วยวิธีการลดขยะ การนำมาใช้ใหม่ และการรีไซเคิล และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อเกมและประโยชน์เชิงสร้างสรรค์ของเกม กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาสาขาเกมและสื่ออินเทอร์เน็ต คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ จำนวน 72 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ได้แก่ เกม 2.5 มิติ เรื่อง ขยะเหลือศูนย์ แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เล่นที่มีต่อเกม และสถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) ได้เกมวางแผน แบบ 2.5 มิติ เรื่อง ขยะเหลือศูนย์ 2) กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อเกม โดยรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.25 (S.D. = 0.71) และ 3) กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจด้านประโยชน์ที่ช่วยส่งเสริมความตระหนักรู้ถึงปัญหาขยะและการจัดการขยะด้วยการลดขยะ การนำมาใช้ใหม่ และการรีไซเคิล อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.35 (S.D. = 0.63) ผลวิจัยแสดงให้เห็นว่า เกมขยะเหลือศูนย์ เกมขยะเหลือศูนย์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับวัยและความชอบของกลุ่มตัวอย่าง สามารถให้ทั้งความสนุกสนานและมีประโยชน์เชิงสร้างสรรค์ด้วย กล่าวคือ สามารถช่วยส่งเสริมความตระหนักรู้ถึงปัญหาขยะและการจัดการขยะอย่างถูกต้อง อันจะนำไปสู่การช่วยลดปัญหาขยะได้ ผลวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นว่า ประโยชน์ของเกมนอกจากให้ความสนุกสนานแล้ว ยังมีประโยชน์เชิงสร้างสรรค์ด้วย ดังนั้น เราสามารถใช้พฤติกรรมด้านบวกของการเล่นเกม ได้แก่ ความชอบเล่นเกมและสามารถนั่งเล่นเกมได้เป็นเวลานาน ผนวกกับประโยชน์ด้านอื่นที่สอดแทรกในเกม ไปใช้ให้เกิดประโยชน์เชิงสร้างสรรค์ได้

ข้อเสนอแนะและสิ่งที่สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ ได้แก่ ศึกษาและวัดผลพฤติกรรมของผู้เล่นก่อนและหลังเล่นเกมว่าเกม ขยะเหลือศูนย์ มีผลแตกต่างกันในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ ในด้านการสร้างจิตสำนึกที่ดีเกี่ยวกับจัดการขยะอย่างถูกต้องด้วยวิธีการลดขยะ นำมาใช้ใหม่ และรีไซเคิล

เอกสารอ้างอิง

- กรุงเทพธุรกิจ. (2562). ตลาดเกมไทย โตต่อเนื่อง 2.2 หมื่นล้านบาท. สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2562, จาก <https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/852235>
- คณิศร จักระโทก, จิรนนท์ ล้อดงบัง และ รวี เจริญ. (2560). การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิซึม เรื่อง งานเกษตรคู่บ้าน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 3. (น. 1-7). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ชลีชา ประชุมวรรณ และสุวิช ธีระโคตร. (2558). การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ส่งเสริมการอ่านภาษาไทยสำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้. วารสารวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพ. 8(2), 41-46.
- ณรงค์กร มโนจันทร์เพ็ญ. (2562). สถานการณ์ขยะโลกกับประเทศที่ผลิตขยะมากที่สุดในโลกขณะนี้. สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2562, จาก <https://thestandard.co/garbage-situation/>
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). การวิจัยเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ สุวีริยาสาส์น.
- พิราภรณ์ วิฑูรต์. (2562). ทำความเข้าใจปัญหาและทางออก "วิกฤตขยะพลาสติก". สืบค้นเมื่อ ธันวาคม 3 2562, จาก <https://www.prachachat.net/d-life/news-370001>
- ภัทรวิธ สรรพคุณ. (2558). การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อส่งเสริมการใช้ยาปฏิชีวนะอย่างสมเหตุผล. ปริญาเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- รวีพร จรุงพันธุ์เกษม, สาริน ศรีไพบูลย์ และ ชไมพร หงษ์น้อย. (2560). การวัดความพึงพอใจสำหรับเกม 2 มิติ เรื่อง ThaiCooking. *ราชชมงคลสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ยั่งยืนสู่ประเทศไทย 4.0. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9.* (204-208). <http://repository.rmutr.ac.th/123456789/668>
- วีระพงศ์ ศุภเศรษฐ์ศักดิ์. (2562). ปัญหาขยะชุมชนและแนวทางแก้ไข โดยโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ. *วารสารรัฐราษฎร์กิจ.* 61(3), 107-115.
- วุฒิพงษ์ รักชิด. (2562). อุตสาหกรรมเกมที่มีมองข้ามไม่ได้ ปี 62 มูลค่ากว่า 2.2 หมื่นล้านบาท. สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2562, จาก <https://businesstoday.co/marketing/16/10/2019/>
- อธิป อัสวานันท์ (2561). “เกมส์”คืออุตสาหกรรมคอนเทนต์ใหญ่ที่สุดในโลก. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2562, จาก. <https://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/643638>
- อภิรักษ์ ภิรมย์, ภาควิชา สอนเสาวภาคย์ และ ภัทธวาลย์ คาปลิว. (2559). การพัฒนาเกมสามมิติ เรื่อง เกมทางออกอยู่ไหน. *การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 2.* (15-20). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา A WEBSITE DEVELOPMENT FOR ENHANCING MANAGEMENT EFFICIENCY OF BAN KUNYA THAI MASSAGE & SPA

พจนีย์ จันทรศุภวงศ์*
Pojanee Juntarasupawong*

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
Computer Science and Information Technology Department School of Information Technology and
Innovation Bangkok University
Corresponding author, E-mail: pojanee.j@bu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา เป็นร้านที่ให้บริการนวดแผนไทย บริการสปา มีลูกค้าเข้าใช้บริการเป็นจำนวนมาก ทางร้านมีการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของร้าน เช่น ข้อมูลลูกค้าและข้อมูลคอร์สต่าง ๆ ข้อมูลสินค้า ข้อมูลพนักงาน ในรูปแบบเอกสาร ในบางครั้งอาจเกิดการจัดการข้อมูลผิดพลาด มีข้อมูลบางส่วนสูญหาย ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยีในปัจจุบันมาแก้ปัญหานี้ ทำการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา ให้สามารถใช้งานบนคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ โดยเว็บไซต์มีการแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. ผู้ดูแลระบบ สามารถบันทึกบริการและสินค้า บันทึกคิว บันทึกรายจ่าย จัดการคอร์ส จัดการสินค้า ดูรายรับรายจ่าย รายงานแบบกราฟทั้งบริการและสินค้าและสามารถจัดการข้อมูลพนักงานได้ 2. ลูกค้า สามารถอ่านบทความ ราคาหรือรายละเอียดต่าง ๆ ได้ที่หน้าเว็บไซต์ ผู้พัฒนาได้ใช้โปรแกรม Visual Studio Code ในการพัฒนาเว็บไซต์ ใช้โปรแกรม XAMPP ในการสร้างเซิร์ฟเวอร์และใช้โปรแกรม phpMyAdmin จัดการฐานข้อมูล MySQL

จากการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มผู้ทดลองใช้เว็บไซต์ จำนวนรวม 30 คน พบว่ามีความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบอยู่ในระดับดี ที่ค่าเฉลี่ย 4.33. เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือด้านการนำไปใช้ประโยชน์ และด้านข้อมูล

คำสำคัญ: เว็บไซต์จัดการร้านสปา ร้านสปา ระบบจัดการข้อมูล

ABSTRACT

At present, Ban Kunya Thai Massage & Spa shop is the shop provide Thai massage and spa service. There are many customers go in to use their service. The shop has

collected some of their data such as customer data and several service course data, product data, and employee data in documentation form. Sometimes there might be mistake in data management and some data lost. The researcher had an idea to apply recent technology to solve these problems by developing a website to enhance quality of data management for Ban Kunya Thai Massage & Spa shop to be usable on computer and mobile phones. The functionality of the website is divided into 2 parts which are 1. System admin and 2. Customer. The system admin could record services and products, record queue, record expense list, manage service course, manage products, view incomes and expense reports inform of graph for both services and products, and could manage employees' data. The customer could read articles, price list, or other information on the website page. Developers used Visual Studio Code program to develop the website, XAMPP to build server, and phpMyAdmin program to manage MySQL database. Based on participant satisfactory evaluation, amount of 30 people, found that the overall satisfaction towards the system was in a good level at the average score 4.44. When consider each aspect found that design aspect and website management pattern had the highest average score followed by usability aspect and data aspect.

Keywords: Spa Management Website, Spa Shop, Data Management System

บทนำ

ธุรกิจสปาไทยเป็นธุรกิจหนึ่งที่มีแนวโน้มเติบโตอย่างรวดเร็ว ด้วยรูปแบบการให้บริการที่สะท้อนอัตลักษณ์ความเป็นไทย ได้รับความนิยมจากกลุ่มนักท่องเที่ยวเชิงส่งเสริมสุขภาพ และบุคคลที่นิยมใช้บริการสปาเพื่อการผ่อนคลาย และดูแลสุขภาพ การบริการสปาเป็นการใช้ธรรมชาติเพื่อปรับสมดุลในร่างกาย มีการใช้สมุนไพรประกอบในการทำสปา ซึ่งร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา ตั้งอยู่จังหวัดชลบุรี เปิดให้บริการด้านการนวดแผนไทยและสปาให้กับนักท่องเที่ยวชาวไทยและต่างชาติ ทางร้านมีพนักงานนวดที่มีความเชี่ยวชาญด้านการบริการและมีประสบการณ์ด้านการนวดเป็นอย่างดี ซึ่งทางร้านต้องการระบบจัดการที่มีประสิทธิภาพเข้ามาช่วยในการบริหารจัดการร้านให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยเพิ่มจำนวนลูกค้าที่เข้าใช้บริการ เพิ่มปริมาณยอดขายการจำนวนผลิตภัณฑ์ของร้าน และช่วยประชาสัมพันธ์ร้านให้เป็นที่รู้จักมากขึ้นในช่องทางออนไลน์ ปัจจุบันทางร้านไม่มีการนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดการระบบภายในร้าน มีการใช้วิธีการจดข้อมูลลงเอกสารไม่ว่าจะเป็นการบันทึกรายละเอียดการเข้าใช้บริการของลูกค้า การจองคิวการเข้าใช้บริการ ด้วยจำนวนลูกค้าที่มีจำนวนมาก ทำให้เกิดข้อผิดพลาดของข้อมูลการจองคิว มีการคำนวณค่าบริการผิดพลาด เกิดความไม่ถูกต้องของข้อมูลและเกิดปัญหาการสรุปยอดผู้ให้บริการต่อเดือน

ด้วยปัญหาเหล่านี้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบการจัดการร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน สามารถบันทึกการจองคิว คำนวณค่าบริการและระบบสรุปยอดผู้ใช้บริการต่อเดือน สามารถดูข้อมูลการใช้บริการของลูกค้าย้อนหลังผ่านเว็บไซต์เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการร้านนวด สามารถเสนอโปรโมชั่นของทางร้านให้กับลูกค้าโดยรักษารฐานลูกค้าและพัฒนา Brand Royalty นั้นให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและสามารถแสดงสถิติประเภทการนวดที่ได้รับความนิยมในรูปแบบกราฟ

บททวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมข้อมูลการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อช่วยในการจัดการร้านสปา การศึกษากลยุทธ์การสื่อสารการตลาดผ่านสื่อเว็บไซต์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาศึกษาและวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นข้อมูลและแนวทางประกอบการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา ดังนี้

กฤติยา ชันโสม (2561) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบจัดการสกุลรัตนสปา ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อตอบสนองความต้องการของร้านสกุลรัตนสปา และก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการทำงานกับเจ้าของร้าน ในการจัดเก็บข้อมูล ช่วยเพิ่มความสะดวกให้กับลูกค้าสามารถจองคิวผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ช่วยให้บริการร้านสกุลรัตนสปา มีการจัดระบบงานที่ดีขึ้น สะดวกสบายต่อร้านและผู้มาใช้บริการ ก่อให้เกิดความรวดเร็วในการทำงานและสร้างความพึงพอใจในการใช้งาน ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันใช้ภาษา PHP, HTML, CSS ในการเขียนคำสั่ง และใช้ phpMyadmin ในการจัดการฐานข้อมูล ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ทดลองใช้อยู่ในระดับดี ระบบมีความรวดเร็วในการทำงาน สะดวก มีการคำนวณที่ถูกต้อง และมีการออกแบบระบบสวยงาม

นิตติยา ชินดา และนิเวศ จิระวิชิตชัย (2556) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านสปา (ร้านนิขาบาสปา) สามารถจัดการกับข้อมูลการสั่งจองแพ็คเกจสินค้าในระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านสปาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็วและถูกต้อง เพิ่ม ลด แก้ไข ข้อมูลลูกค้า สินค้า ทำการจองห้องสปาหรือคอร์สบริการ นัดหมายผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ มีระบบจัดการคลังสินค้า มีการพัฒนาระบบโดยใช้ภาษา PHP ร่วมกับการจัดการฐานข้อมูลโดย SQL Server ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้อยู่ในระดับดี ระบบมีการออกแบบสอดคล้องกับการทำงาน

พงศกร ทวันเวชและคณะ (2560) ที่ได้พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านปรานิสาสปา เพื่อแก้ไขปัญหาระบบงานเดิมและพัฒนาระบบสารสนเทศช่วยงานบริการเดิมให้มีประสิทธิภาพในการจัดการเพิ่มมากขึ้น ลดความยุ่งยากจากการทำงานของระบบเดิม ซึ่งระบบที่พัฒนาสามารถเก็บข้อมูลลูกค้า พนักงานคอร์สสปา ห้องสปาที่ให้บริการ ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ทดลองใช้อยู่ในระดับดี มีความถูกต้องรวดเร็ว และปลอดภัยในการทำงานของระบบ

สุจิตรา อุดุลย์เกษมและคณะ (2556) ได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อบริหารจัดการธุรกิจสปา เป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อเน้นไปที่การจัดการการเข้ารับบริการ การจัดลำดับของพนักงานตามความพร้อม

เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด รวมทั้งจัดแสดงให้เป็นตารางเวลา และผลการดำเนินงานได้ ซึ่งโปรแกรมประยุกต์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องน่าเชื่อถือ ช่วยให้การดำเนินการของร้านจันทรสปาเป็นไปด้วยความสะดวก รวดเร็ว พนักงานนัดและเตียงบริการ มีการกระจายการทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ

กัญณันชชา บุนนาค .(2559) ได้ทำการศึกษากลยุทธ์การตลาดผ่านสื่อเว็บไซต์ของธุรกิจสปาที่ประสบความสำเร็จ พบว่า 1) สถานการณ์การตลาดผ่านสื่อเว็บไซต์ของธุรกิจสปา 3 แห่ง ด้วยสถานการณ์ด้านเศรษฐกิจที่มีการชะลอตัว ธุรกิจสปามีการแข่งขันสูงมาก มีการปรับกลยุทธ์การตลาดผ่านสื่อเว็บไซต์เพื่อการอยู่รอดและเพื่อการแข่งขันโดยมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้ามาใช้ในการบริหารจัดการทั้งระบบมากยิ่งขึ้น เช่น การสร้างข้อมูลด้วยระบบคอมพิวเตอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูลการให้บริการและการขายผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ การสร้างโปรแกรมเพื่อจัดการสินค้าคงคลังเพื่อช่วยในการจัดการสินค้าคงคลัง และการสร้างโปรแกรมระบบสปา เพื่อเก็บข้อมูลรายรับ รายจ่าย เป็นต้น 2) กลยุทธ์การตลาดผ่านสื่อเว็บไซต์ของธุรกิจสปาทั้ง 3 แห่ง พบว่ามีการใช้การตลาดแบบบูรณาการผ่านสื่อเว็บไซต์

ชนิตา เดชวิทยานุกต์ (2555). ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาการบริหารจัดการบริการสปาเพื่อสุขภาพในจังหวัดภูเก็ต โดยใช้กรอบแนวคิดในการศึกษา ได้แก่ ทฤษฎี 7S's Mckinsey model และมาตรฐานการบริหารจัดการสปาเพื่อสุขภาพ วิจัยเชิงคุณภาพ โดยการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหาร/ผู้จัดการธุรกิจสปาเพื่อสุขภาพ ผลการวิจัย พบว่า ด้านกลยุทธ์มีการวางแผนกลยุทธ์ด้านการตลาดบริการ โดยการใช้ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด 7 ด้าน ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์และบริการ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านส่งเสริมการขาย ดานบุคลากร ดานกระบวนการทำงาน และด้านลักษณะทางกายภาพ เปนกลยุทธ์หลักในการบริหาร จัดการธุรกิจสปาเพื่อการบริหารสปาเพื่อสุขภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการร้านบ้านกัญญาณวดแผนไทย & สปา
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ที่มีต่อเว็บไซต์ร้านบ้านกัญญาณวดแผนไทย & สปา

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยมุ่งเน้นศึกษาความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ที่มีต่อการทำงานของเว็บไซต์ด้านข้อมูล ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์ และการนำไปใช้ประโยชน์ โดยมีการเก็บข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบและผู้ใช้งานทั่วไป ที่มีความสนใจเกี่ยวกับระบบจัดการร้านสปาทั้งเพศหญิงและชาย จำนวน 30 คน

เว็บไซต์จัดการร้านบ้านกัญญาณวดแผนไทย & สปา ที่พัฒนามีขอบเขตการทำงานดังนี้

1. ด้านผู้ใช้หรือลูกค้า

- 1.1 แสดงโปรโมชั่นอัตราค่าบริการและรายละเอียดของการให้บริการบนเว็บไซต์

1.2 แสดงบทความ รายละเอียดสินค้าและบริการ การนัดแต่ละประเภท เพื่อเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจ

1.3 แสดงช่องทางการติดต่อ วิธีการเดินทาง และที่ตั้งของร้าน

1.4 แสดงภาพบรรยากาศภายในร้าน ภาพการให้บริการการนัดแบบต่าง ๆ

2. ด้านเจ้าของร้านหรือผู้ดูแลระบบ

2.1 สามารถจัดการรายละเอียดบนเว็บไซต์ เพิ่ม ลด แก้ไข ข้อมูลบทความ ข้อมูลการจองคิว ข้อมูลการให้บริการ ข้อมูลสินค้า และภาพได้

2.2 สามารถจัดการข้อมูลลูกค้า เพิ่ม ลด แก้ไข ข้อมูลลูกค้า บันทึกการจองคิว การซื้อบริการคอร์สนวดของลูกค้า

2.3 สามารถดูประวัติข้อมูลการใช้บริการของลูกค้าได้

2.4 สามารถจัดการข้อมูลพนักงาน เพิ่ม ลด แก้ไข ข้อมูลพนักงาน

2.5 สามารถดูสถิติประเภทการนัดที่นิยมในรูปแบบกราฟสถิติได้

2.6 สามารถจัดการรายรับ-รายจ่ายของร้านสปาได้

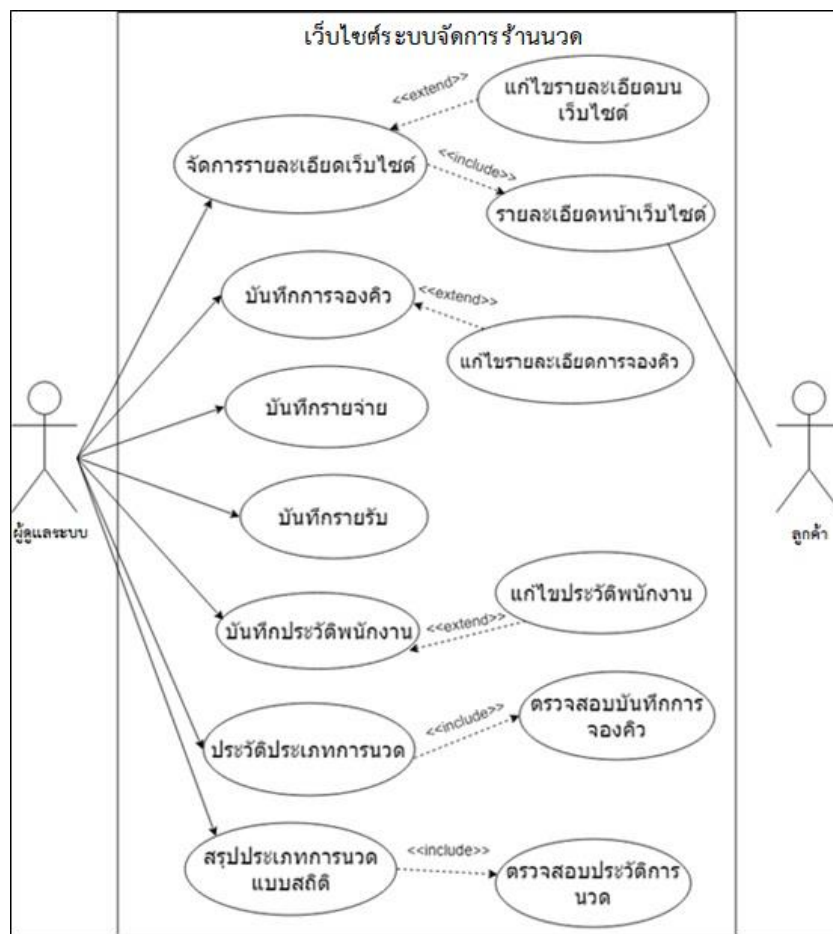
การวิจัยเพื่อพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการร้านบ้านกัญญาณวดแผนไทย & สปา มีกระบวนการพัฒนาดังนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้มีการเก็บข้อมูลความต้องการของผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบโดยการสอบถาม สัมภาษณ์ จากเจ้าของร้าน พนักงาน ลูกค้าผู้ใช้บริการ ถึงความต้องการในฟังก์ชันของเว็บไซต์ ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับร้านสปา รูปแบบการทำงาน การบันทึกคิวลูกค้า การคำนวณค่าบริการต่าง ๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องกับระบบจัดการร้านสปา เพื่อศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลจุดเด่นจุดด้อยในแต่ละเว็บไซต์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเว็บไซต์ให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ และศึกษาภาษาและเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์

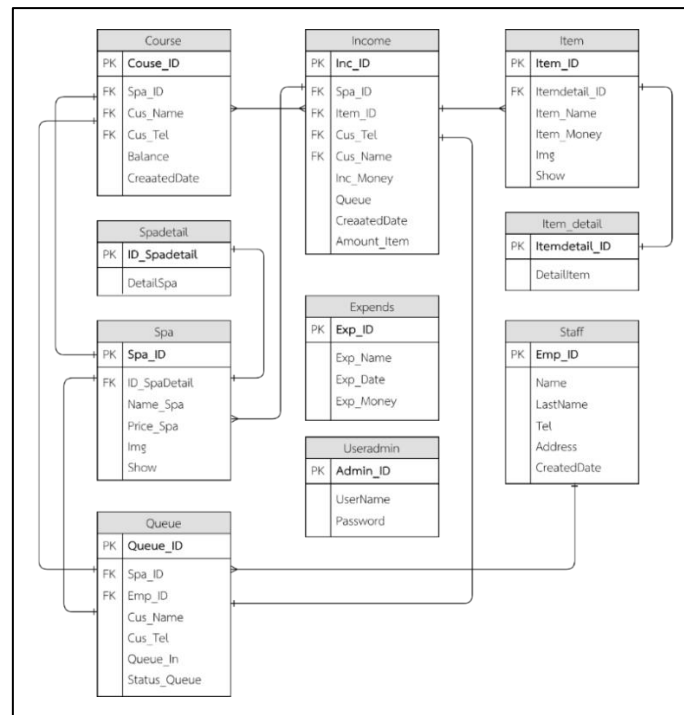
การวิเคราะห์และออกแบบ

จากการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความต้องการของผู้ใช้งาน จึงได้ออกแบบ Use Case Diagram เพื่อแสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบ (User) และความสัมพันธ์กับระบบย่อย (Sub systems) ภายในระบบใหญ่ และการออกแบบหน้าจอการทำงาน of เว็บไซต์ ให้เหมาะสมต่อการใช้งาน



ภาพที่ 1: Use Case Diagram เว็บไซต์ระบบจัดการร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา

ออกแบบจำลองความสัมพันธ์ Entity Relationship Diagram (ERD) เพื่อใช้อธิบายโครงสร้างของฐานข้อมูลเว็บไซต์ระบบจัดการร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา



ภาพที่ 2: Entity Relationship Diagram เว็บไซต์ระบบจัดการร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา

หน้าเว็บไซต์ในส่วนผู้ใช้งานทั่วไป



ภาพที่ 3: หน้าเว็บไซต์แสดงบทความ บริการ และสินค้าต่าง ๆ

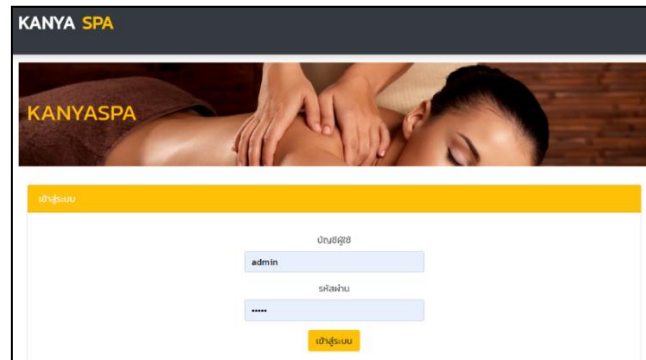
จากภาพที่ 3 แสดงหน้าหลักส่วนบทความ บริการ และสินค้าต่าง ๆ ผู้ใช้สามารถดูรายละเอียดของบทความ บริการและสินค้ายอดนิยมต่าง ๆ ได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการ



ภาพที่ 4: หน้าเกี่ยวกับทางร้าน

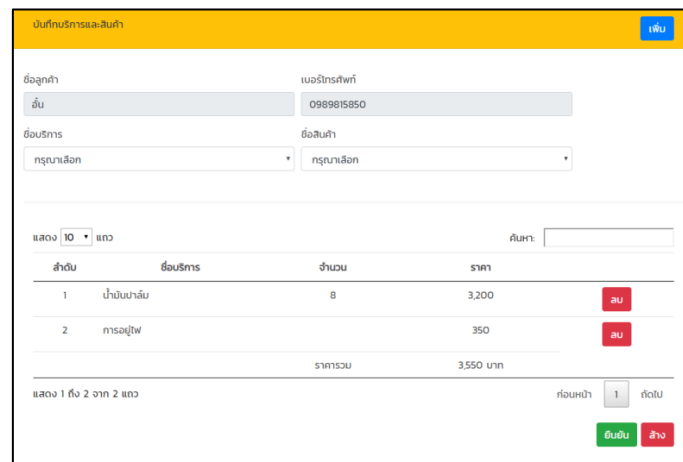
จากภาพที่ 4 แสดงหน้าเกี่ยวกับทางร้าน ผู้ใช้สามารถอ่านรายละเอียดเกี่ยวกับทางร้านได้ เช่น เวลาเปิด - ปิด เบอร์ติดต่อ และสามารถกดไอคอนตำแหน่งที่อยู่ของทางร้านเพื่อเปิด Google Map ได้

หน้าเว็บไซต์ในส่วนผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 5: หน้าเข้าสู่ระบบหลังบ้าน

จากภาพที่ 5 แสดงหน้าเข้าสู่ระบบหลังบ้าน ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าใช้งาน โดยผ่านการกรอกชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่านของผู้ดูแลระบบ



ลำดับ	ชื่อบริการ	จำนวน	ราคา
1	นวดนวด	8	3,200
2	การนวด	1	350
รวม			3,550 บาท

ภาพที่ 6: หน้าบันทึกบริการและสินค้า

จากภาพที่ 6 แสดงหน้าบันทึกบริการและสินค้า ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่มชื่อลูกค้า เบอร์โทรศัพท์ ชื่อบริการที่ลูกค้าซื้อทั้งแบบครั้งเดียวและแบบคอร์ส ส่วนสินค้าสามารถใส่จำนวนได้ว่าลูกค้าจะทำการซื้อกี่ชิ้น แสดงหน้าบันทึกบริการและสินค้าหลังจากเพิ่มข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งหลังจากเพิ่มบริการและสินค้าจะแสดงรายการ ชื่อ ราคา และราคารวมของบริการหรือสินค้า

รายชื่อบริการที่ซื้อคอร์สบริการ			
แสดง 10 แถว	ค้นหา:		
ลำดับ	ชื่อบริการ	เบอร์โทรศัพท์	
1	สายไหม	0879996321	View
2	พริดา	0879996322	View
3	ใบ	0958188109	View
4	พิน	0889206399	View
5	หมิง	0906640895	View
6	เมส	0982566901	View
แสดง 1 ถึง 6 จาก 6 แถว		ก่อนหน้า	ถัดไป

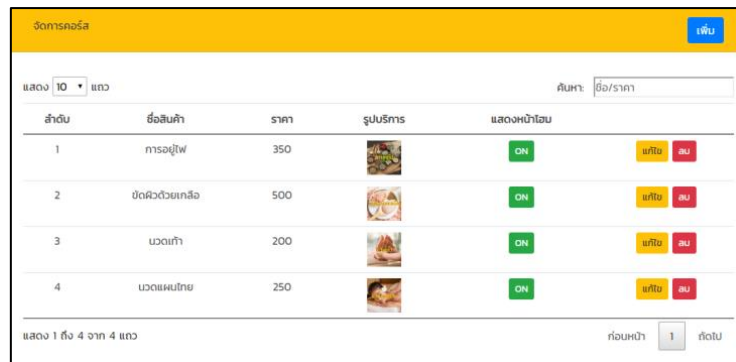
ภาพที่ 7: หน้ารายชื่อบริการที่ซื้อคอร์สบริการ

จากภาพที่ 7 แสดงหน้ารายชื่อบริการที่ซื้อคอร์สบริการ หลังจากกดยืนยัน ข้อมูลของลูกค้าจะนำมาแสดงที่หน้ารายชื่อบริการที่ซื้อคอร์สบริการ เพื่อผู้ดูแลระบบจะได้รู้ว่าลูกค้าคนไหนที่ทำการซื้อบริการแบบคอร์ส หลังจากกด View ผู้ดูแลระบบจะได้รู้ว่าลูกค้าคนไหนมีบริการคอร์สอะไรบ้างเหลือกี่ครั้งหมดอายุวันที่เท่าไรและสามารถจองคิวในหน้านี้ได้เลย

คิวเข้าใช้บริการ						
แสดง 10 แถว	ค้นหา: ชื่อ/คอร์ส/เบอร์โทร					
ลำดับ	ชื่อ	บริการ	เบอร์โทร	เวลา	พนักงานนัด	
1	ภูมิ	ขัดคิวด้วยเกลือ	098-981-5850	2019-12-27 13:30:00	สมิง	ยืนยัน แก้ไข ลบ
2	อัน	นวดเท้า	063-191-1855	2019-12-14 11:00:00	แพนกวิน	ยืนยัน แก้ไข ลบ
แสดง 1 ถึง 2 จาก 2 แถว		ก่อนหน้า 1 ถัดไป				

ภาพที่ 8: หน้าคิวเข้าใช้บริการ

จากภาพที่ 8 แสดงหน้าคิวเข้าใช้บริการ หลังจากกดบันทึกในหน้าบันทึกในหน้าบันทึกคิว ระบบจะทำการบันทึกคิวโดยจะแสดง ชื่อบริการ เบอร์โทรศัพท์ เวลา และพนักงานนัดของลูกค้าคนนั้น ๆ หลังจากลูกค้าได้รับการนัดแล้วกดยืนยันเพื่อทำการหักจำนวนครั้งของคอร์สที่เหลืออยู่ ถ้าหากต้องการเปลี่ยนเวลาและพนักงานนัดสามารถแก้ไขได้ และหากต้องการยกเลิกการบันทึกคิวสามารถลบได้โดยระบบจะไม่ทำการหักจำนวนครั้งของคอร์สที่เหลืออยู่

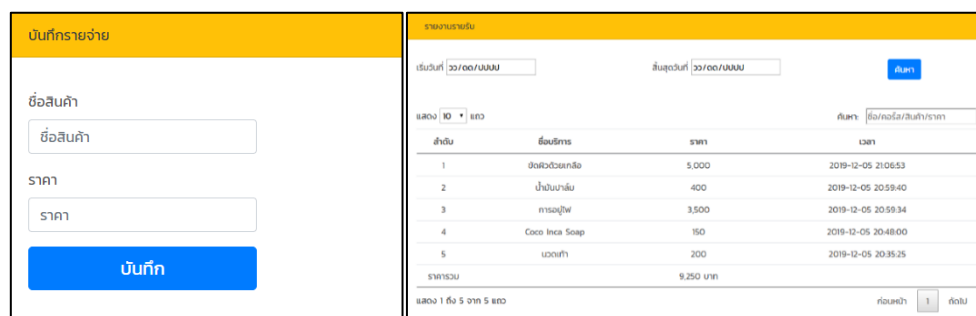


ลำดับ	ชื่อสินค้า	ราคา	รูปบริการ	แสดงหน้าเว็บ
1	การอู่ไฟ	350		ON เปิด ปิด
2	ขัดผิวด้วยเกลือ	500		ON เปิด ปิด
3	แวตเท้า	200		ON เปิด ปิด
4	แวตแผนไทย	250		ON เปิด ปิด

แสดง 1 ถึง 4 จาก 4 แถว

ภาพที่ 9: หน้าจัดการคอร์สบริการ และสินค้า

จากภาพที่ 9 แสดงหน้าจัดการคอร์สบริการ และสินค้า ผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไขชื่อข้อมูลของบริการ และสินค้า และสามารถเลือกได้ว่าจะให้บริการหรือสินค้าใดแสดงที่หน้าหลักโดยการกดปุ่ม OFF – ON ที่หน้าจัดการคอร์สบริการ (สามารถแสดงได้ 4 รายการ)



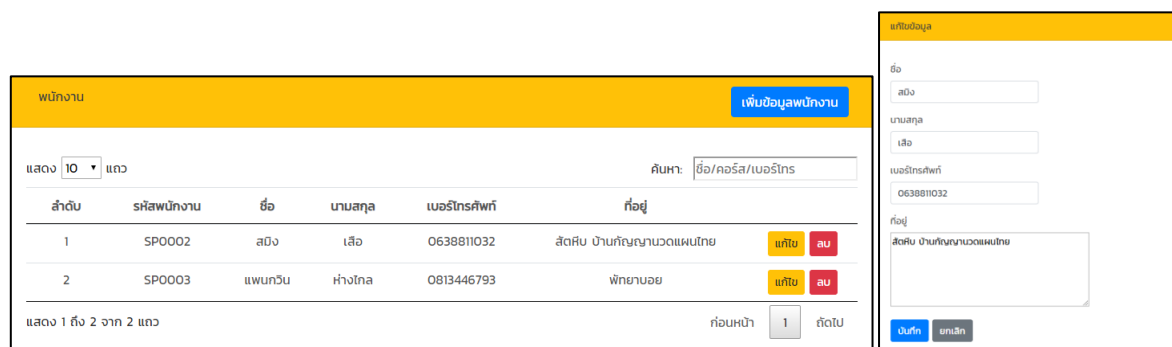
ลำดับ	ชื่อบริการ	ราคา	เวลา
1	ขัดผิวด้วยเกลือ	5,000	2019-12-05 21:06:53
2	น้ำมันมะพร้าว	400	2019-12-05 20:59:40
3	การอู่ไฟ	3,500	2019-12-05 20:59:34
4	Coco Inca Soap	150	2019-12-05 20:48:00
5	แวตเท้า	200	2019-12-05 20:35:25

รวมรวม 9,250 บาท

แสดง 1 ถึง 5 จาก 5 แถว

ภาพที่ 10: หน้าบันทึกการขายรับและรายจ่าย

จากภาพที่ 10 แสดงหน้าบันทึกการขายรับและรายจ่าย ผู้ดูแลระบบสามารถบันทึกการขายรับและรายจ่ายได้โดยกรอกชื่อของรายรับและรายจ่ายที่ต้องการบันทึกและราคา ระบบจะยึดตามวันเวลาของปัจจุบันในการบันทึกสามารถดูรายรับและรายจ่ายตามระยะเวลาที่กำหนดได้และสามารถดูยอดรวมสุทธิของรายรับและรายจ่ายได้

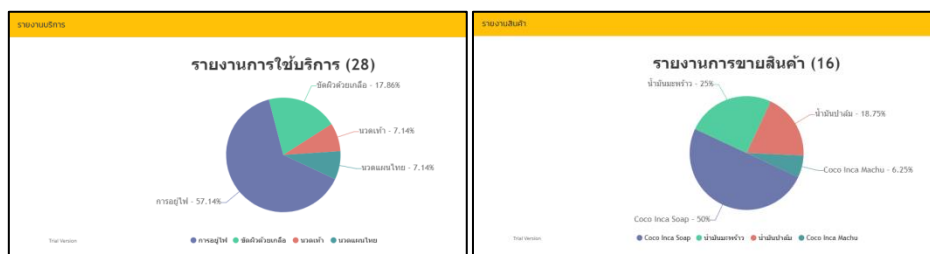


ลำดับ	รหัสพนักงาน	ชื่อ	นามสกุล	เบอร์โทรศัพท์	ที่อยู่
1	SP0002	สมิง	เสือ	0638811032	สี่สิบ บ้านกัญญาเขตแผนไทย
2	SP0003	แพนกวิน	हांงไกล	0813446793	พักยาบอย

แสดง 1 ถึง 2 จาก 2 แถว

ภาพที่ 11: หน้าจัดการพนักงานนวด

จากภาพที่ 11 แสดงหน้าจัดการพนักงานนวด ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการเพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลของพนักงานได้ สามารถเพิ่มและแก้ไขข้อมูลชื่อ นามสกุล เบอร์โทรศัพท์ ที่อยู่ของพนักงาน หลังทำการเพิ่มหรือแก้ไขให้คลิก”บันทึก” ข้อมูลของพนักงานจะไปแสดงที่หน้าจัดการพนักงานนวด



ภาพที่ 12: หน้าแสดงกราฟประเภทการนวด และแสดงกราฟสินค้ายอดนิยม

จากภาพที่ 12 แสดงหน้ากราฟประเภทการนวด และแสดงกราฟสินค้ายอดนิยม ผู้ดูแลสามารถดูยอดการขายบริการ และยอดการขายสินค้าต่าง ๆ ได้ว่าบริการหรือสินค้าไหนเป็นที่ยอดนิยมโดยแสดงเป็นกราฟวงกลม

การพัฒนาระบบ

การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Visual Studio Code ใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์ ใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CC 2018 ใช้ในการตกแต่งภาพที่ใช้กับเว็บไซต์ ใช้โปรแกรม XAMPP ใช้ในการสร้างเซิร์ฟเวอร์ และใช้โปรแกรม phpMyAdmin ใช้สำหรับเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล

การทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้งานเว็บไซต์การจัดการร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา กับเจ้าของร้านพนักงาน ลูกค้าผู้ใช้บริการ จำนวน 30 คนโดยกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดลองใช้งานเว็บไซต์ และตอบแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเว็บไซต์การจัดการร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา จากนั้นได้นำผลการประเมินมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผลการประเมิน โดยพบว่าผู้ตอบแบบประเมินเป็นผู้ชาย คิดเป็นร้อยละ 43.3 และเพศหญิง ร้อยละ 56.7 สถานะผู้ประเมินที่มีการทำงานเกี่ยวกับร้านสปา คิดเป็นร้อยละ 83.3 และเป็นลูกค้าทั่วไป 16.6

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ภายหลังทดลองใช้งานเว็บไซต์ เมื่อได้ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้เว็บไซต์การจัดการร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา แล้ว ได้นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ดังนี้ วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรที่ศึกษาโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจ ที่ค่าคะแนนอยู่ในช่วง 1.00 – 5.00 ใช้เกณฑ์ดังนี้

(พิสุทธา อาริราชกูร์, 2551)

- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตารางที่ 1: ตารางแสดงความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้เว็บไซต์การจัดการร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา

หัวข้อรายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
ด้านข้อมูล			
1. ข้อมูลมีความชัดเจน ถูกต้อง น่าเชื่อถือ	4.23	0.67	มาก
2. การประชาสัมพันธ์ข่าวสาร ภาพ ในเว็บไซต์มีความเหมาะสม น่าสนใจ	4.23	0.77	มาก
3. ปริมาณข้อมูลมีเพียงพอกับความต้องการ	4.30	0.70	มาก
4. ข้อความในเว็บไซต์ถูกต้องตามหลักภาษา และไวยากรณ์	4.23	0.72	มาก
5. ข้อมูลกับภาพมีความสอดคล้องกัน	4.33	0.71	มาก
รวม	4.26	0.71	มาก
ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์			
1. การจัดรูปแบบในเว็บไซต์ดีต่อการอ่านและการใช้งาน	4.26	0.78	มาก
2. หน้าโฮมเพจมีความสวยงาม มีความทันสมัย น่าสนใจ	4.53	0.62	มากที่สุด
3. สีสีในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม	4.40	0.67	มาก
4. สีพื้นหลังกับสีตัวอักษรมีความเหมาะสมต่อการอ่าน	4.40	0.67	มาก
5. ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร มีความสวยงามและอ่านได้ง่าย	4.30	0.83	มาก
6. ภาพประกอบสามารถสื่อความหมายได้	4.40	0.67	มาก
รวม	4.38	0.71	มาก
ด้านการนำไปใช้ประโยชน์			
1. มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้	4.30	0.70	มาก
2. เป็นแหล่งข้อมูลที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน	4.26	0.73	มาก
3. ใช้เผยแพร่และประชาสัมพันธ์ให้เป็นที่รู้จักมากขึ้น	4.36	0.61	มาก

หัวข้อรายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
4. ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน	4.20	0.80	มาก
5. ช่วยลดข้อผิดพลาดในการทำงาน	4.53	0.62	มากที่สุด
6. ช่วยให้สามารถทำงานต่าง ๆ ได้รวดเร็วมากขึ้น	4.50	0.51	มากที่สุด
รวม	4.36	0.66	มาก
รวมทุกด้าน	4.33	0.69	มาก

จากการประเมินผลความพึงพอใจโดยรวมทุกด้านของผู้ที่เข้าทดลองใช้เว็บไซต์การจัดการร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา อยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์ รองลงมาด้านการนำไปใช้ประโยชน์ ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ด้านข้อมูล สามารถแยกเป็นรายการได้ดังนี้

ด้านข้อมูลความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ข้อมูลกับภาพมีความสอดคล้องกัน รองลงมาคือ ปริมาณข้อมูลมีเพียงพอกับความต้องการ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ข้อมูลมีความชัดเจน ถูกต้อง น่าเชื่อถือ การประชาสัมพันธ์ข่าวสาร ภาพ ในเว็บไซต์มีความเหมาะสม น่าสนใจ และข้อความในเว็บไซต์ถูกต้องตามหลักภาษา และไวยากรณ์

ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์โดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ หน้าโฮมเพจมีความสวยงาม มีความทันสมัย น่าสนใจ รองลงมาคือ สีสันทในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม สีพื้นหลังกับสีตัวอักษรมีความเหมาะสมต่อการอ่าน ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ การจัดรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน

ด้านการนำไปใช้ประโยชน์โดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ช่วยลดข้อผิดพลาดในการทำงาน รองลงมาคือ ช่วยให้สามารถทำงานต่าง ๆ ได้รวดเร็วมากขึ้น ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา เพื่อช่วยในการจัดการข้อมูลภายในร้านบ้านกัญญานวดแผนไทย & สปา และช่วยในการประชาสัมพันธ์ร้านให้เป็นที่รู้จักมากขึ้นผ่านเว็บไซต์ ช่วยลดข้อผิดพลาดจากการทำงานให้น้อยลง และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน สามารถทำงานได้ถูกต้องและรวดเร็วมากขึ้น สอดคล้องกับ พงศกร ทวันเวชและคณะ (2560) ที่ได้พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านปราณิสาสปา ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยจัดการข้อมูลจากเดิมที่เก็บในกระดาษมาเก็บในคอมพิวเตอร์ในรูปแบบฐานข้อมูล ทำให้เกิดความสะดวกสบายในการใช้งาน เพิ่มประสิทธิภาพ

การทำงานของระบบมากขึ้น และสอดคล้องกับสุจิตรา อุดุลย์เกษมและคณะ (2556) ที่ได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อการบริหารจัดการธุรกิจสปา โดยโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง เชื่อถือได้ พนักงานนวดสามารถให้บริการลูกค้าได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ตอบสนองความต้องการของลูกค้า และเจ้าของกิจการได้

ปัญหาและอุปสรรค

เนื่องจากการพัฒนาเว็บไซต์ ผู้วิจัยมีเวลาในการดำเนินการที่จำกัด จึงไม่สามารถพัฒนาเว็บไซต์ให้มีความทำงานได้ครบทุกฟังก์ชันการทำงาน และต้องใช้เวลาค่อนข้างมากในค้นคว้าหาข้อมูลที่ใช้ประกอบการพัฒนาเว็บไซต์ เช่น การออกแบบเว็บไซต์ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และกลุ่มผู้ใช้ การแก้ไขข้อผิดพลาดของการทำงานของเว็บไซต์ เป็นต้น เพื่อให้เว็บไซต์มีรูปแบบการทำงานที่เหมาะสมและตรงกับความต้องการ

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้หากมีการพัฒนาต่อในอนาคตควรมีการพัฒนาฟังก์ชันการทำงานให้ลูกค้าสามารถล็อกอินเข้าสู่ระบบเพื่อทำการจองคิวผ่านเว็บไซต์ ตรวจสอบคอร์สบริการที่ลูกค้าซื้อไว้ และตรวจสอบประวัติเข้ารับบริการต่าง ๆ ย้อนหลังผ่านเว็บไซต์ได้ มีการออกแบบเว็บไซต์ให้มีความสวยงามมากขึ้น มีระบบจัดการข้อมูลส่วนของพนักงานในร้าน และสามารถนำเสนอโปรโมชั่นแพ็คเกจการรับบริการให้กับลูกค้าเป็นรายบุคคลได้

เอกสารอ้างอิง

- กฤติยา ชันโสม และคณะ. (2561) การพัฒนาระบบจัดการสภากาชาดสปา. วารสารการประชุมวิชาการระดับชาติ การจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. หน้า 621 - 627
- กัญญ์ณัชชา บุณนา. (2559). กลยุทธ์การสื่อสารการตลาดผ่านสื่อเว็บไซต์ของธุรกิจสปาที่ประสบความสำเร็จ. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, ปีที่ 9 ฉบับที่ 1, หน้า 17 - 34
- ชนิตา เดชวิทยานุกิตติ. (2555). การบริหารจัดการบริการสปาเพื่อสุขภาพในจังหวัดภูเก็ต. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม, หน้า 100 - 120
- นิตติยา ชินดา และนิเวศ จิระวิชิตชัย. (2556). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการร้านสปา (ร้านนวดสปา). ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีปทุม
- พงศกร ทวันเวช และคณะ (2560) การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการร้านปรานีสปา. วารสารวิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย, ปีที่ 7 ฉบับพิเศษ ตุลาคม, หน้า 266 - 275
- พิสุทธา อาริราษฎร์. (2551). การพัฒนาซอฟต์แวร์ทางการศึกษา. มหาสารคาม: อภิชาติการพิมพ์.
- สุจิตรา อุดุลย์เกษม และคณะ (2556) การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อการบริหารจัดการธุรกิจสปา. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal, ปีที่ 6 ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม, หน้า 877 - 886

การศึกษาการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์มาบริการผู้โดยสารของ สายการบินไทยแอร์เอเชีย

A STUDY OF THE USE OF INNOVATION (ARTIFICIAL INTELLIGENCE: AI) FOR PASSENGER SERVICES OF THAI AIR ASIA

โชติกา พันธุ์ผูกบุญ^{1*}, วาญน เอกสกุลไพบูลย์²

¹สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

²มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

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

บทคัดย่อ

การศึกษาการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์มาบริการผู้โดยสารของ สายการบินไทยแอร์เอเชีย มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาลักษณะการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์เกิดขึ้นของสายการบิน ไทยแอร์เอเชีย มาใช้ โดยอธิบายที่มาของนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ ตั้งแต่เริ่มว่านวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์เป็นอย่างไร และมีผลกระทบอย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา นวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ในสายการบิน แบบต้นทุนต่ำโดยสามารถนำตัวอย่างที่ได้จากการศึกษามาปรับปรุงแก้ไขและประยุกต์ใช้อ้างอิงในอนาคต เพื่อเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและพัฒนาธุรกิจสายการบินในอนาคตได้อย่างเหมาะสม ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลของบริษัทในสื่อออนไลน์ควบคู่กับการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้บริหารของสายการบินไทยแอร์เอเชีย โดยผู้บริหารของสายการบินจะสรุปภาพรวมของการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์มาบริการผู้โดยสารของสายการบิน ที่เกิดขึ้นนั้นสามารถทำได้มากกว่าเป้าหมายที่สายการบินกำหนดไว้หรือไม่ อะไรคือปัญหาและอุปสรรคอย่างไร เพื่ออธิบายถึงที่มาของนวัตกรรมว่ามีที่มาอย่างไร ลักษณะของนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์นั้นว่าอยู่ในรูปแบบใด เนื่องจากนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์สามารถสร้างและพัฒนาขึ้นได้ตามรูปแบบการให้บริการ ดังนั้นการศึกษาเพื่อให้เข้าใจถึงภาพรวมของนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ในเชิงจะทำให้ศึกษา มีความเข้าใจและสามารถประยุกต์ใช้ในการพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมอื่น ๆ ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: นวัตกรรม, ปัญญาประดิษฐ์, บริการผู้โดยสาร, สายการบินแบบต้นทุนต่ำ

ABSTRACT

The study of the use of artificial intelligence innovation to serve passengers of Thai Air Asia has the objective of studying the characteristics of using the artificial intelligence of Thai Air Asia. By explaining the origin Since the beginning of the innovation of artificial

intelligence and what effect will it have to be to guide the development of artificial intelligence innovation in low-cost airlines?

The sample obtained from this study can be modified and applied for future reference. In order to increase the capability of competition and develop the aviation business in the future appropriately. The author uses the information from the online media together with in-depth interviews with the executives of Thai Air Asia. The airline's management will provide an overview of the use of artificial intelligence innovation to service the passengers of the airline can the flight be made more target set by the airline or not. What are the problems and obstacle to explain the origin of innovation and the nature of artificial intelligence. Since the artificial intelligence innovation can be created and developed according to the service model therefore, the study to understand the overall picture of the artificial intelligence innovation will lead to understanding and can be applied to future development of other innovations in the future.

Keywords: innovation, artificial intelligence: AI, passenger services

บทนำ

ปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) เป็นเทคโนโลยีสาขาหนึ่งทางคอมพิวเตอร์ที่ประกอบไปด้วยความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ซึ่งเป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้เรียนรู้และเข้าใจความสามารถของมนุษย์และมีความตั้งใจ ที่จะทำให้คอมพิวเตอร์มีความสามารถคล้ายกับมนุษย์โดยใช้ซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ เพื่อสามารถทำงานได้แทนมนุษย์หรือเพื่อส่งเสริมกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ให้ได้ดียิ่งขึ้น (เศรษฐพงศ์ มะลิสุวรรณ, 2553) โดยความสามารถที่ต้องการให้คล้ายมนุษย์อาจแบ่งได้เป็น 4 ด้าน (ภิญโญ พานิชพันธ์, และคณะ, 2547) คือ 1) การกระทำคล้ายมนุษย์ (Acting humanly) เช่น สื่อสารด้วยภาษา กับมนุษย์ได้มีประสาทรับสัมผัส คล้ายมนุษย์ 2) การคิดคล้ายมนุษย์ (Thinking humanly) ในเรื่องของการคิด ตัดสินใจ การแก้ปัญหา การเรียนรู้ 3) คิดอย่างมีเหตุผล (Thinking rationally) การคิดโดยใช้หลักเหตุและผลคิดแบบตรรกศาสตร์อาศัยการคำนวณ และ 4) กระทำอย่างมีเหตุผล (Acting rationally) สามารถกระทำการอย่างมีเหตุมีผล มีการวางแผน มีขั้นตอน เช่น โปรแกรมแข่งขันเกมต่าง ๆ เป็นต้น เทคโนโลยีที่ล้ำสมัยอย่างปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) เข้ามามีบทบาทในสังคมมนุษย์ในหลาย ๆ ภาคส่วน โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรม¹ การพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) ในส่วนของวิทยาศาสตร์

¹ Episteme (กาญจนา แก้วเทพ และสมสุข หินวิมาน, 2560: 296) หรือ “กรอบความรู้” เป็นวิธีวิทยา (Methodology) ที่มีมิเชล ฟูก็อดต์ (Michel Foucault) เป็นนักคิดที่สำคัญในการนำเสนอวิธีวิทยาในรูปแบบนี้ โดยนักคิดในกลุ่มหลังปรากฏการณ์วิทยาก็ได้ใช้แนวทางนี้ในการศึกษาตีความสิ่งที่ต้องการศึกษาเช่นกัน ซึ่งจะเป็นการลงไปดูความเป็นมาของการสถาปนาศาสตร์ที่ให้นักมนุษย์เป็นเพียงวัตถุแห่งการศึกษา ซึ่งเป็นวิธีการเพื่อแสวงหา โครงสร้างแห่งความคิด อันได้แก่ กรอบที่กำกับหรือช่วยของความของความรู้ ความเชื่อ วิธีคิด วิธีเข้าใจสิ่งต่างๆ

ที่ขาดไม่ได้เลยคือ ศาสตร์ทางด้านวิศวกรรม อันได้แก่ 1) ศาสตร์ด้านระบบอัตโนมัติ ระบบจับสัญญาณและระบบย้อนกลับ 2) ศาสตร์ด้านสถิติและความน่าจะเป็น 3) ศาสตร์ด้านคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในยุคต้น, ทฤษฎีทางด้านคอมพิวเตอร์, คอมพิวเตอร์ดิจิทัล และคอมพิวเตอร์ที่สามารถคิดด้วยเหตุผลได้ (Thinking computers)

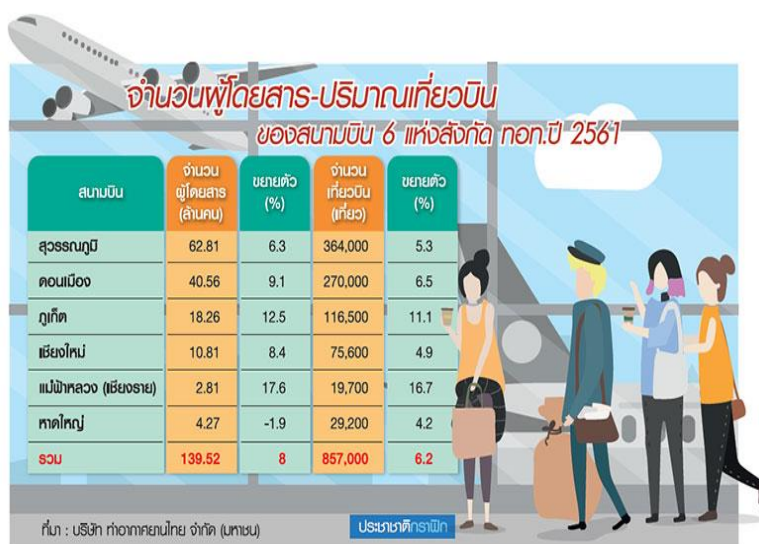
หลายประเทศหันมาให้ความสนใจและให้งบประมาณในการผลิตคิดค้น “Quantum computers”² คอมพิวเตอร์ระบบควอนตัมจะเป็นคอมพิวเตอร์ที่มีวิทยาการทางด้านเทคโนโลยีที่ทันสมัยที่สุดในอนาคตอันใกล้ โดยจะมีความสามารถพิเศษหรือศักยภาพที่จะเจาะเข้าระบบคอมพิวเตอร์และศูนย์ข้อมูลสำคัญ ๆ ได้ทั่วโลก อีกทั้งยังมีระบบการป้องกัน Hacker หรือผู้เจาะระบบอย่างมีประสิทธิภาพสูงซึ่งเรียกได้ว่าผู้ที่มีคอมพิวเตอร์ควอนตัมครอบครอง เสมือนติดอาวุธนิวเคลียร์ทางไซเบอร์ ซึ่งคาดว่าอีกไม่นานประเทศจีนจะทำได้สำเร็จ เนื่องจากการทุ่มงบประมาณจำนวนมากอย่างต่อเนื่องสูงถึง 1 หมื่นล้านเหรียญสหรัฐ ในการก่อตั้งห้องปฏิบัติการสารสนเทศควอนตัมแห่งชาติ และตั้งเป้าจะเปิดอย่างเป็นทางการจริงในปี 2020 โดยล่าสุดได้มีการดำเนินการส่งดาวเทียมสื่อสารข้อมูลควอนตัมไปทดลองในอวกาศเรียบร้อยแล้ว (Thinvest.in.th, 13 เมษายน 2561 และ Moremove, 23 มิถุนายน 2561)

ในยุคศตวรรษที่ 21 ถือเป็นการก้าวเข้าสู่ยุคปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Age) ตามทฤษฎีวิวัฒนาการทางสังคม (Social Evolution) ของชาร์ลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin) นักวิชาการ นักวิจัยและผู้เชี่ยวชาญด้านต่าง ๆ ของโลกเริ่มให้ความสนใจในประเด็นนี้ที่ว่า เมื่อเราเริ่มเข้าสู่ยุคปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) เมื่อปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) เข้ามามีบทบาทต่อสังคมมนุษย์อย่างมากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอะไรบ้าง ทั้งข้อดี ข้อเสียและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้จากวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) ปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) เป็นเทคโนโลยีสิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์ คิดค้นขึ้นจากศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์หลาย ๆแขนงรวมกับเทคโนโลยีในด้านอื่น ๆ จนกลายมาเป็นนวัตกรรมขั้นสูง ระบบปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) ที่อยู่ในเทคโนโลยีเหล่านี้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้นเรื่อย ๆ ด้านอุตสาหกรรมที่ใช้หุ่นยนต์ทดแทนแรงงานคน ด้านการติดต่อสื่อสาร เช่น Facebook และ Google ด้านการคมนาคมอย่างรถยนต์ไร้พลาขับ รถยนต์ขับเคลื่อนที่ไม่ใช้เชื้อเพลิง การปรับตัวการยอมรับสิ่งใหม่ของบุคคลในสังคมที่เห็นถึงผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดกับสังคมมนุษย์เมื่อถึงช่วงการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่สังคมปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI)

ธุรกิจสายการบินเป็นธุรกิจที่มีความอ่อนไหวต่อปัจจัยในด้านต่าง ๆ มากกว่าธุรกิจประเภทอื่น ๆ ดังนั้น สายการบินทั่วโลกมีโอกาสได้รับผลกระทบโดยตรงทางต้นทุนทางธุรกิจที่มีความผันผวน ไม่ว่าจะเป็นระบบรักษาความปลอดภัย ราคาน้ำมัน เป็นต้น ปัจจุบันหลายประเทศมีการเปิดน่านฟ้าเสรี รวมทั้งประเทศ

² ควอนตัมคอมพิวเตอร์ คือ ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วในการประมวลผลกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะทั่วไปถึง 100 เท่า โดยการนำเอาคุณสมบัติของอะตอมมาใช้ในการประมวลผล อีกทั้งยังสามารถเร่งกระบวนการเรียนรู้ของ AI หรือปัญญาประดิษฐ์ให้เร็วกว่าที่เป็นอยู่ได้ทำให้ AI ถูกพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ดียิ่งขึ้น

ไทยทำให้อุตสาหกรรมการบินในประเทศไทยมีการแข่งขันรุนแรงมากขึ้น อีกทั้งการแข่งขันทางด้านราคาทำให้สายการบิน Low cost Airlines หรือ Budget Airlines เกิดขึ้นหลายบริษัทเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้โดยสารหรือตลาดการบินที่แนวโน้มสูงขึ้น การแข่งขันที่สูงมากขึ้นเรื่อย ๆ จึงทำให้แต่ละสายการบินต้องพยายามหากลยุทธ์การแข่งขันทุกด้านเพื่อรองรับปัจจัยแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและสามารถดำเนินกิจการต่อไปได้ในอุตสาหกรรมการบิน ในช่วงที่ผ่านมาอุตสาหกรรมการบินของไทยมีการเติบโตขึ้นอย่างมาก ส่งผลให้อุตสาหกรรมการบินของประเทศไทยโดยเฉพาะเส้นทางภายในประเทศมีการแข่งขันสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยพบว่าตั้งแต่ปี 2553 จำนวนเที่ยวบินและจำนวนผู้โดยสารรวมมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และในปี 2557 ปริมาณจราจรทางอากาศของท่าอากาศยานเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.03 เมื่อเปรียบเทียบกับปีก่อนจำนวนเที่ยวบินรวม 609,937 เที่ยวบินเพิ่มขึ้นจากปี 2556 ที่มี 559,423 เที่ยวบิน และจำนวนผู้โดยสารรวม 87,572,416 คน เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.67 (ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน), 2557)



ภาพที่ 1.1: แสดงจำนวนผู้โดยสารที่ใช้ท่าอากาศยานของ ทอท. ปี 2561

แหล่งที่มา: <https://www.google.com/search?q=>

ปัจจุบันอุตสาหกรรมทางการบินมีความสำคัญมากขึ้นจนกลายเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักของระบบเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามจากสถานะเศรษฐกิจที่ผันผวนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ทำให้หลายประเทศทั่วโลกเกิดวิกฤตทางเศรษฐกิจรวมถึงธุรกิจทางการบินอย่างสายการบินต้องลดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ปรับเปลี่ยนรูปแบบการดำเนินงานให้สามารถอยู่รอดได้ แต่ยังคงต้องรักษาความปลอดภัยตามมาตรฐานสากลด้วยกลยุทธ์ที่สายการบินนำมาใช้ทำให้เกิดการบริการที่เปลี่ยนไปโดยการนำนวัตกรรมต่าง ๆ เข้ามาช่วยในด้านการบริการของสายการบิน ต้นทุนต่ำ หรือ Low cost airlines สายการบินต้นทุนต่ำได้เข้ามามีบทบาทในธุรกิจการบินและมีอัตราการเจริญเติบโตต่อเนื่อง เพราะราคาค่าโดยสารที่ถูกกว่าสายการบินที่เรียกค่าโดยสารในราคาสูงและให้บริการแบบเต็มรูปแบบ โดยสายการบินต้นทุนต่ำจะมุ่งเน้นการทำให้ต้นทุนของสายการบินต่ำลงสิ่งอำนวยความสะดวก

สะดวกหรือการบริการที่ไม่จำเป็นออกไปทำให้สายการบินต้นทุนต่ำมีต้นทุนที่นิ่งต่อหนึ่งหน่วยระยะทางต่ำกว่า ครั้งหนึ่งของสายการบินที่บริการเต็มรูปแบบจนสามารถกำหนดอัตราค่าโดยสารในราคาต่ำกว่าได้ อีกทั้ง มีความสะดวกรวดเร็วและปลอดภัยจึงเป็นปัจจัยกระตุ้นให้ผู้โดยสารเข้ามาใช้บริการมากขึ้นทำให้สายการบิน ต้นทุนต่ำเป็นที่นิยมจนปัจจุบันสายการบินต้นทุนต่ำได้มีส่วนแบ่งทางการตลาดเป็นร้อยละ 25 ซึ่งคิดเป็น 1 ใน 4 ของการเดินทางทางอากาศทั้งหมดซึ่งการเข้ามามีบทบาทของสายการบินต้นทุนต่ำนี้เองทำให้อุตสาหกรรมการ บินมีการเติบโตและขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีอัตราการขยายตัวทำให้การคมนาคมทางอากาศสามารถเข้าถึงได้ ง่ายขึ้น สายการบินต้นทุนต่ำให้ความสำคัญกับการใช้นวัตกรรมในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ เพื่อนำมาช่วย ให้บริการกับผู้โดยสารทำให้สายการบินประสบความสำเร็จในการอำนวยความสะดวกให้ผู้โดยสารที่เน้นค่า โดยสารมีราคาประหยัดไม่บวกเพิ่มด้วยค่าอาหารและเครื่องดื่ม การเดินทางแบบเรียบง่าย สายการบินต้นทุน ต่ำจึงพยายามพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา โดยเน้นการทำความเข้าใจความต้องการ แบบบองค์รวม (Demand Chain) ที่ต่อเนื่องของผู้โดยสารครบทั้งหมด กล่าวคือ ก่อนการใช้บริการและหลังการ ใช้บริการเพื่อให้เกิดนวัตกรรมทันสมัยและตอบโจทย์ความต้องการของผู้โดยสาร เช่น การบริการเช็คอินด้วย ตนเอง การเชื่อมต่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวต่าง ๆ ให้สะดวก รวดเร็วและประหยัดขึ้นโดยรวมมือกับ พันธมิตรทางธุรกิจต่าง ๆ โดยจัดทำแพ็คเกจการท่องเที่ยวราคาที่เหมาะสม การใช้รูปแบบออนไลน์อย่างเต็ม ระบบในเรื่องทางเลือกและช่องทางการสำรองที่นั่งผ่านทางเว็บไซต์ทำให้สามารถลดต้นทุนด้านบุคลากรผ่าน ระบบออนไลน์ มีการเชื่อมต่อกับผู้โดยสารผ่านสื่อสังคมออนไลน์ทำให้สายการบินสามารถสื่อสารกับลูกค้าได้ ทันเวลาหากเกิดปัญหาต่าง ๆ ที่ผู้โดยสารต้องการความช่วยเหลือ, การเพิ่มความสะดวกในการจ่ายค่าบัตร โดยสารด้วยช่องทางในการชำระเงินค่าบัตรโดยสารผ่านทางบัตรเครดิต ร้านสะดวกซื้อ อินเทอร์เน็ตซื้อ ตู้ ATM และโทรศัพท์มือถือ สายการบินไทยแอร์เอเชียได้เปิดให้บริการสายการบินต้นทุนต่ำมีการออกบัตร โดยสารแบบ Ticketless คือ ไม่มีการออกบัตรโดยสารเป็นที่มีรูปแบบของกระดาษที่เป็น 5 สำเนา แต่จะใช้ เพียงกระดาษขนาดเล็ก ๆ แผ่นเดียวที่มีเป็นระบบสแกนหรือบาร์โค้ด เป็นบัตรโดยสารในการเช็คอินแทน เป็นต้น ความสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมที่มีคุณค่าในหลาย ๆ มิตินี้เองทำให้ สายการบินไทยแอร์เอเชียประสบ ความสำเร็จอย่างต่อเนื่องเป็นสายการบินที่มี ผู้ใช้บริการมากที่สุดสายการบินหนึ่งในปัจจุบัน โดยมีการรักษา ระดับมาตรฐานด้านบริการระดับสากลและนำนวัตกรรมเพื่อให้ความสะดวกในการเดินทางเข้ามาใช้ในธุรกิจ อุตสาหกรรมการบิน สายการบินไทยแอร์เอเชียจึงเป็นผู้นำแนวทางการนำนวัตกรรมด้านการเดินทางเข้ามา ช่วยด้านการบริการ การศึกษาถึงนวัตกรรมในอุตสาหกรรมการบินเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ธุรกิจอุตสาหการ บินพัฒนาและเติบโตขึ้นเป็นอย่างมาก และช่วยให้ธุรกิจสายการบินสามารถสร้างความได้เปรียบในการ สร้างความแตกต่างที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้โดยสาร นอกจากนั้นนวัตกรรมยังสร้างความต้องการ ใหม่ (Create New Demand) ที่ยังไม่เคยมีในอุตสาหกรรมการบินให้สามารถสร้างผลกำไรได้มากขึ้นและ ต่อเนื่อง ส่งผลให้ธุรกิจสายการบินสามารถแข่งขันและดำรงอยู่ได้อย่างยั่งยืนในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) มาให้บริการผู้โดยสารของสายการบินไทยแอร์เอเชีย
2. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนานวัตกรรมปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) ในอุตสาหกรรมการบินในอนาคต

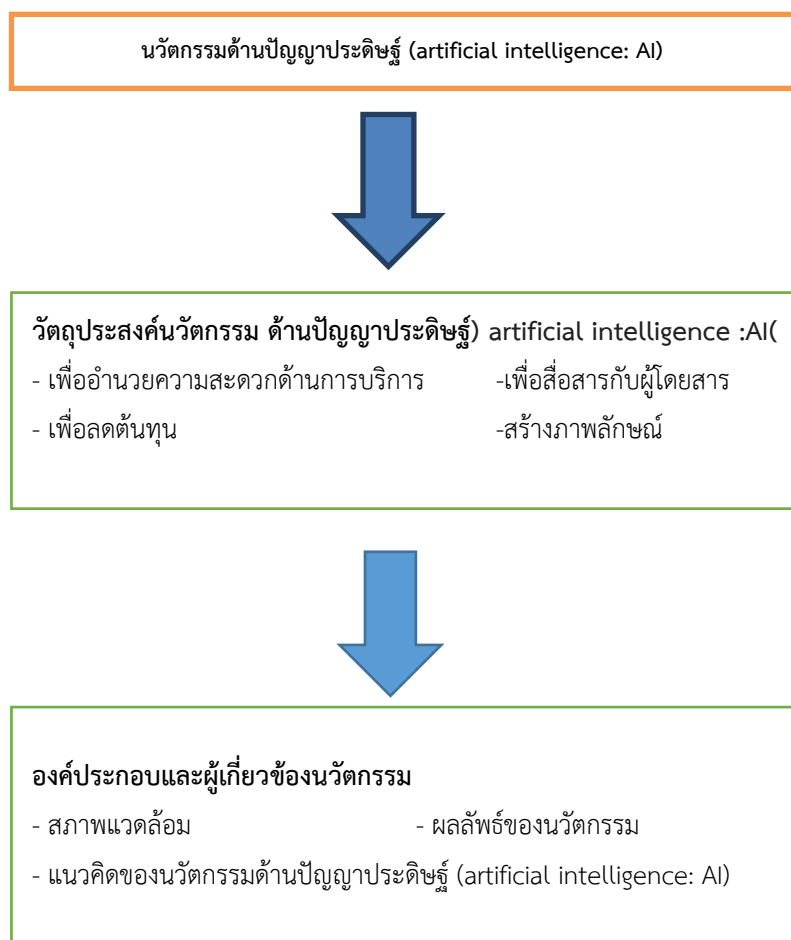
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) มาให้บริการผู้โดยสารของสายการบินไทยแอร์เอเชีย โดยมีระยะเวลาการศึกษาเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน 2562 ถึง วันที่ 31 มีนาคม 2563 ขอบเขตของการศึกษานวัตกรรมต่าง ๆ จนมาถึงนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) นี้จะศึกษาถึงการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) มาให้บริการผู้โดยสารของสายการบินไทยแอร์เอเชียที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) นี้มีเข้ามาใช้จนถึงปัจจุบันในปี พ.ศ. 2563 เพื่อให้เห็นภาพของนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสายการบินแอร์เอเชียและอุตสาหกรรมการบินว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและพัฒนาธุรกิจสายการบินให้ดีขึ้นนำไปสู่การยกระดับมาตรฐานและคุณภาพของสายการบินโดยภาพรวม
2. เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจในการศึกษาเรื่องนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) ในอุตสาหกรรมการบิน โดยผู้สนใจสามารถนำผลการศึกษานี้เป็นฐานข้อมูลต่อยอดเพื่อปรับปรุงหรือพัฒนาให้เหมาะสมและมีความทันสมัยต่อไป
3. เพื่อให้ได้ข้อมูลทางนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) ที่เป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการบินสามารถนำตัวอย่างที่ได้จากการศึกษาไปปรับปรุงแก้ไขหรือนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตได้

สรุปเป็นกรอบแนวคิดในการศึกษาได้ดังนี้



วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาถึงการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) มาให้บริการผู้โดยสารของสายการบินไทยแอร์เอเชีย โดยทำให้ทราบถึงแนวคิด วิธีการ และปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถนำมาวิเคราะห์และไปประยุกต์ใช้ในกรณีศึกษาอื่นหรือสามารถนำไปต่อยอดความคิดได้ในอนาคต จากการประเมินลักษณะการศึกษา การนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) มาให้บริการผู้โดยสารของสายการบินไทยแอร์เอเชียมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาถึงนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) ที่เกิดขึ้นของสายการบินไทยแอร์เอเชีย เพื่อให้ทราบถึงแนวคิด วิธีการ และปัญหาที่เกิดขึ้นและศึกษาว่านวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) ที่เกิดขึ้นนั้นประสบความสำเร็จในการนำมาให้บริการหรือไม่ กรอบการวิจัยมีขั้นตอนการศึกษาตามขั้นตอนต่อไปนี้ 1. การกำหนดคำถามในการศึกษา 2. การกำหนดขอบเขตของปัญหาในการศึกษา 3. การกำหนดหน่วยในการศึกษา 4. การกำหนดผู้ให้ข้อมูล 5. การกำหนดระยะเวลาในการศึกษา 6. การเก็บข้อมูล 7. บันทึกข้อมูล 8. การวิเคราะห์ข้อมูล 9. การเขียนงานวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง (Sample) ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้บริหารสายการบินไทย แอร์เอเชีย และผู้โดยสารขาออกของสายการบิน ไทยแอร์เอเชียในท่าอากาศยานดอนเมือง จำนวน 400 คน โดยการสัมภาษณ์ ขั้นตอนการ Purposive sampling เป็นการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง หรือแบบใช้วิจารณญาณเก็บข้อมูลจากผู้บริหารสายการบินไทย แอร์เอเชีย และผู้โดยสารขาออกสายการบิน ไทยแอร์เอเชียในท่าอากาศยานดอนเมือง วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ เป็นการเก็บข้อมูลแบบเผชิญหน้า โดยการใช้การพูดคุยสนทนาซักถามอย่างมีจุดมุ่งหมาย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เรียกว่า แบบสัมภาษณ์ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถามที่ผู้เก็บข้อมูลหรือสัมภาษณ์จะสัมภาษณ์ด้วยปากเปล่าในขณะที่ผู้ให้ข้อมูล หรือผู้ตอบแบบสัมภาษณ์จะตอบข้อคำถามโดยใช้ภาษาของตนเอง ผู้สัมภาษณ์จะเป็นผู้บันทึกด้วยการจดบันทึกโดยตรงหรือใช้สิ่งต่าง ๆ เช่น เทปเสียง วัสดุทัศน และการบันทึกในคอมพิวเตอร์ รวมทั้งการจดจำคำตอบแล้วนำมาบันทึกอีกครั้งหนึ่งหลังจากเสร็จสิ้นการสัมภาษณ์แล้ว

วิธีการสัมภาษณ์

1. นัดหมายผู้บริหารสายการบินไทย แอร์เอเชีย และผู้โดยสารขาออกสายการบิน ไทยแอร์เอเชียในท่าอากาศยานดอนเมืองโดยผู้วิจัยเป็นผู้สัมภาษณ์
2. ผู้วิจัยเป็นผู้สัมภาษณ์เพื่อรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะแนวทางการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) มาให้บริการผู้โดยสารของสายการบินไทย แอร์เอเชีย รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ต่อการพัฒนานวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI)

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1: ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระดับความคิดเห็นของข้อมูลทางการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) มาให้บริการผู้โดยสารของสายการบินไทย แอร์เอเชีย

ทางการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) มาให้บริการผู้โดยสารของสายการบินไทย แอร์เอเชีย	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
ด้านอำนวยความสะดวกด้านการบริการ	3.90	0.863	มาก
ด้านสื่อสารกับผู้โดยสาร	3.70	0.806	มาก
ด้านลดต้นทุน	4.50	1.049	มากที่สุด
ด้านสร้างภาพลักษณ์	4.50	0.942	มากที่สุด
รวม	4.15	0.804	มากที่สุด

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยเรื่องทางการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) มาให้บริการผู้โดยสารของสายการบินไทยแอร์เอเชีย เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้วิธีเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างประชากร สำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือผู้โดยสารสายการบินไทยแอร์เอเชีย และผู้โดยสารขาออกของสายการบินไทยแอร์เอเชีย ในท่าอากาศยานดอนเมือง จำนวน 400 ตัวอย่าง และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 20 ในการวิเคราะห์ ข้อมูล สถิติที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา ได้แก่การแจกแจงความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) และสถิติที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมาน เพื่อทดสอบสมมติฐาน ได้แก่การวิเคราะห์ การถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis) ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาตัวแปรปัจจัยทางการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) มาให้บริการผู้โดยสารของสายการบินไทยแอร์เอเชียด้านอำนวยความสะดวกด้านการบริการ ด้านสื่อสารด้านลดต้นทุนและด้านสร้างภาพลักษณ์กับผู้โดยสารที่ส่งผลต่อทางการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) มาให้บริการผู้โดยสารของสายการบินไทยแอร์เอเชีย โดยผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 31-40 ปี สถานภาพโสด การศึกษาปริญญาตรีมีอาชีพพนักงาน บริษัทเอกชน รายได้เฉลี่ย ต่อเดือน 25,001-35,000 บาท มีภูมิลำเนาในกรุงเทพมหานคร และ ส่วนใหญ่มีจำนวนสมาชิกในครอบครัว จำนวน 1-3 คน

2. ผลการศึกษาข้อมูลพบว่า ระดับความคิดเห็นโดยรวมของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เห็นด้วยมากที่สุดต่อทางการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) มาให้บริการผู้โดยสารของสายการบินไทยแอร์เอเชียที่ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.15 โดยผู้ตอบแบบสอบถามเห็นด้วยด้าน ด้านลดต้นทุนและด้านสร้างภาพลักษณ์กับผู้โดยสารเป็นอันดับหนึ่ง และ ด้านสื่อสารกับผู้โดยสารเป็นอันดับสุดท้าย

ข้อเสนอแนะ

การนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์มาบริการผู้โดยสารของสายการบินไทยแอร์เอเชีย เป็นเทคโนโลยีสำคัญและมีประโยชน์คือการลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทำงานสายการบินไทยแอร์เอเชีย โดยการนำมาใช้ประโยชน์ด้านความปลอดภัยและการบริการ มีการนำ data มาใช้เพื่อคาดการณ์การดูแลรักษาการบริหารจัดการด้าน operation, ground operation และการให้บริการลูกค้าเพื่อตรวจสอบ และแก้ไขปัญหาได้ทันต่อสถานการณ์เพื่อลดระยะเวลาของความเสียหาย เพราะทุกขั้นตอนการทำงานด้านธุรกิจการบินถูกกำหนดและขับเคลื่อนไปด้วยค่าใช้จ่ายและประสิทธิภาพการทำให้เครื่องบินสามารถกลับมาบินได้เร็วที่สุดย่อมเป็นประโยชน์กับธุรกิจสายการบินและช่วยเหลือการจัดการบริหารค่าใช้จ่าย การปฏิบัติงานของนักบิน ลูกเรือที่ต้องทำงาน ความเหนื่อยล้าที่เกิดขึ้นอาจส่งผลกระทบต่อการทำงาน จิตใจ

อารมณ์ และความรู้สึก รวมทั้ง การนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์เข้ามาช่วยในการวางแผนบินแบบรายเดือนให้กับเจ้าหน้าที่ได้อย่างเหมาะสมและตรงตามกฎระเบียบของการบิน สายการบินไทย แอร์เอเชีย ได้มีการเปิดตัว AI Chatbot โปรแกรมคอมพิวเตอร์ตอบกลับอัตโนมัติ โดยถูกพัฒนาขึ้นมาจาก AI หรือปัญญาประดิษฐ์ให้มีบทบาทในการตอบกลับการสนทนาด้วยตัวอักษรเหมือนการโต้ตอบของคนจริง ๆ กลายเป็นผู้ช่วยอัจฉริยะที่ทุกบริษัทต้องการนำมาใช้กับธุรกิจออนไลน์ ในการสื่อสารกับกลุ่มลูกค้าของสายการบินถูกสร้างขึ้นโดยวิศวกรรมซอฟต์แวร์และเทคโนโลยี แอร์เอเชีย (AASET) และทีม Customer Happiness สายการบินไทย แอร์เอเชียตั้งชื่อให้ว่า Ava หรือ “เอวา” ที่มีขีดความสามารถในการแชตกับลูกค้า real time หรือ live chat สามารถพูดได้ถึง 8 ภาษา คือ อังกฤษ, บาสาซามาเลเซีย, ไทย, บาสาซาอินโดนีเซีย, เวียดนาม, เกาหลี, จีนกลาง และจีน จากการวิจัยและศึกษาการนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์มาบริการผู้โดยสารของสายการบินไทย แอร์เอเชีย ควรมีการนำแอปพลิเคชันบนมือถือที่มีความพร้อมทั้งฟังก์ชันการให้บริการที่ครอบคลุมและเป็นมิตรต่อผู้ใช้งานขึ้น และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้แอปพลิเคชันของสายการบินไทย แอร์ เอเชีย มีส่วนร่วมเหมือนเป็นเพื่อนร่วมเดินทางที่สามารถทำให้ผู้โดยสารรู้สึกได้ว่า สายการบิน ไทย แอร์เอเชีย เดินทางไปพร้อมผู้โดยสารตลอดเวลา มีความ สะดวกสบายตั้งแต่การวางแผนไปตลอดจนจบการเดินทาง ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า เทคโนโลยีจะเข้ามามีบทบาทในธุรกิจการบินเพิ่มสูงขึ้นทั้งการให้บริการบนอากาศและภาคพื้น เพื่อช่วยยกระดับคุณภาพการให้บริการ ลดต้นทุนดำเนินการ และแก้ไขปัญหาความแออัดของผู้โดยสารภายใต้โครงสร้างพื้นฐาน การนำนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) สามารถช่วยลดต้นทุนได้จริง สายการบินสามารถให้บริการขนส่งแบบรับส่งแบบจุดต่อจุด (point-to-point) เพราะปริมาณผู้โดยสารที่สายการบินต้องการต่อเที่ยวบินเพื่อให้คุ้มทุนปรับลดลง ซึ่งทำให้มีแนวโน้มที่จะสายการบินในประเทศไทยจะเปิดให้บริการในเส้นทางบินจากไทยไปยังประเทศอื่น ๆ อุตสาหกรรมการบินที่มีการนำเอาปัญญาประดิษฐ์หรือ AI เข้ามาช่วยสามารถประหยัดต้นทุนได้อย่างมาก อุตสาหกรรมการบินในอาเซียนเป็นธุรกิจที่ยังมีแนวโน้มเติบโตต่อเนื่อง แม้จะเผชิญกับภาวะการแข่งขันที่รุนแรงและวิกฤติในปัจจุบันคือ การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 แต่การเตรียมพร้อมในการรองรับผู้โดยสารและขยายฝูงบินของสายการบินในภูมิภาค หากสถานการณ์ดีขึ้น ในด้านโครงสร้างพื้นฐานทั้งการขยายสนามบินเดิม และพัฒนาสนามบินใหม่ เช่น สนามบินอู่ตะเภา เทคโนโลยีจะเข้ามามีบทบาทช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการให้บริการผู้โดยสารแก่ผู้ให้บริการของสายการบิน โดยช่วยลดต้นทุนและอำนวยความสะดวกสบายแก่ผู้โดยสารเพิ่มสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมการท่องเที่ยว. (2559). สถิตินักท่องเที่ยว ปี 2559. สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2563, จาก <http://newdot2.samartmultimedia.com/home/listcontent/11/221/276> กรมการบินพลเรือน. (2558). กิตตินันท์ นาคทอง. (2556). สายการบินราคาประหยัดที่พุ่ง (เที่ยว) ยามยาก. ผู้จัดการออนไลน์. สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2563, จาก <http://www.manager.co.th/Columnist/ViewNews.aspx?NewsID=9560000026729overall>.

- กิตตินันท์ นาคทอง. (2557). *ทำพิธี "ไทยสมายล์" บุกทุ่งดอนเมือง*. สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2563, จาก <http://www.manager.co.th/Columnist/ViewNews.aspx?NewsID=9570000099956>.
- ข่าวหุ้นธุรกิจ. (2559). *AAV มั่นใจกำไรปี 59 ทำนิวไฮ-รายได้โต 15% ปรับแผนขยายฝูงบินรับ AEC*. สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2563, จาก <http://www.kaohoon.com/online/content/view/30934/AAV%E0%B8%A1%E0%B8%B1%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B9%83%E0%B8%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%9AAEC>.
- จิระประภา อัครบวร (2544). *การวิจัยเชิงกรณีศึกษาเพื่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และองค์การ*. โครงการบัณฑิตศึกษาการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- ดิขพงศ์ พงศ์ภัทรชัย. (เมษายน 2556). *วิธีวิจัยเชิงกรณีศึกษา อีกทางเลือกของวิธีวิจัย*. วารสารวิชาชีพบัญชี, 10(3), 50-54.
- ทีมข่าวโพสต์ทูเดย์. (2559). *จิ้งจอกสยามติดปีก เจ้าสัววิชัยแสนล้าน*. สืบค้นเมื่อ 9 เมษายน 2563 จาก <http://www.posttoday.com/analysis/report/438321>.
- ภทร ภทรภานุ ไชยเชียงของ, นภวรรณ ตันติเวชกุล (2557). *กลยุทธ์การสร้างและการสื่อสารตราสินค้ารูปแบบการดำเนินชีวิต*. วารสารการประชาสัมพันธ์และการโฆษณา, 2(2), 5-9.
- วรินทร์ธร กิจธรรม (มกราคม-เมษายน 2552). *สร้างตัวตนให้เด่นจนเป็นแบรนด์*. วารสารการสื่อสารและการจัดการ, 5(2), 26-27.
- สถิติข้อมูลการขนส่งทางอากาศภายในประเทศ ประจำปี 2015. สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2563 จาก <https://www.aviation.go.th/th/content/349/1106.html>
- กรุงเทพธุรกิจ. (2558) 'แอร์เอเชียวางเป้า15ปีครองแชมป์ผู้โดยสาร'. สืบค้นจาก <http://www.bangkokbiznews.com/news/detail/594107>
- สุทธิกร กิ่งแก้ว. (2558). *10 Types of Innovation*. โครงการปริญญาโททางบริหารธุรกิจ (MBA). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์, พัทธ์ผจง วัฒนสินธุ์, อัจฉรา จันทรฉาย, และ ประกอบ คูปรัตน์ (2553). *นวัตกรรม: ความหมาย ประเภท และความสำคัญต่อการเป็นผู้ประกอบการ*. วารสารบริหารธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 8(1), 17-22.