

วารสารวิศวกรรม และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology,
Kalasin University

ปีที่ 1 ฉบับที่ 4 (2023)

กรกฎาคม - สิงหาคม 2566

ISSN 2985 0274 (Print)

ISSN 2985 0282 (Online)



กำหนดการเผยแพร่

วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

ปีที่ 1 ฉบับที่ 4 (กรกฎาคม - สิงหาคม 2566)

Vol. 1 No. 4 (July – August 2023)

ISSN 2985-0274 (Print)

ISSN 2985-0282 (Online)



วัตถุประสงค์

จัดทำขึ้นโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) เปิดรับทั้งบทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ที่มีคุณภาพในด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และเพื่อส่งเสริมและเป็นแหล่งในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความวิชาการที่เป็นองค์ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย นอกจากนี้ยังเป็นสื่อกลางแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดทางวิชาการ ของบุคลากรทั้งภายในและนอกสถาบัน โดยมีขอบเขตของวารสาร ดังนี้

- วิศวกรรมทั่วไป (General Engineering)
- วิศวกรรมอุตสาหกรรมและวิศวกรรมการผลิต (Industrial and Manufacturing Engineering)
- วิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineering)
- เทคโนโลยีสื่อและประยุกต์ใช้ (Media Technology and Application)
- สถาปัตยกรรม (Architecture)

เงื่อนไขการตีพิมพ์

บทความที่ส่งเข้ามามายังวารสารจะได้รับการประเมินคุณภาพของผลงานทางวิชาการโดยหัวหน้ากองบรรณาธิการ (Editor in Chief) ถ้าบทความมีคุณภาพที่อาจได้รับการตีพิมพ์ หัวหน้ากองบรรณาธิการจะมอบหมายให้บรรณาธิการประจำเรื่อง (Section editor) เป็นผู้พิจารณาและดำเนินการส่งบทความให้ผู้ประเมินบทความ (Peer reviewers) ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง จำนวนอย่างน้อย 3 ท่าน ซึ่งบทความที่ถูกส่งไปยังผู้ประเมินจะเป็นแบบปกปิดรายชื่อทั้งผู้เขียนบทความ และผู้ประเมิน (Double -Blinded Review) เมื่อผู้ประเมินบทความส่งข้อคิดเห็นมายังบรรณาธิการประจำเรื่อง บทความที่ถูกประเมินจะได้รับการตัดสินใจจากกองบรรณาธิการโดยอาศัยความคิดเห็นของผู้ประเมินเสียงข้างมาก ดังนี้ ยอมรับให้ตีพิมพ์โดยไม่มีการแก้ไข (Accept Submission) บทความมีการแก้ไข (Revisions Required) และ ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความ (Decline Submission)

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ จิระพันธ์ ห้วยแสน

รองศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณ สุตสนธิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษุทธ จันทะรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์ลิขิต แก้วหานาม

ศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส

ดร.วิจิตรา โพธิสาร

อธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

บรรณาธิการ

ดร.สรายุทธ จิตะภาส

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สฤติพงษ์ เสี่ยงมศักดิ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ดร.สวลี อดิธา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสี่ยงมิวิบูล

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

รองศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ ปัตติยะ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

รองศาสตราจารย์ ดร.ชูพงษ์ ทองคำสมุทร

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิปาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญา ประเมษฐานุวัฒน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.สกุลดล วรณปะเข

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.สัจจากาจ จอมโนนเขวา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย เหลลาหา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตขอนแก่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิศานาถ แก้ววินิต

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงดาว วัฒนากลาง

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ แสงผ่อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศณุ ชัยจิตวิมลกุล

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา กิตติเลิศไพศาล

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

รองศาสตราจารย์ ดร.เกยุร ดวงอุปมา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรงค์ วิชามา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑนา ทองสุพล

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยณัฐ โตอ่อน

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ดร.อัจฉรา ชุมพล

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ดร.วรพจน์ สมมูล

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ดร.ไทยทัศน์ สุดสวนสี

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ทีมจัดการบทความและรูปแบบ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี อนุชา ศรีบุรีรัมย์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

2. นางสาวนภัทรธิดา พรหมดีราช

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ออกแบบปกวารสาร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพนธ์ เนียมสา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

กำหนดการเผยแพร่ :

ปีละ 6 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม - กุมภาพันธ์

ฉบับที่ 2 มีนาคม - เมษายน

ฉบับที่ 3 พฤษภาคม - มิถุนายน

ฉบับที่ 4 กรกฎาคม - สิงหาคม

ฉบับที่ 5 กันยายน - ตุลาคม

ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน – ธันวาคม

สำนักงาน

กองบรรณาธิการวารสาร "วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์"

"Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University"

คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

62/1 ถนนเกษตรสมบูรณ์ ต.กาฬสินธุ์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ 46000

บรรณาธิการ

ดร.สรายุทธ ฐิตะภาส

โทร: 088-574-2199

Email: jeit@ksu.ac.th

ISSN 2985-0274 (Print)

ISSN 2985-0282 (Online)

บทบรรณาธิการ

วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ฉบับปฐมฤกษ์ ปีที่ 1 ฉบับที่ 4 เดือนกรกฎาคม – สิงหาคม ปีพุทธศักราช 2566 จัดทำขึ้นตามเป้าหมายและยุทธศาสตร์ของการดำเนินงานตามแนวทางการพัฒนาและขับเคลื่อนของมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ซึ่งวารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ที่มีคุณภาพในด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมและเป็นแหล่งในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความวิชาการที่เป็นองค์ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย สนับสนุนให้คณาจารย์ นักวิชาการ และผู้ทรงคุณวุฒิในด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเสนอผลงานวิชาการ นอกจากนี้ยังเป็นสื่อกลางแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดทางวิชาการของบุคลากรทั้งภายในและนอกสถาบัน

ในโอกาสนี้ขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง รวมทั้งผู้เขียนบทความทุกท่านที่ส่งบทความมาลงตีพิมพ์เผยแพร่และขอขอบพระคุณผู้อ่านทุกท่าน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านทุกท่านคงได้รับประโยชน์จากผลงานทางวิชาการในวารสารฉบับนี้

ดร.สรายุทธ จิตะภาส

บรรณาธิการ

สารบัญ (Content)

	หน้า
กองบรรณาธิการ	II
บทบรรณาธิการ	IV
บทความวิจัย	
การพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เปรม อิงคเวชชากุล จิรวดี โยธรัมย์ และกิตติคุณ บุญเกตุ	1-7
การพัฒนาโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้ สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย จิรวดี โยธรัมย์ เปรม อิงคเวชชากุล จุฑามาส ดวงศรี และกิตติคุณ บุญเกตุ	8-15
การพัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน วรวิทย์ สังฆทิพย์ ทิพย์พรรณ อัดไชโย อภิญา ภูผาทิพย์ และภาสกร ธนศิระธรรม	16-24
การศึกษาปัจจัยส่วนผสมที่มีผลต่อคุณสมบัติความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์ ทินนภัทร มณีวงษ์ และมณฑลีส ศาสนนันท์	25-32
การประยุกต์ใช้งานการประมวลผลภาพสำหรับหุ่นยนต์ให้อาหารโคนมอัตโนมัติ อมรเทพ สอนศิลปพงศ์ ชัดชัย แก้วตา สรายุทธ กรวิรัตน์ และรณชัย สั้งหมื่นเม้า	33-43

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

เปรม อิงคเวชชากุล¹, จิรวดี โยรัมย์¹ และ กิตติคุณ บุญเกตุ^{2,*}

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
² สาขาวิชาสถิติ และวิทยาการสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

*ผู้ประสานงานบทความฉบับ: kittikoon.bk@bru.ac.th

(รับบทความ: 6 มิถุนายน 2566; แก้ไขบทความ: 6 กรกฎาคม 2566; ตอรับบทความ: 26 กรกฎาคม 2566)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการที่จอดรถ และประเมินผลของระบบนี้ ขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้ การออกแบบและจัดทำฮาร์ดแวร์ การกำหนดรูปแบบการทำงานของระบบ การพัฒนาซอฟต์แวร์ การทดสอบ และการติดตั้งระบบ ผลการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ 1) ผลจากการพัฒนาระบบ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเข้าดูตำแหน่งช่องจอดรถว่างผ่านแอปพลิเคชัน Blynk หากมีรถจอด เซนเซอร์วัดระยะจำทำการตรวจจับการเข้าจอดของรถ และส่งข้อมูลไปยัง nodeMCU ซึ่งจะอัปเดตสถานะในแอปพลิเคชัน Blynk แสดงว่าช่องจอดนั้นไม่ว่าง และ 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.03 อยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก เซนเซอร์วัดระยะทาง

การอ้างอิงบทความ: เปรม อิงคเวชชากุล, จิรวดี โยรัมย์ และ กิตติคุณ บุญเกตุ, "การพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง," *วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*, ปีที่ 1, ฉบับที่ 4, หน้า 1-7, 2566.

บทความวิจัย (Research Article)

Development of Parking Guidance System using Internet of Things

Prem Enkvetchakul¹, Jiravadee Yoyram¹ and Kittikoon Boonkate^{2,*}

¹ Department of Information Technology Faculty of Sciences Buriram Rajabhat University

² Department of Statistics and Information Faculty of Sciences Buriram Rajabhat University

* Corresponding Author: kittikoon.bk@bru.ac.th

(Received: June 6, 2023; Revised: July 6, 2023; Accepted: July 26, 2023)

Abstract

This research involves the development of a parking recommendation system using Internet of Things (IoT) technology. This project aims to improve parking management efficiency and to evaluate the performance of this system. The methodology includes designing and fabricating hardware, defining the operational procedures of the system, developing software, conducting tests, and installing the system. The outcomes of the project can be divided into two parts: 1) The results from the system development, where users can view available parking spaces via the Blynk application. When a car is parked, sensors detect this and send the information to the nodeMCU, which then updates the status in the Blynk application to indicate that the parking space is occupied. 2) The results of the system performance evaluation by experts, which has an overall average score of 4.03, are considered to be good.

Keywords: Internet of Things, Microcontroller Unit, Ultrasonic Sensor

Please cite this article as: P. Enkvetchakul, J. Yoyram and K. Boonkate, "Development of Parking Guidance System using Internet of Things," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 1, no. 4, pp. 1-7, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาเรื่องการให้บริการสถานที่จอดรถในสถานที่ต่างๆ ได้แก่ สถานที่ราชการ โรงพยาบาล คอนโดมิเนียม และห้างสรรพสินค้า สาเหตุหลักมาจากความจำกัดของพื้นที่สำหรับจอดรถในแต่ละอาคาร ผู้ที่มาใช้บริการมักไม่สามารถทราบตำแหน่งที่ว่างของลานจอดรถได้แน่นอน ส่งผลให้ผู้ที่มาใช้บริการต้องเสียเวลา และพลังงานเชื้อเพลิงในการขับรถเพื่อค้นหาที่จอดรถว่างในช่องจอดรถ [1]

ปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการนำอุปกรณ์ หรือระบบทางไฟฟ้าต่างๆ ในชีวิตประจำวันมาเชื่อมต่อกัน โดยสามารถส่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ไปจนถึงการเชื่อมโยงการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเข้ากับการใช้งานอื่นๆ จนเกิดเป็น Smart ต่างๆ ได้แก่ Smart Device, Smart Grid, Smart Home และ Smart Network [2] เห็นได้ว่าเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งนั้น เป็นเทคโนโลยีที่สามารถช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานได้อย่างดี ซึ่งมีการนำมาใช้ช่วยอำนวยความสะดวกในการหาที่จอดรถ หรือการแสดงตำแหน่งช่องว่างที่สามารถจอดรถได้ แต่ไม่มีการนำเทคโนโลยีมาช่วยแก้ปัญหาเรื่องการเพิ่มที่จอดรถในพื้นที่จำกัดมากนัก ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยมีการนำแนวคิดเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ผู้ใช้รถสามารถหาที่จอดรถได้สะดวก

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เชื่อมโยงอุปกรณ์ และระบบทางไฟฟ้าต่างๆ ในชีวิตประจำวัน สามารถควบคุมการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ได้รับความนิยมน้อยกว่ากว้างขวาง ทั้งนี้เทคโนโลยีดังกล่าวยังสามารถ

เชื่อมโยงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการใช้งานต่างๆ อาทิเช่น Smart Device, Smart Grid, Smart Home และ Smart Network ทำให้เกิดการสร้างสิ่งแวดล้อมที่เชื่อมต่อ และมีประสิทธิภาพเทคโนโลยี IoT นี้สามารถนำมาช่วยในการอำนวยความสะดวกในการหาที่จอดรถ และการแสดงตำแหน่งช่องว่างที่สามารถจอดรถได้ แต่ความท้าทายในเรื่องของการเพิ่มพื้นที่จอดรถในสถานที่ที่มีพื้นที่จำกัดยังไม่ได้รับการแก้ไขอย่างเต็มที่ด้วยเทคโนโลยีดังกล่าว

ทางผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบที่นำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มาใช้เพื่อช่วยให้ผู้ที่ต้องการจอดรถสามารถหาที่จอดรถได้อย่างง่ายผ่านทางมือถือ โดยสามารถเห็นจำนวนช่องจอดที่ว่าง และตำแหน่งที่ว่างของแต่ละช่องจอดได้ ทำให้ลดเวลาในการวนหาที่จอดรถได้

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อการพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 ส่วนฮาร์ดแวร์

สามารถตรวจสอบการเข้าจอดของรถได้ โดยใช้เซนเซอร์วัดระยะ 2 ตัว

- 1) หากไม่มีรถในช่องจอดไฟแสดงสถานะจะติด
- 2) หากมีรถในช่องจอดไฟแสดงสถานะจะดับ

3.2 ส่วนของซอฟต์แวร์

ในการพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ได้แบ่งส่วนของการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

- 1) ส่วนของผู้ใช้งานระบบ

บทความวิจัย (Research Article)

- ผู้ที่เข้ามาในลานจอดรถ สามารถดูสถานะไปในช่องจอดเพื่อหาช่องจอดที่ว่างได้
- ผู้ใช้งานผ่านระบบ สามารถดูจำนวนช่องจอดและช่องจอดที่ว่างได้ ผ่านทางโปรแกรม Blynk
- 2) ผู้ใช้งานผ่านระบบ สามารถดูจำนวนช่องจอดและช่องจอดที่ว่างได้ ผ่านทางโปรแกรม Blynk

3.3 ส่วนของ Application Blynk

สามารถแสดงข้อมูลได้ ดังนี้

- 1) สามารถแสดงจำนวนช่องจอดรถที่ว่างได้
- 2) สามารถแสดงจำนวนช่องจอดรถทั้งหมด
- 3) สามารถแสดงสถานะช่องจอดรถแต่ละช่องได้
 - หากช่องจอดรถนั้นว่างอยู่แสดงสถานะสีเขียว
 - หากช่องจอดรถนั้นไม่ว่างแสดงสถานะสีแดง

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกรียงไกร สว่างวงศ์ และคณะ [3] ได้พัฒนาระบบจองที่จอดรถอัจฉริยะผ่านเทคโนโลยี IoT หลังจากที่พบปัญหาของผู้ขับขี่ในการค้นหาช่องจอดรถว่าง วิจัยนี้มุ่งเอาไว้ศึกษาและพัฒนาระบบจองที่จอดรถที่มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ ผลพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นทำงานได้ประสิทธิภาพ และรับความพึงพอใจสูงในการออกแบบระบบ การใช้งาน และคุณสมบัติของการใช้งาน

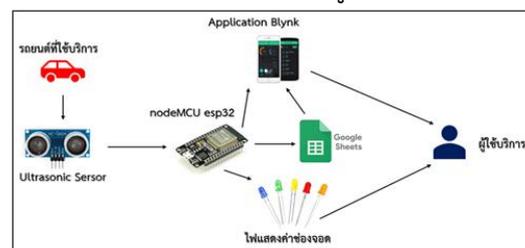
มนโรส บริรักษ์อรารินท และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบลานจอดรถอัจฉริยะผ่านเทคโนโลยี IoT วิจัยนี้มุ่งเอาไว้ศึกษาและพัฒนาระบบที่จะช่วยผู้ใช้งานในการค้นหาที่จอดรถได้ง่ายขึ้น ใช้เทคโนโลยีรหัสแท่งในการระบุตำแหน่งและพัฒนาระบบเป็นเว็บแอปพลิเคชันและโมบายแอปพลิเคชันโดยใช้ภาษา PHP และฐานข้อมูล MySQL ผลการวิจัยแสดงว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดการข้อมูลผู้ใช้งานและตำแหน่งที่จอดรถ และได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระบบ 60 คน ในเรื่องของความสะดวก

แสงดาว ออณาธาลา [5] ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบบริหารลานจอดรถอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีมากมาย อาทิเช่น PHP, HTML, CSS, C Language, Angular, Ionic framework, PHP Slim Framework, SQL และฐานข้อมูล MySQL ระบบที่พัฒนาขึ้นได้ทดสอบกับผู้ใช้งานจากหลากหลายกลุ่มประชากรรวมถึงเกษตรกร ข้าราชการ พนักงานบริษัทเอกชน อาจารย์ นักศึกษา จำนวน 50 คน ในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินประสิทธิภาพของระบบจำนวน 5 คน ได้ให้คะแนนระดับความพึงพอใจเฉลี่ย 3.69 โดยค่าเฉลี่ยนี้แสดงว่าระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่ดี ส่วนความพึงพอใจของกลุ่มประชากร ที่ให้ความสนใจกับระบบที่จอดรถอัจฉริยะ ได้คะแนนเฉลี่ย 4.00 โดยค่าเฉลี่ยนี้แสดงว่าระดับความพึงพอใจในระบบอยู่ในระดับที่ดี

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

5.1 การทำงานส่วนของฮาร์ดแวร์

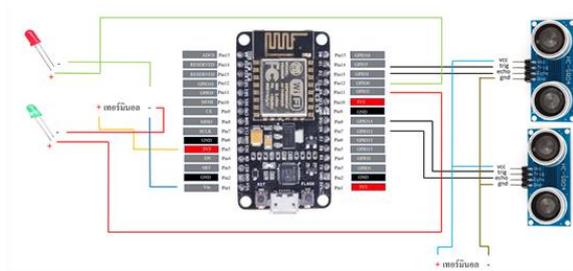
การออกแบบระบบเพื่ออำนวยความสะดวกความเข้าใจโดยรวมของการออกแบบการพัฒนาและแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียนคำสั่งการทำงานการพัฒนาและแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ผ่าน Node MCU ESP32 รับค่าเซนเซอร์ Ultrasonic sensor ควบคุมผ่าน แอปพลิเคชัน Blynk ในการตรวจจบบริเวณการสะท้อนของคลื่นความถี่เสียง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 องค์ประกอบโดยรวมของการพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

บทความวิจัย (Research Article)

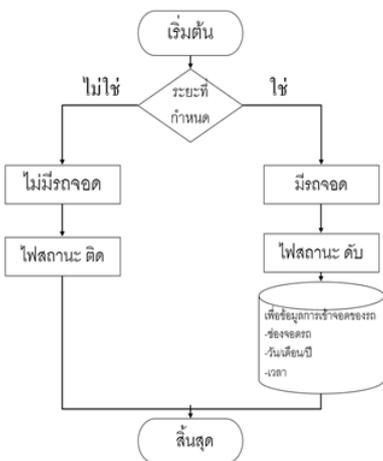
จากรูปที่ 1 องค์ประกอบโดยรวมของระบบคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะรับข้อมูลจากเซนเซอร์ Ultrasonic sensor จะส่งข้อมูลไปยัง Google Sheets ไฟแสดงค่าช่องจอดและแอปพลิเคชัน Blynk ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ และแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานส่วนการเชื่อมต่ออุปกรณ์เป็นดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์

5.2 การออกแบบการทำงานของระบบ

หลังจากที่ได้ศึกษาระบบงานจึงได้ทราบว่าปัญหาการทำงานของระบบผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์และออกแบบการพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยเครื่องมือ Flow Chart เป็นเครื่องมือที่ใช้อธิบายถึงขั้นตอนการทำงานงานของระบบซึ่งให้ผู้พัฒนาระบบและผู้ใช้งานระบบได้ทราบรายละเอียดการทำงานได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 3 ผังงานแสดงการทำงานของระบบ

5.3 การทำงานส่วนของซอฟต์แวร์

เพื่อให้ควบคุมการทำงานการพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถเข้าใช้งานผ่านสมาร์ตโฟนเพื่อความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงต้องมีการออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อใช้ในการติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับ nodeMCU เพื่อสั่งให้อุปกรณ์ทำงานตามคำสั่ง มีการออกแบบที่จะออกมาดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงหน้าจอแอปพลิเคชัน

5.4 การพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ผู้จัดทำได้นำเทคโนโลยีมาใช้ในการพัฒนาระบบมีดังนี้ โปรแกรม Arduino แอปพลิเคชัน Blynk และภาษา C

5.5 การทดสอบ

การทดสอบระบบลานจอดรถอัจฉริยะ มีการทดสอบระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ โดยการทดสอบเมื่อระบบสามารถตรวจจับระยะเวลาที่จอดรถของลูกค้ามีความถี่เสียง หากไม่มีรถในช่องจอดไฟแสดงสถานะจะติด หากมีรถในช่องจอดไฟแสดงสถานะจะดับ สามารถตรวจสอบการเข้าจอดของรถได้โดยใช้เซนเซอร์วัดระยะสามารถเช็คช่องจอดรถได้หากช่องไหนว่างหรือไม่ว่าง และสามารถเช็คจำนวนช่องจอดรถที่ว่างได้

บทความวิจัย (Research Article)

5.6 การติดตั้งระบบ

เมื่อพัฒนาระบบเสร็จสมบูรณ์แล้วจึงได้ทำการติดตั้งชุดตรวจจับวัตถุสำหรับลานจอดรถ และสามารถดูสถานะของช่องจราจรผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ได้ หากไม่มีรถในช่องจอดไฟแสดงสถานะจะติด หากมีรถในช่องจอดไฟแสดงสถานะจะดับ

5.7 การประเมินผล

จากการการพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ผู้วิจัยได้นำไปติดตั้งใช้งาน และประเมินประสิทธิภาพของระบบว่าตรงกับความต้องการ และสามารถแก้ไขปัญหาได้หรือไม่ โดยใช้แบบประเมินในการประเมินการทำงานของระบบ

เกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลดังต่อไปนี้ [6]

- ค่าเฉลี่ย 4.21 - 5.00 มีประสิทธิภาพดีมาก
- ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20 มีประสิทธิภาพดี
- ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40 มีประสิทธิภาพปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.81 - 2.60 มีประสิทธิภาพน้อย
- ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.80 มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้การพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่พัฒนาขึ้น โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านพิจารณาและประเมินประสิทธิภาพ โดยใช้แบบประเมินคุณภาพ และนำมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 1

รายการ	\bar{X}	SD	ระดับ
ด้านซอฟต์แวร์	4.00	0.31	ดี
1. ขนาดของปั๊มบนจอภาพมีความเหมาะสม	3.67	0.00	ดี
2. สีและขนาดตัวอักษรบนจอภาพมีความเหมาะสม	4.00	0.57	ดี
3. ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมายมีความเหมาะสม	4.00	0.00	ดี

รายการ	\bar{X}	SD	ระดับ
4. การใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมายมีความเหมาะสม	4.33	0.57	ดี
5. การวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพมีความเหมาะสม	4.00	0.00	ดี
ด้านฟังก์ชันการทำงาน	4.00	0.33	ดี
1. ตรงตามความต้องการของผู้ใช้แอปพลิเคชัน	4.00	0.57	ดี
2. ฟังก์ชันทำงานได้อย่างถูกต้องครบถ้วน	4.00	0.00	ดี
3. การประมวลผลของแอปพลิเคชันมีความรวดเร็ว	4.00	0.57	ดี
ด้านอุปกรณ์ IoT	4.10	0.26	ดี
1. การเลือกใช้ฮาร์ดแวร์ได้อย่างเหมาะสม	4.33	0.57	ดี
2. ประสิทธิภาพการทำงานได้คงทนยาวนาน	3.13	0.57	ดีมาก
3. สามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย	4.47	0.00	ดีมาก
4. สามารถนำไปติดตั้งได้ง่าย	4.58	0.57	ดีมาก
5. มีความรวดเร็วในการทำงาน	4.10	0.00	ดี
6. การวิเคราะห์ค่าของเซนเซอร์ต่าง ๆ มีประสิทธิภาพ	4.12	0.57	ดี
7. มีความทันสมัย	4.02	0.57	ดี
8. อุปกรณ์มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.01	0.57	ดี
โดยรวม	4.03	0.04	ดี

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.03 อยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในด้านอุปกรณ์ IoT มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 รองลงมาคือด้านซอฟต์แวร์ และด้านฟังก์ชันการทำงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00

6. สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มีขั้นตอนดำเนินงาน 7 ขั้นตอน ได้แก่ การทำงานส่วนของฮาร์ดแวร์ การออกแบบการทำงานของระบบ การทำงานส่วนของซอฟต์แวร์ การพัฒนาระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน การทดสอบ และการติดตั้งระบบ ผลการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) ผลการพัฒนาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีที่ผู้ใช้

บทความวิจัย (Research Article)

ต้องการหาที่จอดรถสามารถเปิดแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อดูตำแหน่งช่องจอดรถที่ว่าง หากช่องจอดรถไม่ว่าง เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุจะทำงาน และส่งค่าไปยัง nodeMCU จากนั้นจะแสดงที่หน้าจอของแอปพลิเคชัน Blynk เป็นสถานะไม่ว่าง

2) ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.03 อยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในด้านด้านอุปกรณ์ IoT มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 รองลงมาคือด้านซอฟต์แวร์ และด้านฟังก์ชันการทำงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00

7. อภิปรายผล

การพัฒนาาระบบแนะนำที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เป็นวิธีการที่สำคัญ และเกี่ยวข้องกับปัญหาการจอดรถในพื้นที่เมืองใหญ่ ประสิทธิภาพและความสามารถของระบบนี้ได้รับการยืนยันผ่านกระบวนการดำเนินงานที่เป็นระบบ และคะแนนการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญที่ 4.03 ระบบนี้ใช้เซนเซอร์ และแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อให้ข้อมูลสถานะที่จอดรถแบบเรียลไทม์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ที่จอดรถ ความสำเร็จของโครงการนี้ไม่เพียงแต่ได้สะท้อนถึงบทบาทที่มีอิทธิพลของ IoT ในการพัฒนาต่างๆ แต่ยังสามารถนำมาเป็นไปได้สำหรับการปรับปรุงในอนาคต เช่น การรวม AI สำหรับการวิเคราะห์การทำนาย และปรับปรุงระบบความคิดเห็นของผู้ใช้ได้อีกด้วย

8. ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานนี้ คณะผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะในการทำงานดังนี้

1) ควรเพิ่มชุดทดสอบระบบ จะทำให้มีความแม่นยำมากขึ้น

2) ควรใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพและได้มาตรฐานในการทำงาน เพราะจะช่วยให้การพัฒนาเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัยต่อผู้พัฒนา

3) การเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตควรมีการติดตั้งอินเทอร์เน็ตถาวรเพื่อความสะดวกของระบบงาน

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] พงษ์ประภัสร์ ชูหิรัญญ์วัฒน์, กรรจร เอมนุกูลกิจ, และ สุวัฒน์ สนวนทรง, "การศึกษาและออกแบบแบบจำลองลานจอดรถอัจฉริยะ," สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2557.
- [2] ภาสกร พาเจริญ, *พัฒนา IoT บนแพลตฟอร์ม Arduino ด้วย NodeMCU*, บริษัท โปรวีชั่น จำกัด, 2562.
- [3] พิรภัทร ไสสกุล, เกรียงไกร สว่างวงศ์, วรเทพ ศรีแสงยศ, อนุศิษฐ์ ทิพย์ญอก และ นัฐพงศ์ ส่งเนียม, "การพัฒนาาระบบจองที่จอดรถอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง," *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา*, ปีที่ 2, ฉบับที่ 1, หน้า 57-68, ม.ค.-มิ.ย. 2563.
- [4] มโนรส บริรักษ์อรารินท, จีรวัฒน์ นาคสุวรรณ, ชวัลรัตน์ ศรีนวลปาน, และ บุญนิภา เกี้ยวมาน, "อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง กรณีศึกษา: ระบบลานจอดรถอัจฉริยะ," ใน *The Fifteenth National Conference on Computing and Information Technology*, 2019, หน้า 36-41.
- [5] แสงดาว ออนดาดา, "ระบบบริหารลานจอดรถอัจฉริยะ," สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, 2561.
- [6] มัลลิกา บุณนาค, *สถิติเพื่อการวิจัยและตัดสินใจ*, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2548.

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย

จิรวดี โยรัมย์¹, เปรม อิงคเวชชากุล¹ จุฑามาส ดวงศรี¹ และ กิตติคุณ บุญเกตุ² *

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

² สาขาวิชาสถิติและวิทยาการสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

* ผู้ประสานงานบทความฉบับนี้ : kittikoon.bk@bru.ac.th

(รับบทความ: 6 มิถุนายน 2566; แก้ไขบทความ: 18 มิถุนายน 2566; ตอรับบทความ: 26 กรกฎาคม 2566)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย 2) ประเมินคุณภาพของโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย โดยมีกระบวนการออกแบบโดยใช้ ADDIE Model กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในประเมินคุณภาพ คือ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในประเมินความพึงพอใจ คือ ผู้ใช้งานสื่อซึ่งประกอบด้วย ครูที่สอนในระดับชั้นปฐมวัยและพนักงานฝ่ายสื่อการสอนของโรงเรียน จำนวน 30 คน ใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย สื่อโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย แบบประเมินคุณภาพของโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ ในรูปแบบแบบประเมินออนไลน์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ สถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า มีสื่อโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัยที่มีผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในเกณฑ์คุณภาพมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และมีความพึงพอใจของผู้ใช้ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63

คำสำคัญ : โมชันกราฟิก สมาร์ตทีวี ปฐมวัย

การอ้างอิงบทความ: จิรวดี โยรัมย์ และคณะ, "การพัฒนาโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 1, ฉบับที่ 4, หน้า 8-15, 2566.

บทความวิจัย (Research Article)

Development of Motion graphics to Create Recognition and Recognition about The Effect of Smart Device Usage in Early Childhood

Jiravadee Yoyram¹ Prem Enkvetchakul¹ Juthamas Doungsri¹ and Kittikoon Boonkate^{2*}

¹ Department of Information Technology Faculty of Sciences Buriram Rajabhat University

² Department of Statistics and Information Science Faculty of Sciences Buriram Rajabhat University

* Corresponding Author : kittikoon.bk@bru.ac.th

(Received: June 6, 2023; Revised: June 18, 2023; Accepted: July 26, 2023)

Abstract

This study aims to : 1) Develop a motion graphics to create recognition and recognition about the effects of smart device in early childhood. 2) Evaluates the quality of a motion graphics to create recognition and recognition about the effects of smart device in early childhood. 3) Evaluates user satisfaction with a motion graphics to create recognition and recognition about the effects of smart device in early childhood. The process of designing using ADDIE Model. The samples used to assess the quality are three experts and the samples used to evaluate satisfaction are the media users, which include teachers teaching at primary levels and 30 school media workers. The research tools include a motion graphics to create recognition and recognition about the effects of smart device in early childhood, a questionnaire for assessing the quality of a motion graphics to create recognition and recognition about the effects of smart device in early childhood, and a questionnaire for evaluating user satisfaction towards a motion graphics to create recognition and recognition about the effects of smart device in early childhood. The assessment questionnaires are in an online format. Descriptive statistics are used for data analysis. The study found that there was motion graphics to create recognition and recognition about the effects of smart device in early childhood that resulted in the quality assessment of professionals in highest quality, with an average rating of 4.60. and the highest level of user satisfaction, with an average score of 4.63.

Keywords: Motion Graphics, Smart Device, Early Childhood

Please cite this article as: J. Yoyram, et al., “Development of Motion graphics to Create Recognition and Recognition about The Effect of Smart Device Usage in Early Childhood,” *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 1, no. 4, pp. 8-15, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

สมาร์ทโฟน เป็นเครื่องมือสื่อสารที่มีบทบาทสำคัญและจำเป็นในชีวิตประจำวันเนื่องจากเข้าถึงได้ง่าย ใช้สะดวก มีประโยชน์ และยังคงถูกใช้เป็นเครื่องมือเบี่ยงเบนความสนใจของเด็ก โดยเฉพาะเด็กปฐมวัยเป็นช่วงวัยที่มีการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางสมองเจริญสูงสุด การใช้สมาร์ทโฟนในเด็กที่มากเกินไป จะส่งผลกระทบต่อพัฒนาการทั้งด้านร่างกาย จิตอารมณ์ สังคม และการสื่อสารทำให้เกิดภาวะสมาธิสั้น (ซัควราว) และความสามารถในการเรียนรู้ลดลงได้ ดังนั้น จึงต้องให้การช่วยเหลือดูแล และแก้ไขปัญหาที่จะส่งผลกระทบต่อเด็กจากการใช้สมาร์ทโฟน [1]

การสร้างการรับรู้และจดจำเกี่ยวกับผลกระทบจากการใช้สมาร์ทโฟนในเด็กปฐมวัย เป็นแนวทางหนึ่งในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้สมาร์ทโฟน ของเด็ก และลดความเสี่ยงอันตรายที่เกิดจากการใช้สมาร์ทโฟน โดยนำเสนอผ่านสื่อสมัยใหม่ที่สามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง ให้ความรู้และความเข้าใจได้ง่ายขึ้น และมีสื่อชนิดหนึ่งที่สามารถรวมภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวเข้าไว้ด้วยกัน โดยใช้ภาพแบบอินโฟกราฟิกสื่อความหมายจะใช้ได้ดีในกลุ่มของผู้รับชม สามารถช่วยถ่ายทอดอารมณ์และความน่าสนใจของงาน นั่นคือสื่อโมชันกราฟิก [2]

จากงานวิจัยของ สุนิตย์ตา เย็นทั่วและคณะ (2566) [3] ได้พัฒนาสื่อโมชันกราฟิก ชุด ของเล่นภูมิปัญญาพลับพลาบ้านฉัน ร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มสำหรับเด็กปฐมวัยจังหวัดจันทบุรี เพื่อส่งต่อองค์ความรู้เกี่ยวกับของเล่นภูมิปัญญาท้องถิ่นผ่านสื่อเทคโนโลยีที่น่าสนใจ ไปยังเด็กปฐมวัยได้เรียนรู้โดยพบว่า สื่อโมชันกราฟิก มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์อยู่ในระดับดีมาก และผลการประเมินพัฒนาการ 4 ด้าน มีภาพรวมพัฒนาการอยู่ในระดับดี

คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจสร้างสื่อโมชันกราฟิก เพื่อกระตุ้นความสนใจให้ผู้เรียนระดับปฐมวัยในระดับชั้นอนุบาลปีที่ 1-3 ที่มีช่วงอายุระหว่าง 3-5 ปี ให้สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและจดจำเนื้อหาได้

อย่างรวดเร็ว และเพื่อเผยแพร่ข้อมูลความรู้ สร้างการรับรู้และจดจำ ผลกระทบจากการใช้สมาร์ทโฟนในเด็กปฐมวัยอันจะเป็นประโยชน์ในการนำไปปรับใช้กับการเรียนการสอนและให้ความรู้แก่นักเรียนในระดับปฐมวัยและใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับครูผู้สอนในระดับปฐมวัยได้

2. วัตถุประสงค์

2.1 พัฒนาโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำเรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ทโฟนในเด็กปฐมวัย

2.2 ประเมินคุณภาพของโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ทโฟนในเด็กปฐมวัย

2.3 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ทโฟนในเด็กปฐมวัย

3. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทบทวนวรรณกรรม

3.1.1 สื่อส่งเสริมการเรียนรู้

สื่อส่งเสริมการเรียนรู้จัดว่าเป็นนวัตกรรมที่มีมานาน และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตามยุคสมัย ซึ่งสื่อการสอนนั้นเป็นช่องทางในการถ่ายทอดองค์ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ไปสู่ผู้เรียนและทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และหมายถึง สิ่งต่างๆ ที่ใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทางสำหรับการทำให้การสอนของครูถึงผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายที่ครูวางไว้ ได้เป็นอย่างดี [4]

3.1.2 โมชันกราฟิก

โมชันกราฟิกเกิดมาจากการผสมคำ 2 คำ คือโมชัน (Motion) ที่หมายถึงการเคลื่อนไหว และคำ ว่ากราฟิก (Graphic) หมายถึง ภาพ ซึ่งภาพในที่นี้เป็นได้หลายอย่างไม่ใช่แค่เพียงภาพถ่ายเท่านั้น แต่ไม่ว่าจะเป็นภาพการ์ตูน รูปสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม เส้นทุก

บทความวิจัย (Research Article)

อย่างล้นนับเป็นภาพกราฟิกได้หมด เมื่อสองคำนี้มารวมกันเป็นคำว่าโมชันกราฟิกจะแปลแบบง่ายๆ ว่าภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวนั่นเอง โดยโมชันกราฟิกจะเป็นการนำกราฟิกต่างๆ มาขยับ และเคลื่อนไหวให้เกิดความน่าสนใจ ซึ่งจะช่วยสร้างความสนุกสนานให้กับงานกราฟิกที่เป็นภาพนิ่ง และบอกเล่าเรื่องราวข้อมูลต่างๆ ได้ดีมีชีวิตชีวามากขึ้น [5]

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อังคณา จัตตามาต และ มณฑิชา รัตนภิรมย์ (2562) [6] ได้พัฒนาสื่อการเรียนการสอนสำหรับเด็กปฐมวัยเรื่อง อาหารในฤดูร้อน ด้วยวิดีโอโมชันกราฟิกกรณีศึกษา มูลนิธิการศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม ในพระบรมราชูปถัมภ์ ผลการวิจัยพบว่า มีสื่อวิดีโอโมชันกราฟิกเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนเรื่องอาหารฤดูร้อน สำหรับเด็กปฐมวัย และผลการศึกษาคความพึงพอใจสูงสุด คือ ด้านการนำเสนอสื่อ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด

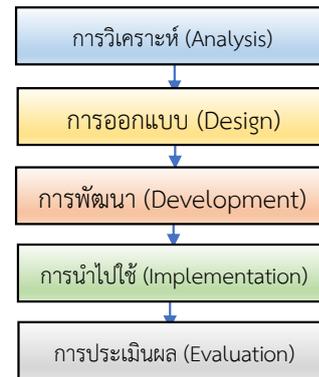
อัญชริกา จันจุฬา และคณะ (2563) [7] ได้พัฒนาสื่อ อินโฟกราฟิก เพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จังหวัดยะลา ผลการวิจัย พบว่า สื่ออินโฟกราฟิกที่ผลิตขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.88/83.22 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างหลังการเรียนด้วยสื่ออินโฟกราฟิกสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่ออินโฟกราฟิกในระดับมากที่สุด

สุชาร์ตน์ จันทาพูนธยาน์ และ ณัฐพงษ์ บุญมี (2564) [8] ได้พัฒนาสื่อโมชันกราฟิกเสริมความรู้เรื่อง การป้องกันโรคอาร์เอสวี ผลการวิจัยพบว่า สื่อโมชันกราฟิกเสริมความรู้ เรื่อง การป้องกันการโรคอาร์เอสวี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ ครูผู้ดูแลเด็ก และผู้ปกครองนักเรียน ศูนย์สาธิตปฐมวัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ราตรี เอี่ยมประดิษฐ์ และคณะ (2565) [9] ได้พัฒนาสื่อโมชันกราฟิกส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดอ่างทอง ผลการวิจัยพบว่า ได้สื่อโมชันกราฟิกที่มีความยาวเรื่องประมาณ 6 นาที ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมชันกราฟิก โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา มีความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และผู้ชมสื่อมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาโมชันกราฟิก เพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย มีขั้นตอนกระบวนการออกแบบด้วย ADDIE Model [10] ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 1 กระบวนการออกแบบ ADDIE Model

4.1 การวิเคราะห์ (Analysis)

โดยการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์เนื้อหา โดยสร้างแผนภูมิระดมสมอง (Brain Storm Chart) แผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ (Concept Chart Creation) และแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart Creation) ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญเพื่อรับรองเนื้อหา

บทความวิจัย (Research Article)

4.2 การออกแบบ (Design)

โดยการจัดลำดับเนื้อหาเขียนเรื่องราวและเหตุการณ์ของสื่อ (Story board) ออกแบบหน้าจอโปรแกรมและองค์ประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อ รวมทั้งออกแบบแบบประเมินคุณภาพและแบบประเมินความพึงพอใจโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ประเมินหาความเที่ยงตรงของแบบสอบถามหรือค่าสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา (IOC) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.67 ทุกข้อ สามารถนำไปใช้ในการประเมินผลได้

4.3 การพัฒนา (Development)

ทำการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก สร้างตัวละคร ฉาก การดำเนินเรื่อง เสียงและการบรรยาย ด้วยโปรแกรมการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก ประกอบด้วย Adobe Animate และ Adobe Photoshop ทำการทดสอบและปรับปรุงให้สมบูรณ์

4.4 การนำไปใช้ (Implementation)

นำสื่อโมชันกราฟิกไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

4.5 การประเมินผล (Evaluation)

4.5.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินคุณภาพ คือ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจ คือ ผู้ใช้งานสื่อซึ่งประกอบด้วยครูที่สอนในระดับชั้นปฐมวัยและพนักงานฝ่ายสื่อการสอนของโรงเรียน จำนวน 30 คน ใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

4.5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย โมชันอินโฟกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่องผลกระทบจากการใช้สมาร์ตดีไวซ์ในเด็กปฐมวัย และแบบสอบถามออนไลน์ที่แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยแบบประเมินผ่านการประเมินหาความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม หรือค่าสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ (IOC) พบว่า

มีค่าเท่ากับ 0.67 ทุกข้อ สามารถนำไปใช้ในการประเมินผลได้

4.5.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [11] โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้
ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 คุณภาพ/ความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 คุณภาพ/ความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 คุณภาพ/ความพึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 คุณภาพ/ความพึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 คุณภาพ/ความพึงพอใจน้อยที่สุด

5. ผลการวิจัย

5.1 โมชันกราฟิก

เพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตดีไวซ์ในเด็กปฐมวัยที่พัฒนาขึ้นแบ่งออกเป็น 4 หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย หน่วยที่ 1 สมาร์ตดีไวซ์ หน่วยที่ 2 ผลเสียจากการติดหน้าจอ หน่วยที่ 3 ลูกติดมือถือได้อย่างไร และ หน่วยที่ 4 วิธีรับมือลูกติดมือถืออย่างสร้างสรรค์นำเสนอในรูปแบบโมชันกราฟิก โดยมีตัวอย่างหน้าจอดังรูปที่ 2 - รูปที่ 4



รูปที่ 2 แสดงชื่อเรื่องบนสื่อการเรียนรู้อย่างเป็นการ์ตูน



รูปที่ 3 ตัวอย่างหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 และ 3

จิรวดี โยธัมย์ และคณะ, การพัฒนาโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตดีไวซ์ในเด็กปฐมวัย

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 4 ตัวอย่างหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 และ 5

5.2 ผลการประเมินคุณภาพของโมชันกราฟิก

เพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีผลการประเมินดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของโมชันกราฟิก เพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
1. ด้านการออกแบบ			
1.1 การนำเสนอบทเรียนสร้างความสนใจให้อยากเรียน	4.76	0.43	มากที่สุด
1.2 ตัวหนังสืออ่านง่าย	4.73	0.45	มากที่สุด
1.3 รูปแบบตัวอักษรที่ใช้สวยงาม	4.38	0.38	มาก
1.4 มีภาพประกอบเสียงดนตรีเสียงบรรยายประกอบชัดเจน	4.73	0.52	มากที่สุด
1.5 จัดรูปแบบฉากได้เหมาะสม	4.60	0.72	มากที่สุด
1.6 มีอิสระในการเลือกเรียนได้ตามต้องการ	4.60	0.67	มากที่สุด
2. ด้านเนื้อหา			
2.1 เนื้อหาเข้าใจง่าย	4.70	0.47	มากที่สุด
2.2 ความยาวของเนื้อหาเหมาะสม	4.43	0.73	มาก
2.3 สามารถทบทวนความรู้ได้ง่าย	4.50	0.57	มากที่สุด
2.4 เนื้อหามีความถูกต้องกระชับชัดเจน	4.60	0.72	มากที่สุด
3. ด้านความพึงพอใจในการเรียน			
3.1 บทเรียนมีความน่าสนใจ	4.60	0.72	มากที่สุด
3.2 ความเพลิดเพลินให้ความรู้	4.60	0.72	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย	4.60	0.59	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยภาพรวมอยู่ในระดับคุณภาพมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.59

5.3 ผลการประเมินความพึงพอใจ

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย มีผลการประเมินดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
1. ปริมาณเนื้อหาเหมาะสม	4.68	0.72	มากที่สุด
2. เนื้อหาความสัมพันธ์ต่อเนื่อง	4.63	0.67	มากที่สุด
3. เนื้อเรื่องมีความน่าสนใจ	4.76	0.43	มากที่สุด
4. ความชัดเจนของรูปภาพ	4.73	0.45	มากที่สุด
5. การออกแบบฉากมีความสมจริง	4.38	0.38	มาก
6. การนำเสนอบทเรียนมีความน่าสนใจ	4.78	0.52	มากที่สุด
7. มีภาพประกอบเสียงดนตรีที่สอดคล้องกัน	4.43	0.73	มาก
8. มีความสวยงามของหน้าจอ	4.52	0.57	มากที่สุด
9. การวางปุ่มในตำแหน่งเหมาะสมใช้งานง่าย	4.75	0.47	มากที่สุด
10. เสียงอธิบายถูกต้องและชัดเจน	4.65	0.72	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย	4.63	0.57	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อโมชันกราฟิกเพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีในเด็กปฐมวัย ประเมินโดยผู้ใช้งานสื่อ ซึ่งประกอบด้วย ครูที่สอนในระดับชั้นปฐมวัยและพนักงานฝ่ายสื่อการสอนของโรงเรียนจำนวน 30 คน ใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่ม

บทความวิจัย (Research Article)

ตัวอย่างแบบเจาะจง โดยภาพรวมอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57

6. อภิปรายและสรุปผล

6.1 การพัฒนาโมชันกราฟิก

เพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีไซในเด็กปฐมวัยประกอบด้วย 4 หน่วยการเรียนรู้ ที่สามารถสร้างการรับรู้และจดจำได้ด้วยตนเอง โดยในการพัฒนาสื่อมีขั้นตอนกระบวนการออกแบบด้วยกระบวนการ ADDIE Model ซึ่งผ่านการวิเคราะห์ออกแบบอย่างเป็นระบบทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับ อังคณา จิตตามาศ และ มณฑิชา รัตนภิรมย์ (2562) [6] ได้พัฒนาสื่อการเรียนการสอนสำหรับเด็กปฐมวัยเรื่อง อาหารในฤดูร้อน ด้วยวิดีโอ โมชันกราฟิก กรณีศึกษา มูลนิธิการศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียมในพระบรมราชูปถัมภ์ ผลการวิจัย พบว่า มีสื่อวิดีโอโมชันกราฟิกเพื่อใช้พัฒนาการเรียนการสอนเรื่องอาหารฤดูร้อน สำหรับเด็กปฐมวัย

6.2 ผลการประเมินคุณภาพและความพึงพอใจ

ผลการประเมินคุณภาพและความพึงพอใจต่อการใช้โมชันกราฟิก เพื่อสร้างการรับรู้และจดจำ เรื่อง ผลกระทบจากการใช้สมาร์ตทีวีไซในเด็กปฐมวัย โดยภาพรวมอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก และมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้อาจ เนื่องจากผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลและร่วมระดมสมองกับผู้สอนและผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์เนื้อหาให้สอดคล้องเหมาะสมกับผู้เรียนทำให้การประเมินคุณภาพดีมาก และมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับ อังคณา จิตตามาศ และ มณฑิชา รัตนภิรมย์ (2562) [6] ได้พัฒนาสื่อการเรียนการสอนสำหรับเด็กปฐมวัยเรื่อง อาหารในฤดูร้อน ด้วยวิดีโอโมชันกราฟิก กรณีศึกษา มูลนิธิการศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียมใน

พระบรมราชูปถัมภ์ ผลการวิจัยพบว่า มีความพึงพอใจระดับสูงสุด และสอดคล้องกับ ราตรี เอี่ยมประดิษฐ์ และคณะ (2565) [9] ได้พัฒนาสื่อโมชันกราฟิก ส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดอ่างทอง ผลการวิจัยพบว่า ได้สื่อโมชันกราฟิกที่มีผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และ ผู้ชมสื่อมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

7. ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพและดัชนีประสิทธิผล และพัฒนาเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้อื่นๆ เพิ่ม เพื่อเป็นแนวทางไปปรับปรุงสื่อให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] จีระวรรณ ศรีจันทร์ไชย, "บทบาทของพยาบาลในการกระตุ้นพัฒนาการด้านภาษาล่าช้าของเด็กปฐมวัยในสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด-19," *วารสารมหาจุฬานาครทรรณ*, ปีที่ 9, ฉบับที่ 8, หน้า 1-16, 2565.
- [2] ภาสวัฒน์ เนตรสุวรรณ และ จิรพันธ์ ศรีสมพันธ์, "การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก เรื่อง พื้นฐานคอมพิวเตอร์ กราฟิกสำหรับหลักสูตรฝึกอบรมของบริษัท ที สแควร์ครีเอทีฟ จำกัด," ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาวิชาการ นำเสนองานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ (Proceedings) เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 15*, 2557, หน้า 1033-1046.
- [3] สุนิตย์ตา เย็นท้าว, นที ยงยุทธ์, และ ญาณิศา บุญพิมพ์, "สื่อโมชันกราฟิก ชุด ของเล่นภูมิปัญญาพลับพลากันฉั่น ร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสตีม เพื่อส่งเสริมพัฒนาการ 4 ด้านสำหรับเด็กปฐมวัย," *วารสารวิชาการศรีปทุมชลบุรี*, ปีที่ 19, ฉบับที่ 3, หน้า 106-116, 2566.

บทความวิจัย (Research Article)

- [4] พิมพ์สร เต็ดขาด, "การพัฒนาคลังสื่อออนไลน์ วิชาสังคมศึกษาสำหรับครู โรงเรียนพระปริยัติธรรม จังหวัดเชียงใหม่," วิทยานิพนธ์ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษา (สังคมศึกษา), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2561.
- [5] จงรัก เทศนา, "อินโฟกราฟิกส์ (Infographics)," [ออนไลน์]. Available: https://Chachoengsao.cdd.go.th/wp-content/uploads/sites/9/2019/01/infographics_information.pdf. [เข้าถึงเมื่อ: 5 กุมภาพันธ์ 2565].
- [6] อังคณา จัดตามาศ และ มณฑิชา รัตนภิรมย์, "การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนสำหรับเด็กปฐมวัยเรื่อง อาหารในฤดูร้อน ด้วยวิดีโอโมชันกราฟิกกรณีศึกษา มูลนิธิการศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม," ใน *การประชุมวิชาการ การยกระดับงานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 4*, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 26-28 มิ.ย. 2562, หน้า 2562.
- [7] อัญชริกา จันจุฬา, สกล สมจิตต์, และ สุภาพร จันทศิริ, "การพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิก เพื่อสร้างการรับรู้ และจดจำ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จังหวัดยะลา," มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 2563.
- [8] สุชารัตน์ จันทาพูนธยาน์ และ ญัฐพงษ์ บุญมี, "การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกเสริมความรู้ เรื่อง การป้องกันโรคอาร์เอสวี," *วารสารแม่โจ้ เทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, หน้า 1-11, 2564.
- [9] ราตรี เอี่ยมประดิษฐ์, กาญจนา ส่งสวัสดิ์, และ กนกพร ยี่มนิล, "การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดอ่างทอง," มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์ พระนครศรีอยุธยา วาสุกร, คณะ บริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ, 2565.
- [10] ศวิตา ทองสง, "แนวคิดเรื่อง ADDIE MODEL," [ออนไลน์]. Available: <https://sites.google.com/site/prae8311/hlak-kar-xxkbaeb-khxng-addie-model>. [เข้าถึงเมื่อ: 10 กรกฎาคม 2565].
- [11] พิสุทธิ อาธิราษฎร์, *การพัฒนาซอฟต์แวร์ทางการศึกษา*, มหาสารคาม: อภิชาติการพิมพ์, 2550.

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน

วรวิทย์ สัมขทิพย์¹, ทิพย์พรรณ อัดไชโย², อภิญญา ภูผาทิพย์³ และ ภาสกร ธนศิระธรรม^{4,*}

¹ ภาควิชาสื่ออนุมัติ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

^{2,3,4} สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: passakorn.ta@rmu.ac.th

(รับบทความ: 20 มิถุนายน 2566; แก้ไขบทความ: 22 กรกฎาคม 2566; ตอรับบทความ: 26 กรกฎาคม 2566)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน 2) เพื่อประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศชั้นปีที่ 4 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ 1) แอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน 2) แบบประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน 3) แบบสอบถามความพึงพอใจแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน สถิติที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงานสามารถนำไปใช้งานได้จริงอย่างมีคุณภาพ 2) ผลการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.43 อยู่ในระดับคุณภาพ มากที่สุด 3) ผลการหาความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.70 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก

คำสำคัญ: แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ บันทึกการปฏิบัติงาน สหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน

การอ้างอิงบทความ: วรวิทย์ สัมขทิพย์ และคณะ, "การพัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 1, ฉบับที่ 4, หน้า 16-24, 2566.

บทความวิจัย (Research Article)

The Development of an Application for Cooperative and Work Integrated Education

Worawith Sangkatip¹, Thipparat Oadchaiyo², Aphinya Phuphathip³ and Passakorn Tanasirathum^{4,*}

¹ Department of New Media, Faculty of Informatics, Mahasarakham University

^{2,3,4} Department of Information Technology, Faculty of Information Technology, Rajabhat Maha Sarakham University

* Corresponding Author: passakorn.ta@rmu.ac.th

(Received: June 20, 2023; Revised: July 22, 2023; Accepted: July 26, 2023)

Abstract

The objective of this research was to: 1) develop a cooperative and work integrated education application, 2) assess the quality of the cooperative and work integrated education application, and 3) study user satisfaction with the cooperative and work integrated education application. The sample group used in this study comprised 30 fourth-year information technology students from the Faculty of Information Technology at Rajabhat Maha Sarakham University. The tools used for the study included: 1) the cooperative and work integrated education application, 2) an assessment questionnaire for the quality of cooperative and work integrated education, and 3) a satisfaction survey questionnaire for the cooperative and work integrated education application. The statistical measures used in the study were the mean and standard deviation. The research findings indicated that: 1) The developed cooperative and work integrated education application was of high quality and could be effectively utilized. 2) The quality assessment results of the cooperative and work integrated education application showed a mean of 4.83 and a standard deviation of 0.43, indicating the highest level of quality. 3) The satisfaction results for the cooperative and work integrated education application yielded a mean value of 4.50 and a standard deviation of 0.70, indicating a high level of satisfaction.

Keywords: Mobile Application, Operational Records, Cooperative and Work Integrated Education

Please cite this article as: W. Sangkatip, et al., "The Development of an Application for Cooperative and Work Integrated Education," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 1, no. 4, pp. 16-24, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

สหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน (CWIE) [1] คือ หลักสูตรการเรียนการสอนในลักษณะร่วมผลิตระหว่างสถาบันอุดมศึกษาและสถานประกอบการ เพื่อให้บัณฑิตพร้อมสู่โลกแห่งการทำงานจริงได้ทันที มีสมรรถนะตรงกับความต้องการของตลาดงาน สามารถพัฒนาอาชีพในปัจจุบันและเตรียมพร้อมรองรับตำแหน่งงานในอนาคต สหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน จึงเป็นหนึ่งในกลไกการจัดการเรียนการสอนที่สถาบันอุดมศึกษาและหน่วยงานภายนอก ดำเนินการร่วมกันอย่างเป็นระบบ โดยให้นักศึกษาได้เรียนรู้ในสถานประกอบการควบคู่กับการปฏิบัติงานจริงในหน่วยงานภายนอก (Work-based Learning) ในทุกรูปแบบ ที่ทำให้นักศึกษามีสมรรถนะ ความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skills) ทศนคติ (Attitudes) และค่านิยม (Values) และคุณลักษณะตรงกับความต้องการของตลาดงาน และพร้อมสู่โลกแห่งการทำงานจริง โดย CWIE เป็นคำที่ครอบคลุมถึงสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน ในรูปแบบต่างๆ เช่น Placement or Practicum, Post-course Internship เป็นต้น

เนื่องจากปัจจุบันทางสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ได้ดำเนินการให้นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ออกปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในสถานประกอบการ และในระหว่างการทำงาน นักศึกษาจะต้องมีการบันทึกการปฏิบัติงานอยู่ตลอดเวลา ซึ่งการบันทึกการปฏิบัติงานในแต่ละครั้ง จะต้องเขียนใส่คู่มือการปฏิบัติงาน และลงเวลาการปฏิบัติงานอยู่เป็นประจำ และเมื่อต้องการลาป่วยก็ต้องเขียนใบลาไปให้ทางพนักงานที่ปรึกษาประจำสถานประกอบการ ซึ่งทำให้ยุ่งยากและไม่สะดวก ส่งผลให้การรวบรวมข้อมูลล่าช้าและไม่สามารถนำข้อมูลมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพได้

ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยมีความประสงค์ที่จะพัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน โดยแอปพลิเคชันสามารถบันทึกข้อมูลการลงเวลาการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้ สามารถบันทึกปฏิบัติงานประจำวันได้ และสามารถจัดการข้อมูลการลาได้ ส่งผลให้นักศึกษาได้รับความสะดวก รวดเร็ว ในการบันทึกการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา และสามารถนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์และประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน
- 2.2 เพื่อประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน
- 2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจผู้ใช้งานแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรวิทย์ สังฆทิพย์ และคณะ (2565) [2] งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันบริการรับฝากส่งพัสดุ โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันบริการรับฝากส่งพัสดุ 2) เพื่อประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันบริการรับฝากส่งพัสดุและ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจแอปพลิเคชันบริการรับฝากส่งพัสดุ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ชั้นปีที่ 3 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ 1) แอปพลิเคชันบริการรับฝากส่งพัสดุ 2) แบบประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันบริการรับฝากส่งพัสดุและ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจแอปพลิเคชันบริการรับฝากส่งพัสดุ สถิติที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า 1) ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันบริการรับฝากส่งพัสดุ สามารถนำไปใช้งานได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ 2) ผลการประเมิน

บทความวิจัย (Research Article)

คุณภาพแอปพลิเคชันบริการรับฝากส่งพัสดุพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 อยู่ในระดับคุณภาพมากที่สุด 3) ผลการหาความพึงพอใจการใช้งาน พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

ธัญญาเรศ วงศ์ศรีทา และอัครมเดช วงศ์นาค (2563) [3] วิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันรวมพลคนขอออกกำลังกาย การศึกษาค้นคว้ามีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาระบบแอปพลิเคชันรวมพลคนขอออกกำลังกาย 2) เพื่อประเมินคุณภาพระบบแอปพลิเคชันรวมพลคนขอออกกำลังกาย 3) เพื่อหาความพึงพอใจผู้ใช้งานระบบแอปพลิเคชันรวมพลคนขอออกกำลังกาย โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศชั้นปีที่ 2 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ 1) แอปพลิเคชัน รวมพลคนขอออกกำลังกาย 2) แบบประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันรวมพลคนขอออกกำลังกาย 3) แบบสอบถามความพึงพอใจแอปพลิเคชันรวมพลคนขอออกกำลังกาย สถิติที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันรวมพลคนขอออกกำลังกาย 1) สามารถนำไปใช้งานได้จริงอย่างมีคุณภาพ 2) ผลการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันรวมพลคนขอออกกำลังกาย พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 อยู่ในระดับคุณภาพมากที่สุด 3) ผลการหาความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชันรวมพลคนขอออกกำลังกาย พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.66 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

วิไลลักษณ์ ขาวสะอาด (2561) [3] งานวิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพของสหกิจศึกษา : กรณีศึกษาอุดมศึกษาไทย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาวิธีการวัดประสิทธิผลของสหกิจศึกษาในระดับอุดมศึกษาของ

ประเทศไทย 2) เพื่อศึกษาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิผลของสหกิจศึกษาในระดับอุดมศึกษาของประเทศไทย วิธีการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้การศึกษาวิจัยจากเอกสารการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก และการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วมของผู้วิจัย ซึ่งมีกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริหารมหาวิทยาลัย อาจารย์นิเทศสหกิจศึกษา นักศึกษาจากมหาวิทยาลัย จำนวน 3 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส.) มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และกลุ่มตัวอย่างจาก ผู้บริหารสถานประกอบการ และพี่เลี้ยงนักศึกษาสหกิจศึกษาจากสถานประกอบการทั้ง 3 แห่ง ได้แก่ บริษัทเวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) บริษัทเบทาโกรจำกัด (มหาชน) บริษัทไมโครชิพ เทคโนโลยี (ไทยแลนด์) จำกัด ซึ่งทั้ง 3 บริษัทเป็นสถานประกอบการที่ดำเนินสหกิจศึกษาที่เกี่ยวข้องกับมหาวิทยาลัยทั้ง 3 แห่ง จำนวนทั้งสิ้น 40 คน ผลการวิจัยพบว่า การศึกษาประสิทธิผลของสหกิจศึกษาของมหาวิทยาลัยทั้ง 3 แห่ง พบว่า มหาวิทยาลัยทั้ง 3 แห่ง ประสิทธิภาพของสหกิจศึกษาที่เกิดขึ้น ในด้านคุณภาพของนักศึกษา สามารถวัดได้จากประสบการณ์ในการทำงานของนักศึกษา ทักษะต่างๆ ในการทำงานของนักศึกษาเมื่อออกฝึกสหกิจศึกษา ในด้านคุณภาพของมหาวิทยาลัย สามารถวัดได้จากอาจารย์ที่มีคุณภาพ หลักสูตรที่ได้รับการปรับปรุงและมีคุณภาพ มีการจัดการดำเนินสหกิจศึกษาที่ดี

บุปผา ภิภพ และประภาจิต ตะพอง (2560) [4] ได้วิจัยเรื่อง ความต้องการของสถานประกอบการต่อการจัดการสหกิจศึกษาในภาคตะวันออก การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสถานการณ์ของการจัดการสหกิจศึกษาของสถานประกอบการ เพื่อศึกษาความต้องการของสถานประกอบการในการรับนักศึกษาสหกิจศึกษา 3) เพื่อเสนอแนวทางในการตอบสนองความต้องการของสถานประกอบการต่อการรองรับการจัดการสหกิจศึกษาในภาคตะวันออก กลุ่มตัวอย่างได้แก่ สถานประกอบการในภาคตะวันออก จำนวน 400 คน โดยใช้วิธีสุ่มแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า

บทความวิจัย (Research Article)

ผลการวิเคราะห์สถานการณ์การจัดการสหกิจศึกษาของสถานประกอบการ พบว่า โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.15 ผลการวิเคราะห์ความต้องการของสถานประกอบการต่อการจัดการสหกิจศึกษาในภาคตะวันออก พบว่า โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากค่าเฉลี่ย 4.26 และ ผลการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคในการรับนักศึกษา/ผลลัพธ์เกิดขึ้นกับสถานประกอบการพบว่า โดยภาพรวมเจ้าในระดับมากค่าเฉลี่ย 4.35

นพดล สายคติกรณ์ (2560) [5] การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้สำหรับนักศึกษาสหกิจศึกษา คณะบริหารธุรกิจผ่านการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้สำหรับการปฏิบัติสหกิจศึกษาของนักศึกษา คณะบริหารธุรกิจ ผ่านการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ 2) หาประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศ 4) นำระบบที่พัฒนาขึ้นไป ใช้ในการสนับสนุนการปฏิบัติสหกิจของนักศึกษา ผลการวิจัยพบว่า การประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ โดยประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยรวมจากการเข้าใช้งานระบบสารสนเทศ ในระดับมาก มีค่าร้อยละ 85.48 และค่าเฉลี่ยที่ 4.27 และประโยชน์ที่ท่านได้รับจากการเข้าใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้สำหรับ นักศึกษาสหกิจศึกษา คณะบริหารธุรกิจ ผ่านการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ บรรลุความคาดหวัง ในระดับ มาก มีค่าร้อยละ 84.60 และ มีค่าเฉลี่ยที่ 4.41

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

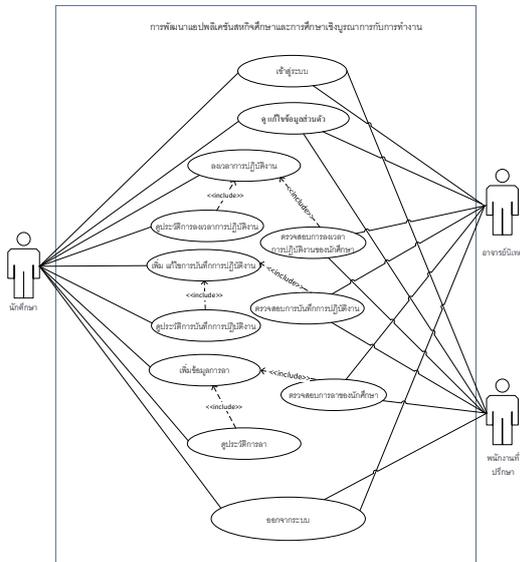
- 1) แอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน
- 2) แบบประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน
- 3) แบบสอบถามความพึงพอใจผู้ใช้งานแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน

4.2 ขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยได้ใช้วงจรพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) 5 ขั้นตอน ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ดังต่อไปนี้

- 1) การวางแผนระบบ ในขั้นตอนนี้เป็นการสำรวจปัญหาของนักศึกษาที่กำลังออกปฏิบัติงานสหกิจศึกษาที่จะบันทึกการลงเวลา การปฏิบัติงาน ผ่านสมุดบันทึกการปฏิบัติงาน ซึ่งทำให้ยุ่งยากและไม่สะดวก ส่งผลให้การรวบรวมข้อมูลล่าช้าและไม่สามารถนำข้อมูลมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพได้
- 2) การวิเคราะห์ระบบ ได้วิเคราะห์ความต้องการและศึกษารายละเอียดของผู้ใช้งาน ใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้วิธีการศึกษาจากระบบงานเดิม ถึงความต้องการของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน
- 3) การออกแบบระบบ จากการวิเคราะห์และออกแบบความสัมพันธ์ของระบบ พบว่ามีผู้กระทำต่อระบบที่มีความสัมพันธ์กัน 3 ส่วน คือ นักศึกษา อาจารย์นิเทศ พนักงานที่ปรึกษา ซึ่งสามารถออกแบบการทำงานแต่ละส่วนตามแผนภาพ Use Case Diagram ดังรูปที่ 1

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 1 Use Case Diagram แอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน

จากรูปที่ 1 แอปพลิเคชันสามารถที่จะจัดการระบบได้ 3 ระบบ ได้แก่ บันทึกและดูรายละเอียดข้อมูลการลงเวลาปฏิบัติงาน บันทึกและดูรายละเอียดข้อมูลการปฏิบัติงานประจำวัน และบันทึกและดูรายละเอียดข้อมูลการลาได้

4) การนำไปใช้ ในขั้นตอนนี้ได้พัฒนาแอปพลิเคชันด้วยเฟรมเวิร์ก Flutter ซึ่งแอปพลิเคชันที่ได้จะสามารถทำงานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ Android และระบบปฏิบัติการ iOS และทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชันจนสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

5) การบำรุงรักษา เป็นการติดตามผลการทำงานของแอปพลิเคชัน และสนับสนุนการใช้งานของระบบแก่ผู้ใช้งาน เพื่อให้ใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพและต่อเนื่อง

4.3 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ [6] ดังนี้

- ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 ระดับมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 ระดับมาก
- ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 ระดับน้อยที่สุด

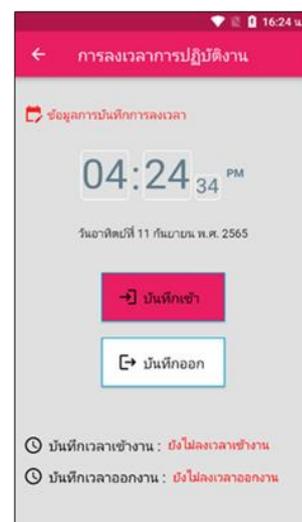
5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน

ผู้วิจัยได้พัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน ตามการออกแบบระบบ ได้ดังรูปที่ 2 และ รูปที่ 3



รูปที่ 2 หน้าหลักแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน



รูปที่ 3 หน้าลงเวลาปฏิบัติงานของแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน

บทความวิจัย (Research Article)

จากรูปที่ 2 และ 3 ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ได้จากขั้นตอนการพัฒนาระบบ โดยแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้จริง ตามขอบเขตที่กำหนดประกอบด้วย 3 ระบบ ได้แก่ บันทึกและดูรายละเอียดข้อมูลการลงเวลาปฏิบัติงาน บันทึกและดูรายละเอียดข้อมูลการปฏิบัติงานประจำวัน และบันทึกและดูรายละเอียดข้อมูลการลาได้

5.2 ผลการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงานที่พัฒนาขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ทางด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ทำการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชัน จากนั้นนำผลการประเมินคุณภาพมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชัน

รายการ	\bar{X}	S.D.	ระดับ
1. ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้แอปพลิเคชัน	4.87	0.52	มากที่สุด
2. ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของแอปพลิเคชัน	4.90	0.44	มากที่สุด
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน	4.73	0.45	มากที่สุด
4. ด้านการประเมินด้านความปลอดภัย	5.00	0.00	มากที่สุด
5. ด้านคู่มือการใช้งานระบบ	4.73	0.46	มากที่สุด
โดยรวมเฉลี่ย	4.83	0.43	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินของการพัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงานโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยรวมเฉลี่ยพบว่าอยู่ในระดับ มากที่สุด (\bar{X} = 4.83, S.D. = 0.43)

5.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจผู้ใช้งานแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน

ผลการหาความพึงพอใจของการพัฒนาแอปพลิเคชันแต่ละข้อได้แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ชั้นปีที่ 4 จำนวน 30 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) ซึ่งผลการวิเคราะห์แบบประเมินแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจของแอปพลิเคชัน

รายการ	\bar{X}	S.D.	ระดับ
1. สามารถลงชื่อเข้าสู่ระบบได้	4.60	0.66	มากที่สุด
2. สามารถจัดการข้อมูลส่วนตัวได้	4.37	0.72	มาก
3. สามารถลงเวลาการปฏิบัติงานได้	4.40	0.72	มาก
4. สามารถบันทึกการปฏิบัติงานได้	4.57	0.73	มากที่สุด
5. สามารถบันทึกการลาได้	4.37	0.81	มาก
6. สามารถดูประวัติการลงเวลาการปฏิบัติงานได้	4.57	0.68	มากที่สุด
7. สามารถดูประวัติการบันทึกการปฏิบัติงานได้	4.43	0.73	มาก
8. สามารถดูประวัติการลาได้	4.53	0.73	มากที่สุด
9. มีความเข้าใจในการใช้แอปพลิเคชัน	4.60	0.67	มากที่สุด
10. ความง่ายในการใช้งานแอปพลิเคชัน	4.70	0.60	มากที่สุด
11. การออกแบบหน้าจอมีความสัดส่วน	4.47	0.73	มาก
12. ความเหมาะสมในการใช้ขนาดตัวอักษร	4.53	0.68	มากที่สุด
13. สีของตัวอักษรมีความชัดเจนอ่านง่าย	4.47	0.68	มาก
14. สีพื้นหลังมีความเหมาะสมสอดคล้องกับตัวอักษร	4.47	0.68	มาก
15. ตัวอักษรที่มีขนาดชนิดที่เหมาะสม อ่านง่าย	4.50	0.73	มาก
โดยรวมเฉลี่ย	4.50	0.70	มาก

บทความวิจัย (Research Article)

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถาม ความพึงพอใจของการพัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน โดยผลการหาความพึงพอใจโดยรวมเฉลี่ย พบว่าอยู่ในระดับ มาก (\bar{X} = 4.50, S.D. = 0.70) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านที่มีผลการประเมินอยู่ในระดับสูงสุด คือ ความง่ายในการใช้งานแอปพลิเคชัน โดยมีผลการประเมิน อยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} = 4.70, S.D. = 0.60)

6. อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน เมื่อนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพและให้กลุ่มตัวอย่างประเมินความพึงพอใจ สามารถนำมาอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน สำเร็จสมบูรณ์ได้ ทั้งนี้ เนื่องจากการพัฒนาแอปพลิเคชันทุกขั้นตอน โดยใช้วงจรพัฒนาระบบ 5 ขั้นตอนและทฤษฎีการวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุ UML มาใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบงาน ตามจุดประสงค์ จากนั้นนำไปพัฒนา เมื่อเสร็จสมบูรณ์ และนำแอปพลิเคชัน ที่พัฒนาขึ้น ตรวจสอบความถูกต้องที่สุด ก่อนนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จึงส่งผลให้การพัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน สำเร็จสมบูรณ์อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรวิทย์ สังขทิพย์ และคณะ [2] วิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันบริการรับฝากส่งพัสดุ

ผลการประเมินคุณภาพการพัฒนาแอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน โดยรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ทั้งนี้ อาจเนื่องจากผู้วิจัยได้นำการพัฒนาตามรูปแบบของวงจรพัฒนา และนำแอปพลิเคชันไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันเพื่อ

ตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ จากนั้นทำการปรับปรุงตามที่ได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ส่งผลให้ผลการประเมินคุณภาพที่ได้สอดคล้องกับ ัญญาเรศ วงศ์ศรีทา และอัศม์เดช วงศ์นาค [7] วิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันรวมพลคนชอบออกกำลังกาย ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับ มากที่สุด

ผลการหาความพึงพอใจของผู้ใช้แอปพลิเคชันสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน โดยรวมอยู่ในระดับ มาก ทั้งนี้ อาจเนื่องจากผู้วิจัยได้เน้นการออกแบบ ที่สะดวกต่อการใช้งานและจัดทำคู่มือประกอบการใช้งานแอปพลิเคชันที่มีความชัดเจน สอดคล้องกับงานวิจัย ัญญาเรศ วงศ์ศรีทา และอัศม์เดช วงศ์นาค [7] วิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันรวมพลคนชอบออกกำลังกาย ผลการหาความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] "โครงการส่งเสริมการจัดสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน," สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, [ออนไลน์]. Available: <https://www.mhesi.go.th/index.php/flagship-project/6820-CWIE.html>. [เข้าถึงเมื่อ: 21 มกราคม 2564].
- [2] วรวิทย์ สังขทิพย์, สพลदनัย ศรีวงษ์แสง, และพลวัฒน์ อัศวภูมิ, "การพัฒนาแอปพลิเคชันบริการรับฝากส่งพัสดุ," ใน การจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 8 (NCTIM2022), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 18 มี.ค. 2565.
- [3] วิไลลักษณ์ ขาวสะอาด, "ประสิทธิผลของสหกิจศึกษา: กรณีศึกษา อุดมศึกษาไทย," *วารสาร มจร สังคมศาสตร์ปริทรรศน์*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 3, หน้า 206-218, 2561.

บทความวิจัย (Research Article)

- [4] บุปผา ภิญญา และ ประภาจิต ตะพอง, "ความต้องการของสถานประกอบการต่อการจัดการสหกิจศึกษาในภาคตะวันออก," มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, รายงานการวิจัยสาขาวิชาการจัดการ คณะเทคโนโลยีสังคม, 2560.
- [5] นพดล สายคติกรณ์, "การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้สำหรับนักศึกษาสหกิจศึกษา คณะบริหารธุรกิจผ่านการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ," มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, 2560.
- [6] บุญชม ศรีสะอาด, *วิธีการสร้างสถิติสำหรับการวิจัย*, กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น, 2545.
- [7] ธัญญาเรศ วงศ์ศรีทา และ อัครเดช วงศ์นาค, "การพัฒนาแอปพลิเคชันรวมพลคนขอบอกกำลังกาย," ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 2563.

บทความวิจัย (Research Article)

การศึกษาปัจจัยส่วนผสมที่มีผลต่อคุณสมบัติความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์

ทินนภัทร มณีวงษ์^{1,*} และ มณฑลีสี ศาसनันท์¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: tinnapat.mnw@gmail.com

(รับบทความ: 7 กรกฎาคม 2566; แก้ไขบทความ: 30 กรกฎาคม 2566; ตอรับบทความ: 4 สิงหาคม 2566)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยอัตราส่วนผสมหินปูนที่มีผลต่อความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์ และศึกษาระดับที่เหมาะสมของอัตราส่วนผสมหินปูนที่ทำให้ปูนมอร์ตาร์มีความต้านทานแรงอัดตามค่าที่กำหนด เป็นการวิจัยที่ใช้การทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบชนิด 4^2 กลุ่มตัวอย่าง 48 การทดลอง ผลการวิจัย พบว่า อันตรกิริยาระหว่างหินปูน 4 ประเภท ($X_1 * X_2 * X_3 * X_4$) ไม่ส่งผลต่อความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ปัจจัยส่วนผสม X_1 (Limestone 0-0.1 mm), X_2 (Limestone 0.1-0.6 mm), X_3 (Limestone 0.6-1.15 mm) และ X_4 (Limestone 1.15-2.5 mm) มีอิทธิพลต่อความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($R^2=99.95\%$) และมีระดับที่เหมาะสมของอัตราส่วนผสมหินปูนที่ทำให้ปูนมอร์ตาร์มีความต้านทานแรงอัดตามค่าที่กำหนด (44-54 MPa) คือ $X_1 = 0$ กรัม $X_2 = 250$ กรัม $X_3 = 250.127$ กรัม และ $X_4 = 817.978$ กรัม ทั้งนี้ ในการนำไปใช้งานหรือเริ่มการผลิตจริงควรทำการทดลองเพื่อยืนยันผลก่อนรวมถึงมีการปรับสภาพปริบทและปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้มีความเหมาะสมกับการผลิตจริง

คำสำคัญ: อัตราส่วนผสมของขนาดหินปูน ความต้านทานแรงอัด ปูนมอร์ตาร์ การทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ

การอ้างอิงบทความ: ทินนภัทร มณีวงษ์ และ มณฑลีสี ศาसनันท์, "การศึกษาปัจจัยส่วนผสมที่มีผลต่อคุณสมบัติความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 1, ฉบับที่ 4, หน้า 25-32, 2566.

Study of mixture factors on the compressive strength of the mortar

Thinnaphat Maniwong^{1,*} and Montalee Sasananan¹

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University

* Corresponding Author: tinnapat.mnw@gmail.com

(Received: July 7, 2023; Revised: July 30, 2023; Accepted: August 4, 2023)

Abstract

The research objectives are: To study the effects of limestone Mix ratio on the compressive strength of mortar, and to determine the optimum level of limestone Mix for the desired value of compressive strength. In this study the 4^2 full factorial experiment design with 48 specimens. The results show that the interaction between limestone mixture ($X_1 * X_2 * X_3 * X_4$) has no significant effect on the compressive strength of mortar. At significance level of 0.05, it was found that mixing factors X_1 (Limestone 0-0.1 mm), X_2 (Limestone 0.1-0.6 mm), X_3 (Limestone 0.6-1.15 mm), and X_4 (Limestone 1.15-2.5 mm) have a significant effect on the compressive strength of mortar ($R^2 = 99.95\%$). As for the optimum mix ratio of limestone mixture ratio that yields the desired compressive strength (44-54 MPa), the following results have been found: $X_1 = 0$ g, $X_2 = 250$ g, $X_3 = 250.127$ g, and $X_4 = 817.978$ g. Before implementing or starting actual construction, further experiments should be performed in order to confirm the results.

Keywords: Limestone mixture ratio, Compressive strength, Mortar, Full factorial design

Please cite this article as: T. Maniwong and M. Sasananan, "Study of mixture factors on the compressive strength of the mortar," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 1, no. 4, pp. 25-32, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานชนิดหนึ่งซึ่งเป็นส่วนประกอบของคอนกรีตที่มีคุณสมบัติที่แข็งและรับแรงได้สูง ถูกนำมาใช้ในวงการก่อสร้างอย่างแพร่หลาย จำแนกประเภทตามคุณสมบัติและวิธีใช้งาน หนึ่งในนั้นคือปูนมอร์ตาร์ (Mortar) ที่ผลิตในรูปแบบปูนซีเมนต์สำเร็จรูป มีความสะดวกต่อการใช้งาน เนื่องจากมีการผสมหินทรายและสารเคมีตามอัตราส่วนที่พร้อมใช้งาน เมื่อนำปูนมอร์ตาร์ไปผสมกับน้ำตามอัตราส่วนที่เหมาะสมก็สามารถใช้งานได้เลย โดยที่คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมียังถูกควบคุมให้เหมือนปูนซีเมนต์ที่ผสมแบบปกติทั่วไป ปูนมอร์ตาร์ได้รับความนิยมสูงเพราะใช้งานง่ายเหมาะกับการใช้งานหลายรูปแบบทั้งช่างปูนและผู้ใช้งานทั่วไป ในปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตปูนมอร์ตาร์จึงเติบโตขึ้นอย่างมากและต่อเนื่อง เกิดการแข่งขันที่สูงมากทั้งในด้าน ราคา ต้นทุน คุณภาพ และลักษณะการใช้งานต่างๆ

ในการใช้งานจริงนั้นปูนมอร์ตาร์ส่วนมากใช้งานในรูปแบบคอนกรีตรับแรงต่างๆ เช่น เสา คาน พื้น ตอม่อ ดังนั้นคุณสมบัติสำคัญที่สุด คือ ความต้านทานแรงอัด (Compressive strength) ซึ่งสามารถใช้เป็นมาตรฐานในการจำแนกการใช้งานตามลักษณะงานต่างๆ ที่มีการรับแรงต่างกัน ส่วนรูปทรงของคอนกรีตมีอิทธิพลสำคัญต่อความแข็งแรงของปูนสำเร็จรูป หากสามารถหาอัตราส่วนผสมของหินปูนที่ทำให้โครงสร้างภายในเกิดรูปทรงน้อยที่สุดจะส่งผลให้ปูนมอร์ตาร์มีความต้านทานแรงอัดที่เพิ่มขึ้น [1-3]

นอกจากนั้น วัสดุมวลรวมที่มีความแข็งแรงและมีส่วนผสมที่เหมาะสมโดยมีปูนซีเมนต์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสานจะช่วยให้คอนกรีตมีความแข็งแรงมากขึ้น [4, 5]

ดังนั้น งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาอัตราส่วนผสมของหินปูนขนาดต่างๆ ที่มีผลต่อความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์ และหาระดับที่เหมาะสมของส่วนผสมหินปูนต่างๆ ที่ทำให้ปูนมอร์ตาร์มีความต้านทาน

แรงอัดตามที่กำหนด โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการวิจัยที่ใช้การทดลอง เพื่อให้ผลลัพธ์ที่เชื่อถือได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยอัตราส่วนผสมหินปูนที่มีผลต่อคุณสมบัติความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์

2.2 เพื่อศึกษาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยอัตราส่วนผสมหินปูนต่างๆ ที่ทำให้ปูนมอร์ตาร์มีความต้านทานแรงอัดตามที่กำหนด

3. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

3.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับปูนมอร์ตาร์

ปูนมอร์ตาร์ คือ ปูนซีเมนต์ที่มีวัสดุประกอบด้วย ทราย และน้ำ ปูนมอร์ตาร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับงานก่อ งานฉาบ งานเทพรับระดับพื้น รวมถึงงานซ่อมแซมพื้นผิวปูนต่างๆ ปัจจุบันปูนมอร์ตาร์นิยมผลิตในรูปแบบของ “ปูนซีเมนต์สำเร็จรูป” คือเป็นผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์สำเร็จที่ผสมวัสดุประกอบต่างๆ ในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งานประเภทต่างๆ ไว้แล้วในถุง เมื่อต้องการใช้งานให้ผสมน้ำสะอาดกับปูนสำเร็จรูปในถุงตามอัตราส่วนน้ำต่อปูนสำเร็จรูปที่กำหนดไว้ก็จะใช้งานได้ทันที

กระบวนการผลิตปูนมอร์ตาร์มีขั้นตอนดังนี้

(1) ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (Preparation raw material process) เริ่มจากการนำวัตถุดิบจากไซโลเก็บหิน (Storage silo) ลำเลียงเข้าเครื่องบด (Mill) เพื่อย่อยขนาดหินปูนและทำการคัดแยกด้วยเครื่องคัดขนาดจากการสั่น (Vibration screen) แล้วเก็บใส่ไซโลแยกตามขนาดต่างๆ

(2) ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ (Mixing process) วัตถุดิบแต่ละชนิดถูกชั่งด้วยเครื่องชั่ง (Balance) ในอัตราส่วนต่างๆตามสูตรที่กำหนดแล้ว วัตถุดิบจะถูกปล่อยลงสู่เครื่องผสม (Mixer) และเครื่องจะผสมวัตถุดิบต่างๆ ให้เป็นเนื้อเดียวกันจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

บทความวิจัย (Research Article)

(3) ขั้นตอนการบรรจุ (Packing process) หลังจากที่ได้ผลิตก้อนแล้ว เครื่องผสม (Mixer) จะปล่อยผลิตก้อนลงสู่เครื่องบรรจุ (Roto packer) เพื่อบรรจุผลิตก้อนลงถุงและลำเลียงลงเครื่องเรียงถุง (Palletizer) และจัดเก็บเพื่อรอส่งจำหน่ายต่อไป

มาตรฐานการควบคุมคุณภาพปูนมอร์ตาร์ แบ่งเป็น

(1) ลักษณะทั่วไป คือ ปูนต้องเป็นผงและแห้ง ถ้าจับเป็นก้อนต้องสามารถใช้นิ้วมือบีบให้แตกได้ง่าย การทดสอบทำโดยการตรวจพินิจ

(2) ความต้านทานแรงอัด ความต้านทานแรงอัดของก้อนลูกบาศก์ตัวอย่างที่มีอายุ 28 วัน ขนาดความกว้าง ความยาวและความสูงคือ 50 มิลลิเมตร 3 ก้อนเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดตาม มอก.15 เล่ม 12 คือ 21MPa โดยผสมการไหลแผ่เบื้องต้น 110

(3) ความอึดน้ำ (Water retention) ความอึดน้ำของปูนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 โดยกำหนดให้มีการไหลแผ่เบื้องต้น 110 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม ASTM C91

3.2 การพัฒนาส่วนผสมของปูนซีเมนต์มอร์ตาร์

จากการศึกษาตัวอย่างงานวิจัยพบว่ารูพรุนของคอนกรีตมีอิทธิพลสำคัญต่อความแข็งแรง หากสามารถหาอัตราส่วนผสมของหินปูนที่ทำให้เกิดรูพรุนน้อยที่สุดจะส่งผลให้คอนกรีตมีความต้านทานแรงอัดที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าวัสดุมวลรวมเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงโดยตรง ทำให้เห็นภาพได้ว่าความแข็งแรงของคอนกรีตนั้นเกิดจากส่วนผสมที่เหมาะสม ดังนั้น จึงอนุมานได้ว่าคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมที่เหมาะสมต่อสัดส่วนของปูนซีเมนต์จะทำให้เกิดความแข็งแรงของคอนกรีตได้สูงสุด [1-5]

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ขั้นตอนการทดลอง

การเตรียมมอร์ตาร์ การหล่อก้อนทดสอบ และวิธีการทดสอบต่างๆ ทุกขั้นตอนทำตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ในหัวข้อวิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (มอก.15 เล่ม 12-2532) และการผสมซีเมนต์ไฮดรอลิก และมอร์ตาร์ในสภาพเหลวด้วยเครื่องผสม (มอก. 15 เล่ม 17-2516) ให้สอดคล้องตามข้อกำหนดทุกประการ โดยจะมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1) การเตรียมแบบ ก่อนทำการหล่อก้อนทดสอบมอร์ตาร์นั้นจะต้องเตรียมแบบให้พร้อม โดยทำความสะอาดแบบให้สะอาดไม่มีผงหรือฝุ่นในตัวแบบแล้ว เช็ดให้แห้ง จากนั้นชโลมน้ำมันบางๆ ไว้ที่ตัวแบบ

2) หาปริมาณน้ำในการผสม โดยหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ตาร์ที่ 110 ซึ่งในการทดสอบนี้ได้ปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับผสม คือ 190 มิลลิตรต่อหนึ่งการทดลอง

3) ผสมมอร์ตาร์ด้วยเครื่องผสม นำน้ำและส่วนผสมมอร์ตาร์ตามสูตรที่ได้ออกแบบไว้ใส่ลงในเครื่องผสม จากนั้นเครื่องผสมปั่นส่วนผสมต่างๆ เข้าด้วยกันโดยควบคุมความเร็วช้า 1 นาที ปั่นความเร็ว 30 วินาที แล้วพักไว้ 1 นาที 30 วินาที จากนั้นปั่นความเร็วอีก 2 นาที

4) นำปูนมอร์ตาร์ที่ผสมเสร็จแล้วเทลงแบบหล่อที่ได้เตรียมไว้จากนั้นใช้เกลียงปาดผิวด้านบนออกให้เรียบเสมอกับตัวแบบแล้วเอาผ้าเช็ดปูนที่เปื้อนตัวแบบเพื่อป้องกันการเกาะแบบในภายหลัง

5) ทำขั้นตอนที่ 3 และ 4 ตามสูตรที่ได้ออกแบบการทดลองไว้จนครบ 48 การทดลอง แล้วเก็บพักไว้ 24 ชั่วโมง

6) แกะก้อนทดสอบออกจากตัวแบบ หลังจากพักไว้ 24 ชั่วโมงแล้วให้ทำการแกะก้อนทดสอบออกจากตัวแบบอย่างระมัดระวังเพื่อป้องกันก้อนทดสอบเสียหายแล้วนำไปบ่มน้ำไว้ 27 วัน

บทความวิจัย (Research Article)

7) ทดสอบความต้านทานแรงอัดของก้อนทดสอบหลังจากครบ 27 วัน ด้วยเครื่องทดสอบความความต้านทานแรงอัด โดยนำก้อนทดสอบมาวางบนแท่นวางที่สะอาดและไม่มีเศษฝุ่นหรือกรวด จากนั้นทำการกดทดสอบความต้านแรงอัดด้วยเครื่องกดพร้อมจดบันทึกค่าที่ได้

4.2 การกำหนดระดับปัจจัย

การหาส่วนผสมของปูนมอร์ตาร์ประกอบด้วยปัจจัยที่สามารถปรับค่าได้และคาดว่าจะมีอิทธิพลต่อผลตอบสนองของกระบวนการทดลอง ขนาด ตั้งแต่ 0.0 - 2.5 mm ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	ช่วงระดับ (กรัม)
Limestone 0 - 0.1 mm (X_1)	0 - 50
Limestone 0.1 - 0.6 mm (X_2)	250 - 350
Limestone 0.6 - 1.15 mm	250 - 350
Limestone 1.15 - 2.5 mm (X_4)	750 - 850

4.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 4^2 (4^2 Factorial Experimental design)

งานวิจัยนี้ออกแบบการทดลองเป็นแบบ 4^2 แฟคทอเรียล เพื่อศึกษาผลกระทบหลัก (Main Effect) และผลของอันตรกิริยาของแต่ละปัจจัย (Interaction Effect) ในแบบ 4 ปัจจัย 2 ระดับ และทำซ้ำ 3 รอบ เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบหลักและผลอันตรกิริยาของการทดลองทั้งสิ้นจำนวน 48 การทดลอง ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทดลองตามแบบ 4^2 แฟคทอเรียล

Runs	(X_1 :g)	(X_2 :g)	(X_3 :g)	(X_4 :g)	ความต้านแรงอัด (Y) (MPa)
	0.0 - 0.1 mm	0.1 - 0.6 mm	0.6 - 1.15 mm	1.15 - 2.5 mm	
1	50	350	350	850	52.14
2	0	250	350	750	48.36
3	50	350	250	750	45.18
4	50	250	250	750	46.22
5	50	250	250	850	50.52
6	50	350	250	850	49.66
7	0	350	250	750	45.24
8	50	250	250	850	50.64
9	0	350	250	850	49.44
10	50	250	350	850	53.11
11	0	250	350	850	52.80
12	50	250	250	750	46.20
13	50	350	250	850	49.60
14	0	350	350	750	47.40
15	0	350	250	850	49.40
16	0	250	350	850	52.83
17	50	350	250	850	49.54
18	50	250	350	850	53.00
19	0	350	250	750	44.89
20	0	250	250	850	50.42
21	0	350	350	850	51.81
22	50	350	350	750	47.54
23	50	250	350	750	48.60
24	50	350	250	750	45.42
25	0	250	250	750	46.04
26	50	250	350	850	53.02
27	0	350	350	850	51.80
28	0	350	350	850	51.78
29	50	350	350	750	47.59
30	0	250	250	850	50.36
31	0	350	350	750	47.44
32	50	250	250	850	50.60
33	0	350	350	750	47.43
34	50	250	350	750	48.62
35	0	250	250	750	46.00

บทความวิจัย (Research Article)

Runs	(X ₁ :g)	(X ₂ :g)	(X ₃ :g)	(X ₄ :g)	ความต้าน แรงอัด
	0.0 - 0.1 mm	0.1 - 0.6 mm	0.6 - 1.15 mm	1.15 - 2.5 mm	(Y) (MPa)
36	50	350	350	850	52.00
37	0	250	350	850	52.77
38	50	250	350	750	48.54
39	50	350	250	750	45.20
40	0	350	250	750	45.00
41	50	350	350	850	51.92
42	0	250	250	850	50.40
43	50	350	350	750	47.60
44	0	250	250	750	46.12
45	0	350	250	850	49.39
46	0	250	350	750	48.44
47	50	250	250	750	46.15
48	0	250	350	750	48.40

4.4 สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล

1) สถิติที่ใช้วิเคราะห์ปัจจัยอัตราส่วนผสมหินปูนที่มีผลต่อคุณสมบัติความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple linear regression analysis)

2) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยอัตราส่วนผสมหินปูนที่ทำให้ปูนมอร์ตาร์มีความต้านทานแรงอัดตามที่กำหนด คือ การวิเคราะห์การถดถอยแบบพื้นผิวตอบสนอง (Response surface regression analysis)

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 ปัจจัยอัตราส่วนผสมหินปูนที่มีผลต่อความต้านทานแรงอัดของปูนซีเมนต์มอร์ตาร์

1) การตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นพบว่า ค่าความผิดพลาดเศษเหลือ (Residual error) มีการ

แจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) มีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent) และมีความเสถียรของแปรปรวน (Variance stability)

2) อิทธิพลอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย $X_1 * X_2 * X_3 * X_4$ ไม่ส่งผลต่อความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์ที่ระดับ 0.05

3) เมื่อพิจารณาอิทธิพลหลัก พบว่า ปัจจัยส่วนผสม X_1, X_2, X_3 และ X_4 มีอิทธิพลต่อความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สามารถรวมกันพยากรณ์ความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์ ได้ร้อยละ 99.95 ($R^2 = 99.95\%$) ดังตารางที่ 3 ได้สมการการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุสำหรับพยากรณ์ความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์ ดังนี้

$$Y = 9.61 + 0.00387X_1 - 0.00990X_2 + 0.0239X_3 + 0.0439X_4$$

ตารางที่ 3 ปัจจัยอัตราส่วนผสมหินปูนที่มีผลต่อความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์

Source	Coef.	F	p
Constant	9.610	2,907.366	0.000
X ₁	0.004	84.270	0.000
X ₂	0.010	11.751	0.000
X ₃	0.024	11.751	0.000
X ₄	0.044	43236.200	0.000
X ₁ *X ₂	0.002	0.030	0.860
X ₁ *X ₃	0.004	0.140	0.710
X ₁ *X ₄	0.009	0.790	0.381
X ₂ *X ₃	-0.007	0.420	0.519
X ₂ *X ₄	-0.005	0.210	0.653
X ₃ *X ₄	0.015	1.960	0.171
X ₁ *X ₂ *X ₃	-0.009	0.660	0.424
X ₁ *X ₂ *X ₄	-0.005	0.210	0.653
X ₁ *X ₃ *X ₄	0.007	0.370	0.545
X ₂ *X ₃ *X ₄	0.000	0.000	0.984
X ₁ *X ₂ *X ₃ *X ₄	0.007	0.370	0.545
$R^2 = 99.95\%$ R^2 (adj) = 99.92%			

บทความวิจัย (Research Article)

5.2 ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยอัตราส่วนผสมหินปูนต่างๆ ที่ทำให้ปูนมอร์ตาร์มีความต้านทานแรงอัดตามที่กำหนด

ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Regression analysis) เพื่อวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยอัตราส่วนผสมหินปูนที่ทำให้ปูนมอร์ตาร์มีความต้านทานแรงอัดตามที่กำหนด ($Y = \text{Mean} \pm 2 * \text{SD}$) = $49 \pm 2 * 2.500 = 44 - 54 \text{ MPa}$ พบว่า ระดับของปัจจัยที่เหมาะสม คือ ปัจจัย X_1 ที่ระดับ 0 กรัม ปัจจัย X_2 ที่ระดับ 250 กรัม ปัจจัย X_3 ที่ระดับ 250.127 กรัม และปัจจัย X_4 ที่ระดับ 817.978 กรัม

6. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาปัจจัยอัตราส่วนผสมหินปูนที่มีผลต่อความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์ พบว่า ส่วนผสม X_1, X_2, X_3 และ X_4 มีอิทธิพลต่อความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($R^2 = 99.95\%$) อธิบายได้ว่า ปัจจัยอัตราส่วนผสมของหินปูนที่ขนาดต่างๆ มีผลต่อการเกิดรูพรุนในโครงสร้างภายในของคอนกรีตซึ่งขนาดของหินปูนก็ยังส่งผลต่อความแข็งแรงของคอนกรีตด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่ารูพรุนและวัสดุมวลรวมในคอนกรีตมีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของคอนกรีตอย่างมีนัยสำคัญ [4, 5]

ผลการศึกษาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยอัตราส่วนผสมหินปูนที่ทำให้ปูนมอร์ตาร์มีความต้านทานแรงอัดตามค่าที่กำหนดคือ $X_1 = 0$ กรัม $X_2 = 250$ กรัม $X_3 = 250.127$ กรัม และ $X_4 = 817.978$ กรัม อธิบายได้ว่าสามารถจำแนกอิทธิพลของปัจจัยจากสมการพยากรณ์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุได้ 2 กลุ่ม

กลุ่มแรกได้แก่ X_1, X_3 และ X_4 ที่มีอิทธิพลต่อความต้านทานแรงอัดตามขนาดของหินปูนโดยมีทิศทางของอิทธิพลไปในทางบวก สอดคล้องกับงานวิจัยที่กล่าวไว้ว่าวัสดุมวลรวมส่งผลโดยตรงกับความแข็งแรงของคอนกรีตโดยมีความสัมพันธ์ของความแข็งแรงของ

วัสดุมวลรวมแบบแปรผันตรงกับความแข็งแรงของคอนกรีต จะเห็นว่า X_1 ที่ขนาดอนุภาคที่ละเอียดที่สุดมีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของคอนกรีตน้อยที่สุดในทางตรงกันข้าม X_3 และ X_4 จะมีอิทธิพลต่อความแข็งแรงมากขึ้นตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากกลุ่มที่สองได้แก่ X_2 ซึ่งมีอิทธิพลในทิศทางลบ สามารถอธิบายว่าเกิดจาก X_2 มีขนาดใหญ่เกินกว่าช่องว่างหรือรูพรุนในโครงสร้างทำให้ไม่สามารถแทรกตัวไปได้ หรือกล่าวได้ว่าขนาดของ X_2 เป็นตัวขัดขวางการเรียงตัวของโครงสร้างการทำหน้าที่ประสานของปูนซีเมนต์นั่นเอง ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่กล่าวไว้ว่าขนาดของช่องว่างหรือรูพรุนมีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของคอนกรีต [1-3]

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการการศึกษาไปใช้ประโยชน์

1) ผลการวิจัยพบว่าอิทธิพลหลักของปัจจัยส่วนผสมหินปูนแต่ละขนาดส่งผลต่อคุณสมบัติความต้านทานแรงอัดของปูนซีเมนต์ ในขณะที่อิทธิพลอันตรกิริยาระหว่างส่วนผสมหินปูนแต่ละขนาดไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติความต้านทานแรงอัดของปูนซีเมนต์ ดังนั้น ในการพัฒนาสูตรส่วนผสมหินปูนสามารถปรับเปลี่ยนขนาดหินปูน (0 -2.5 mm) ได้อิสระต่อกัน

2) ในการนำอัตราส่วนผสมหินปูนที่เหมาะสมที่ทำให้ความต้านทานแรงอัดของปูนซีเมนต์มีค่าตามที่กำหนดไปใช้งานหรือเริ่มการผลิตจริงควรจะต้องทำการทดลองเพื่อยืนยันผลก่อนรวมถึงการปรับสภาพบริบทและปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้มีความเหมาะสมกับการผลิตจริง

บทความวิจัย (Research Article)

7.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

1) ผู้ที่สนใจสามารถศึกษาปัจจัยอื่นๆ ร่วมกับปัจจัยส่วนผสมหินปูนที่ส่งผลต่อคุณสมบัติความต้านทานแรงอัดของปูนมอร์ตาร์

2) ผู้ที่สนใจสามารถศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติความต้านทานแรงอัดและคุณสมบัติที่พึงมีพึงเป็นของปูนมอร์ตาร์ที่เกิดจากปัจจัยอื่นๆ ร่วมกับปัจจัยส่วนผสมหินปูนเพื่อให้ได้ปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผลิตปูนมอร์ตาร์ที่มีคุณภาพ

[5] B. B. Mukharjee and S. V. Barai, "Statistical techniques to analyze properties of nano-engineered concrete using Recycled Coarse Aggregates," *Journal of cleaner production*, vol. 83, pp. 273-285, 2014.

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] E. Luga and C. D. Atis, "Optimization of heat cured fly ash/slag blend geopolymer mortars designed by "Combined Design" method: Part 1," *Construction and Building materials*, vol. 178, pp. 393-404, 2018.
- [2] S. Jin, J. Zhang, and B. Huang, "Fractal analysis of effect of air void on freeze-thaw resistance of concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 47, pp. 126-130, 2013.
- [3] R. Sugrañez, J. I. Álvarez, M. Cruz-Yusta, I. Mármol, J. Morales, and L. Sánchez, "Controlling microstructure in cement based mortars by adjusting the particle size distribution of the raw materials," *Construction and building materials*, vol. 41, pp. 139-145, 2013.
- [4] A. M. Matos, L. Maia, S. Nunes, and P. Milheiro-Oliveira, "Design of self-compacting high-performance concrete: Study of mortar phase," *Construction and Building Materials*, vol. 167, pp. 617-630, 2018.

บทความวิจัย (Research Article)

การประยุกต์ใช้งานการประมวลผลภาพสำหรับหุ่นยนต์ให้อาหารโคนมอัตโนมัติ

อมรเทพ สอนศิลพงศ์^{1*}, ชัดชัย แก้ววาท², สรายุทธ กรวิรัตน์³ และ รณชัย สังหมื่นเม้า⁴

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

² คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

^{3, 4} คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: amornthep.so@rmuti.ac.th

(รับบทความ: 27 มิถุนายน 2566; แก้ไขบทความ: 29 สิงหาคม 2566 2566; ตอรับบทความ: 30 สิงหาคม 2566)

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกษตรกรประสบปัญหาต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น ปัญหาการขาดแคลนแรงงานภาคเกษตร ขาดการใช้เทคโนโลยี และผลผลิตส่วนใหญ่ยังไม่มีคุณภาพได้มาตรฐาน งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนาระบบสมาร์ตฟาร์มสำหรับการให้อาหารโคนมอัตโนมัติ โดยนำองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศควบคู่ อีเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ มาพัฒนาระบบสำหรับการให้อาหารโคนมในโรงเรือน โดยงานวิจัยนี้ได้มีการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการประมวลผลภาพสำหรับการวิเคราะห์สถานะคงอยู่ของโคนมปัจจุบัน เพื่อให้ระบบระบุพิกัดตำแหน่งของหุ่นยนต์ในโรงเรือน และการให้อาหารทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นระบบอัตโนมัติ สามารถลดการใช้พลังงานของหุ่นยนต์สำหรับการให้อาหารโคนม ช่วยให้เกษตรกรมีประสิทธิภาพในการบริหารจัดการเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองผลการประเมินประสิทธิภาพสำหรับการวิเคราะห์สถานะคงอยู่ของโคนมปัจจุบันพบว่าเทคนิค MobileNetV2 เป็นเทคนิคที่เหมาะสมมากที่สุดสำหรับการประยุกต์ใช้งาน ซึ่งมีขนาดน้อยที่สุด 14 เมกะไบต์ มีความเร็วมากที่สุดในการตอบสนองที่ 0.001 วินาที และมีความแม่นยำอยู่ที่ 97.22 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เกษตรอัจฉริยะ การประมวลผลภาพ หุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ

การอ้างอิงบทความ: อมรเทพ สอนศิลพงศ์ และคณะ, "การประยุกต์ใช้งานการประมวลผลภาพสำหรับหุ่นยนต์ให้อาหารโคนมอัตโนมัติ," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 1, ฉบับที่ 4, หน้า 33-43, 2566.

บทความวิจัย (Research Article)

Applying Image Processing techniques for Automated Dairy Feeding Robots

Amornthep Sonsilphong^{1,*}, Chutchai Kaewta², Sarayut Gonwirat³ and Ronnachai Sangmuenmao⁴

¹ Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus

² Faculty of Computer Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University

^{3,4} Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

* Corresponding Author: amornthep.so@rmuti.ac.th

(Received: June 27, 2023; Revised: August 29, 2023; Accepted: August 30, 2023)

Abstract

At present, farmers are facing problems with increasing production costs, agricultural labor shortage problems, lack of technology and most of the products are not of standard quality. This research has studied and developed a smart farm system for the automatic feeding of dairy cows. By bringing knowledge of information technology together with intelligent electronics to develop a smart system for feeding dairy cows in-house. This research has applied AI to image processing to analyze the current cow status and the positioning of robots in the cow house. The main purpose is to improve the efficient feeding and minimize the energy consumption of the smart farm system for the automatic feeding of dairy cows. The experimental assessment results of the image processing efficiency for the analysis of the current cattle state showed that the MobileNet technique was the most suitable for the application. It has the smallest size of 14 megabytes, has the fastest response time of 0.001 seconds, and an accuracy of 97.22 percent.

Keywords: Smart Farm, Image Processing, Robot and Automation

Please cite this article as: A. Sonsilphong, et al., "Applying Image Processing techniques for Automated Dairy Feeding Robots," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 1, no. 4, pp. 33-43, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

อาหารและการให้อาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์ประมาณ 60 - 70% เป็นต้นทุนค่าอาหารที่สัตว์ต้องใช้ในการดำรงชีพ การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตต่าง ๆ ดังนั้นการให้อาหารในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้สัตว์ได้รับโภชนาการตามความต้องการในแต่ละช่วงอายุ และระยะเวลาให้ผลผลิตจึงเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้ควรคำนึงถึงลักษณะการพัฒนาของท่อทางเดินอาหารในแต่ละระยะเจริญเติบโตด้วย ในปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีได้เริ่มอย่างแพร่หลายขยายไปสู่การจัดการเกษตรที่แตกต่างจากรูปแบบเดิมที่เน้นใช้แรงงานคนให้เปลี่ยนไปใช้นวัตกรรม ที่เรียกว่า สมาร์ทฟาร์มหรือเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) ซึ่งเป็นรูปแบบการบริหารจัดการฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยตามขั้นตอนกระบวนการต่างๆ เช่น การวิเคราะห์และสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System) การสั่งงานแบบอัตโนมัติด้วยระบบไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor System) และแก้ไขปัญหาอย่างระบบอัจฉริยะ (Intelligence System) เป็นต้น

แนวคิดที่สามารถบริหารจัดการเพื่อช่วยให้ความยืดหยุ่นได้ตลอด ลดข้อจำกัดด้านแรงงาน ระบบให้อาหารอัตโนมัติบริษัท Lely Vector [1] ซึ่งเป็นแนวคิดที่พัฒนาขึ้นโดยความร่วมมือจากปัญหาของเกษตรกร โดยมีความสามารถของระบบการให้อาหารโคนม คือ การเปลี่ยนประเภทการป้อนอาหารง่ายและรวดเร็ว เปลี่ยนแปลงเวลาหรือชนิดในการให้อาหารโคนมได้ การให้อาหารมีความแม่นยำได้ปริมาณที่พอเหมาะกับโคนมแต่ละชนิด โดยการตั้งค่าและการใช้งานของระบบไม่มีความซับซ้อนและยุ่งยาก มีความยืดหยุ่นในการให้อาหารโคนม สามารถวางแผนงานและตั้งค่าในการให้อาหารโคนมได้ ลดการใช้แรงงาน และสามารถกำหนดเส้นทางหรือจุดในการให้อาหารโคนมได้ การให้อาหารเป็นตามความต้องการของโคนม เพื่อให้โคนมมีการเจริญเติบโตได้ตามมาตรฐาน

ซึ่งหุ่นยนต์ให้อาหารจากบริษัทดังกล่าวมีราคาสูงหากมีการนำเข้ามาใช้งานในประเทศไทย

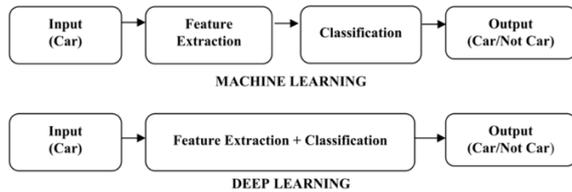
งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดศึกษาและพัฒนาระบบสมาร์ตฟาร์มสำหรับการให้อาหารโคนมอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการนำเอาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศควบคู่อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ และหุ่นยนต์มาควบคุมการทำงานให้อาหารโคนมอัตโนมัติและเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูล แสดงผลรายงานข้อมูลต่างๆ ในการให้อาหารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) หรือการตั้งค่าสั่งการแบบอัตโนมัติ ตามแนวคิดระบบสมาร์ตฟาร์มอัจฉริยะ ซึ่งระบบนี้จะช่วยอำนวยความสะดวกแก่เกษตรกรและทดแทนการใช้แรงงานผู้ดูแลฟาร์มโคนม รวมถึงการบริหารจัดการฟาร์มโคนมอย่างมีประสิทธิภาพ โดยบทความนี้จะมุ่งเน้นพัฒนาหุ่นยนต์ให้อาหารอัตโนมัติ โดยมีการวิเคราะห์หาลักษณะตำแหน่งของโคนม โดยมีการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์มาเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลภาพ มีความยืดหยุ่นเหมาะสมกับหน่วยประมวลผลของหุ่นยนต์ที่มีข้อจำกัด และเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ให้อาหารในโรงเรือนโคนมได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

2. การประมวลผลภาพด้วยการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์

การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ที่หลากหลายงานและใช้งานกว้างขวางเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน โดยกระบวนการเรียนรู้เครื่องจักรโดยทั่วไป แสดงได้ดังรูปที่ 1 ก่อนการวิเคราะห์หรือจำแนกข้อมูล จะต้องสร้างคุณลักษณะ (Feature Extraction) และขั้นตอนนี้ต้องพึ่งพาอาศัยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญสร้างอัลกอริทึม (Algorithm) เพื่อใช้สร้างคุณลักษณะที่เหมาะสมเป็นอินพุต (Input) ของอัลกอริทึมการเรียนรู้เครื่องจักรและส่งผลให้ได้เอาต์พุต (Output) ที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งกระบวนการสร้างคุณลักษณะนับว่าเป็นข้อจำกัดหนึ่งของการเติบโตการเรียนรู้เครื่องจักร การ

บทความวิจัย (Research Article)

เรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เป็นหนึ่งในประเภทอัลกอริทึมการเรียนรู้เครื่องจักร ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันเนื่องจากเป็นกระบวนการที่สามารถสร้างคุณสมบัติได้ด้วยตนเองแบบอัตโนมัติ



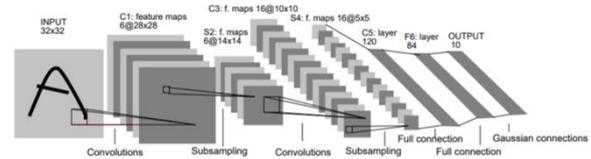
รูปที่ 1 แสดงกระบวนการประมวลผลระหว่างการเรียนรู้ของเครื่องจักรและการเรียนรู้เชิงลึก [2]

โครงสร้างของการเรียนรู้เชิงลึกมีพื้นฐานมาจากโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) ที่ประกอบไปด้วยหลายชั้น โดยหลายชั้นในที่นี้จะอ้างอิงถึงความลึก ซึ่งถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าโครงข่ายประสาทเชิงลึก (Deep Neural Network: DNN) ซึ่งโครงข่ายประสาทเชิงลึกมีหลากหลายประเภท ตัวอย่างของโครงข่ายที่เป็นที่นิยม อาทิเช่น Deep Belief Network (DBN), Auto-Encoder (AE), Convolutional Neural Network (CNN), Recurrent Neural Network (RNN), Long-Short Term Memory (LSTM), Deep Reinforcement Learning (DRL) และ Generative Adversarial Network (GAN) เป็นต้น

2.1 โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN)

โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันถูกนำเสนอโดย LeCun, et al. [3] ในปี 1998 และได้ถูกนำไปใช้ทางด้าน คอมพิวเตอร์วิทัศน์ การรู้จำภาพ การแบ่งส่วน (Segmentation) การตรวจจับวัตถุ (Object Detection) และการเรียกคืนรูปภาพ (Image Restoration) เป็นต้น โดยโครงสร้างทั่วไปของโมเดล

แสดงดังรูปที่ 2 ประกอบด้วยชั้นต่างๆ รายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน [3]

1) คอนโวลูชันแบบชั้น (Convolutional Layer) เป็นขั้นตอนหลักของโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน ใช้สำหรับสร้างแผนที่คุณลักษณะหรือฟีเจอร์แมพ (Feature Map) ด้วยตัวดำเนินการคอนโวลูชัน (*) แสดงดังสมการที่ 1 โดยกำหนดให้ x_n^p คือ อินพุตที่มีจำนวน n ช่อง (Channel) และอยู่ที่ชั้นลำดับที่ p , เคเนลฟิวเตอร์ (Filter Kernel) K ที่มีขนาด $m \times n$ ช่อง ได้อเอาต์พุต (Output) หรือฟีเจอร์แมพ x_m^{p+1} ที่มีจำนวน m ช่อง

$$x_m^{p+1} = K_{m,n} * x_n^p \quad (1)$$

เอาต์พุต (Output) ฟีเจอร์แมพที่ได้จากแต่ละชั้นส่วนหนึ่งจะส่งผ่านชั้น Batch Normalization [4] หรือฟังก์ชันกระตุ้น (Activation function) แบบ Rectified Linear Units (ReLU) [5] ดังสมการที่ 2

$$ReLU(x) = \max(0, x) \quad (2)$$

2) Pooling Layer เป็นการคำนวณพื้นที่ย่อย (Spatial Computation) เพื่อช่วยลดจำนวนขนาดของพารามิเตอร์ในโครงข่ายโดยใช้วิธีการ เช่น การหาค่าสูงสุด ค่าต่ำสุดและค่าเฉลี่ย นอกจากนี้ Global Average Pooling (GAP) ที่พบในงานวิจัย Network in Network (NiN) [6] ที่ลดจำนวนมิติได้มากกว่าจากมิติความกว้างและยาว $w \times h$ ทั้งหมดนำมาหา

บทความวิจัย (Research Article)

ค่าเฉลี่ยเหลือหนึ่งค่า ซึ่งโครงสร้างโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันปัจจุบันนิยมใช้ GAP แทนชั้น Pooling

3) Fully Connected Layer (FC) เป็นการเชื่อมต่อทุกโหนด (Node) จากชั้นหนึ่งไปยังทุกโหนดของชั้นถัดไปและชั้นสุดท้าย (Output Layer) ของโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน ใช้เพื่อรู้จำกำหนดให้มีจำนวนโหนดเท่ากับจำนวนของประเภทข้อมูล โดยใช้ฟังก์ชัน *soft max* ในการคำนวณหาเอาต์พุตแสดงดังสมการที่ 3 โดยที่ x_i คือ เวกเตอร์คุณลักษณะ และ i คือ คอมโพเนนต์ของเวกเตอร์ x ณ ลำดับที่ i

$$\text{soft max}(x) = \frac{\exp(x_i)}{\sum_i \exp(x_i)} \quad (3)$$

โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันเริ่มได้รับความสนใจและมีอิทธิพลกับงานวิจัยทางการรู้จำภาพเป็นอย่างสูง ตั้งแต่โมเดล AlexNet [7] ที่ใช้เรียนรู้ชุดข้อมูล ImageNet [8] และหลังจากนั้นได้มีการปรับปรุงและพัฒนาโครงสร้างโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันรูปแบบอื่นๆ ได้แก่ VGG [9] ที่นำเสนอการใช้คอนโวลูชัน ที่มีขนาดของเคเนล 3x3 เท่านั้น ทำให้จำนวนน้ำหนักพารามิเตอร์ที่ใช้ลดลงทางตรงกันข้าม GoogLeNet [10] เสนอการใช้ขนาดของเคเนลหลากหลายขนาด ทั้งนี้การเพิ่มจำนวนชั้นเป็นอีกหนึ่งรูปแบบโครงสร้างที่ทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ดังนั้น InceptionV2 และ InceptionV3 [11] ได้ใช้ Batch Normalization, ResNet [12] และ Inception-ResNet [13] ใช้ Residual Connection ทำให้เพิ่มจำนวนชั้นได้มากกว่า 100 ชั้น

DenseNet [14] ได้เสนอรูปแบบ Dense Blocks ที่รวมคุณลักษณะจากชั้นก่อนหน้าทำให้ชั้นนั้นได้รับข้อมูลเพิ่มขึ้น อีกแนวทางหนึ่งการปรับปรุง คือ การลดขนาดการคำนวณและขนาดจำนวนน้ำหนักพารามิเตอร์ เช่น SqueezeNet [15] และ

InceptionV2 ถึง InceptionV4 ได้ปรับ ใช้เมทริกซ์แบบ Factorization และ MobileNet [16] ได้ใช้โมดูลคอนโวลูชันแบบ Depthwise Separable และ MobileNetV2 [17] เพิ่มเติม Inverted Residual และ Linear Bottleneck แทนที่รูปแบบคอนโวลูชันมาตรฐาน ในทางตรงกันข้ามการหาโครงสร้างได้เองแบบอัตโนมัติด้วยวิธีที่เรียกว่า การเรียนรู้ของเครื่องแบบอัตโนมัติ (Auto machine learning) พบในงานวิจัยการค้นหาโครงสร้าง (Network Architecture Search: NAS) โดย NASNet [18] ได้ใช้การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement learning) และ RNN เพื่อเสนอรูปแบบของโครงสร้างที่เหมาะสม และโครงข่าย AmoebaNet ค้นหาแบบอัลกอริทึมเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Algorithm) และ EfficientNet ค้นหาการเพื่อขยายขนาด CNNs ทั้งความกว้าง ยาวและขนาดรีโซลูชัน (Resolution) ของพิวเตอร์คุณลักษณะ ทั้งนี้รูปแบบ NAS ต่างๆ ที่กล่าวมา ได้เพิ่มประสิทธิภาพการรู้จำสูงขึ้นกว่าโมเดลที่กำหนดโครงสร้างเอง แต่ต้องใช้เวลาประมวลผลนานขึ้น เนื่องจากมีจำนวนโครงสร้างที่ค้นหาความเป็นไปได้ที่หลากหลาย จากที่กล่าวมา โครงสร้างของโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันได้ถูกพัฒนาอย่างหลากหลายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ โดยที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอตัวอย่าง 1 โมเดล MobileNetV2 [17] อธิบายโครงสร้างรายละเอียดดังนี้

2.2 MobileNetV2

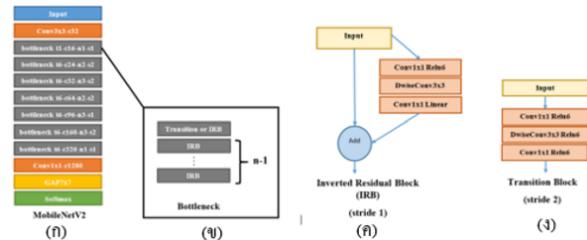
เพื่อที่จะใช้งานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ MobileNet [16] ใช้หลักการลดจำนวนขนาดพารามิเตอร์ด้วยวิธีคอนโวลูชันแบบ Depthwise separable ที่ประกอบด้วย Depthwise และ Pointwise Convolution ที่ทำให้การลดจำนวนพารามิเตอร์ลงประมาณ 8 - 9 เท่าจากรูปแบบโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันเดิม ส่งผลให้ใช้เวลาการคำนวณน้อยลงแต่ยังคงประสิทธิภาพการรู้จำที่สูง

บทความวิจัย (Research Article)

สำหรับเวอร์ชันที่ 2 MobileNetV2 [17] ได้พัฒนาโดยใช้วิธีของ Inverted Residual ซึ่งประกอบด้วยการทำคอนโวลูชันแบบ Depthwise และ Linear Bottleneck และใช้การเชื่อมแบบข้าม (Skip Connection) ตามรูปแบบ ResNet [12] ทั้งนี้ MobileNetV2 มีจำนวนชั้นที่เพิ่มขึ้นจากการรวม Residual Blocks แต่มีจำนวนพารามิเตอร์ใช้น้อยลงกว่า MobileNetV1 ทั้งนี้เนื่องจากการใช้จำนวนช่องที่น้อยลง แต่ทำการขยายช่องเพิ่มขึ้นก่อนการทำคอนโวลูชันแบบ Depthwise

โครงสร้างโดยรวมของ MobileNetV2 แสดงดังรูปที่ 3 (ก) ประกอบด้วยชั้น ได้แก่ Conv3x3, Bottleneck Blocks, Conv1x1, GAP และ ชั้น FC ด้วยฟังก์ชัน *soft max* โดย Conv3x3 คือคอนโวลูชันแบบมาตรฐาน (Standard Convolution) ที่มีขนาดเคเนล 3x3 และ c32 แทนจำนวน 32 ช่อง ทั้งนี้โครงสร้างหลักของโมเดลนี้คือ Bottleneck block แสดงส่วนประกอบดัง รูปที่ 3 (ข) ตัวอย่างเช่น Bottleneck t6 c96-n3-s1 ประกอบด้วย t6 จำนวนมีการขยายขนาดช่อง เท่ากับ 6 เท่า c96 คือจำนวน 96 ช่อง n3 คือจำนวนครั้งของการทำซ้ำ ของ Blocks นี้จำนวน 3 ครั้ง และ s1 คือ Stride 1 โดยบล็อกแรก ของ Bottleneck Block ถ้ามีการใช้ Stride 1 (s1) จะเริ่มด้วย Inverted Residual Block (IRB) ดังแสดงส่วนประกอบของ IRB รูปที่ 3 (ค) ประกอบด้วย การขยายขนาดช่อง (Expand Channel) ด้วยชั้น Conv1x1 ที่คำนวณด้วย Nonlinear ReLU6 ซึ่งคือค่า ReLU Function ที่กำหนดจำกัดค่าสูงสุดที่ค่า 6 จากนั้นต่อด้วยชั้น DwiseConv3x3 คือ Depthwise convolution ขนาดเคเนล 3x3 และใช้ relu6 สำหรับชั้นสุดท้ายใน IRB ใช้ Linear ด้วย Conv1x1 เพื่อให้จำนวน Channel ลดลงเท่ากับ Input ของ Block ทำให้สามารถ Residual Connection ด้วยตัวดำเนินการบวกได้ ในกรณี Bottleneck Block Stride 2 (s2) จะเริ่มด้วย Transition Block ที่ไม่การทำ

Residual Connection เนื่องจากต้องการลดมิติ $w \times h$ ดังรูปที่ 3 (ง)



รูปที่ 3 โครงสร้างของ MobileNetV2 (ก) Core block (ข) Bottleneck Block (ค) Inverted Residual Block (ง) Transition Block

3. วิธีดำเนินการวิจัย

สิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึงในการพัฒนาระบบสมาร์ตฟาร์มสำหรับการให้อาหารโคนมอัตโนมัติ คือ หุ่นยนต์ให้อาหารโคนมอัตโนมัติ หุ่นยนต์จะช่วยให้ตัวหุ่นเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางในระยะห่างที่เหมาะสมในขณะที่มีการให้อาหารด้านหน้าของคอกสัตว์ ปริมาณอาหารที่ปล่อยลงไปจะถูกกำหนดโดยระบบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ ระบบการระบุพิกัดตำแหน่งจะถูกนำมาใช้เพื่อไปยังจุดที่ต้องการ และระบบประมวลผลภาพเพื่อให้การให้อาหารโคนมเป็นแบบอัตโนมัติจะมาประยุกต์ใช้งาน

ในรายละเอียดต่อไปนี้ประกอบด้วย หุ่นยนต์ให้อาหารโคนมอัตโนมัติ แนวคิดของเทคนิคการประมวลผลภาพที่นำมาประยุกต์ใช้งาน อุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ และการวัดประสิทธิภาพ (Evaluation Metrics) ดังนี้

3.1 หุ่นยนต์ให้อาหารโคนมอัตโนมัติ

หุ่นยนต์ให้อาหารโคนมอัตโนมัติ จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนโครงสร้างและกลไก และส่วนระบบควบคุม

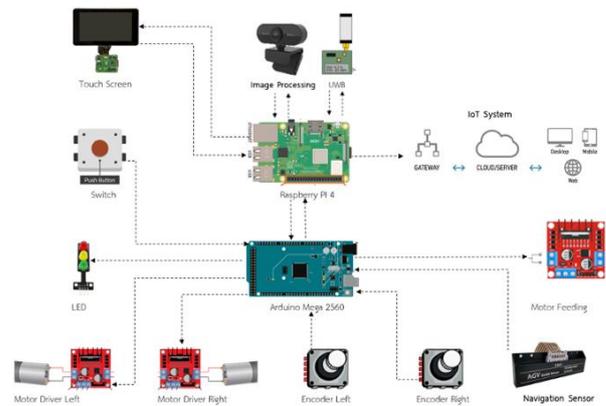
ต้นแบบหุ่นยนต์ให้อาหารโคนมอัตโนมัติ ประกอบด้วยส่วนของโครงสร้างและกลไกของหุ่นยนต์

บทความวิจัย (Research Article)

ให้อาหารโคนมอัตโนมัติ สามารถบรรจ้อาหารโคนมได้ประมาณไม่เกิน 50 กิโลกรัม หุ่นยนต์มีมอเตอร์ขับเคลื่อนและมอเตอร์ป้อนอาหารเป็นชนิดแบบไฟฟ้ากระแสตรง มีขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ เพื่อเป็นแหล่งพลังงานในการขับเคลื่อน และเป็นแหล่งพลังงานของวงจรควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หุ่นยนต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อควบคุมระบบขับเคลื่อนและระบบป้อนอาหาร โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino จะส่งข้อมูลและรับข้อมูลต่าง ๆ กับไมโครโปรเซสเซอร์ Raspberry Pi เพื่อเชื่อมต่อระบบแสดงผลข้อมูลทั้งหน้าจอแสดงผลข้อมูลของหุ่นยนต์ และหน้าต่างแสดงผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

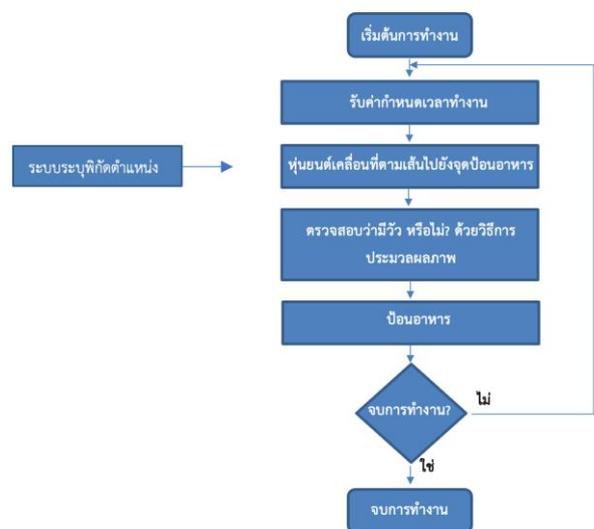
จากการเก็บข้อมูลเพื่อมาออกแบบระบบของโรงเรือนเลี้ยงโคนม ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมภูสิงห์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ได้สอบถามผู้ดูแลในการให้อาหารโคนม พบว่า ในปัจจุบันมีการให้อาหารโคนมอย่างน้อยวันละสองถึงสามครั้ง และต้องใช้แรงงานคนต่อการให้อาหารหนึ่งเป็นเวลาประมาณหนึ่งชั่วโมง ทำให้มีต้นทุนในการผลิตจากแรงงานคน งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบให้อาหารโคนมอัตโนมัติเพื่อลดต้นทุนแรงงานคน

ในระบบการควบคุมหุ่นยนต์ให้อาหารโคนมอัตโนมัติ จะสามารถควบคุม ตั้งค่าหรือตรวจสอบผ่านอินเทอร์เน็ต โดยเครื่องแม่ข่ายจะทำการรับข้อมูลและแสดงผลข้อมูลต่างๆ ผ่านเว็บไซต์ สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งโทรศัพท์เคลื่อนที่ แท็บเล็ต หรือคอมพิวเตอร์ โดยที่หุ่นยนต์จะจัดการผ่านซอฟต์แวร์ผ่านระบบเครื่องแม่ข่ายคลาวด์ และจะมีระบบนำทางโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับเส้นแม่เหล็ก โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูอิโน่ สั่งงานมอเตอร์ล้อทั้งสองด้าน เพื่อให้หุ่นยนต์เดินทางไปยังจุดที่ต้องการป้อนอาหารให้โคนม ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนผังการการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมของหุ่นยนต์

การทำงานของหุ่นยนต์ให้อาหารโคนมอัตโนมัติ โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ทำหน้าที่เหมือนสมองจะรับค่าจากเซอร์เซอร์จับเส้นแม่เหล็กเพื่อขับเคลื่อนหุ่นยนต์วิ่งไปตามเส้นตามจุดที่ต้องการ โดยจะรับค่าจากระบบระบุจุดตำแหน่งเพื่อให้รู้ว่าหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปให้อาหารตรงจุดไหนให้เหมาะสมกับการให้อาหารโคนมมากที่สุดและง่ายต่อการกินอาหารของโคนม หลังจากนั้นหุ่นยนต์จะทำการป้อนอาหารโคนม และดำเนินการให้อาหารให้ครบทุกจุดตามที่กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 5



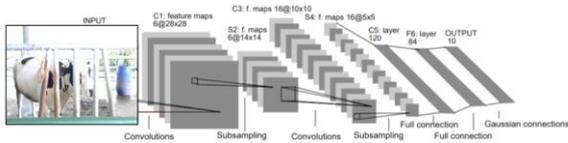
รูปที่ 5 ขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์

บทความวิจัย (Research Article)

3.2 แนวคิดของเทคนิคการประมวลผลภาพที่นำมาประยุกต์ใช้งาน

ที่ผ่านมาการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้ของเครื่องที่หลากหลายงานและใช้งานกว้างขวางเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน โดยกระบวนการเรียนรู้เครื่องจักรโดยทั่วไป แสดงดังรูปที่ 6 ก่อนการวิเคราะห์หรือจำแนกข้อมูลจะต้องสร้างคุณลักษณะ (Feature Extraction) และขั้นตอนนี้ต้องพึ่งพาอาศัยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญสร้างอัลกอริทึม เพื่อใช้สร้างคุณลักษณะที่เหมาะสมเป็นอินพุตของอัลกอริทึมการเรียนรู้เครื่องจักร และส่งผลให้ได้เอาต์พุตที่มีประสิทธิภาพสูงเพิ่มขึ้น ซึ่งกระบวนการสร้างคุณลักษณะนับว่าเป็นข้อจำกัดหนึ่งของการเติบโตการเรียนรู้เครื่องจักร การเรียนรู้เชิงลึกเป็นหนึ่งในประเภทอัลกอริทึมการเรียนรู้เครื่องจักรที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นกระบวนการที่สามารถสร้างคุณสมบัติได้ด้วยตนเองแบบอัตโนมัติ

งานวิจัยนี้ได้ใช้การเรียนรู้เชิงลึกเพื่อแก้ปัญหาในการประมวลผลภาพคอนมในคอก ซึ่งใช้โมเดล CNN สำหรับการค้นหาคุณลักษณะและการรู้จำภาพ การแบ่งส่วน (Segmentation) การตรวจจับวัตถุ (Object Detection) และการเรียกคืนรูปภาพ (Image Restoration) เป็นต้น โดยโครงสร้างทั่วไปของโมเดลแสดง ดังรูปที่ 6 ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 6 โครงสร้างของ CNN [3]

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ

Raspberry Pi 4 Model B คือ บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อกับจอมอนิเตอร์คีย์บอร์ดและเมาส์ได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการทางด้านอิเล็กทรอนิกส์

การเขียนโปรแกรม และยังสามารถประมวลผลข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีขนาดหน่วยความจำหลัก 4 กิกะไบต์ และความเร็วของหน่วยประมวลผล 64 บิต 1.5 กิกะเฮิร์ตซ์ แต่มีขนาดเล็กจึงเหมาะสมในการติดตั้งเพื่อใช้ประมวลผลภาพในหุ่นยนต์ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 Raspberry Pi 4 Model B [19]

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองนี้รวบรวมจากหุ่นยนต์ภาพคอนมในคอกในโรงเรียนที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมภูสิงห์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ซึ่งมีทั้งหมด 99 ภาพ เพื่อฝึกสอนให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้ เป็นจำนวน 100 รอบ แล้วจึงนำภาพที่เหลืออีก 42 ภาพมาทดสอบความถูกต้องในการจำแนก ดังข้อมูลในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและทดสอบ

กระบวนการ	จำนวนรูป		
	ไม่มีวัว	มีวัว	รวม
การฝึกสอน	16	83	99
การปรับเทียบ	6	36	42
การทดสอบ	10	26	36
รวม	32	146	178

3.4 การวัดประสิทธิภาพ (Evaluation Metrics)

จากรูปแบบปัญหาของงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยวิธีการประเมินประสิทธิภาพ การวัดค่าความถูกต้องการรู้จำ (Accuracy Recognition: AR) ค่าความถูกต้องการรู้จำเป็นวิธีวัดค่าความถูกต้องของการรู้จำของโมเดล

บทความวิจัย (Research Article)

การเรียนรู้เชิงลึกที่ประยุกต์ใช้งาน โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้เพื่อการวัดประสิทธิภาพการรู้จำคอนมในโรงเรือน ดังแสดงสมการที่ 4 ที่อัตราส่วนร้อยละของจำนวนข้อมูลภาพที่โมเดลตอบได้ถูกต้องต่อจำนวนข้อมูลภาพที่ใช้ทดสอบทั้งหมด

$$AR = \frac{\text{\#correctly recognized samples}}{\text{\#all tested samples}} \times 100 \quad (4)$$

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการเปรียบเทียบผลของอัลกอริทึมการประมวลผลภาพ

จากการทดลองการวิเคราะห์ภาพคอนมเพื่อให้หุ่นยนต์ป้อนอาหารในแต่ละจุด โดยเป็นการเปรียบเทียบของแต่ละอัลกอริทึมการประมวลผลภาพเพื่อหาอัลกอริทึมที่มีความเหมาะสมมากที่สุดพบว่าอัลกอริทึม MobileNetV2 มีความเหมาะสมมากที่สุดทั้งในด้านขนาดของอัลกอริทึมที่มีค่าน้อยที่สุด มีความเร็วสูงสุด และมีความแม่นยำอยู่ในระดับที่ดี ดังแสดงในตารางที่ 2

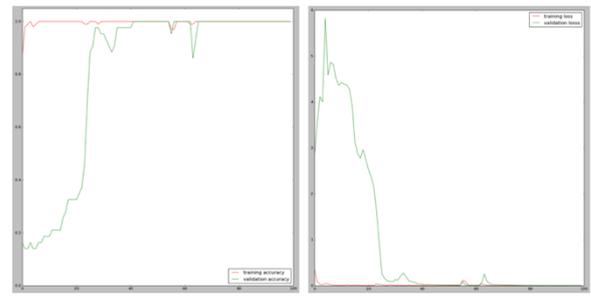
ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลของอัลกอริทึมการประมวลผลภาพ

เทคนิคการประมวลผลภาพ	ขนาดไฟล์ (MB)	จำนวนตัวแปร	เวลาการฝึกสอน	เวลาการทดสอบ	วิธีการฝึกสอน	การถ่ายโอนการเรียนรู้
VGG16	528	14,715,714	3m 30s	0.003s	97.22%	97.22%
MobileNetV2	14	2,260,546	1m 44s	<0.001s	72.22%	97.22%
NASNetMobile	23	4,271,830	5m 16s	0.002s	72.22%	100%
EfficientNetB1	31	6,557,801	3m 30s	0.002s	91.67%	97.22%

4.2 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำในการจำแนกภาพ

จากการทดลองกราฟแสดงค่าความแม่นยำในการจำแนกภาพ เส้นสีแดงแสดงค่าความแม่นยำจากชุดฝึกสอนเมื่อใช้เทคนิค MobileNetV2 จำนวนการเรียนรู้ 100 มีค่า 1 และเส้นสีเขียวแสดงค่าความแม่นยำจากชุดทดสอบ 0.9 จะพบว่าเมื่อมีการใช้เทคนิค MobileNetV2 แล้วค่าความแม่นยำในการ

จำแนกภาพจากชุดทดสอบมีค่าสูง ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากชุดฝึกสอน และที่จำนวนการเรียนรู้ 100 จะพบว่าเทคนิค MobileNetV2 ช่วยให้ประสิทธิภาพในการจำแนกภาพหรือค่าในการทำนายถูกต้องสูงขึ้น ดังแสดงรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง accuracy, loss กับ epochs ของเทคนิค MobileNetV2

5. สรุปผลการทดลอง

ระบบสมาร์ตฟาร์มสำหรับการให้อาหารคอนมอัตโนมัติ จะเป็นการประยุกต์ใช้งานการประมวลผลภาพมาช่วยวิเคราะห์สถานะคอนมในแต่ละคอกในโรงเรือนว่ามีคอนมหรือไม่ โดยใช้เทคนิค MobileNet ซึ่งมีความเหมาะสมทั้งในด้านขนาดและความแม่นยำในการใช้งานกับไมโครโพรเซสเซอร์ Raspberry Pi ที่ประสิทธิภาพการคำนวณที่จำกัด ซึ่งมีขนาดน้อยที่สุด 14 เมกะไบต์ มีความเร็วมากที่สุดในการตอบสนองที่ 0.001 วินาที และมีความแม่นยำอยู่ที่ 97.22 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้หุ่นยนต์ได้ป้อนอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ให้อาหารตรงคอกที่ยังไม่มีคอนมซึ่งจะช่วยให้ลดการสูญเสียพลังงานของหุ่นยนต์

6. เอกสารอ้างอิง

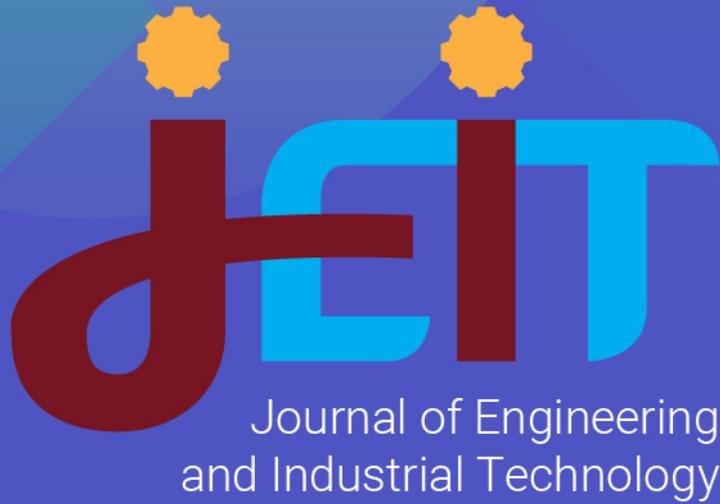
- [1] LELY VECTOR, "Automatic feeding system," [Online]. Available: <https://www.lely.com/us/>. [Accessed: 10 November 2022].

บทความวิจัย (Research Article)

- [2] S. Dargan, et al., "A Survey of Deep Learning and Its Applications: A New Paradigm to Machine Learning," *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 27, no. 4, pp. 1071–1092, 2020.
- [3] Y. LeCun, et al., "Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition," *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, no. 11, pp. 2278–2324, 1998.
- [4] S. Loffe and C. Szegedy, "Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift," in *Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning*, vol. 37, pp. 1-9, 2015.
- [5] V. Nair and G. E. Hinton, "Rectified Linear Units Improve Restricted Boltzmann Machines," in *Proceedings of the 27th International Conference on Machine Learning*, vol. 10, no. 2, pp. 807-814, 2010.
- [6] M. Lin, et al., "Network In Network," *Computer Science*, pp. 1-10, 2013.
- [7] A. Krizhevsky, et al., "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks," *Communications of the ACM*, vol. 60, no. 6, pp. 84-90, 2017.
- [8] J. Deng, et al., "ImageNet: A large-scale hierarchical image database," in *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 248-255, 2009.
- [9] K. Simonyan and A. Zisserman, "Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition," *Clinical Orthopaedics and Related Research*, pp. 1409-1556, 2015.
- [10] C. Szegedy, et al., "Going deeper with convolutions," in *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2015, pp. 1-9.
- [11] C. Szegedy, et al., "Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision," in *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016, pp. 2818-2826.
- [12] K. He, et al., "Deep Residual Learning for Image Recognition," in *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016, pp. 770-778.
- [13] C. Szegedy, et al., "Inception-v4, inception-ResNet and the impact of residual connections on learning," in *Proceedings of the Thirty-First AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 2017, pp. 4278-4284.
- [14] G. Huang, et al., "Densely Connected Convolutional Networks," in *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2017, pp. 2261-2269.
- [15] J. Hu, et al., "Squeeze-and-Excitation Networks," in *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2018, pp. 7132-7141.
- [16] A. G. Howard, et al., "MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications," *International Journal of Intelligence Science*, vol. 11, no. 1, pp. 1-9, 2017.

บทความวิจัย (Research Article)

- [17] M. Sandler, et al., "MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks," in *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2018, pp. 4510–4520.
- [18] B. Zoph, et al., "Learning Transferable Architectures for Scalable Image Recognition," in *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2018, pp. 8697-8710.
- [19] Cytron Technologies Co. Ltd., "Raspberry Pi 4 Model B 4GB and Kits," [Online]. Available: <https://th.cytron.io/p-raspberry-pi-4-model-b-4gb>. [Accessed: 10 November 2022].



วารสารวิศวกรรม และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology,
Kalasin University

กองบรรณาธิการวารสาร
"วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์"
"Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University"

คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
62/1 ถนนเกษตรสมบูรณ์ ต.กาฬสินธุ์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ 46000
โทร: 088-574-2199 Email: jeit@ksu.ac.th