

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ปีที่ 6 ฉบับที่ 1

เดือนมกราคม – เดือนมิถุนายน 2565

Journal of Science and Technology Buriram Rajabhat University

Vol. 6 No. 1

January – June 2022

ISSN 2774-0838

เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
สำนักงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
439 ถนนจิระ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ 31000
โทรศัพท์ 044-611-221 ต่อ 6001 โทรสาร 044-612-858

บทบรรณาธิการ

วารสาร “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์” ทำการปรับปรุงให้มีการเผยแพร่ทั้งในรูปแบบออนไลน์และฉบับตีพิมพ์ ซึ่งฉบับปัจจุบันเป็นปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มีกำหนดเผยแพร่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2565 วารสารฉบับนี้มีบทความนำเสนอทั้งหมด 8 เรื่อง โดยผู้เขียนจากหลากหลายสถาบัน และมีการนำเสนอเนื้อหาที่มีความหลากหลายจากด้านวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ทุกบทความที่เผยแพร่ได้ผ่านการพิจารณาถ้อยแถลงจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง (Peer Review) จำนวน 3 ท่าน และได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการโดยเจ้าของบทความยินยอมให้บรรณาธิการแก้ไขบทความเพื่อให้สมบูรณ์ในขั้นตอนสุดท้ายก่อนเผยแพร่

กองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้เขียน ผู้ทรงคุณวุฒิ คณะที่ปรึกษาวารสาร คณะทำงานวารสาร กองบรรณาธิการ และสมาชิกจากมหาวิทยาลัยเครือข่ายที่ให้ความสนใจและให้การสนับสนุนด้วยดีมาโดยตลอด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ทางวิชาการสำหรับผู้อ่านทุกท่าน หากท่านมีข้อเสนอแนะประการใด กองบรรณาธิการยินดีน้อมรับคำเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพวารสารให้มีมาตรฐานยิ่งขึ้น

กองบรรณาธิการ

ที่ปรึกษา

- | | | |
|--|-------------------------|----------------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์มาลิณี จุโฑปะมา | อธิการบดี | มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา รักการศิลป์ | รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ | มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร ชื่นชูจิตร์ | คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |

บรรณาธิการ

อาจารย์ ดร.ทิพวัลย์ แสนคำ

รองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สราวุธ แก้วศรี

กองบรรณาธิการ

- | | |
|--|-----------------------------|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.ชิตชนก เหลือสินทรัพย์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนอมทอง | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 3. ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 4. ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ทิพย์แก้ว | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกตุจันทร์ จำปาไชยศรี | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี ปานซาง | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ |
| 8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ.ประยุทธ์ กุศลรัตน์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา |
| 9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยยันต์ สกฤตไทย | มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม |
| 10. อาจารย์ ดร.สุนันทา กลิ่นถาวร | มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม |
| 11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรนนท์ สอนแก้ว | มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง |
| 12. อาจารย์ ดร.ชาตวุฒิ ธนาจิรันธร | มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |

ผู้ทรงคุณวุฒิประจำฉบับ

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลรัตน์ สมใจ | มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษสุดา บุรณพันธ์ศักดิ์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรเกล้า เจริญผล | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ มหัทธนชัย | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ |
| 5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณพฐ์ โสภีพันธ์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา |
| 6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เดือนฉาย ไชยบุตร | มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ |
| 7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรัช อารีราษฎร์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม |
| 8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล ศักดิ์ประกรกาญจน์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |
| 9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ่ง | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยวงศ์ ภูปัญญา | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี |
| 11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี คำโมง | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |
| 12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชรพงษ์ วงศ์เขียว | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา |
| 13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิไลรัตน์ ยาทองไชย | มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |
| 14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ จีวัฒนา | มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |
| 15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร ชื่นชูจิตร | มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |
| 16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นำสุข นวพงษ์พัฒน์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา |
| 17. รองศาสตราจารย์ ดร.กุลวดี โรจน์ไพศาลกิจ | มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์ |
| 18. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระชัย บงการณ | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 19. รองศาสตราจารย์ ดร.บุปผาชาติ ต่อบุญสูง | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา |
| 20. รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา อมรกิจบำรุง | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 21. รองศาสตราจารย์ ดร.สามารถ ใจเตี้ย | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ |

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
การออกแบบแบบจำลองการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังในเขตพื้นที่ จังหวัดนครราชสีมาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล.....1	
ชนิษฐา กุลนาวัน วันเพ็ญ โพธิ์เกษม และ ศันสนีย์ เลี้ยงพานิชย์	
แผ่นขึ้นไม้อัดต้านทานการลามไฟจากเปลือกข้าวโพดเคลือบเจลาตินปลา.....17	
จินดาพร สืบขำเพชร และ อีระวิทย์ พลโคกก่อง	
เซนเซอร์แสงของฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 ที่เตรียมด้วยเผาผนึกสาร.....29	
ศานิตย์ สุวรรณวงศ์ กฤษณะ สีส และ อาทิตย์ หู่เต็ม	
การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตยางพารา.....39	
สมภพ กาญจนะ กาญจนา ดวดไธสง และ ปลายฟ้า วงศ์พินิจ	
การเปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเองในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ของวัยรุ่นและผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม : กรณีศึกษา บ้านสะแกข่า ตำบลสะแกข่า อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์.....47	
กนิษฐา จอดนอก ฉวีวรรณ ยอดอินทร์ และ กิตติศักดิ์ นามวิชา	
นวัตกรรมดิจิทัลเพื่ออนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกและส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สัก.....61	
ชนินทร์ มหัทธนชัย บุชราภรณ์ มหัทธนชัย จิตราภรณ์ ธาราพิทักษ์วงศ์ ทิวาวัลย์ ตะการ วาสนา สันติธีรากุล และ ประยูร ไชยบุตร	
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองการทำนายผลการเรียนของนิสิตที่ใช้งาน ระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง.....77	
ปริญญช ประเสริฐสิริกุล ศิริสรรพ เหล่าหะเกียรติ เรืองศักดิ์ ตระกูลพุทธิรักษ์ และ ศศิวิมล สุขพัฒน์	
วงกลมแนบในและวงกลมล้อมรอบของรูปสี่เหลี่ยม.....101	
จักรกริช ถ้ำแก้ว และ ปวีณา ถ้ำแก้ว	

การออกแบบแบบจำลองการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังในเขตพื้นที่
จังหวัดนครราชสีมาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล
Applied Data Mining for forecasting cassava yield in Nakhon Ratchasima.

ชนิษฐา กุลนาวิน* วันเพ็ญ โพธิ์เกษม และ ศันสนีย์ เลี้ยงพานิชย์

Kanitta Kulnawin* Wanpen Pokasem and Sansanee Liangpanit

สาขาวิชาวิทยาการสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

Informatics Program, Faculty of Sciences and Technology,

Nakhon Ratchasima Rajabhat University

E-Mail: nonone007@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบแบบจำลองการพยากรณ์ของผลผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลในเขตพื้นที่เพาะปลูกจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ พ.ศ. 2555-2559 ประกอบด้วยคุณลักษณะ (attribute) 8 คุณลักษณะมาสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ โดยผ่านกระบวนการคัดเลือกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพยากรณ์ (Feature selection) ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ จากนั้นนำไปพัฒนาแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ โดยใช้เทคนิคโครงสร้างต้นไม้ เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม เทคนิคเครือข่ายเบย์ และเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน พบว่าประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยใช้เทคนิคเครือข่ายเบย์ให้ค่าความถูกต้อง เมื่อทดสอบด้วยวิธีการแบ่งข้อมูลแบบสุ่มด้วยการแบ่งร้อยละ ได้แสดงค่าความแม่นยำ ค่าความระลึกรู้ได้ และค่าการวัดประสิทธิภาพในภาพรวมที่ดีที่สุด มีค่าดังนี้ 0.673, 0.606, 0.685 และ 0.629 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่าความผิดพลาดของรากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง และยังวัดค่าความแม่นยำ โดยใช้เกณฑ์ในการเปรียบเทียบจากรากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย มีค่าดังนี้ 0.303 และ 0.201 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนน้อยแบบจำลองที่ได้จึงมีความแม่นยำของการพยากรณ์ดี

คำสำคัญ: พยากรณ์ ผลผลิตมันสำปะหลัง นครราชสีมา

ABSTRACT

The purpose of this research was to study forecasting models about cassava yield in Nakhon Ratchasima from the data during year 2012-2016. The data set

consisted 8 features of attributes to construct the forecasting Model. Then the features were selected by Factor Analysis. The researcher has chosen four models: Decision Tree, Artificial neural network, Naïve Bayes and Support vector machine for the comparison, with the purpose to identify the most efficiency model for the forecast of cassava yield. Finally, the model was compared by the Performance Test with a Percentage split. These results showed that Naïve Bayes model was most efficiency used as a forecasting model. Its efficiency rates for forecasting the cassava yield in Nakhon Ratchasima. Overall, the best accuracy of model is 0.673, precision is 0.606, recall is 0.685, and so on F-measure is 0.629. Moreover, performance of model was measure by using the basic of comparison: Root Mean Square Error and Mean Absolute Error. According to the performance, Root mean square Error is 0.303 and mean absolute error 0.201. That mean the smaller error is higher accurate and efficient in prediction outcome.

Keywords: forecast, cassava yield, Nakhon Ratchasima

บทนำ

จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีแหล่งปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดในประเทศไทยประมาณ 2 ล้านไร่ การปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา ส่วนใหญ่จะอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก โดยจะมีการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน ทำให้ผลผลิตหัวสดที่ได้จะสูงกว่าการปลูกในช่วงอื่น ๆ แต่การอยู่รอดของต้นมันสำปะหลังมีน้อย ซึ่งหากปลูกในช่วงฤดูแล้งจะให้ผลผลิตสูงที่สุด โดยคุณสมบัติของดินจะมีลักษณะเนื้อดินค่อนข้างหยาบ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548) ดังนั้นในการตัดสินใจเลือกช่วงการปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสม จึงต้องพิจารณาทั้งปริมาณน้ำฝนและลักษณะของดิน แนวโน้มของการผลิตมันสำปะหลังลดลงอาจเนื่องมาจากความผันผวนของสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง และสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ทำให้บางช่วงเวลา บางพื้นที่มีสภาพแห้งแล้งและหนาวเย็นผิดปกติ ส่งผลกระทบทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลง เนื่องจากไม่สามารถคาดเดาสถานการณ์ของการปลูกมันสำปะหลังที่ดีได้ นอกจากนี้จังหวัดนครราชสีมายังไม่มีเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุน ให้คำแนะนำ ตัดสินใจ หรือคาดการณ์ผลผลิตที่จะเกิดขึ้นในอนาคตที่ดี เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้เพื่อส่งเสริมการเกษตร และการวางแผนการผลิต เพื่อให้เกิดผลผลิตที่ดีได้

จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยจึงได้ทำการศึกษาและออกแบบแบบจำลองการพยากรณ์ของผลผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลในเขตพื้นที่เพาะปลูกจังหวัดนครราชสีมา โดยมีกร

นำเสนอแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์โดยใช้ 4 เทคนิคดังนี้ คือโครงสร้างต้นไม้ โครงข่ายประสาทเทียม เครือข่ายเบย์ และซัพพอร์ตเวกเตอร์ แมชชีน แล้วทำการทดสอบความแม่นยำในการพยากรณ์ แล้วทำการคัดเลือกเทคนิคที่ให้ความแม่นยำดีที่สุดไปใช้ในการออกแบบแบบจำลองการพยากรณ์ โดยแบบจำลองพยากรณ์ที่จะมีความแม่นยำ เพื่อช่วยให้เกษตรกรหรือผู้เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการบริหารจัดการการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วยการพยากรณ์เพื่อใช้วางแผนการปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งจะส่งเสริมให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงขึ้นโดยใช้พื้นที่เพาะปลูกเท่าเดิม ส่งผลให้ลดต้นทุนการผลิตและมีผลผลิตที่สูงขึ้น ทำให้ความเป็นอยู่ของเกษตรกรดีขึ้น

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาและออกแบบแบบจำลองการพยากรณ์ของผลผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลในเขตพื้นที่เพาะปลูกจังหวัดนครราชสีมา

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปิยะพร แซ่ลิ้ม และคณะ (2562) ได้ทำการวิจัยเพื่อพยากรณ์ผลผลิตข้าวหอมมะลิจังหวัดนครราชสีมา เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ผลผลิตข้าวหอมมะลิ จังหวัดนครราชสีมา เทคนิคการพยากรณ์เชิงสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยวิธีการถดถอยแบบลำดับขั้น (Stepwise Regressions) และวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins method) และใช้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี ในการวิจัยครั้งนี้ ข้อมูลที่นำมาศึกษานั้น เป็นข้อมูลทุติยภูมิรายปีจากแหล่งข้อมูล 2 แหล่งคือกรมเศรษฐกิจการเกษตร และกรมอุตุนิยมวิทยา ผลการเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ที่ได้จากเทคนิคการพยากรณ์เชิงสถิติทั้ง 2 วิธี พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ พบว่าตัวแบบการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยวิธีการถดถอยแบบลำดับขั้น (Stepwise Regressions) เป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ผลผลิตข้าวหอมมะลิจังหวัดนครราชสีมา และเมื่อนำตัวแบบมาพยากรณ์ผลผลิตข้าวหอมมะลิ จังหวัดนครราชสีมา ล่วงหน้าอีก 1 คาบเวลา คือปี 2560 จากผลการพยากรณ์ สรุปได้ว่า ปริมาณผลผลิตข้าวหอมมะลิจังหวัดนครราชสีมา จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากปี 2559 ประมาณ 7.429%

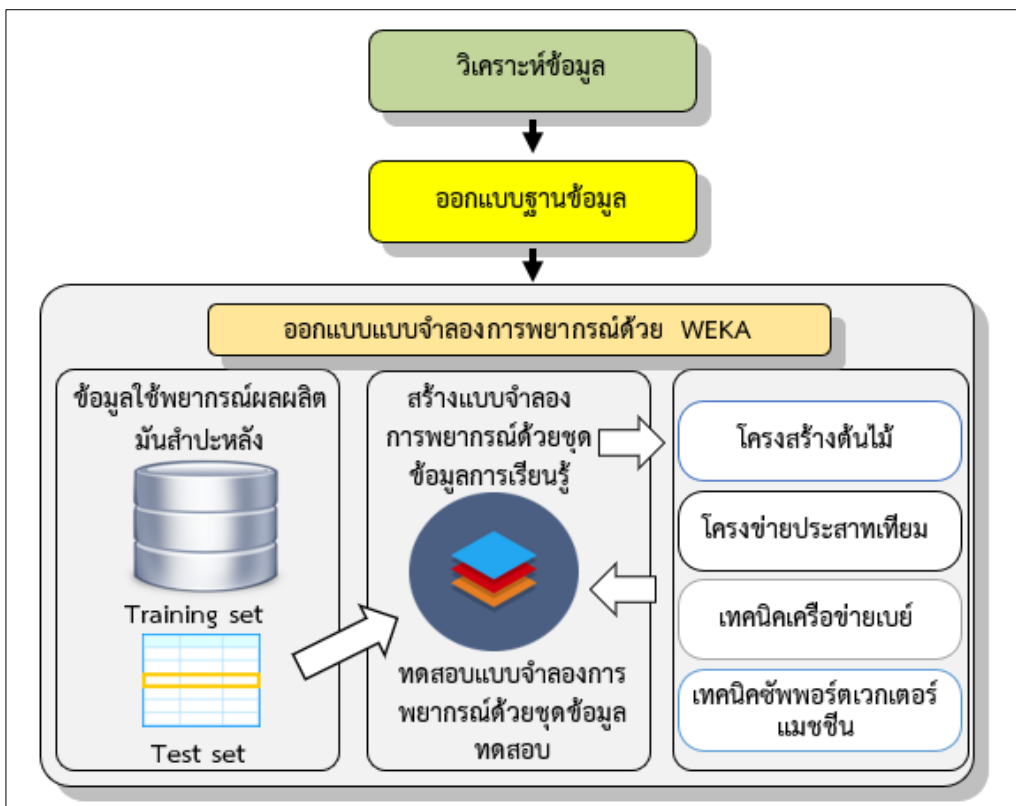
อรนงค์ บุเกตุ และพฤษดี ศิริแสงตระกูล (2556) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพยากรณ์ปริมาณผลผลิตอ้อยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่มีกระบวนการเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ ในการศึกษาผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตอ้อยจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลจังหวัด ปีการผลิต ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย ผลผลิตอ้อยเฉลี่ยต่อไร่ และพื้นที่ปลูกอ้อยเป็นข้อมูลนำเข้าของตัวแบบ ANN1 เพื่อยืนยันความสัมพันธ์ของปัจจัยกับปริมาณผลผลิตอ้อย ผู้วิจัยจึงได้ทำวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยโดยใช้

Correlation และ Regression ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ได้แก่ ข้อมูลจังหวัด ปีการผลิต ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ผลผลิตอ้อยเฉลี่ยต่อไร่ และพื้นที่ปลูกอ้อย ซึ่งจะเป็นข้อมูลนำเข้าตัวแบบ ANN2 และจากสมมติฐานด้านพืชแข่งขันทางเศรษฐกิจของอ้อย โดยราคาพืชแข่งขันทางเศรษฐกิจน่าจะมีผลต่อปริมาณการปลูกอ้อยในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เพิ่มปัจจัยด้านราคาพืชแข่งขันที่สำคัญ 3 ปัจจัยคือ ราคาอ้อยเฉลี่ย ราคายางพาราเฉลี่ย และราคามันสำปะหลังเฉลี่ย เมื่อรวมกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ ได้แก่ ข้อมูลจังหวัด ปีการผลิต พื้นที่ปลูกอ้อย ผลผลิตอ้อยเฉลี่ยต่อไร่ และข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจะเป็นข้อมูลนำเข้าของตัวแบบ ANN3 ในการศึกษา ผู้วิจัยใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2547-2552 เพื่อสร้างและเปรียบเทียบโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมจากข้อมูลปัจจัยนำเข้าทั้ง 3 ชุด ซึ่งผลการศึกษาพบว่าตัวแบบ ANN3 ที่มีสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 8:4:1 ให้ผลพยากรณ์แม่นยำสูงสุด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.9973 เมื่อเทียบกับ ANN1 ที่มีสถาปัตยกรรม 5:10:1 และ ANN2 ที่มีสถาปัตยกรรม 6:8:1 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.9794, 0.9822 ตามลำดับ

ชนิษฐา กุลนาวิน และคณะ (2557) การศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคเหมืองข้อมูลใช้ในการพยากรณ์ผลผลิตพืชไร่ทางการเกษตร: กรณีศึกษาข้าวไทย ได้ศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคเหมืองเพื่อใช้ในการพยากรณ์ผลผลิตข้าวไทยที่มีความแม่นยำสูง โดยเริ่มจากการทำการศึกษาเปรียบเทียบเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการพยากรณ์ผลผลิตข้าว แล้วค่อยศึกษาเทคนิคของเหมืองข้อมูลเพื่อหาเทคนิคที่พยากรณ์ผลแม่นยำสูง ผลของการศึกษานี้พบว่าปัจจัยที่เหมาะสมในการพยากรณ์ ได้แก่ ข้อมูลผลผลิตทางการเกษตร ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด จำนวนวันที่ฝนตก และความชื้นสัมพัทธ์ พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยวโดยเป็นข้อมูลทุกจังหวัดตามชนิดของพันธุ์ข้าวและฤดูการปลูก ข้าวย้อนหลังเป็นเวลา 10 ปีตั้งแต่ ปี 2543-2552 ข้อมูลได้มาจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและกรมอุตุนิยมวิทยา ในส่วนของการทำการเปรียบเทียบเทคนิคเหมืองข้อมูลได้พิจารณา 4 อัลกอริทึม ดังนี้ โครงข่ายประสาทเทียม การถดถอยเชิงเส้น ชัฟฟอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และต้นไม้การตัดสินใจ ผลของการศึกษานี้ พบว่าเทคนิคการถดถอยเชิงเส้นเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพเพื่อใช้พยากรณ์ผลผลิตข้าว ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยรวมดีที่สุด ผลที่ได้จากการพยากรณ์สามารถนำมาใช้เพื่อกำหนดนโยบายการวางแผนการเพาะปลูกและการพัฒนาของการเพาะปลูกข้าวที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มศักยภาพการทำเกษตรกรรม

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและออกแบบแบบจำลองการพยากรณ์ของผลผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล สามารถแสดงการศึกษาและวิธีดำเนินการวิจัยได้ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 ขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบแบบจำลองการพยากรณ์ของผลผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูล

เริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลผลผลิตมันสำปะหลัง เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ของจังหวัดนครราชสีมา ส่วนปริมาณน้ำฝน จำนวนวันที่ฝนตก ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิมีการเก็บข้อมูลของจังหวัดนครราชสีมาเช่นเดียวกัน ข้อมูลที่ทำการรวบรวมมาจาก 2 แหล่งข้อมูล คือ ข้อมูลที่ได้จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร คือผลผลิตมันสำปะหลัง เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ส่วนอีกแหล่งข้อมูล คือข้อมูลที่ได้มาจากกรมอุตุนิยมวิทยา คือ จำนวนวันที่ฝนตก ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของทุกอำเภอในจังหวัดนครราชสีมา ข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาเป็นข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี (พ.ศ. 2555-2559) และใช้ข้อมูลปี 2559 ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังในเขตพื้นที่เพาะปลูกจังหวัดนครราชสีมาเพื่อทำการศึกษาค้นหาความสัมพันธ์ของโครงสร้างของตัวแปรโดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis : EFA) ถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันมาก หรือมีความสัมพันธ์กันอย่างน้อยมีนัยสำคัญ

(เพชรน้อย, 2549) ซึ่งถึงค่า KMO ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 0.5 และเข้าใกล้ 0.5 ดังนั้นตัวแปรนำมาใช้ได้แก่ ผลผลิตมันสำปะหลังรายอำเภอ เนื้อที่เพาะปลูกมันสำปะหลังรายอำเภอ เนื้อที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังรายอำเภอ ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายอำเภอ ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายอำเภอ ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายอำเภอ ค่าอุณหภูมิต่ำสุดรายอำเภอ และค่าความเข้มแสงเฉลี่ยรายอำเภอ

2. ออกแบบฐานข้อมูล

สามารถแสดงขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูล ดังนี้

1. สร้างระบบฐานข้อมูลด้วยระบบจัดการฐานข้อมูล เพื่อจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการสำรวจให้เป็นระเบียบ เป็นมาตรฐานเดียวกัน

2. การเตรียมความพร้อมสำหรับทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่รวบรวมมาได้

2.2 ทำความเข้าใจกับข้อมูล

2.3 จัดทำคลังข้อมูล (Data Warehouse) เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเหมืองข้อมูล ข้อมูลที่จัดเก็บมาจาก 2 ส่วนคือข้อมูลจากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร และส่วนปฏิบัติการข้อมูลการเกษตร ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยมีการกำหนดลักษณะของข้อมูลที่จะทำการศึกษาเป็นข้อมูลย้อนหลังของอำเภอต่าง ๆ ในจังหวัดนครราชสีมาเป็นเวลา 5 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี 2555-2559 ลักษณะของข้อมูลที่ใช้มีดังนี้

2.3.1 ผลผลิตมันสำปะหลังรายอำเภอ

2.3.2 เนื้อที่เพาะปลูกมันสำปะหลังรายอำเภอ

2.3.3 เนื้อที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังรายอำเภอ

2.3.4 ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายอำเภอ

2.3.5 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายอำเภอ

2.3.6 ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายอำเภอ

2.3.7 ค่าอุณหภูมิต่ำสุดรายอำเภอ

2.3.8 ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยรายอำเภอ

2.4 ทำความสะอาดข้อมูลและเนื่องจากข้อมูลที่ได้อาจมีความขาดหายหรือเมื่อนำมารวมกันแล้วเกิดความไม่สมบูรณ์ของข้อมูล

2.5 ปรับเปลี่ยนข้อมูลให้มีรูปแบบที่เหมาะสมสอดคล้องกับวิธีการเรียนรู้ของอัลกอริทึมแบบใดแบบต่าง ๆ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงออกมาเป็นค่าระดับ หรือค่าที่เป็นช่วง เช่น การเปลี่ยนแปลงตัวเลขอุณหภูมิให้มีค่าเป็นช่วง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างการปรับเปลี่ยนข้อมูลอุณหภูมิที่เป็นตัวเลขให้มีค่าเป็นช่วง

ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด	ช่วงผลผลิต	แปลงเป็น	ความหมาย
องศาเซลเซียส	มากกว่า 44.5	High	อุณหภูมิสูงเฉลี่ยสูง
	ต่ำกว่า 44.5	Low	อุณหภูมิสูงเฉลี่ยต่ำ

3. ออกแบบแบบจำลองการพยากรณ์ด้วย WEKA

ผู้วิจัยได้ใช้ WEKA ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 เลือกอัลกอริทึมที่เหมาะสม (Select modeling technique) อัลกอริทึมที่เลือกใช้ทดลอง (Cios et al., 2007; Han et al., 2006; Larose, 2005) มีดังนี้

3.1.1 เทคนิคโครงสร้างต้นไม้ เป็นเทคนิคที่มีการตัดสินใจโดยที่จุดเริ่มต้นของต้นไม้เรียกว่าโหนดราก แต่ละกิ่งแสดงค่าของคุณลักษณะของแต่ละโหนด และสีโหนดแสดงกลุ่ม (Class) ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่สามารถแยกแยะได้

3.1.2 เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม เป็นเทคนิคที่มาจากงานวิจัยด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) เพื่อใช้ในการคำนวณค่าฟังก์ชันจากกลุ่มข้อมูล วิธีการนี้เป็นการให้เครื่องเรียนรู้จากตัวอย่างต้นแบบ แล้วฝึก (Train) ให้ระบบได้รู้จักที่จะคิดแก้ปัญหาที่กว้างขึ้นได้ ภายในโครงข่ายมีโหนดและจุดเชื่อมต่อโครงข่าย เมื่อป้อนข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตโครงข่ายประสาทเทียม จะทำการคำนวณและปรับค่าตัวเลขน้ำหนักเองโดยใช้กฎเกณฑ์ต่าง ๆ เข้าช่วยจนผลลัพธ์ที่ได้ออกมาถูกต้องแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

3.1.3 เทคนิคเครือข่ายเบย์ หรือเรียกโดยย่อว่า (Bayes net) เป็นวิธีที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและแสดงออกมา ในรูปแบบของแบบจำลองโดยอาศัยฐานความรู้ก่อนหน้า (Prior knowledge) ในการที่จะอธิบายและสร้างข่ายงานเบย์ และสามารถอธิบายความไม่ขึ้นต่อกันอย่างมีเงื่อนไข (Condition independent) ระหว่างตัวแปรบริบทของข่ายงานความเชื่อเบย์นิยมใช้คำว่า “ตัวแปร” (Variable) แทนคำว่า “คุณสมบัติ” เพื่อทำให้กระบวนการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ โดยเราสามารถใส่ความรู้ก่อนในข่ายงานความเชื่อเบย์ให้อยู่ในรูปของโครงสร้างข่ายงานและตารางความน่าจะเป็นมีเงื่อนไข โดยนิยามความไม่ขึ้นต่อกันอย่างมีเงื่อนไขได้

3.1.4 เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน แบบจำลองแบบไม่เป็นเชิงเส้น ที่มีการเรียนรู้ตามหลักการซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนที่หาคะนาบการตัดสินใจในการแบ่งข้อมูลตามสมการเส้นตรงเพื่อแบ่งเขตข้อมูลเป็นสองกลุ่มออกจากกัน โดยจะพยายามสร้างเส้นแบ่งตรงกึ่งกลางระหว่างกลุ่มให้มีระยะห่างระหว่างขอบเขตของทั้งสองกลุ่มมากที่สุด เป็นการจำลองลักษณะของเซลล์ประสาทด้วยการใช้ Kernal function ที่เรียกว่าตัวแปรในการตัดสินใจว่าคุณสมบัติและตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงใช้ในการกำหนดระนาบหลายมิติ เรียกว่า คุณลักษณะ (Feature) ส่วนการเลือกที่มีความเหมาะสมที่สุดเรียกว่า การคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature selection) จำนวนเซตของคุณลักษณะที่ใช้อธิบายในกรณีหนึ่ง

(เช่น แกนของการค่าคาดการณ์) เรียกว่า เวกเตอร์ (Vector) ดังนั้นจุดมุ่งหมายของตัวแบบ svm คือ การประโยชน์สูงสุดจากระนาบหลายมิติที่แบ่งแยกกลุ่มของเวกเตอร์ ในกรณีนี้ด้วยหนึ่งกลุ่มของตัวแปร เป้าหมายที่อยู่ข้างหนึ่งของระนาบ และกรณีของกลุ่มอื่นที่อยู่ทางระนาบต่างกัน ซึ่งเวกเตอร์ที่อยู่ข้าง ระนาบหลายมิติทั้งหมดเรียกว่า ซัพพอร์ตเวกเตอร์ (Support vectors) SVM เป็นวิธีการที่สามารถ นำมาใช้ในการจำแนกรูปแบบหรือกลุ่มของข้อมูลได้ โดยจะอาศัยระนาบ มาใช้ในการแบ่งเขตของข้อมูล ออกเป็นสองฝั่ง และ Support vector machines นี้จะมีคุณลักษณะแบบ Inner-product ระหว่างตัว Support vector และ Input vector

3.2 ทำการทดลองด้วยข้อมูลที่จัดเตรียมและวิธีการที่ออกแบบ แล้วบันทึกผลการทดลองแต่ละ ครั้งอย่างเป็นระบบ

3.3 กำหนดรูปแบบการทดสอบ (Generate test design) ซึ่งทำการทดสอบด้วยวิธีวิธีการแบ่ง ข้อมูลแบบสุ่มด้วยการแบ่งร้อยละ แล้วสร้างแบบจำลอง (Build a model) มีการทดสอบประสิทธิภาพ และความแม่นยำของแบบจำลองการพยากรณ์ เพื่อตรวจสอบค่าความผิดพลาดหรือหาค่าความถูกต้อง ในการคาดการณ์ของแบบจำลอง มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 ค่าความถูกต้อง (Accuracy) คือ ค่าการวัดจากการทดสอบหาค่าความถูกต้องการ พยากรณ์ของข้อมูลว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใดโดยคิดเป็นค่าร้อยละ (%)

3.3.2 ค่าความแม่นยำ (Precision) ซึ่งจะเป็นการวัดความแม่นยำของการพยากรณ์ คำนวนได้จากการหาอัตราส่วนของการพยากรณ์ว่าถูกต้องเมื่อเทียบกับข้อมูลที่ถูกต้อง

3.3.4 ค่าความระลึกได้ (Recall) เป็นการวัดจากความถูกต้องของการพยากรณ์

3.3.5 วัดประสิทธิภาพโดยรวม (F-measure) วิธีการคำนวณค่าวัดประสิทธิภาพซึ่งเกิด จากการรวมเอาค่าความแม่นยำ และค่าความระลึกได้มาคำนวณ

3.3.6 รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root mean square error: RMSE) เป็นค่าที่ใช้ในการวัดขนาดของความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ หาก RMSE มีค่าน้อย แสดงว่าแบบจำลองสามารถประมาณค่าประมาณได้ใกล้เคียงกับค่าจริง ดังนั้นหากนี้มีค่าเท่ากับศูนย์ แล้วจะหมายความว่าไม่เกิดความคลาดเคลื่อนในแบบจำลองนี้

3.3.7 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute error: MAE) เป็นค่าเฉลี่ย ของความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าพยากรณ์และค่าจริง หากค่า MAE มีค่าน้อย แสดงว่าแบบจำลอง สามารถประมาณค่าประมาณได้ใกล้เคียงกับค่าจริง

3.4 ดำเนินการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยเทคนิคทั้ง 4 ได้แก่ เทคนิค โครงสร้างต้นไม้ เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม เทคนิคเครือข่ายเบย์ และเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์ แมชชีน

3.5 เลือกเทคนิคที่เหมาะสมเพื่อพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลัง

ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัย สามารถแสดงผลการวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองการพยากรณ์

จากการใช้เทคนิคโครงสร้างต้นไม้ เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม เทคนิคเครือข่ายเบย์ และเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน แสดงผลได้ดังนี้

1.1 ผลการทดลองการพยากรณ์ด้วยโครงสร้างต้นไม้ ตัวแบบการพยากรณ์ที่ใช้เทคนิคนี้คือ Id3 โดยการทดลองวัดผลโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละเทคนิค เพื่อหาค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก ค่าการวัดประสิทธิภาพโดยรวม รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย โดยรวมแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการพยากรณ์ด้วยโครงสร้างต้นไม้

ความเที่ยงตรงของ แบบจำลอง	ค่าความ ถูกต้อง	ค่าความ แม่นยำ	ค่าความ ระลึกได้	วัดประสิทธิภาพ โดยรวม	RMSE	MAE
วิธีการใช้ชุดเรียนรู้และ ทดสอบชุดเดียวกัน	0.764	0.784	0.769	0.765	0.242	0.117
วิธีการตรวจสอบไขว้	0.658	0.644	0.658	0.644	0.312	0.153
วิธีการแบ่งข้อมูลแบบสุ่ม ด้วยการแบ่งร้อยละ	0.630	0.652	0.630	0.623	0.276	0.137

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าความเที่ยงตรงของแบบจำลองการพยากรณ์ด้วยโครงสร้างต้นไม้เมื่อนำมาเปรียบเทียบหาความเที่ยงตรงของแบบจำลองด้วยวิธีการใช้ชุดเรียนรู้และทดสอบชุดเดียวกัน วิธีการตรวจสอบไขว้ และวิธีการแบ่งข้อมูลแบบสุ่มด้วยการแบ่งร้อยละ

1.2 ผลการทดลองการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแบบการพยากรณ์ที่ใช้เทคนิคนี้คือ Multilayer Perceptron โดยการทดลองวัดผลโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละเทคนิคเพื่อหาค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก ค่าการวัดประสิทธิภาพโดยรวม รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยโดยรวมแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดลองการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

ความเที่ยงตรงของ แบบจำลอง	ค่าความ ถูกต้อง	ค่าความ แม่นยำ	ค่าความ ระลึกได้	วัดประสิทธิภาพ โดยรวม	RMSE	MAE
วิธีการใช้ชุดเรียนรู้และ ทดสอบชุดเดียวกัน	0.769	0.770	0.769	0.760	0.247	0.129
วิธีการตรวจสอบไขว้	0.644	0.640	0.644	0.636	0.314	0.164
วิธีการแบ่งข้อมูลแบบ สุ่มด้วยการแบ่งร้อยละ	0.582	0.58	0.593	0.567	0.317	0.170

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าความเที่ยงตรงของแบบจำลองการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเมื่อนำมาเปรียบเทียบหาความเที่ยงตรงของแบบจำลองด้วยวิธีการใช้ชุดเรียนรู้และทดสอบชุดเดียวกัน วิธีการตรวจสอบไขว้ และวิธีการแบ่งข้อมูลแบบสุ่มด้วยการแบ่งร้อยละ

1.3 ผลการทดลองการพยากรณ์ด้วยเทคนิคเครือข่ายเบย์ ตัวแบบการพยากรณ์ที่ใช้เทคนิคนี้คือ Naïve Bayes โดยการทดลองวัดผลโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละเทคนิคเพื่อหาค่าความถูกต้องค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก ค่าการวัดประสิทธิภาพโดยรวม รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย โดยรวมแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดลองการพยากรณ์ด้วยเทคนิคเครือข่ายเบย์

ความเที่ยงตรงของ แบบจำลอง	ค่าความ ถูกต้อง	ค่าความ แม่นยำ	ค่าความ ระลึกได้	วัดประสิทธิภาพ โดยรวม	RMSE	MAE
วิธีการใช้ชุดเรียนรู้และ ทดสอบชุดเดียวกัน	0.698	0.690	0.694	0.652	0.288	0.180
วิธีการตรวจสอบไขว้	0.658	0.617	0.663	0.592	0.307	0.195
วิธีการแบ่งข้อมูลแบบสุ่ม ด้วยการแบ่งร้อยละ	0.673	0.606	0.685	0.629	0.303	0.201

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าความเที่ยงตรงของแบบจำลองการพยากรณ์ด้วยเครือข่ายเบย์เมื่อนำมาเปรียบเทียบหาความเที่ยงตรงของแบบจำลองด้วยวิธีการใช้ชุดเรียนรู้และทดสอบชุดเดียวกัน วิธีการตรวจสอบไขว้ และวิธีการแบ่งข้อมูลแบบสุ่มด้วยการแบ่งร้อยละ

1.4 ผลการทดลองการพยากรณ์ด้วยเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ตัวแบบการพยากรณ์ที่ใช้เทคนิคนี้คือ SMO โดยการทดลองวัดผลโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละเทคนิคเพื่อหา

ค่าความถูกต้องค่าความแม่นยำ ค่าความระลึกลับ ค่าการวัดประสิทธิภาพโดยรวม รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ผลโดยรวมแสดงได้ตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดลองการพยากรณ์ด้วยเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

ความเที่ยงตรงของ แบบจำลอง	ค่าความ ถูกต้อง	ค่าความ แม่นยำ	ค่าความ ระลึกลับ	วัดประสิทธิภาพ โดยรวม	RMSE	MAE
วิธีการใช้ชุดเรียนรู้และ ทดสอบชุดเดียวกัน	0.688	0.591	0.688	0.598	0.340	0.256
วิธีการตรวจสอบไขว้	0.669	0.506	0.669	0.565	0.342	0.258
วิธีการแบ่งข้อมูลแบบสุ่ม ด้วยการแบ่งร้อยละ	0.722	0.616	0.722	0.646	0.335	0.253

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าความเที่ยงตรงของแบบจำลองการพยากรณ์ด้วยเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับความเที่ยงตรงของแบบจำลองด้วยวิธีการใช้ชุดเรียนรู้และทดสอบชุดเดียวกัน วิธีการตรวจสอบไขว้ และวิธีการแบ่งข้อมูลแบบสุ่มด้วยการแบ่งร้อยละ

2. ผลการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลัง

จากผลการทดลองการพยากรณ์ ผู้วิจัยจึงพิจารณาใช้เทคนิคเครือข่ายเบย์ในการนำมาพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ของผลผลิตมันสำปะหลัง ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลในเขตพื้นที่เพาะปลูกจังหวัดนครราชสีมา เพื่อใช้ในการพยากรณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยมีผลของการพยากรณ์เมื่อใช้ข้อมูลปี 2559 แล้วทดสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองด้วยวิธีการแบ่งข้อมูลแบบสุ่มด้วยการแบ่งร้อยละ สามารถทำนายผลได้ดังนี้ ค่าความถูกต้อง คือ 0.417 ค่าความแม่นยำ คือ 0.506 ค่าความระลึกลับ คือ 0.455 วัดประสิทธิภาพโดยรวม คือ 0.399 RMSE คือ 0.393 MAE คือ 0.263

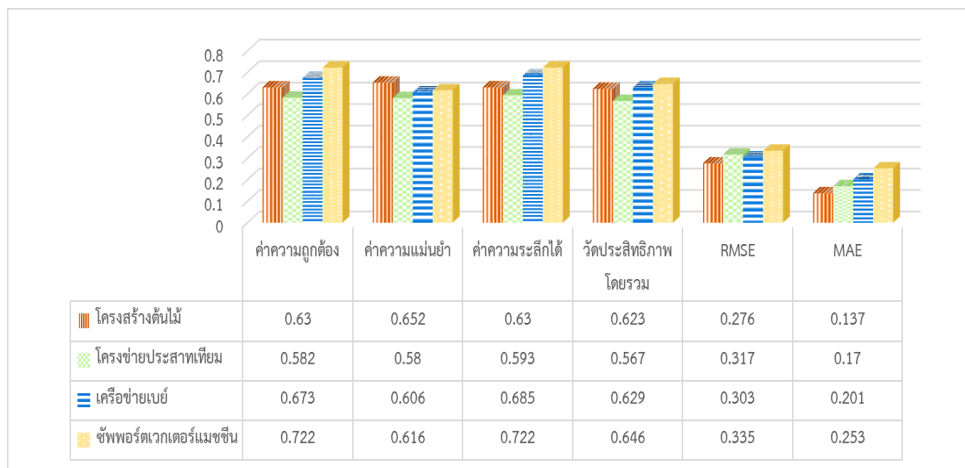
สรุปผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองแต่ละเทคนิค ในภาพรวมเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนแสดงค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึกลับ และค่าการวัดประสิทธิภาพโดยรวมมีค่าสูงสุด มีค่าดังนี้ 0.722, 0.616, 0.722 และ 0.646 ตามลำดับ แต่ความผิดพลาดของรากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยก็มีค่าสูงเช่นกัน ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.335 และ 0.253 ตามลำดับ แต่ในส่วน of เทคนิคเครือข่ายเบย์ซึ่งมีค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึกลับ และค่าการวัดประสิทธิภาพโดยรวมมีค่ารองลงมา มีค่าดังนี้ 0.673, 0.606, 0.685

และ 0.629 ตามลำดับ แต่ความผิดพลาดของรากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมีค่าไม่สูงมากนัก ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.303 และ 0.201 ตามลำดับ ดังนั้นผู้วิจัยจึงพิจารณาใช้เทคนิคเครือข่ายเบย์ ในการนำมาพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ของผลผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลในเขตพื้นที่เพาะปลูกจังหวัดนครราชสีมา เพื่อใช้ในการพยากรณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยมีผลของการพยากรณ์เมื่อใช้ข้อมูลปี 2559 แล้วทดสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองด้วยวิธีการแบ่งข้อมูลแบบสุ่มด้วยการแบ่งร้อยละ สามารถทำนายผลได้ดังนี้ ค่าความถูกต้องคือ 0.417 ค่าความแม่นยำ คือ 0.506 ค่าความระลึกได้ คือ 0.455 วัดประสิทธิภาพโดยรวม คือ 0.399 RMSE คือ 0.393 MAE คือ 0.263

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยได้นำผลของข้อมูลมาวิเคราะห์ถึงการพัฒนาตัวต้นแบบในการพยากรณ์ จากข้อมูลที่ทำกรรวบรวมมาจาก 2 แหล่งข้อมูล คือ ข้อมูลที่ได้จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร คือผลผลิตมันสำปะหลัง เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ส่วนอีกแหล่งข้อมูล คือข้อมูลที่ได้มาจากกรมอุตุนิยมวิทยา คือ จำนวนวันที่ฝนตก ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของทุกอำเภอในจังหวัดนครราชสีมา ข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาเป็นข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี (พ.ศ. 2555-2559) โดยข้อมูลที่ใช้ทดลองมีเพียง 160 ระเบียบข้อมูลโดยทำการทดลองด้วยเทคนิคเทคนิคโครงสร้างต้นไม้ เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม เทคนิคเครือข่ายเบย์ และเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และมีการทดสอบเพื่อตรวจสอบค่าความผิดพลาดหรือหาค่าความถูกต้องด้วยวิธีการค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึกได้ วัดประสิทธิภาพโดยรวม รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย กำลังสอง และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย สามารถแสดงผลการทดลองได้ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบการทดลองด้วยเทคนิคโครงสร้างต้นไม้ เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม เทคนิคเครือข่ายเบย์ และเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

จากภาพประกอบ 2 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองแต่ละเทคนิค ในภาพรวมเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนแสดงค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึกได้ และค่าการวัดประสิทธิภาพโดยรวมมีค่าสูงสุด มีค่าดังนี้ 0.722, 0.616, 0.722 และ 0.646 ตามลำดับ แต่ความผิดพลาดของรากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยก็มีค่าสูงเช่นกัน ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.335 และ 0.253 ตามลำดับ แต่ในส่วนของคุณค่าของเทคนิคเครือข่ายเบย์ซึ่งมีค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึกได้ และค่าการวัดประสิทธิภาพโดยรวมมีค่ารองลงมา มีค่าดังนี้ 0.673, 0.606, 0.685 และ 0.629 ตามลำดับ แต่ความผิดพลาดของรากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมีค่าไม่สูงมากนัก ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.303 และ 0.201 ตามลำดับ ในที่นี้จึงพิจารณาใช้เทคนิคเครือข่ายเบย์ในการนำมาพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ของผลผลิตมันสำปะหลังด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลในเขตพื้นที่เพาะปลูกจังหวัดนครราชสีมา และเมื่อใช้ข้อมูลปี 2559 เพื่อทำการพยากรณ์ ผลของการพยากรณ์ไม่ได้แตกต่างแสดงให้เห็นว่าวิธีการนี้สามารถทำนายได้แม่นยำ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลการทดลองสอดคล้องวิจัยของชุดิมา อุตมะมุณี และประสงค์ ประณีตพลกรัง (2553) ที่พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจแบบอัตโนมัติออนไลน์สำหรับการเลือกสาขาวิชาเรียนของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา นำผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากเทคนิคเครือข่ายเบย์มาสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการพยากรณ์และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของวิรัช วิรัชกุล (2558) เพื่อการศึกษาการพัฒนาการสอบมาตรฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบัณฑิตของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม โดยการวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์จากการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) เทคนิคการจำแนก Decision Tree C4.5 , k-NN และ Naive Bayes เพื่อใช้ในการพยากรณ์ผลการสอบของนักศึกษา

โดยผลจากการศึกษาทำให้ทราบว่า การพยากรณ์ด้วยเทคนิค Naive Bayes ให้ค่าความถูกต้องในการพยากรณ์มากที่สุด

สรุปได้ว่าเทคนิคเครือข่ายเบย์ให้ค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึกได้ และค่าการวัดประสิทธิภาพในภาพรวมดีที่สุด มีค่าดังนี้ 0.673, 0.606, 0.685 และ 0.629 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่าความผิดพลาดของรากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่มีค่าไม่สูงมากนัก ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.303 และ 0.201 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ในการพยากรณ์เพื่อใช้ในการวางแผนการเพาะปลูกในเชิงพื้นที่ได้จะมีประโยชน์ต่อเกษตรกร และผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพยากรณ์ผลผลิต และในอนาคตสามารถปรับแบบจำลองการพยากรณ์สามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ผลผลิตมันสำปะหลังในเขตพื้นที่เพาะปลูกจังหวัดอื่นได้

2. การเลือกเทคนิคเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์นั้นควรทดสอบด้วยเทคนิคที่หลากหลาย เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด และควรใช้ข้อมูลที่ละเอียดมากขึ้นในการสร้างแบบจำลอง

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2548). *การปลูกมันสำปะหลัง*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สำนักพิมพ์การถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร.
- ชนิษฐา กุลนาวิน, ชัยยพร เจริญพร, ปานจิตร หลงประดิษฐ์ และ ภัทธสินี ภัทธโกศลและคณะ. (2557). การศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคเหมืองข้อมูลใช้ในการทำนายผลผลิตพืชไร่ทางการเกษตร: กรณีศึกษาข้าวไทย. *วารสารวิจัย มช.*, 19(1), 31-43.
- ชุดิมา อุดมะมุณี และ ประสงค์ ปราณีตพลกรัง. (2553). การพัฒนาตัวแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจแบบอัตโนมัติออนไลน์สำหรับการเลือกสาขาวิชาเรียนของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา. *Journal of Information Science and Technology*, 1(2), 39-48.
- ปิยะพร แซ่ลิ่ม, วิวรรณ กาญจนวจิ, พัทธนา สุวรรณแสน และ ณพฐ์ โสภีพันธ์ (2562). การพยากรณ์ผลผลิตข้าวหอมมะลิ ในจังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา*, 4(2), 25-37.
- เพชรน้อย สิงห์ช่างชัย. (2549). *หลักการและการใช้สถิติการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว สำหรับการวิจัยทางการพยาบาล*. พิมพ์ครั้งที่ 3. สงขลา: ชานเมืองการพิมพ์.

- วิรัช วัชรกุล และ ธวัชชัย งามสันติวงศ์. (2558). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเทคนิค Decision Tree C4.5 , k-NN และ Naive Bayes เพื่อใช้พยากรณ์ผลสอบมาตรฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ) กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ)
- อรนงค์ บุเกตุ และ พุทธิศ ศิริแสงตระกูล (2556). แบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณอ้อยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข.*, 41(1), 213-225.
- Cios, K., Pedrycz, W., Swiniarski R., and Kurgan, L. (2007). **Data Mining: A Knowledge Discovery Approach**. New York: Springer.
- Han, J., & Kamber, M. (2006). **Data Mining Concepts and Techniques**. 2nd ed. California: Morgan Kaufmann.
- Larose, D.T. (2005). **Discovery Knowledge in Data : An Introduction to Data Mining**. New York: John Wiley.

แผ่นขึ้นไม้อัดต้านทานการลามไฟจากเปลือกข้าวโพดเคลือบเจลาตินปลา
The Particleboard for Fire Retardation from Corn husk coated with Fish Gelatin

จินดาพร สืบขำเพชร* และ ธีระวิทย์ พลโคกก่อง

Jindaporn Suebkumpet*, and Thirawit Phonkhokong

กลุ่มวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

Physics Program, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University

Email: jindaphorn.sk@bru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิต และตรวจสอบสมบัติแผ่นขึ้นไม้อัดต้านทานการลามไฟจากเปลือกข้าวโพดเคลือบเจลาตินปลา อัดขึ้นรูปแบบแผ่นขนาด $150 \times 150 \times 100 \text{ mm}^3$ โดยใช้กาวพอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานและเปลือกข้าวโพดแห้ง ในอัตราร้อยละ 30 : 70 ขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดเย็นในแม่พิมพ์เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นแช่ในเจลาตินปลาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชิ้นงานถูกนำมาทดสอบสมบัติต้านทานการลามไฟตามมาตรฐาน UL 94 พบว่าแผ่นขึ้นทดสอบไม่เกิดการเผาไหม้ จากนั้นทดสอบสมบัติขึ้นงานตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัตราบที่ความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 2547) สำหรับสมบัติเชิงกายภาพ พบว่ามีความหนาแน่นเฉลี่ย 517.47 kg/m^3 ความชื้นร้อยละ 12.30 การพองตัวตามความหนาร้อยละ 5.34 สำหรับทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่ามีความต้านทานแรงดัด 6.92 MPa มอดูลัสยืดหยุ่น 348.43 MPa และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.060 MPa จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่า แผ่นขึ้นทดสอบมีสมบัติทางกายภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด แต่ยังขาดสมบัติเชิงกล อีกทั้งยังตรวจสอบลักษณะสัญญาณตามพื้นผิวของแผ่นขึ้นทดสอบที่กำลังขยาย 500 เท่า ด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าเจลาตินปลาสามารถเกาะติดพื้นผิวในลักษณะที่กระจายตัวทั่วทั้งผิวเรียบและขรุขระสลับกัน โดยเป็นไปตามคุณลักษณะของแผ่นขึ้นไม้อัด ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าแผ่นขึ้นไม้อัดต้านทานการลามไฟจากเปลือกข้าวโพดเคลือบเจลาตินปลา สามารถต้านทานการลามไฟได้และเหมาะสำหรับการนำมาแปรรูปใช้ในอุตสาหกรรมตกแต่งและงานเฟอร์นิเจอร์

คำสำคัญ: เปลือกข้าวโพด การอัดเย็น แผ่นขึ้นไม้อัด กาวพอร์มัลดีไฮด์ เจลาตินปลา

ABSTRACT

The objective of the study was production process and examine the creation of a particleboard for fire Retardation from corn husk coated with fish gelatin. As for the study, first of all, the particleboard was pressed, forming a 50 x 50 x 10 mm³ sheet, and formaldehyde glue was used to be a potential adhesive with the proportion between the adhesive and dry corn husk 30 and 70 respectively, then the cold press was brought with the mold for 30 minutes, finally the material was soaked in fish gelatin for 1 hour. The findings showed that a particleboard for fire Retardation from corn husk coated with fish gelatin no burning rate, which passed the UL 94 standard HB. For industrial standard for particleboard with moderate density (TISI 876-2547) it showed that the particleboard for fire Retardation from corn husk coated with fish gelatin included physical properties of density 517.47 kg/m³, moisture content 12.30%, thickness swelling 5.34% and mechanical properties of modulus of rupture 6.92 MPa, modulus of elasticity 348.43 MPa, tensile strength 0.060 MPa. So three of them did not conform to standard criterion. The findings showed that the surface of a particleboard for fire Retardation from corn husk coated with fish gelatin when looked at magnification power of 500x was smooth and rough alternately due to the surface of the particleboard. The result shown a particleboard for fire Retardation from corn husk coated with fish gelatin can resist Fire Retardation and suitable for decoration industry and furniture.

Keywords: Corn husk, Cold press, Particleboard, Formaldehyde glue, Fish gelatin

บทนำ

อัคคีภัย เป็นสาธารณภัยประเภทหนึ่งที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา โดยก่อให้เกิดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน อันเนื่องมาจากความร้อนของเปลวไฟ จากการรายงานข้อมูลของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พบว่าในระหว่างปี พ.ศ. 2532-2558 มีสถิติการเกิดอัคคีภัยในประเทศไทยสูงถึง 52,000 ครั้ง ซึ่งเกิดมูลค่าความเสียหายมากกว่า 31,000 ล้านบาท (Department of Disaster Prevention and Mitigation, Ministry of Interior, 2020) โดยมีสาเหตุหลักมาจากความประมาทในการใช้ไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดการลุกลามบริเวณที่เป็นเชื้อเพลิง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุที่ทำด้วยไม้

หรือพลาสติก โดยในปัจจุบันมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาหลากหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการป้องกันการลามไฟ โดยการจัดระเบียบในการเก็บรักษาทรัพย์สินที่มีโอกาสเกิดอัคคีภัยได้ง่ายให้อยู่ในลักษณะถูกต้องและเหมาะสม หรือแม้กระทั่งการกำจัดสาเหตุในการกระจายตัวของเชื้อเพลิง และความร้อน หรือวิธีที่กำลังเป็นนิยมในปัจจุบัน คือการใช้วัสดุที่สามารถต้านทานการลามไฟหรือที่เรียกว่าวัสดุต้านการลามไฟ (Material for fire retardation) แทนวัสดุที่ก่อให้เกิดเชื้อเพลิงได้ง่าย (NIDA DPM, 2012)

ในปัจจุบันการเกิดอัคคีภัยมีแนวโน้มเพิ่มความถี่และความรุนแรงมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความต้องการการใช้วัสดุต้านทานการลามไฟ หรือวัสดุที่มีส่วนผสมของสารหน่วงไฟในวัสดุก่อสร้างมีปริมาณความต้องการเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน โดยทั่วไปสารเหล่านี้จะมีกระบวนการทำงานของสารตกแต่งการลามไฟ กล่าวคือ การทำให้วัสดุเชื้อเพลิงที่ติดไฟในองค์ประกอบทั้ง 3 ได้แก่ เชื้อเพลิง (Fuel) ออกซิเจน (Oxygen) และความร้อน (Heat) ถูกแปรสภาพเป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟหรือติดไฟได้ยากขึ้น แต่ปัจจุบันพบว่าวัสดุต้านทานการลามไฟมีราคาค่อนข้างสูง อีกทั้งยังมีการใช้สารหน่วงไฟซึ่งอาจก่อให้เกิดก๊าซพิษ ฉะนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าว จึงมีความจำเป็นที่ต้องเลือกวัสดุที่มีร่างแหยาว มีลักษณะเป็นสายพอลิเมอร์ (Polymer) รวมถึงคุณสมบัติการลดลงหรือไม่ก่อให้เกิดก๊าซพิษกับมนุษย์ขณะเกิดการเผาไหม้ จากการสืบค้นข้อมูลพบว่าเจลาตินปลาน้ำเป็นอีกหนึ่งตัวเลือกที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นโปรตีนชนิดที่มีร่างแหยาว โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ ไกลซีน (Glycine) โพรลีน (Proline) และไฮดรอกซีโพรลีน (Hydroxyproline) เป็นต้น

Nagai & Suzuki (2000) พบว่าเจลาตินปลาเป็นผลพลอยได้จากวัสดุเหลือใช้อันเป็นสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งในที่นี้จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตวัสดุต้านทานการลามไฟอีกทางหนึ่ง อีกทั้งยังพบว่าปลาฉลามหัววัว (Bullhead shark) ที่มีคอลลาเจนสูงถึงร้อยละ 50 เจลาตินหรือคอลลาเจนที่ยังคงสภาพธรรมชาติสามารถแสดงสมบัติการเกิดฟอง รวมถึงการเกิดอิมัลชัน (Emulsion) และยังมีประสิทธิภาพในการใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ในระบบอิมัลชันน้ำมันในน้ำ (Oil-in-water emulsions) (Lobo, 2002) นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Ananya et al. (2020) ยังพบว่าเจลาตินปลา มีสมบัติในการหน่วงไฟได้ดี สามารถนำมาใช้เป็นสารเคลือบกันไฟสำหรับชิ้นส่วนไม้ในภาคการก่อสร้างได้จากข้อมูลข้างต้นนับว่าเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจ หากนำเจลาตินปลามาเป็นส่วนประกอบในการแปรรูปแผ่นขึ้นไม้อัดซึ่งเป็นที่นิยมนำมาใช้ในงานก่อสร้างตั้งแต่อดีตจนกระทั่งปัจจุบัน ร่วมกันกับวัตถุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมากในชุมชนได้แก่เปลือกข้าวโพด ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาแผ่นขึ้นไม้อัดต้านทานการลามไฟจากเปลือกข้าวโพดเคลือบเจลาตินปลา โดยการนำมาแปรรูปผ่านกระบวนการย่อยให้มีขนาดเล็กลง นำมาเป็นวัสดุผสม เพื่อช่วยลดปริมาณขยะ ส่งเสริมการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หลังจากนั้นนำเปลือกข้าวโพดที่ผ่านการย่อยมาผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด โดยใช้กาวฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) เป็นตัวประสานและใช้เจลาตินปลาเพิ่มประสิทธิภาพของแผ่นขึ้นไม้อัดให้มีการต้านทานการลามไฟ เพื่อช่วยลดปัญหาการเกิดก๊าซพิษที่ก่อให้เกิดอันตรายได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดต้านทานการลามไฟจากเปลือกข้าวโพดเคลือบเจลาตินปลา ผ่านการทดสอบสมบัติต้านทานการลามไฟตามมาตรฐาน UL 94 สมบัติเชิงกายภาพและสมบัติเชิงกลของชิ้นทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง มอก. 876-2547

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาระบวนการผลิตและตรวจสอบสมบัติแผ่นขึ้นไม้อัดต้านทานการลามไฟจากเปลือกข้าวโพดเคลือบเจลาตินปลาในอัตราส่วนแตกต่างกัน คณะผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลโดยมีเตรียมตัวอย่างชิ้นทดสอบ ดังต่อไปนี้

1. การเตรียมชิ้นงาน นำเปลือกข้าวโพดหวาน จากร้านค้าในตลาดสด จังหวัดบุรีรัมย์ ลดขนาดด้วยการตัด 0.5 cm จากนั้นสับย่อย (Chipper) ด้วยเครื่องบดย่อย จากนั้นนำไปผึ่งแดดให้แห้ง โดยการควบคุมปริมาณความชื้นที่ร้อยละ 40 ไล่ความชื้นอีกครั้งโดยนำเปลือกข้าวโพดสับอบแห้งด้วยเตาเผาควบคุมอุณหภูมิ 80-85 °C เป็นเวลา 20 นาที เพื่อให้ความชื้นทั่วทั้งบริเวณอยู่ในช่วงร้อยละ 4-13 สำหรับการเตรียมชิ้นงานก่อนการอัด (Mat formation) เริ่มจากการผสมกาวพอร์มัลดีไฮด์ในอัตราส่วนร้อยละ 70 : 30 พร้อมทั้งชั่งของผสม 100 g เพื่อเข้าสู่กระบวนการอัด (Pressing operation) ลงบนแบบพิมพ์ด้วยเครื่องอัด ไฮดรอลิก เป็นเวลา 30 นาที (Luangtrirat et al., 2014) เพื่อให้ได้ความหนา 10 mm ก่อนเข้าสู่การลดกลิ่นและให้แผ่นชิ้นงานแห้งสนิท หรือปรับสภาพเป็นเวลา 7 วัน (Somboonrod et al., 2006) และสุดท้ายเข้าสู่ขั้นตอนการเคลือบสารต้านทานการลามไฟด้วยเจลาตินปลาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2. การศึกษาอัตราส่วนชิ้นงาน สำหรับการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุและตัวประสานในการอัดขึ้นรูปชิ้นทดสอบ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนระหว่างเจลาตินปลากับน้ำที่ใช้ผสมเป็นสารเคลือบต้านทานการลามไฟ

สูตรที่	รหัสชิ้นงาน	เจลาตินปลา (g)	น้ำอุณหภูมิ (°C)
1	CP01	0	100
2	CP02	10	100
3	CP03	20	100
4	CP04	30	100
5	CP05	40	100

3. การทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นขึ้นไม้อัดต้านทานการลามไฟจากเปลือกข้าวโพดเคลือบเจลาตินปลา สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงาน 4 ส่วนหลัก ได้แก่ การทดสอบการลามไฟตามมาตรฐาน UL 94 การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพและสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 และการตรวจสอบโครงสร้างสัณฐานวิทยาพื้นผิวด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) เพื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของเจลาตินปลาและการยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับตัวประสานที่กำลังขยาย 500x

เครื่องมือการวิจัย

การศึกษาระบวนการผลิตและตรวจสอบคุณสมบัติแผ่นขึ้นไม้อัดต้านทานการลามไฟจากเปลือกข้าวโพดเคลือบเจลาตินปลา โดยผู้วิจัยได้ทดลองในอัตราส่วนแตกต่างกัน ประกอบด้วยวัสดุและอุปกรณ์ ได้แก่ เปลือกข้าวโพด ขนาด 0.5 cm^2 (14 kg) กาวพอร์มัลติไฮด์ (1 lb) จำนวน 4 กระป๋อง เจลาตินปลา (75 g) จำนวน 4 ชอง ชุดแม่พิมพ์ ($50 \times 50 \times 10 \text{ mm}^3$) เครื่องบดย่อย (300 W) เต้าเผา (Carbolite) เครื่องอัดไฮดรอลิก (35.56 kg/cm^3) เครื่องทดสอบแรงกด (5 N) เครื่องทดสอบแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เครื่องชั่งดิจิตอล (0.01 g) เวอร์เนียร์ คาลิเปอร์ (0.02 mm) ไมโครมิเตอร์ (0.01 mm) เดซิเคเตอร์ (300 mL) กล้อง SEM

การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นขึ้นทดสอบประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

การทดสอบการลามไฟตามมาตรฐาน UL 94 โดยสร้างชิ้นทดสอบขนาดพื้นที่หน้าตัด $125 \times 13 \text{ mm}^2$ หนา 10 mm (20 ชิ้น) แบ่งการทดสอบเป็น 2 แนว คือ ทดสอบแนวตั้ง (Vertical Burning Test; VB Test) หรือมาตรฐาน ASTM D 3801 เริ่มจากการจุดไฟ 2 ครั้ง (t_1, t_2) เป็นเวลา 10 s ต่อครั้ง บันทึกเวลาที่ชิ้นทดสอบเริ่มลุกไหม้ (มีเปลวไฟ) กระทั่งเปลวไฟดับลง (t_3) และวัดระยะการเผาไหม้ โดยมีชั้นคุณภาพ V-0, V-1 และ V-2 ส่วนการทดสอบแนวนอน (Horizontal Burning Test; HB Test) หรือมาตรฐาน ASTM D 5048 จุดไฟเป็นเวลา 30 s หรือจนกว่าเปลวไฟจะไปถึงระยะ 25 mm จับเวลา ซึ่งชิ้นงาน ที่ผ่านการทดสอบต้องมีอัตราการไหม้ไฟไม่เกิน 40 mm/min ในช่วงความยาว 75 mm สำหรับ ชิ้นทดสอบที่มีความหนาในช่วง 3.0-13.0 mm รวมทั้ง เปลวไฟดับก่อนที่ระยะ 100 mm หากชิ้นงานจำนวน 3 ชิ้น/ชุด ไม่ผ่านการทดสอบ 1 ชิ้น โดยทดสอบซ้ำอีก 1 ชุด จากการทดสอบชุดที่ 2 โดยจะต้องผ่านทั้งหมด (Liuchirakon, 2006)

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 โดยการสร้างชิ้นทดสอบขนาดพื้นที่หน้าตัด $50 \times 50 \text{ mm}^2$ หนา 10 mm ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ การทดสอบความหนาแน่น (Density) ผ่านการคำนวณจากสมการที่ (1) ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวลชิ้นทดสอบ(g)}}{\text{ปริมาตรชิ้นทดสอบ(mm}^3\text{)}} \times 10^6 \quad (1)$$

จากนั้นทดสอบความชื้น (Moisture Content) ผ่านการคำนวณจากสมการที่ (2) ดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้นร้อยละ} = \frac{\text{มวลขึ้นทดสอบก่อนตาก(g)} - \text{มวลขึ้นทดสอบหลังตาก(g)}}{\text{มวลขึ้นทดสอบหลังตาก(g)}} \times 100 \quad (2)$$

และสุดท้ายทดสอบการพองตัวตามความหนา (Thickness Swelling) โดยใช้เวลาแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ผ่านการคำนวณจากสมการที่ (3) ดังนี้

$$\text{ค่าการพองตัวตามความหนา} = \frac{\text{ความหนาขึ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ(mm)}}{\text{ความหนาขึ้นทดสอบหลังแช่น้ำ(mm)}} \times 100 \quad (3)$$

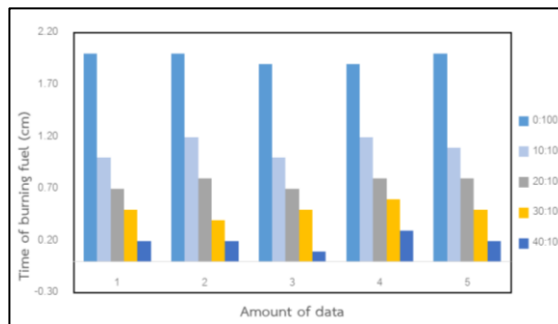
การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 โดยการสร้างชิ้นงานขนาดพื้นที่หน้าตัด 50L mm² หนา 10 mm การทดสอบประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ความต้านแรงดัด (Bending Test) จากนั้นทดสอบค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Elastic Modulus) และสุดท้ายทดสอบความต้านทานแรงดึงตึงฉีกกับผิวหน้า (Tensile Stress)

การศึกษาโครงสร้างพื้นฐานวิทยาของขึ้นทดสอบ โดยสร้างชิ้นงานขนาดพื้นที่หน้าตัด 5x5 mm² ทดสอบด้วย SEM

ผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการผลิตและตรวจสอบสมบัติขึ้นทดสอบ โดยการนำเปลือกข้าวโพดผ่านกระบวนการย่อยละเอียด ผึ่งแดดให้แห้ง สู่กระบวนการอบแห้งเพื่อไล่ความชื้น จากนั้นผสมกาวพอร์มัลดีไฮด์ที่อัตราส่วนร้อยละ 70:30 อัตราส่วนผสมด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก จากนั้นปรับสภาพก่อนนำเข้าสู่กระบวนการเคลือบเจลาตินปลา 1 hr มีอัตราส่วนเจลาตินปลาต่อน้ำ คือ 0:100, 10:100, 20:100, 30:100 และ 40:100 g/cm³ จากนั้นนำขึ้นทดสอบผึ่งแดดและปรับสภาพอีกครั้ง จากผลการทดสอบแรกพบว่าขึ้นทดสอบที่สามารถต้านการลามไฟได้ดีที่สุด คือที่อัตราส่วนเจลาตินปลาต่อน้ำ 40:100 g/cm³ สุดท้ายนำขึ้นทดสอบเข้าสู่กระบวนการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ โดยมีผลการทดสอบดังนี้

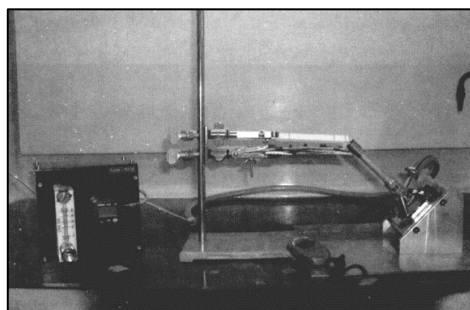
สำหรับการทดสอบสมบัติต้านทานการลามไฟตามมาตรฐาน UL 94 ของขึ้นทดสอบแบบ VB Test พบว่าขึ้นทดสอบที่ไม่ถูกเคลือบด้วยเจลาตินปลาที่อัตราส่วนเจลาตินปลา:น้ำ คือ 0:100 g/cm³ ไม่ผ่านชั้นคุณภาพ สำหรับอัตราส่วนอื่น ๆ ที่เคลือบด้วยเจลาตินปลา ได้แก่ 10:100, 20:100, 30:100 และ 40:100 g/cm³ ผ่านชั้นคุณภาพทั้งหมดโดยแสดงระยะการเผาไหม้ในแผนภาพข้างล่างนี้



ภาพประกอบ 1 ตัวอย่างชิ้นทดสอบแผ่นขึ้นไม้อัดด้านทานการลามไฟจากเปลือกข้าวโพดเคลือบเจลาตินปลาที่อัตราส่วนของเจลาตินปลาต่อน้ำ 0:100, 10:100, 20:100, 30:100 และ 40:100 g/cm³

จากภาพประกอบ 1 แสดงให้เห็นว่าที่อัตราส่วน 40:100 g/cm³ มีค่าระยะการเผาไหม้น้อยที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยระยะเผาไหม้และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.20 และ 0.07 ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ที่ได้ผ่านมาตรฐานที่กำหนด

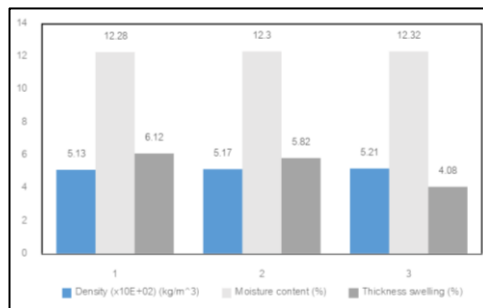
สำหรับการทดสอบสมบัติด้านทานการลามไฟตามมาตรฐาน UL 94 ของชิ้นทดสอบแบบ HB Test และพบว่าอัตราส่วนของเจลาตินปลาต่อน้ำ 40:100 g/cm³ ไม่มีการเผาไหม้เช่นเดียวกับแบบ VB Test แสดงตัวอย่างชิ้นทดสอบและการติดตั้งเครื่องทดสอบดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 (ซ้าย) ตัวอย่างชิ้นทดสอบแผ่นขึ้นไม้อัดด้านทานการลามไฟจากเปลือกข้าวโพดเคลือบเจลาตินปลาที่อัตราส่วนของเจลาตินปลาต่อน้ำ 40:100 g/cm³ และ(ขวา) การติดตั้งเครื่องทดสอบแบบ HB Test (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2549)

การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 โดยเริ่มจากการทดสอบความหนาแน่นของชิ้นทดสอบผ่านการชั่งมวลและวัดขนาดปริมาตรชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบสมบัติด้านทานการลามไฟตามมาตรฐาน UL 94 คืออัตราส่วนของเจลาตินปลาต่อน้ำ 40:100 g/cm³ โดยเริ่มจากคำนวณหา

ความหนาแน่น ความชื้นผ่านการซังมวลก่อนอบและหลังอบแห้ง และทดสอบการพองตัวตามความหนา
ดั่งภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ผลการวิเคราะห์การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพตามมาตรฐาน มอก. 876-2547

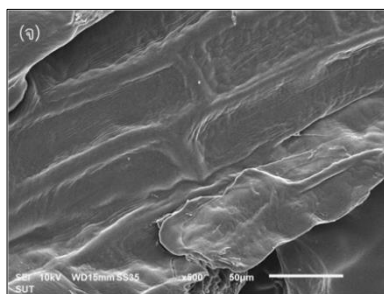
จากผลการวิเคราะห์ในภาพประกอบ 3 สำหรับอัตราส่วนของเจลาตินปลาต่อน้ำ 40:100 g/cm³ คือ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 517.47 kg/m³ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.13 ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ชื้นทดสอบผ่านมาตรฐานโดยอยู่ในช่วงระหว่าง 400-900 kg/m³ สำหรับผลการศึกษาความชื้นผ่านการซังมวลก่อนอบและหลังอบแห้ง ได้ค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 12.30 และมีค่า S.D. เท่ากับ 0.02 ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ชื้นทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับการพองตัวตามความหนามีค่าเฉลี่ยร้อยละ 5.34 และมีค่า S.D. เท่ากับ 1.10

สำหรับการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 ได้ตรวจสอบมาตรฐานจาก ชื้นทดสอบ ได้แก่ P01, P02, P03 สำหรับอัตราส่วนของเจลาตินปลาต่อน้ำ 40:100 g/cm³ ประกอบด้วย ความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า แสดงผลทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของชื้นทดสอบกับมาตรฐาน มอก. 876-2547

ชื้นทดสอบ	MOR (MPa)	MOE (MPa)	Tensile Stress (MPa)
P01	6.63	342.30	0.090
P02	7.20	319.01	0.050
P03	6.94	383.99	0.040
ค่าเฉลี่ย	6.92	348.43	0.060
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.29	38.38	0.027
มอก. 876-2547	ไม่น้อยกว่า 14	ไม่น้อยกว่า 1800	ไม่น้อยกว่า 0.40

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของขึ้นทดสอบมีค่าใกล้เคียงกัน ผลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 876-2547 พบว่าขึ้นทดสอบมีค่าความต้านแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ยังไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 ที่กำหนดไว้สำหรับการเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง และจากผลการศึกษาโครงสร้างสัณฐานวิทยาของขึ้นทดสอบด้วย SEM ที่กำลังขยาย 500x แสดงให้เห็นลักษณะการกระจายตัวของเจลาตินปลากับการยึดเกาะระหว่างเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่สามารถเชื่อมเกาะกันได้ดี ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 การศึกษาโครงสร้างสัณฐานวิทยาของขึ้นทดสอบของแผ่นขึ้นไม้อัดต้านทานการลามไฟจากเปลือกข้าวโพดเคลือบเจลาตินปลาด้วย SEM ที่กำลังขยาย 500x

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตวัสดุต้านทานการลามไฟโดยใช้เส้นใยเปลือกข้าวโพดจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ผ่านการแปรรูป โดยใช้กาวพอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ผลการทดสอบสมบัติต้านทานการลามไฟทั้งสองแบบ พบว่าขึ้นทดสอบที่ไม่ถูกเคลือบเจลาตินปลาไม่ผ่านชั้นคุณภาพ ส่วนขึ้นทดสอบที่เคลือบด้วยเจลาตินปลาในทุกอัตราส่วนผ่านชั้นคุณภาพทั้งหมด โดยพบอัตราส่วนของเจลาตินปลาต่อน้ำที่เหมาะสมที่สุดคืออัตราส่วน 40:100 g/cm³ มีระยะการหน่วงไฟ 0 mm/min แสดงให้เห็นว่าขึ้นทดสอบสามารถหน่วงไฟได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับภาพแสดงโครงสร้างสัณฐานวิทยาที่ยึดเกาะได้ทั่วทั้งบริเวณ นอกจากนี้ยังสามารถเป็นสารหน่วงไฟได้ดีตามที่งานวิจัยก่อนหน้านี้ได้กล่าวถึง (Ananya et al., 2020) ผลที่ได้มีความสอดคล้องกับผลการทดสอบคุณสมบัติต้านทานการลามไฟตามมาตรฐาน UL 94

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล พบว่าขึ้นทดสอบมีความเป็นเนื้อเดียวกัน รวมถึงความสามารถในการรับแรงกระแทก ซึ่งสอดคล้องกับความหนาแน่นเฉลี่ยที่เป็นไปตามมาตรฐานสำหรับการทดสอบความชื้นและการพองตัวตามความหนา เป็นปริมาณที่แสดงถึงการเกิดความเสี่ยง

กำลังยึดเกาะ (Bonding) หรือความคงทนถาวร ที่มาจากความขึ้นบนพื้นผิวไม้อัด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขึ้นทดสอบนี้สามารถผลิตเป็นแผ่นไม้อัดได้ส่วนผลการทดสอบความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คาดว่าอาจเป็นผลมาจากการใช้วัสดุทางธรรมชาติมากเกินไป หรือมีตัวผสมน้อยเกินไป ส่งผลให้แรงยึดเกาะในชิ้นงานลดลง ฉะนั้นจึงเหมาะสำหรับอุตสาหกรรมตกแต่ง หรืองานเฟอร์นิเจอร์ที่รับแรงกระแทกไม่มากนัก

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

แผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกข้าวโพดเคลือบเจลาตินปลาเหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุตกแต่งที่รับแรงกระแทกไม่มากนัก หากต้องการเพิ่มความแข็งแรงของชิ้นทดสอบควรปรับอัตราส่วนของตัวประสานให้เพิ่มขึ้น รวมทั้งลดปริมาณเปลือกข้าวโพด และควรใช้แรงในการกดอัดชิ้นงานมากขึ้นเพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกล เพื่อต่อยอดเป็นวัสดุก่อสร้างที่สามารถรับแรงกระแทกได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- บุญศักดิ์ สมบุญรอด, ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และวรรณ อุ่นจิตติชัย. (2549). *การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดเสริมแรงจากแกนต้นกล้วย*. กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลไม้ป่า.
- พิชชา ลิวชิราภรณ์. (2549). การทดสอบการติดไฟและลามไฟของพลาสติก. *ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ*, 31(4), 57-60.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2563). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 876-2547*. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม.
- Ananya, T., Khalid, M., Svetlana, T-M., & Paul, J. (2020). Passive fire protection of wood using some bio-derived fire retardants. *Polymers* 2020, 12, 1830.
- Department of Disaster Prevention and Mitigation, Ministry of Interior. (2020). Safety Thailand. Retrieved May 2, 2021, from https://www.disaster.go.th/upload/download/file_attach/57e38f736c5bc.pdf
- Lobo, L. (2002). Coalescence during Emulsification 3. Effect of Gelatin on Rupture and Coalescence. *Journal of Colloid and Interface Science*, 254(1), 165-174.
- Luangtrirat, N., Louhpensang, C., & Egwutvongsa, S. (2014). A study and development of products waste materials from the paper industry. *Art and Architecture Journal Naresuan University*, 5(1), 41-55.

- NIDA center for Research & Development of Disaster Prevention & Management (NIDA DPM). (2012). Initiation device. Retrieved May 2, 2021, from <http://dpm.nida.ac.th/main/index.php/articles/fire?start=15>
- Nagai, T., & Suzuki, N. (2000). Isolation of Collagen from Fish Waste Material-Skin, Bone and Fins. *Food Chemistry*, 68, 277-281.

เซนเซอร์แสงของฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 ที่เตรียมด้วยเผาผนึกสาร
Light sensor of TiO_2 doped Al_2O_3 thin films by using sintering

ศานิตย์ สุวรรณวงศ์* กฤษณะ สีใส และ อาทิตย์ หู้เต็ม

Sanit Suwanwong*, Kitsana Seesai, and Artit Hutem

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Physics Division, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University

Email: sanit.suw@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้าเมื่อฉายแสงลงบนผิววัสดุเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของวัสดุสารกึ่งตัวนำ TiO_2 เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสงที่ดี ส่วน Al_2O_3 มีความโปร่งใสยอมให้แสงผ่านได้ เมื่อทำการฉายแสงลงบนพื้นผิวจะทำให้เกิดออกซิเจน ที่พื้นผิวหลุดออกเป็นผลให้เกิดช่องว่างของออกซิเจน (oxygen vacancy) นำไปสู่การนำไฟฟ้าที่ดี ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 5% โดยโมล ที่เผาผนึกสารที่อุณหภูมิ 900 950 และ 1000 °C และทำการเคลือบฟิล์มบนกระจกนำไฟฟ้าด้วยเทคนิค spin coating จากนั้นทำการศึกษาลักษณะของเฟสของสารตัวอย่างด้วยเทคนิค XRD พบว่าเมื่อทำการเผาผนึกสารที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะมีระนาบของ TiO_2 เพิ่มขึ้น และจากภาพถ่ายเทคนิค SEM จะเห็นว่าขนาดของอนุภาคใหญ่ขึ้น ซึ่งสอดคล้องผลของเทคนิค XRD ที่พบพีคที่มีความแหลมคมมากขึ้น จากนั้นทำการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์ม พบว่าความต้านทานไฟฟ้าฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 มีค่าต่ำกว่าฟิล์ม TiO_2 ที่ไม่มีการเจือ Al_2O_3 เมื่อทำการศึกษาผลของแสงต่อความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มโดยการฉายแสงอาทิตย์จำลองที่มีความเข้ม 1000 W/m^2 ลงบนพื้นผิวของฟิล์ม สลับกับการปิดแสง พบว่าความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มมีค่าลดลงเมื่อได้รับแสง และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปิดแสง โดยค่าความต้านทานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นนี้จะมีค่าน้อยกว่าตอนเริ่มต้น และความต้านทานมีค่าลดลงเข้าสู่สภาวะอิ่มตัวเมื่อได้รับแสงจำนวนหลายครั้ง สำหรับฟิล์ม 900 °C มีช่วงการเปลี่ยนแปลงความต้านทานมากที่สุด ดังนั้นฟิล์มของ TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 จึงสามารถประยุกต์ใช้สำหรับการประดิษฐ์เป็นเซนเซอร์แสงได้

คำสำคัญ: TiO_2 Al_2O_3 เผาผนึกสาร ความต้านทานไฟฟ้า เซนเซอร์แสง

ABSTRACT

The change in electrical resistivity, when exposed to light, is one of the important properties of semiconductor materials. TiO_2 is a semiconductor with high electrical resistivity and a good photocatalyst. Al_2O_3 is transparent. When light is projected onto its surface, the oxygen at the surface will be released, causing an oxygen vacancy which makes good electrical conductivity. In this study, TiO_2 films doped with Al_2O_3 at 5% by mole were sintered at 900, 950 and 1000°C and coated on electric conductive glass by spin coating technique. Then, the phase characteristics of the samples were studied using the XRD technique. It was found that at higher temperatures, the planes of TiO_2 and Al_2O_3 increased. SEM images also showed the larger particle size which corresponds to the results from the XRD technique that showed higher peaks. After that, the resistivity of the films was measured, and the results showed that the electrical resistivity of TiO_2 films doped with Al_2O_3 was lower than those without Al_2O_3 . The effects of light on electrical resistivity of the films were studied by switching light with 1000 W/m^2 intensity from solar simulator on and off on the surface of the films. The findings showed that the electrical resistance of the films decreased when exposed to the light and increased when the light was off. The increased electrical resistivity at later times was less than that at the beginning, and the resistivity dropped to saturation point after multiple exposures. The thin film at 900°C was exhibited the greatest resistance range, so TiO_2 film doped with Al_2O_3 is suitable for the fabrication of light sensors.

Key Words: TiO_2 , Al_2O_3 , Sintering, Resistance, Light sensor

บทนำ

ในปัจจุบันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ผลิตจากวัสดุสารกึ่งตัวนำ ซึ่งไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นสารกึ่งตัวนำที่ถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากมีสมบัติทางไฟฟ้า (Nagabharana, R.M. et al., 2020) ที่ต้องการความต้านทานไฟฟ้าสูง โดยมีลักษณะทางกายภาพเป็นของแข็งสีขาว มีความโปร่งใส มีสมบัติไดอิเล็กทริก และทางแสง (Bensouici, F et al., 2017) ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสง นอกจากนี้ TiO_2 ถูกนำไปศึกษาวิจัยและพัฒนากันอย่าง

แพร่หลายในรูปฟิล์มบาง (Khan, M.I. et al., 2016) ทำให้มีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ดีขึ้น สำหรับอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) เป็นวัสดุที่มีความแข็ง น้ำหนักเบา มีความหนาแน่นน้อย นำไฟฟ้าได้ดี มีคุณสมบัติไดอิเล็กตริกต่ำ (Sengwa, R.J. & Choudhary, S., 2017) นำความร้อนได้ดี และตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาทางเคมีที่ดี จึงนิยมนำมาใช้งานในอุตสาหกรรม เช่น ส่วนประกอบของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อนำ Al_2O_3 เติมลงใน TiO_2 ทำให้มีสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงที่ดีขึ้น ซึ่งใช้ในการตรวจจับแสง (Elsayed, A.M., et al., 2021) เนื่องจากเมื่อฉายแสงบนพื้นผิวของสารกึ่งตัวนำจะทำให้เกิดที่ช่องว่างของออกซิเจน (oxygen vacancy) (Li, H. et al., 2015) ซึ่งเป็นผลให้อิเล็กตรอนสะสมเพิ่มขึ้น (Chen, S., et al., 2018) จึงทำให้นำไฟฟ้าได้ดี เหมาะกับการประดิษฐ์เป็นเซนเซอร์แสง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 ที่ 5% โดยโมล จากนั้นนำไปเผาผนึกสารที่อุณหภูมิ 900 950 และ 1000 °C แล้วตรวจสอบขนาดอนุภาคด้วยการถ่ายภาพจากเทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM) และตรวจสอบโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD) จากนั้นทำเป็นสารกึ่งเจลดด้วยการผสมกับ Polyethylene glycol 400 (PEG) เพื่อนำมาเคลือบเป็นฟิล์มบนกระจก นำไฟฟ้าด้วยเทคนิค spin coating แล้วนำไปวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงจาก ความต้านทานไฟฟ้าเมื่อมีการฉายแสงและปิดแสงอาทิตย์จำลอง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมสำหรับประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์แสงของฟิล์มฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสาร TiO_2 ที่ไม่เจือและเจือด้วย Al_2O_3

นำสาร TiO_2 และ Al_2O_3 (ยี่ห้อ LobaChemie Pvt., Ltd.) มาผสมตามสัดส่วนโดยโมล เป็น 95:5 โดยโมล ตามลำดับ โดยวิธีการบดสารแบบแห้ง และใช้เม็ด ZrO_2 ช่วยในการบดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นแบ่งสารที่ผสมแล้วออกเป็น 3 ส่วน แล้วนำไปเผาผนึกสารที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ได้แก่ 900 950 และ 1000 °C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ก็จะได้สาร TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 แบบผง

จากนั้นนำ TiO_2 และ TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 ที่อุณหภูมิ 900 950 และ 1000 °C อย่างละ 2 กรัม มาผสมกับน้ำ DI 2 กรัม และสาร Polyethylene glycol 400 (PEG) (ยี่ห้อ Merck KGaA) 3 กรัม แล้วปั่นให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนสารเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะได้สารละลายของสาร TiO_2 ที่ไม่เจือและเจือด้วย Al_2O_3 อยู่ในรูปกึ่งเจล

2. การเตรียมฟิล์มของสาร TiO_2 ที่ไม่เจือและเจือด้วย Al_2O_3

นำกระจกไฟฟ้า Fluorine doped tin oxide (FTO) ตัดให้มีขนาด $1 \times 1 \text{ cm}^2$ วางลงบนเครื่อง spin coater (ยี่ห้อ Schwan technology รุ่น EZ4 SPIN COATER) แล้วหยดสารละลายของสาร TiO_2 ที่ไม่เจือและเจือด้วย Al_2O_3 จำนวน 5 หยด แล้วให้หมุนที่ 600 rpm เป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นนำกระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบแล้วไปอบด้วยเตาเผาที่อุณหภูมิ 400 °C ในบรรยากาศ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ก็จะได้ฟิล์มของ TiO_2 ที่ไม่เจือมีความหนาของฟิล์ม 48 μm และที่เจือด้วย Al_2O_3 มีความหนาของฟิล์ม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความหนาของฟิล์ม TiO_2 ที่ไม่เจือและเจือด้วย Al_2O_3

อุณหภูมิเผาผนึกสารของฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 5% โดยโมล ($^{\circ}\text{C}$)	ความหนาของฟิล์ม (μm)
900	42
950	37
1000	51

3. การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของสาร TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 ด้วยเครื่อง SEM

ตรวจสอบลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของสาร TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 โดยใช้เครื่อง SEM (ยี่ห้อ Phenom รุ่น Phenom XL G2 Desktop SEM) เพื่อตรวจสอบลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของสาร TiO_2 ที่ไม่เจือและเจือด้วย Al_2O_3

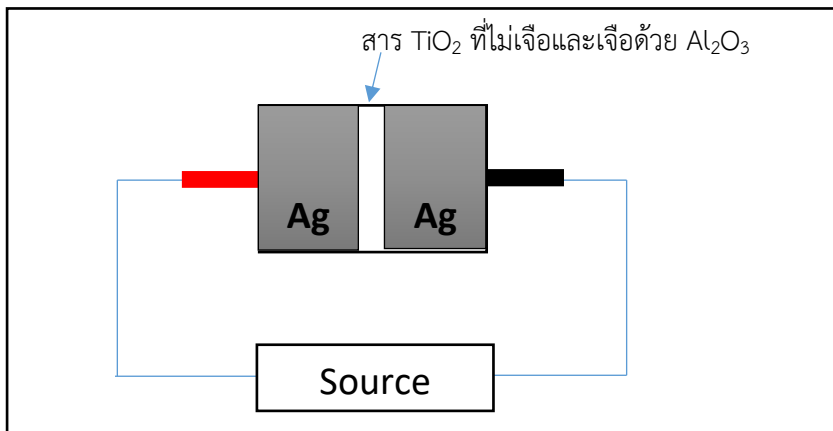
4. ตรวจสอบเฟสของฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 ด้วยเทคนิค XRD

ตรวจสอบลักษณะของเฟสของฟิล์ม TiO_2 เจือด้วย Al_2O_3 โดยใช้เครื่อง X-ray diffractometer (ยี่ห้อ Bruker D2 PHASER) ด้วยเทคนิค XRD ทำการวัด 2-theta ในช่วง 10-80 องศา เพื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของฟิล์ม TiO_2 ที่ไม่เจือและเจือด้วย Al_2O_3

5. การวัดความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มเมื่อฉายแสงอาทิตย์จำลอง

นำฟิล์มของ TiO_2 ที่ไม่เจือและเจือด้วย Al_2O_3 ที่เผาผนึกที่อุณหภูมิ 900 950 และ 1000 $^{\circ}\text{C}$ ทั้ง 4 สารตัวอย่าง มาทำขั้วไฟฟ้าด้วยการทากาวเงิน (Ag) ยี่ห้อ SPI Supplies Division of STRUCTURE PROBE, Inc จากนั้นติดตั้ง source meter (ยี่ห้อ Agilent Technologies รุ่น 2901A) ดังภาพประกอบ 1 โดยที่ source meter ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรง โดยให้กระแสไฟฟ้า มีค่าคงที่ (I) แล้วทำการวัดค่าความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองข้าง (V) ของฟิล์มที่เปลี่ยนไป เพื่อหาค่าความต้านทานไฟฟ้าจากสมการที่ (1) แล้วทำการเขียนกราฟความสัมพันธ์ความต้านทานไฟฟ้ากับเวลา

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$



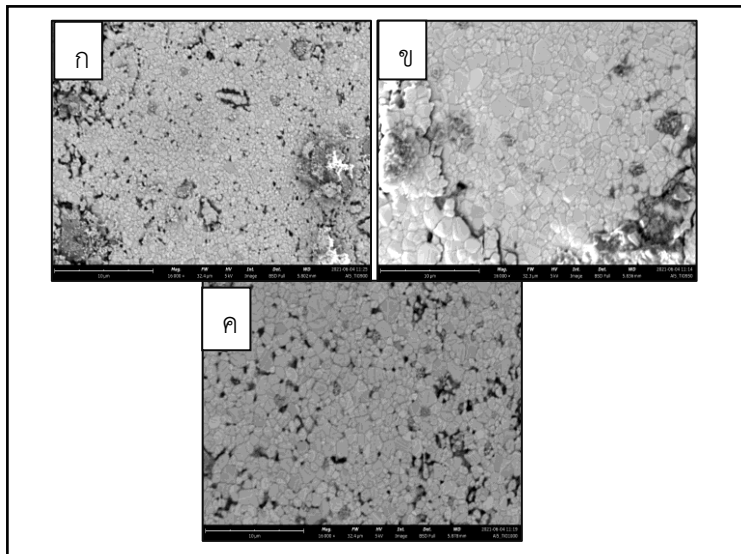
ภาพประกอบ 1 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อทำการวัดความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์ม

ทำการวัดความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์ม TiO_2 ที่ไม่เจือและเจือด้วย Al_2O_3 ที่เผาผนึกสารที่อุณหภูมิ 900 950 และ 1000 °C ทั้ง 4 ตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ใช้แสงอาทิตย์จำลองที่ใช้ค่า A.M. 1.5 มีความเข้มแสง 1,000 W/m^2 (ยี่ห้อ PHOTO EMISSION TECH., INC รุ่น SS100AA) เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้าก่อนและหลังการฉายแสงอาทิตย์จำลองในบรรยากาศ ด้วยการเปิดและปิดแสงอาทิตย์จำลอง 20 วินาทีสลับกัน จนความต้านทานไฟฟ้าลดลงจนอิ่มตัวซึ่งมีค่าต่ำที่สุด ในการวิจัยนี้ไม่ได้ใช้แสงอาทิตย์จริงเนื่องจากการฉายแสงอาทิตย์ พบว่าค่าของแสงอาทิตย์มีความเข้มแสงที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้ามีค่าเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งไม่สามารถวัดค่าที่แน่นอนได้

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของสาร TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 ด้วยเครื่อง SEM

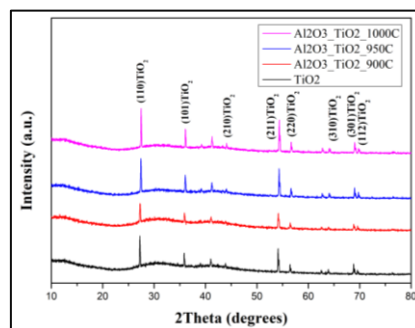
จากภาพประกอบ 2(ก) แสดงถึงการกระจายตัวของสาร TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 5% โดยโมล ที่ถูกเผาด้วยอุณหภูมิ 900 °C ที่มีขนาดของอนุภาคโดยเฉลี่ย 1.11 μm สำหรับ ที่อุณหภูมิ 950 °C ดังภาพประกอบ 2(ข) มีขนาดของอนุภาค 1.96 μm และที่อุณหภูมิ 1,000 °C มีขนาดของอนุภาค 1.71 μm ดังภาพประกอบ 2(ค)



ภาพประกอบ 2 ภาพถ่ายพื้นผิวของอนุภาคของฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 เฝ้าผนึกสารที่อุณหภูมิ ก) 900 °C ข) 950 °C และ ค) 1000 °C

2. เฟสของฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3

จากภาพประกอบ 3 เป็นการตรวจสอบลักษณะเฟสของระนาบของฟิล์ม TiO_2 เจือด้วย Al_2O_3 ด้วยเทคนิค XRD พบว่ามีระนาบที่สอดคล้องกับโครงสร้างผลึกของ TiO_2 (Reference code: 01-076-1940) มีระนาบ 110 101 210 211 220 310 301 และ 112 ซึ่งทุกพีคสูงขึ้นเมื่อทำการเฝ้าผนึกสารที่อุณหภูมิสูงขึ้น



ภาพประกอบ 3 ลักษณะเฟสของฟิล์ม TiO_2 ที่ไม่เจือและเจือด้วย Al_2O_3

3. การวัดความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มเมื่อฉายแสงอาทิตย์จำลอง

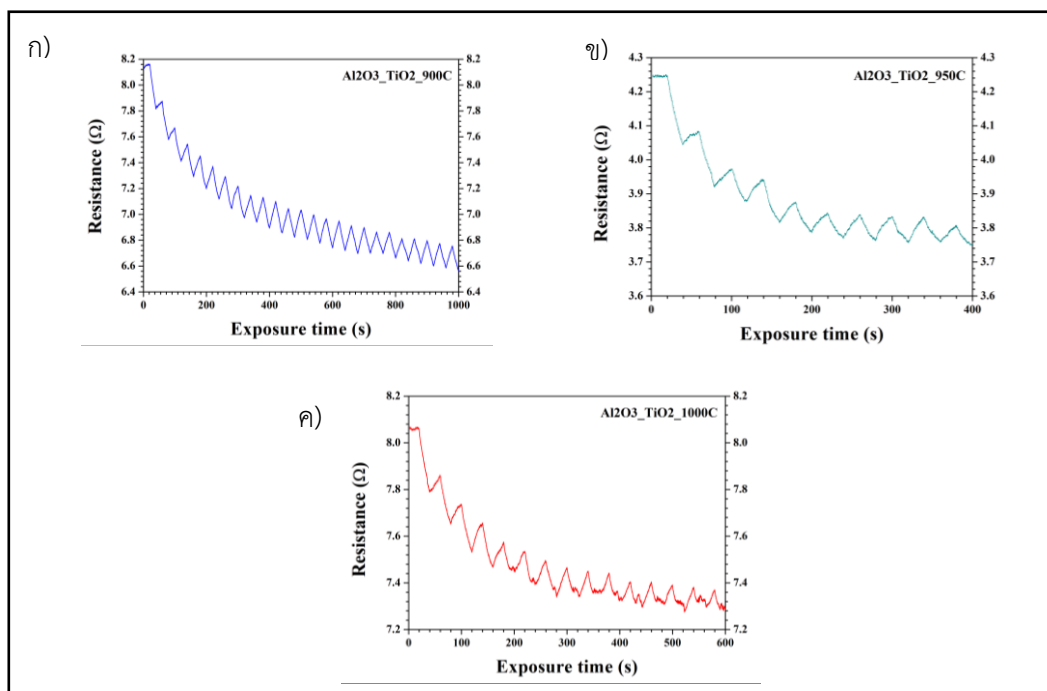
ในการวัดความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มของสารตัวอย่างทั้ง 4 เมื่อฉายแสงอาทิตย์ พบว่าค่าความต้านทานไฟฟ้ามีค่าไม่แน่นอน เนื่องจากแสงอาทิตย์มีความเข้มแสงที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้แสงอาทิตย์จำลองใช้ค่า A.M. 1.5 มีความเข้มแสง 1000 W/m^2 โดยทำการวัดความต้านทานไฟฟ้าด้วยการเปิด-ปิดแสงอาทิตย์จำลองสลับกันทุก ๆ 20 วินาที จนค่าความต้านทานลดลงจนอิมิตัว พบว่าฟิล์ม TiO_2 ก่อนฉายแสงมีความต้านทานเป็น 10.54Ω และลดลงเป็น 10.53Ω มีการเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้าน้อยมากเป็น 0.01Ω สำหรับฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 ที่อุณหภูมิ 900 950 และ 1000°C ดังตารางที่ 2 พบว่าก่อนฉายแสงอาทิตย์จำลองที่อุณหภูมิ 900°C ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-}900\text{C}$) มีความต้านทานสูงที่สุดเป็น 8.16Ω รองลงมาคือ 1000°C ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-}1,000\text{C}$) เป็น 8.06Ω และที่ 950°C ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-}950\text{C}$) มีความต้านทานต่ำที่สุดเป็น 4.24Ω และเห็นได้ชัดว่าเมื่อเติมสาร Al_2O_3 จะทำให้มีค่าความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อเทียบกับสาร TiO_2 ที่ยังไม่ได้เจือสาร ซึ่งสอดคล้องกับขนาดของอนุภาคที่ใหญ่ขึ้นที่ส่งผลต่อความต้านทานไฟฟ้าที่น้อยลงนำไปสู่การนำไฟฟ้าได้ดี

จากการศึกษาเพิ่มเติม พบว่าเมื่อเปิดแสงอาทิตย์จำลองเป็นเวลา 20 วินาที ทำให้มีความต้านทานลดลง และเมื่อปิดแสงอาทิตย์จำลองเป็นเวลา 20 วินาที ทำให้ความต้านทานเพิ่มขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นมีค่าน้อยกว่าค่าเดิม แล้วการเปิด-ปิดแสงอาทิตย์จำลองสลับกันไป จนถึงค่าความต้านทานอิมิตัว พบว่าฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 ที่อุณหภูมิ 900°C ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-}900\text{C}$) ดังภาพประกอบ 4 ก) มีความต้านทานไฟฟ้าก่อนฉายแสงเป็น 8.16Ω และอิมิตัวที่ 6.56Ω ใช้เวลา 980 วินาที มีการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเป็น 1.6Ω สำหรับ ที่อุณหภูมิ 950°C ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-}950\text{C}$) ดังภาพประกอบ 4 ข) มีความต้านทานไฟฟ้าก่อนฉายแสงเป็น 4.24Ω และอิมิตัวที่ 3.75Ω ใช้เวลา 380 วินาที มีการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเป็น 0.49Ω และจากภาพประกอบ 4 ค) ที่อุณหภูมิ 1000°C ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-}1,000\text{C}$) มีความต้านทานไฟฟ้าก่อนฉายแสงเป็น 8.06Ω และอิมิตัวต่ำที่สุดเป็น 7.28Ω ใช้เวลา 580 วินาที มีการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเป็น 0.78Ω

ดังนั้นฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 ที่อุณหภูมิ 900°C มีช่วงการเปลี่ยนแปลงความต้านทานมากที่สุดเป็น 1.6Ω และมีช่วงเวลาของการเปลี่ยนแปลงความต้านทานนานที่สุด ซึ่งเป็นช่วงที่กว้าง จึงเหมาะสมกับการนำมาประดิษฐ์เป็นเซนเซอร์แสงและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานไฟฟ้าก่อนและหลังการฉายแสงอาทิตย์จำลองของฟิล์ม TiO_2 ที่ไม่เจือและเจือด้วย Al_2O_3

อุณหภูมิเผาผนึกสาร ของฟิล์ม TiO_2 ที่เจือ ด้วย Al_2O_3 5% โดย โมล ($^{\circ}\text{C}$)	เวลาที่มีการ เปลี่ยนแปลงความ ต้านทานจนอิ่มตัว (s)	ความต้านทาน ก่อนฉาย แสงอาทิตย์ (Ω)	ความต้านทาน หลังฉาย แสงอาทิตย์ (Ω)	การ เปลี่ยนแปลง ความต้านทาน (Ω)
900	980	8.16	6.56	1.6
950	380	4.24	3.75	0.49
1000	580	8.06	7.28	0.78



ภาพประกอบ 4 การเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 ที่อุณหภูมิ ก) 900 ข) 950 และ ค) 1000 $^{\circ}\text{C}$ เมื่อเปิด-ปิดแสงอาทิตย์จำลอง

อภิปรายผลการวิจัย

1. ความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์ม

พิจารณาความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 5% โดยโมล พบว่าขนาดของอนุภาค มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีรูพรุนน้อยลงซึ่งสอดคล้องกับความต้านทานไฟฟ้าที่ต่ำลง ทำให้น้ำไฟฟ้าได้ดี และเมื่อที่ถูกเผาผนึกสารที่อุณหภูมิ 950 °C ทำให้อนุภาคมีขนาดใหญ่ที่สุด 1.96 μm และมีรูพรุนน้อยที่สุด ทำให้มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำที่สุดเป็น 4.24 Ω รองลงมาที่อุณหภูมิ 1000 °C มีขนาดของอนุภาค 1.71 μm มีความต้านทานไฟฟ้า 8.06 Ω และมีขนาดของอนุภาคเล็กที่สุด อุณหภูมิ 900 °C ที่มีขนาดของอนุภาค 1.11 μm ความต้านทานไฟฟ้าสูงที่สุด 8.16 Ω

2. เฟสของฟิล์ม TiO_2 ที่ไม่เจือและเจือด้วย Al_2O_3

การตรวจสอบลักษณะของเฟสของฟิล์ม TiO_2 เจือด้วย Al_2O_3 ด้วยเทคนิค XRD พบว่าเมื่อทำการเผาผนึกสารที่อุณหภูมิสูงขึ้น มีระนาบของโครงสร้างผลึกของ TiO_2 ที่มีพีคที่สูงขึ้น

3. ความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มเมื่อฉายแสงอาทิตย์จำลอง

ในการฉายแสงบนพื้นผิวของฟิล์มของสารกึ่งตัวนำทำให้เกิดช่องว่างของออกซิเจน (oxygen vacancies) ส่งผลให้เกิดการสะสมของอิเล็กตรอนสูงขึ้น สอดคล้องกับขนาดอนุภาคที่ใหญ่ขึ้นและมีรูพรุนน้อยลง จึงทำให้น้ำไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งเป็นผลให้มีความต้านทานไฟฟ้าลดลงเมื่อฉายแสงนั่นเอง

จากการฉายแสงบนฟิล์ม TiO_2 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้าน้อยมากเป็น 0.01 Ω จึงไม่เหมาะสมจะทำการเป็นเซนเซอร์แสง สำหรับฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 ที่อุณหภูมิ 900 °C และ 1000 °C โดยการเปิด-ปิดแสงอาทิตย์จำลองสลับกัน 20 วินาที จนมีความต้านทานอิ่มตัวทั้ง 3 สารตัวอย่างนี้ พบว่าเมื่อเปิดแสงอาทิตย์จำลองทำให้มีความต้านทานลดลง และเมื่อปิดแสงอาทิตย์จำลองทำให้มีความต้านทานเพิ่มขึ้น แต่ความต้านทานจะไม่เพิ่มขึ้นมาเท่าเดิม และมีแนวโน้มของความต้านทานลดลง เป็นผลมาจากช่องว่างของออกซิเจน (Suwanwong, S., et al., 2015) จากการศึกษาเพิ่มเติมนี้ยังพบอีกว่าฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 ที่อุณหภูมิ 900 °C มีช่วงการเปลี่ยนแปลงความต้านทานมากที่สุดถึงเป็น 1.6 Ω และมีช่วงเวลาของการเปลี่ยนแปลงความต้านทานนานที่สุดถึง 980 วินาที ซึ่งเป็นช่วงที่กว้าง ดังนั้น ฟิล์ม TiO_2 ที่เจือด้วย Al_2O_3 จึงเหมาะสมต่อการประดิษฐ์เป็นเซนเซอร์แสง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสาขาวิชาฟิสิกส์ งานศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัย

งบประมาณผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

เอกสารอ้างอิง

- Bensouici, F. Bououdina, M., Dakhel, A.A., Tala-Ighil, R., Tounane, M., Iratni, A. Souier, T., Liu, S. & Cai, W. (2017). Optical, structural and photocatalysis properties of Cu-doped TiO₂ thin films. *Applied Surface Science*, 395, 110-116.
- Chen, S., Xiao, Y., Wang, Y., Hu, Z., Zhao, H. & Xie, W. (2018). A facile approach to prepare Black TiO₂ with oxygen vacancy for enhancing photocatalytic activity. *Nanomaterials*, 8(4), 245.
- Elsayed, A.M., Rabia, M., Shaban, M., Aly, A.H. & Ahmed, A.M. (2021). Preparation of hexagonal nanoporous Al₂O₃/TiO₂/TiN as a novel photodetector with high efficiency. *Scientific Reports*, 11, 17572.
- Khan, M.I., Bhatti, K.A., Qindeel, R., Bousiakou, L.G., Alonizan, N. & Aleem, F. (2016). Investigations of the structural, morphological and electrical properties of multilayer ZnO/TiO₂ thin films, deposited by sol–gel technique. *Results in Physics*, 6, 156-160.
- Li, H., Guo, Y. & Robertson, J. (2015). Calculation of TiO₂ surface and subsurface oxygen vacancy by the screened exchange functional. *The Journal of Physical Chemistry*, 119, 18160-18166.
- Nagabharana, R.M., Kumaraswamy, G.N., Gundanna, S.K. & Umananda M.B. (2020). Effect of thermal annealing on structural and electrical properties of TiO₂ thin films. *Thin Solid Films*, 710, 138262.
- Sengwa, R.J. & Choudhary, S. (2017). Dielectric and electrical properties of PEO–Al₂O₃ nanocomposites. *Journal of Alloys and Compounds*, 701, 652-659.
- Suwanwong, S., Eknapakul, T., Rattanacha Y., Masingboon, C., Rattanasuporn, S., Phatthanakun, R., Nakajima, H., King, P., Hodak, S. & Meevasana, W. (2015). The dynamics of ultraviolet-induced oxygen vacancy at the surface of insulating SrTiO₃. *Applied Surface Science*, 355, 210-212.

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตยางพารา
The study factors affecting the quantity of para rubber production

สมภพ กาญจนะ* กาญจนา ดวดไธสง และ ปลายฟ้า วงศ์พินิจ
Somphop Kanchana*, Kanjana Dodthaisong, and Plaifah Wongpinit

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
Mathematics Faculty of Science Buriram Rajabhat University
Email: sompop.kn@bru.ac.th, 610112210018@bru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตยางพาราในชุมชนบ้านปวงตึก ตำบลตาตุ่ม อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งทำการศึกษาทั้งหมด 5 ปัจจัย ได้แก่ 1) จำนวนพื้นที่ในการปลูกยางพารา 2) การกรรดยางพารา 3) การใช้ปุ๋ยบำรุงก่อนกรีตและหลังกรีต 4) พันธุ์ยางพาราที่ปลูก 5) โรคและศัตรูยางพารา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบสอบถามปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตยางพารา กลุ่มตัวอย่างได้แก่ ผู้ปลูกยางพาราหรือผู้ทำสวนยางพาราที่มีกรรมสิทธิ์เป็นเจ้าของสวนในเขตพื้นที่ตำบลตาตุ่ม อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 56 คน

ผลการศึกษาพบว่าทั้ง 5 ปัจจัย มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตยางพาราในระดับค่อนข้างสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเป็น 0.288 และสามารถพยากรณ์ปริมาณการผลิตได้ร้อยละ 53.7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าปัจจัยดังกล่าวสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตยางพาราได้ ร้อยละ 53.7 และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวพยากรณ์ พบว่ามีเพียง 2 ปัจจัยเท่านั้นที่สามารถพยากรณ์ปริมาณผลผลิตได้ ได้แก่ พันธุ์ยางพารา และการกรรดยางพารา ส่วนปัจจัยด้านจำนวนพื้นที่ในการปลูกยางพารา การใช้ปุ๋ยบำรุงก่อนกรีตและหลังกรีต และโรคและศัตรูยางพารา ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ 0.05 ซึ่งสามารถเขียนสมการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตยางพาราได้ดังนี้ สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ

$$Y = 6.867 + 0.602X_2 + 0.139X_4$$

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน

$$Z = 0.302Z_2 + 0.181Z_4$$

คำสำคัญ: ปริมาณผลผลิตยางพารา สมการพยากรณ์

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the factors affecting the quantity of para rubber in Ban Pueng Tuek community, Tatum sub-district, Sangkha district, Surin province. A total of 5 factors were studied, namely 1) rubber planting area 2) rubber tapping 3) use of pre-tapping and post-tapping nourishing fertilizers 4) rubber varieties planted 5) diseases and pests of rubber. research tools was a satisfaction various factors affecting the quantity of rubber production. The sample group includes 56 rubber planters or rubber planters who own the plantation in Tatum Subdistrict, Sangkha District, Surin Province.

The results showed that all 5 factors were related to the quantity of para rubber production at a relatively high level. The multiple correlation coefficient was 0.288 and the production volume was predicted 53.7% with statistical significance at the 0.05 level, indicating that the said factor could explain the change in the rubber production volume of 53.7%. The regression of the forecasters found that only 2 factors could predict the yield. and rubber tapping Factors related to rubber planting area Fertilizer application before and after cutting Diseases and enemies of rubber There was no statistical significance at the 0.05 level. The equation for forecasting the quantity of rubber production could be written as follows. The forecast equation in the form of raw score $Y = 6.867 + 0.602X_2 + 0.139X_4$ The forecast equation in the form of a standard score $Z = 0.302Z_2 + 0.181Z_4$.

Keywords: Volume of rubber production, forecasting equation

บทนำ

ยางพาราเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกยางพาราเป็นอันดับหนึ่งของโลกมากกว่า 20 ปี โดยในปี 2557 ประเทศไทยมีเนื้อที่กรีดยางได้ 17.40 ล้านไร่ ปริมาณการผลิต 4.57 ล้านตัน มีการคาดการณ์ปริมาณการส่งออกไว้ที่ 3.70 ล้านตัน (สมาคมยางพาราไทย, 2557) ซึ่งในทางภาคใต้ของไทยจะมีเนื้อที่กรีดยางได้มากที่สุดคือ 9.69 ล้านไร่ รองลงมาคือภาคกลาง 1.46 ล้านไร่ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1.42 ล้านไร่ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเนื้อที่กรีดยางเป็นอันดับที่ 3 ของประเทศ ซึ่งสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ระบุว่าเกษตรกรภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วน

ใหญ่มีต้นทุนการผลิตสูง และมีผลผลิตเพียง 248 กิโลกรัม (สำนักงานพัฒนางานวิจัยการเกษตร, 2546) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยโดยรวมของประเทศ (262 กิโลกรัมต่อไร่) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากความไม่แน่นอนจากสภาพอากาศ ผลกระทบจากภาวะภัยแล้ง น้ำท่วม ปัญหาดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ทำให้ปริมาณผลผลิตโดยเฉลี่ยต่ำ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจและเลือกศึกษาปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มปริมาณผลผลิตจำนวน 5 ปัจจัย ได้แก่ 1) พื้นที่ปลูกยางพารา 2) การกรีดยางพารา 3) การใส่ปุ๋ยบำรุงก่อนกรีดและหลังกรีด 4) พันธุ์ยางพาราที่ปลูก 5) โรคและศัตรูพืช ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตยางพาราในชุมชนบ้านปวงตึก ตำบลตาตุม อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งสามารถเป็นแนวทางให้แก่เกษตรกรในการปรับเปลี่ยนระบบการผลิต เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตในอนาคตได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตยางพาราในชุมชนบ้านปวงตึก ตำบลตาตุม อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตยางพาราในชุมชนบ้านปวงตึก ตำบลตาตุม อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากร

ผู้ปลูกยางพารา หรือผู้ทำสวนยางพาราที่มีกรรมสิทธิ์เป็นเจ้าของสวนยางพาราในเขตพื้นที่ตำบลตาตุม อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 56 คน (ข้อมูลประชากรจากทะเบียนเกษตรกร ปี 2564)

กลุ่มตัวอย่าง

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจะใช้ผู้ปลูกยางพาราหรือผู้ทำสวนยางพาราที่มีพื้นที่สวนยางพาราในเขตชุมชนบ้านปวงตึก ตำบลตาตุม อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 56 คน จากผลการคำนวณผู้วิจัยจึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดของประชากร จำนวน 56 คน เมื่อได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างแล้วผู้วิจัยได้ดำเนินการเพื่อแจกแบบสอบถามตามจำนวนที่ได้คำนวณไว้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการเก็บข้อมูล คือ แบบสอบถาม (questionnaire) ปลายปิดและปลายเปิดแบ่งเป็น 4 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบเลือกตอบ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสวนยางพารา ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบเลือกตอบ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตยางพารา 5 ด้าน ดังนี้

- 1) จำนวนพื้นที่ในการปลูกยางพารา
- 2) การกรีดยางพารา
- 3) การใช้ปุ๋ยบำรุงก่อนกรีดและหลังกรีด
- 4) พันธุ์ยางพาราที่ปลูก
- 5) โรคและศัตรูยางพารา

ส่วนที่ 4 ปัญหาและข้อเสนอแนะอื่น ๆ ซึ่งเป็นคำถามในลักษณะปลายเปิด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่สมบูรณ์ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ขออนุญาตจากมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ถึงผู้นำหมู่บ้านปวงดึก เพื่อขออนุญาตในการเก็บข้อมูลจากประชาชนในพื้นที่ที่จะศึกษา โดยใช้เวลาในการเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 25 สิงหาคม พ.ศ. 2564 ถึง วันที่ 29 สิงหาคม พ.ศ. 2564

2. ทำการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามที่ให้ประชาชนจนครบตามจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

3. เมื่อได้รับแบบสอบถามคืนผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องความสมบูรณ์ของการตอบแบบสอบถาม เพื่อวิเคราะห์ ประมวลผลข้อมูลตามขั้นตอนวิจัยต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ภายในตัวแปรพยากรณ์ และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรพยากรณ์กับตัวแปรเกณฑ์ ซึ่งมีตัวแปรพยากรณ์ดังนี้ จำนวนพื้นที่ในการปลูกยางพารา การกรีดยางพารา การใช้ปุ๋ยบำรุงก่อนกรีดและหลังกรีด พันธุ์ยางพาราที่ปลูก และโรคและศัตรูยางพารา และตัวแปรเกณฑ์คือปริมาณผลผลิตยางพารา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson Product - Moment Correlation Coefficient : r_{xy})

2. สร้างสมการพยากรณ์ โดยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

3. หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (R) ระหว่างตัวแปรพยากรณ์ ได้แก่ จำนวนพื้นที่ในการปลูกยางพารา การกรีดยางพารา การใช้ปุ๋ยบำรุงก่อนกรีดและหลังกรีด พันธุ์ยางพาราที่ปลูก และโรคและศัตรูยางพารา กับตัวแปรเกณฑ์ คือปริมาณผลผลิตยางพารา

ผลการวิจัย

สภาพทั่วไป

เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง ร้อยละ 62.5 มีอายุอยู่ระหว่าง 46-55 ปี คิดเป็นร้อยละ 32.1 ส่วนใหญ่ จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 82.1 และยังมีเกษตรกรชาวสวนยางบางส่วนที่จบมัธยมศึกษาตอนปลาย หรือเทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 12.5

การผลิตยางพาราของเกษตรกร

เหตุผลสำคัญที่ทำให้เกษตรกรปลูกยางพารา คือ เป็นพืชเศรษฐกิจและให้ราคาดี ส่วนใหญ่เกษตรกรได้ปริมาณผลผลิตยางพาราที่ 250 กิโลกรัม/สับดาห์ คิดเป็นร้อยละ 28.6 รายได้จากผลผลิตยางพาราอยู่ระหว่าง 50,000-100,000 บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 62.5 โดยเกษตรกรปลูกยางพันธุ์ RRIM600 ร้อยละ 72.5 เนื่องจากให้ปริมาณน้ำยางมาก ดูแลง่าย และทนแล้ง ซึ่งมีพื้นที่เฉลี่ย ในการปลูกยางพาราร้อยละ 64.3 อยู่ระหว่าง 5-15 ไร่ ใช้วิธีการกรีดยางพารากรีดแบบ 1 รอยกรีด ร้อยละ 71.4 โดยใช้ระบบการกรีดยางหนึ่งนสามของลำต้นสองวันเว้นวัน ร้อยละ 42.9 เวลาการเก็บเกี่ยวยางพาราส่วนใหญ่เกษตรกรชาวสวนยางจะเริ่มเก็บยาง เวลา 04.00-08.00 น. ร้อยละ 98.2 เนื่องจากเป็นเวลาที่เหมาะสมแก่การกรีดยาง และได้ปริมาณผลผลิตมาก และเกษตรกรชาวสวนยางไม่ใช้สารเคมีเร่งน้ำยางพารา ร้อยละ 87.5

ปัญหาการผลิต

โดยส่วนใหญ่เกษตรกรมีปัญหาในด้านพันธุ์ยางพารา เนื่องจากเกษตรกรขาดความรู้ในการเลือกพันธุ์ยาง เพราะในการเลือกปลูกยางพารา จะต้องคำนึงถึงผลผลิตยางพาราหรือเนื้อไม้ที่ได้จากการปลูกยาง ดังนั้น จะขึ้นกับปัจจัย 3 ประการ คือ พันธุ์ยาง สภาพแวดล้อม และการปรับตัวของพันธุ์ยางเข้ากับสภาพแวดล้อมนั้น ๆ และปัญหาพันธุ์ยางพารามีราคาแพง หากเกษตรกรมีความรู้และมีระบบการจัดการที่ดีจะสามารถคลี่คลายได้ เช่น กรณีต้นกล้ายางมีราคาแพง เกษตรกรสามารถเพาะยางจากเมล็ดและทำการติดตามหรือรวมกลุ่มกันผลิตต้นกล้ายาง และแบ่งกันไปปลูกในพื้นที่ของตน ก็จะเป็นอีกทางที่จะช่วยลดปัญหานี้ได้

อิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตยางพารา

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

ตัวแปร	B	Std. Error	Beta	t	p-value
พื้นที่ปลูกยางพารา (X_1)	.224	53.072	.116	-.682	.493
การกรีดยางพารา (X_2)	.602	73.761	.302	-.709	.000
การใช้ปุ๋ยบำรุงก่อนกรีดยางและหลังกรีดยาง (X_3)	.084	52.558	.047	-.323	.811
พันธุ์ยางพาราที่ปลูก (X_4)	.139	19.248	.181	-1.389	.000
โรคและศัตรูยางพารา (X_5)	.046	47.955	.302	-.374	.886
$a = 6.867 \quad R = 0.537 \quad R^2 = 0.288 \quad R^2_{Adjusted} = 0.324 \quad SE_{cst} = 0.833 \quad F = 4.054$					

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าทั้ง 5 ปัจจัย มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตยางพาราในระดับค่อนข้างสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเป็น 0.288 และสามารถพยากรณ์ปริมาณการผลิตได้ร้อยละ 53.70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าปัจจัยดังกล่าวสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตยางพาราได้ ร้อยละ 53.70

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรพยากรณ์ และตัวสถิติที่ใช้ทดสอบความมีนัยสำคัญ

ตัวแปร	B	Std. Error	Beta	t	p-value
การกรีดยางพารา (X_2)	.602	73.761	.302	-.709	.000
พันธุ์ยางพาราที่ปลูก (X_4)	.139	19.248	.181	-1.389	.000
$a = 6.867 \quad R = 0.537 \quad R^2 = 0.214 \quad R^2_{Adjusted} = 0.292 \quad SE_{cst} = 0.833 \quad F = 4.054$					

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวพยากรณ์ พบว่ามีเพียง 2 ปัจจัยเท่านั้นที่สามารถพยากรณ์ปริมาณผลผลิตได้ ได้แก่ การกรีดยางพารา และพันธุ์ยางพารา ส่วนปัจจัยด้านจำนวนพื้นที่ในการปลูกยางพารา การใช้ปุ๋ยบำรุงก่อนกรีตและหลังกรีต และโรคและศัตรูยางพารา ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ 0.05 ซึ่งสามารถเขียนสมการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตยางพาราได้ ดังนี้

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ

$$Y = 6.867 + 0.602X_2 + 0.139X_4$$

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน

$$Z = 0.302Z_2 + 0.181Z_4$$

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าพันธุ์ยางพารา การกรีดยางพารา พื้นที่ปลูกยางพารา และการใช้ปุ๋ยบำรุงก่อนกรีตและหลังกรีต มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณผลผลิตยางพารา ส่วนโรคและศัตรูยางพารา มีความสัมพันธ์เชิงลบต่อปริมาณผลผลิตยางพารา ทั้งนี้เนื่องจากโรคของต้นยางส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของปริมาณน้ำยาง เนื่องจากหากต้นไหนที่เป็นโรคร้ายแรง เช่น เปลือกแห้งหรือเปลือกแตก เกษตรกรจะไม่สามารถกรีดยางต้นนั้นได้

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย สามารถอภิปรายผลประเด็นสำคัญ ในการวิจัยเรื่องการสร้างสมการพยากรณ์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตยางพารา ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตยางพาราในชุมชนบ้านปวงตึก ตำบลตาตุม อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ 2) เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตยางพาราในชุมชนบ้านปวงตึก ตำบลตาตุม อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้านี้เป็นผู้ปลูกยางพาราหรือผู้ทำสวนยางพาราที่มีกรรมสิทธิ์เป็นเจ้าของสวน ในเขตพื้นที่ตำบลตาตุม อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 56 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบเลือกตอบ 2) ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสวนยางพารา ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบเลือกตอบ 3) ข้อมูลที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตยางพารา 5 ด้าน โดยมีลักษณะเป็นมาตราส่วน 5 ระดับ 4) ปัญหาและข้อเสนอแนะอื่น ๆ ซึ่งเป็นคำถามในลักษณะปลายเปิด ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาตัวแปรที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตยางพารา สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และการวิเคราะห์ การถดถอยพหุคูณ ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตยางพารา และเป็นตัวแปรพยากรณ์ที่ดี ได้แก่ พันธุ์ยางพารา และการกรีดยางพารา

พันธุ์ยางพาราที่ปลูก (X_4) มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตยางพารา เนื่องจากในการเลือกปลูกยางพารา จะต้องคำนึงถึงผลผลิตยางพาราหรือเนื้อไม้ที่ได้จากการปลูกยาง ดังนั้น จะขึ้นกับปัจจัย 3 ประการ คือ พันธุ์ยางสภาพแวดล้อม และการปรับตัวของพันธุ์ยางเข้ากับสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ดังนั้นในการเลือกปลูกยางพันธุ์ใด ควรเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดและมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในพื้นที่ของเกษตรกรผู้ปลูก ซึ่งสอดคล้องกับ (นิภาภรณ์ ชูสินวน, 2560) ที่ได้ศึกษาระยะปลูกที่เหมาะสม และพันธุ์ยางที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตเนื้อไม้ และผลผลิตน้ำยาง ผลการวิจัยพบว่า ระยะปลูกที่เหมาะสมในการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุน คือ D2 ระยะปลูก 3x4 ม. และพันธุ์ยางที่ให้ปริมาตรเนื้อไม้ และผลผลิตน้ำยางที่เหมาะสม คือ พันธุ์ RRIT 404

การกรีดยางพารา (X_2) มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตยางพารา เนื่องจากเทคนิคการกรีดยางและวิธีการปฏิบัติที่ถูกต้อง จะส่งผลให้ผลผลิตที่ได้มากแบบยั่งยืนไม่ทำให้ต้นยางเสียหาย มีอายุการกรีดนาน และการเลือกใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น การเปิดกรีด วิธีการกรีด และระบบกรีด สามารถที่จะรักษาต้นยางเพื่อให้กรีดได้นาน แต่หากใช้วิธีการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้อง นอกจากได้น้ำยางน้อยแล้วยังทำให้ต้นยางเสียหาย เป็นเหตุให้รายได้ของเกษตรกรลดลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ (กมลรัตน์ คงเหล้า, 2551) ได้ศึกษา การปรับปรุงระบบกรีดต่อการเพิ่มผลผลิตน้ำยางของยางพารา ทำการทดลองกับยางพารา พันธุ์ BPM 24 (อายุ 8 ปี) ณ สถานีวิจัยและฝึกภาคสนามเทพา คณะทรัพยากรธรรมชาติ อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา ผลการวิจัยพบว่า ระบบกรีดครั้งลำต้นวันเว้นสองวันร่วมกับการใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง 2.5 เปอร์เซ็นต์ ได้ให้ผลผลิตต่อครั้งที่กรีดสูงสุด และวิธีการระบบกรีดหนึ่งในสามของลำต้นสองรอยกรีด

สลับหน้ากริด สามวันเว้นวัน ได้ให้ผลผลิตน้อย และยังสิ้นเปลืองเปลือกสูงสุด และสอดคล้องกับ (สุคนธ์ทิพย์ เวียนมานะ, 2557) ที่ได้ศึกษาปัจจัยที่มีต่อปริมาณผลผลิตยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้ในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับยางพาราเฉพาะในชุมชนบ้านปวงตึก ตำบลตาตุม อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์เท่านั้น ในการศึกษาครั้งต่อไปควรจะมีการศึกษาในจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกยางพาราจำนวนมาก เพื่อนำมาเปรียบเทียบ และพัฒนา ปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น
2. ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการหาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตยางพารา โดยศึกษาปัจจัยทั้งหมด 5 ด้าน เท่านั้น ในการศึกษาครั้งต่อไปควรจะมีการศึกษาผลการวิจัยเพื่อไปหาวิเคราะห์ ในปัจจัยอื่น ๆ เพิ่มนอกเหนือจากตัวแปรที่ศึกษา และควรเพิ่มวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์ ให้ได้ข้อมูลเชิงลึก เพื่อจะได้นำมาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตยางพารา ได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- สมาคมยางพาราไทย. (2557). *ปริมาณการส่งออกยางพารา (แยกประเภท) ปี 2542-2557*. สืบค้น 20 กรกฎาคม 2564, จาก : <http://www.thainr.com/uploadfile/20141002124327.pdf>.
- สำนักงานพัฒนางานวิจัยการเกษตร. (2546). *พันธุ์ยางพารา*. สืบค้น 20 กรกฎาคม 2564, จาก : <https://www.arda.or.th/kasetinfo/south/para/controller/01-02.php>.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2555). *สถานการณ์สินค้าที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2555*. สืบค้น 20 กรกฎาคม 2564, จาก : http://www.oae.go.th/ewtadmin/ewt/oae_web/download/journal/trends2556.pdf.
- กมลรัตน์ คงเหล้า. (2551). *การปรับปรุงระบบกริดเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำยางของยางพารา*. (วิทยานิพนธ์การศึกษาลัทธิสุตรปริญญา). สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- นิภาภรณ์ ชูสินวน, สมคิด ดำน้อย, ก้องกษิต สุวรรณวิหก, สุรกิตติ ศรีกุล และวิรัตน์ ธรรมบำรุง. (2560). การศึกษาระยะปลูกที่เหมาะสมกับพันธุ์ยางแนะนำ เพื่อผลผลิตเนื้อไม้และผลผลิตน้ำยางในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน. *วารสารวิชาการเกษตร*, 35(2), 211-214.
- สุคนธ์ทิพย์ เวียนมานะ, สุภาภรณ์ พวงชมพู และไพศาล กะกุลพิมพ์. (2557). ปัจจัยที่มีต่อปริมาณผลผลิตยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *วารสารแก่นเกษตร*, 42(1), 500-501.

การเปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเองในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช
ของวัยรุ่นและผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม : กรณีศึกษา บ้านสะแกชำ
ตำบลสะแกชำ อำเภอมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

Comparison of knowledge and self-defense behavior in using pesticides of
adolescents and parents engaged in agriculture : Baan Sakaesam, Sakaesam
Sub-district, Mueang Buriram District, Buriram Province

กนิษฐา จอดนอก^{1*}, ฉวีวรรณ ยอดอินทร์² และ กิตติศักดิ์ นามวิชา²
Kanittha Chodnock^{1*}, Chawiwat Yord-in², and Kittisak Namvicha²

คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์¹

Faculty of Nursing, Buriram Rajabhat University¹

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์²

Faculty of Science, Buriram Rajabhat University²

Email: kanittha.ch@bru.ac.th

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเองในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของวัยรุ่นและผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม กรณีศึกษา บ้านสะแกชำ ตำบลสะแกชำ อำเภอมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental Research) เพื่อเปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเองของเกษตรกร ในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของวัยรุ่นและผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม บ้านสะแกชำ ตำบลสะแกชำ อำเภอมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองอย่างละ 30 คน ใช้เครื่องมือแบบสอบถามความรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเองในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร จากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test ผลการวิจัยพบว่าความรู้และพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของวัยรุ่นและผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่มทดลองมีความรู้มากขึ้นและมีพฤติกรรมดีขึ้น ด้วยค่าเฉลี่ย 6.40 (SD = 0.80) และ 33.87 (SD=1.50) จากก่อนทดลอง 3.07 (SD= 0.81) และ 16.50 (SD=1.86) กลุ่มตัวอย่างมีความรู้และมีพฤติกรรมการป้องกันตนเองในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เพื่อแก้ไขปัญหาพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรอย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาให้ครอบคลุมเกษตรกรทั้งตำบลสะแกชำ โดยการมีส่วนร่วมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

คำสำคัญ: ความรู้ พฤติกรรมการป้องกันตนเอง วัยรุ่น สารเคมีกำจัดศัตรูพืช อาชีพเกษตรกรรม

ABSTRACT

The research on the results of comparing the pesticide knowledge of adolescents and parents engaged in agriculture in Buriram province was semi-experimental research. Quasi - Experimental Research aims to compare the pesticide knowledge of teenagers and parents engaged in agriculture in Buriram province. The samples were 60, divided into control and experimental groups. The instruments used in the study are questionnaires of farmers' knowledge and self-defense behavior in the use of pesticides of occupational and environmental diseases. CDC, Ministry of Public Health Analyze statistics using t-test, percentage, average, and standard deviation. The findings revealed that adolescents and their parents who work in agriculture had significantly different pesticide knowledge and behavior. The experimental group exhibited greater knowledge and behavior from a mean of 6.40 (SD = 0.80) and 33.87 (SD=1.50). The samples' knowledge and self-defense behaviors in utilizing pesticides increased statistically significantly ($p<0.05$). To effectively address the problem of farmers' pesticide utilize behavior, the future study should include farmers in Sakaesam Sub-district, as well as participation from relevant agencies.

Keywords: knowledge, self-defense behavior, adolescents, pesticides, agricultural

บทนำ

จากข้อมูลสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี 2562 จำนวนผู้มีงานทำทั้งหมด 37.5 ล้านคน พบว่าเป็นแรงงานนอกระบบ 20.3 ล้านคน ซึ่งแรงงานนอกระบบมากกว่าครึ่งหนึ่งทำงานอยู่ในภาคเกษตรกรรม นอกจากนี้พบว่ามีปริมาณการนำเข้าของวัตถุอันตรายทางการเกษตรเพิ่มมากขึ้นกว่า 3.74 หมื่นตัน เทียบกับปี 2559 และพบผู้ป่วยด้วยโรคพิษสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปี 2560 มีอัตราป่วย 16.81 ต่อประชากรแสนราย ซึ่งมีจำนวนเพิ่มขึ้น 1,117 ราย เทียบจากปี 2559 (อัตราป่วย 14.47 ต่อประชากรแสนราย) อีกทั้งยังพบผู้ป่วยสัมผัสสารกำจัดวัชพืชพาราควอต จำนวน 502 ราย ตั้งแต่ พ.ศ. 2556-2560 โดยได้รับสารแบบไม่ได้ตั้งใจและมีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งนี้พบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มอายุ 15-59 ปี และประกอบอาชีพเพาะปลูก (กรมควบคุมโรค, 2563) สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกษตรกรใช้สารเคมี คือความสะดวกสบาย สามารถปฏิบัติได้ หาได้ง่าย และราคา เป็นต้น เกษตรกร ก็ใช้หลักการเดียวกันในการตัดสินใจดำเนินการจัดการ ถ้ามีทางเลือกมากทำไมเกษตรกรต้องใช้สารเคมีที่กล่าวถึงในการผลิตพืช

โรคมะเร็งสมอง และมะเร็งเม็ดเลือดขาวในเด็กชาวอเมริกัน ตั้งแต่ปี 2516 มีเพิ่มขึ้น 33% และสาเหตุการตายเนื่องจากมะเร็งมากกว่าโรคอื่น ๆ สำหรับช่วงอายุที่มากในเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 14 ปี และจากผลการศึกษาวิจัยระดับการตกค้างของสารพิษในอาหารของเด็กทารก 8 ชนิด พบว่ามีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างสูงถึง 52% ชนิดสารที่พบมีถึง 16 ชนิด อาหารที่พบส่วนใหญ่จะพบสารพิษมากกว่า 2 ชนิดในตัวอย่างเดียวกัน และในบรรดาสารพิษ 16 ชนิดที่ตรวจพบนี้ พบว่าส่วนใหญ่เป็นสารในกลุ่มที่มีผลกระทบต่อระบบประสาท (Neurotoxin) ได้แก่สารพิษในกลุ่มสารประกอบฟอสเฟต และคาร์บาเมต โดยระดับของการตรวจพบเชื่อว่าปลอดภัยต่อผู้ใหญ่ แต่อาจไม่ปลอดภัยต่อเด็ก และทารก ทั้งนี้เนื่องจากค่าปลอดภัยต่อการบริโภค ได้กำหนดไว้สำหรับผู้ใหญ่ ไม่ครอบคลุมการศึกษาผลกระทบในเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 14 ปี นอกจากนี้ผลของการได้รับสัมผัสสารพิษตั้งแต่ 2 ชนิดรวมกัน ในตัวอย่างอาหารเดียวกัน จะยังทำให้เกิดพิษสะสมหรือเกิดการเสริมฤทธิ์ซึ่งกันและกัน ทำให้ความเป็นพิษ เพิ่มสูงขึ้น จากรายงานของนักวิทยาศาสตร์จากศูนย์วิจัยแห่งหนึ่งในรัฐนิวออลีน พบว่าการรวมกันของสารพิษจากสิ่งแวดล้อม 2 ชนิดทำให้เกิดการเสริมฤทธิ์เพิ่มขึ้น 1,000 เท่าของสารเดี่ยว ๆ ปัจจุบัน ความสนใจในเรื่องของการประเมินข้อมูลของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชหลายชนิด ที่มีกลไกความเป็นพิษร่วมกัน รวมทั้งการประเมินการได้รับสัมผัสรวมของสารพิษเหล่านี้ เริ่มเข้ามามีบทบาทในการประชุมของคณะกรรมการอาหารระหว่างประเทศสาขาสารพิษตกค้าง (กรมวิชาการเกษตร, 2561)

ในส่วนของจังหวัดบุรีรัมย์มีพื้นที่ทั้งหมด 6,451,178 ไร่ สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่น้ำ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เบ็ดเตล็ด ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม สำหรับปี พ.ศ.2562 มีพื้นที่เกษตรกรรม ร้อยละ 77.25 รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 9.59 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างร้อยละ 7.40 พื้นที่น้ำร้อยละ 4.18 และพื้นที่เบ็ดเตล็ดร้อยละ 1.58 โดยพื้นที่เกษตรกรรมที่สำคัญได้แก่ พื้นที่นา ซึ่งมีจำนวน 3,208,085 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 49.73 และพืชไร่ จำนวน 1,173,147 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 18.18 โดยอำเภอเมืองบุรีรัมย์มีพื้นที่มากที่สุด 718,235 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุม 18 ตำบล 323 หมู่บ้าน ประกอบด้วยเทศบาลเมือง 2 แห่ง เทศบาลตำบล 4 แห่ง และองค์การบริหารส่วนตำบล 13 แห่ง ประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไปในปี พ.ศ. 2563 มีจำนวน 977,518 คน เมื่อจำแนกตามประเภทอาชีพ พบว่าประชากรประกอบอาชีพเกษตรกรรมทำนามากที่สุด 354,179 คน คิดเป็นร้อยละ 33.60 โดยผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย และยางพารา (สำนักงานจังหวัดบุรีรัมย์, 2563) สำหรับในพื้นที่ตำบลสะแกชำ อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ ครอบคลุม 19 หมู่บ้าน มีประชากรจำนวน 9,998 คน โดยเป็นชายจำนวน 5,023 คน หญิงจำนวน 4,975 คน จำนวน หลังคาเรือน 2,422 ครัวเรือน มีการประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ โดยทำนาข้าว ไร่อ้อย และมันสำปะหลัง เป็นหลัก ดังเช่นในหมู่บ้านสะแกชำ หมู่ 3 ซึ่งมีจำนวน 261 ครัวเรือน ประกอบด้วยประชากรชายจำนวน 549 คน หญิงจำนวน 566 คน รวม 1,115 คน (องค์การบริหารส่วนตำบลสะแกชำ, 2559) ซึ่งจากการลงพื้นที่พบว่าเกษตรกรซึ่งเป็นกลุ่มวัยรุ่นอายุ 15 ปีขึ้นไป ได้มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตร และพบพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชไม่ถูกต้องและเหมาะสม

ทางคณะวิจัยจึงสนใจเลือกพื้นที่ดังกล่าวในการวิจัยโดยการทดลองคัดเลือกกลุ่มวัยรุ่นและผู้ปกครองที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย เพื่อเปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเอง ในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มวัยรุ่นและผู้ปกครองและนำผลที่ได้มาดำเนินการแก้ไขปัญหา การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในพื้นที่ดังกล่าวต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเองในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของวัยรุ่นและผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกร บ้านสะแกชำ ตำบลสะแกชำ อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมเรื่องการป้องกันตนเองของเกษตรกร ในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของวัยรุ่นและผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกร บ้านสะแกชำ ตำบลสะแกชำ อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental Research) ประชากรเป็นวัยรุ่นและผู้ปกครอง จำนวน 186 คน กลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 60 คน มีวิธีได้มาโดยคณะผู้วิจัยเข้าไปลงพื้นที่และให้ผู้เข้าร่วมวิจัย แจ้งความจำนงค์ในการเข้าร่วมงานวิจัยด้วย ความสมัครใจพร้อมลงลายมือชื่อแสดงเจตนาว่ามีความพร้อมที่จะเข้าร่วมงานวิจัย โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมซึ่งจะใช้ชีวิตตามปกติ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้ปฏิบัติตามที่ประชาชนมีความเชื่อ และปฏิบัติต่อเนื่องกันมา และกลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่ต้องปฏิบัติตามที่ผู้วิจัยและคณะได้จัดกิจกรรม ให้กลุ่มละ 30 คน โดยมีเกณฑ์คัดเข้า คือ วัยรุ่นต้องมีอายุตั้งแต่ 15 ปี - 21 ปี เหตุผลที่ใช้ช่วงอายุ 15 ปี - 21 ปี เนื่องจากการสำรวจข้อมูลในพื้นที่ พบว่าเป็นกลุ่มวัยรุ่นส่วนใหญ่ที่ทำเกษตรกรช่วยผู้ปกครองจริง ผู้ปกครองจะต้องขึ้นทะเบียนเป็นเกษตรกรโดยมีหลักฐานชัดเจน วัยรุ่นและผู้ปกครองต้องอยู่ในพื้นที่ไม่น้อยกว่า 1 ปี ซึ่งยึดวันที่ในทะเบียนบ้านเป็นหลัก วัยรุ่นและผู้ปกครองต้องใช้สารเคมีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 6 เดือน และมีความสมัครใจในการเข้าร่วมโครงการวิจัย เกณฑ์การคัดออก คือ ไม่เข้าร่วมวิจัย 3 วัน ไม่สมัครใจร่วมโครงการวิจัย ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นแบบเจาะจง (Purposive selection) เนื่องจากเน้นที่ความสมัครใจของผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นหลัก โดยทำวิจัยระหว่างเดือนมิถุนายน 2562 ถึง มิถุนายน 2563 รวมระยะเวลา 1 ปี

เครื่องมือในการวิจัย

เป็นแบบสอบถามความรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเองของเกษตรกร ในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (2556) ซึ่งเป็นแบบสอบถามมาตรฐาน ผู้วิจัยจึงไม่ได้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือก่อนนำมาใช้

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลสถิติโดยใช้ t-test ส่วนข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา โดยใช้ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

ก่อนการเก็บข้อมูลผู้วิจัยจะอธิบายวัตถุประสงค์ของการทำวิจัย การเก็บข้อมูล การรักษาข้อมูล การขออนุญาตจากการวิจัย และขอบเขตของการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ และขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยก่อนทำการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและการเผยแพร่ข้อมูลวิจัยไม่มีการระบุชื่อของผู้ร่วมวิจัย เมื่อสิ้นสุดงานวิจัย ผู้วิจัยและคณะจะดำเนินการให้กลุ่มควบคุมได้รับข้อมูลเท่าเทียมกับกลุ่มทดลอง และจะทำลายแบบสอบถามทุกฉบับหลังโครงการเสร็จสิ้น 1 ปี

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเอง ในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของวัยรุ่นและผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม บ้านสะแกข่า ตำบลสะแกข่า อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของวัยรุ่นและผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมในจังหวัดบุรีรัมย์ ข้อมูลทั่วไปมีรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนร้อยละของเกษตรกรวัยรุ่นและผู้ปกครองบ้านสะแกข่า (n=60)

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	30	50.00
หญิง	30	50.00
อายุ		
15-21 ปี	30	50.00
50-65 ปี	30	50.00
ระยะเวลาที่อาศัยในพื้นที่		
1-5 ปี	4	6.67
6-10 ปี	8	13.33
11 ปีขึ้นไป	48	40.00
ระยะเวลาที่ใช้สารเคมี		
6 เดือน - 5 ปี	4	6.67
6-10 ปี	8	13.33
11 ปีขึ้นไป	48	40.00

ข้อมูลทั่วไปจากตารางที่ 1 กลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 60 คน เป็นเพศชาย จำนวน 30 คน เพศหญิง จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 50 โดยวัยรุ่นมีอายุระหว่าง 15-21 ปี จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และผู้ปกครองอายุ 50-65 ปี จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 50 วัยรุ่นและผู้ปกครองอาศัยอยู่ในพื้นที่ตั้งแต่ 1 ปี ขึ้นไป จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 100 โดยมีระยะเวลาอาศัยอยู่ในพื้นที่มากที่สุดคือ 11 ปี ขึ้นไป จำนวน 48 คน คิดเป็นร้อยละ 40 รองลงมาคือ ระยะเวลาอาศัยอยู่ในพื้นที่ 6-10 ปี จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 1-5 ปี และระยะเวลาอาศัยอยู่ในพื้นที่ 1-5 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ตามลำดับ วัยรุ่นและผู้ปกครองต้องใช้สารเคมีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 6 เดือน - 5 ปี จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 100 จำนวน โดยมีระยะเวลาที่ใช้สารเคมีมากที่สุดคือ 11 ปี ขึ้นไป จำนวน 48 คน คิดเป็นร้อยละ 40 รองลงมาคือ ระยะเวลาที่ใช้สารเคมี 6-10 ปี จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 และระยะเวลาที่ใช้สารเคมี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเอง ในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ของวัยรุ่นและผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรกรรม บ้านสะแกขำ ตำบลสะแกขำ อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ ในกลุ่มควบคุมก่อนทดลองและหลังทดลอง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรวัยรุ่นและผู้ปกครอง (n=60)

ค่าสถิติ	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง		การเปรียบเทียบผล ก่อนทดลอง		การเปรียบเทียบผล หลังทดลอง	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	กลุ่ม ควบคุม	กลุ่ม ทดลอง	กลุ่ม ควบคุม	กลุ่ม ทดลอง
ความรู้ในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช								
$\bar{x}$	2.40	4.37	3.07	6.40	2.40	3.07	4.37	6.40
SD	0.49	0.75	0.81	0.80	0.49	0.81	0.75	0.80
t-test	14.99		18.36					
sig	0.000*		0.000*				Sig 0.000* $P < 0.05$	
พฤติกรรมในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช								
$\bar{x}$	16.03	18.93	16.50	33.87	16.03	16.50	18.93	33.87
SD	1.70	0.93	1.86	1.50	1.70	1.86	0.93	1.50
t-test								
sig	9.41		37.66		0.000*		0.000* $P < 0.05$	

ผลการเปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเอง ในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ของวัยรุ่นและผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมบ้านสะแกงฯ พบว่าคะแนนเฉลี่ยความรู้ เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของวัยรุ่น และผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมในจังหวัดบุรีรัมย์ ของกลุ่มควบคุมก่อนอบรมเท่ากับ 2.40 คะแนน ($\bar{x} = 2.40$, $SD = 0.49$) และคะแนนเฉลี่ยความรู้ เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มควบคุมหลังเรียนเท่ากับ 4.37 คะแนน ($\bar{x} = 4.37$, $SD = 0.75$) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนเรียนและหลังเรียน คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P < 0.05$) คะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มทดลองก่อนทดลองเท่ากับ 3.07 คะแนน ($\bar{x} = 3.07$, $SD = 0.81$) และคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มทดลองหลังทดลองเท่ากับ 4.67 คะแนน ($\bar{x} = 4.67$, $SD = 0.80$) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนทดลองและหลังทดลอง พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) พบว่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มควบคุม ก่อนทดลองเท่ากับ 2.40 คะแนน ($\bar{x} = 2.40$, $SD = 0.50$) และคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มทดลองหลังทดลองเท่ากับ 3.07 คะแนน ($\bar{x} = 3.07$, $SD = 0.83$) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนทดลองและหลังทดลองพบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) พบว่า คะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มควบคุม หลังทดลองเท่ากับ 4.37 คะแนน ($\bar{x} = 4.37$, $SD = 0.77$) และคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มทดลองหลังทดลองเท่ากับ 6.40 คะแนน ($\bar{x} = 6.40$, $SD = 0.81$) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนทดลองและหลังทดลอง พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) พบว่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการป้องกันของกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลองเท่ากับ 16.03 คะแนน ($\bar{x} = 16.03$, $SD = 1.70$) และคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มทดลองหลังทดลองเท่ากับ 18.93 คะแนน ($\bar{x} = 18.93$, $SD = 0.93$) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนทดลองและหลังทดลอง พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) พบว่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มทดลอง ก่อนทดลองเท่ากับ 16.50 คะแนน ($\bar{x} = 16.50$, $SD = 1.86$) และพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มทดลอง หลังทดลองเท่ากับ 33.87 คะแนน ($\bar{x} = 33.87$, $SD = 1.50$) เมื่อทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนทดลองและหลังทดลอง พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) พบว่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลองเท่ากับ 16.03 คะแนน ($\bar{x} = 16.03$, $SD = 1.73$) และคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มทดลองหลังทดลองเท่ากับ 16.50 คะแนน ($\bar{x} = 16.50$, $SD = 1.89$) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

ของคะแนนความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนทดลองและหลังทดลอง พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) พบว่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มควบคุม หลังทดลองเท่ากับ 18.93 คะแนน ($\bar{x} = 18.93$, $SD = 0.94$) และคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มทดลองหลังทดลองเท่ากับ 33.87 คะแนน ($\bar{x} = 33.87$, $SD = 1.53$) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนทดลองและหลังทดลอง พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

อภิปรายผลการวิจัย

การเปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเอง ในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของวัยรุ่นและผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรกรรม กรณีศึกษาบ้านสะแกง ตำบลสะแกง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเอง ในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของวัยรุ่นและผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรกรรม บ้านสะแกง ตำบลสะแกง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งอภิปรายผลดังนี้ การเปรียบเทียบความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของวัยรุ่น และผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรกรรม ในจังหวัดบุรีรัมย์ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองก่อนทดลอง พบว่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มควบคุม ก่อนทดลองเท่ากับ 2.40 คะแนน ($\bar{x} = 2.40$, $SD = 0.50$) และคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มทดลองหลังทดลองเท่ากับ 3.07 คะแนน ($\bar{x} = 3.07$, $SD = 0.83$) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนทดลองและหลังทดลอง พบว่าคะแนนก่อนการทดลองสูงกว่าคะแนนก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และการเปรียบเทียบความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของวัยรุ่น และผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรกรรมในจังหวัดบุรีรัมย์ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองหลังทดลอง พบว่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มควบคุม หลังทดลองเท่ากับ 4.37 คะแนน ($\bar{x} = 4.37$, $SD = 0.77$) และคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มทดลองหลังทดลองเท่ากับ 6.40 คะแนน ($\bar{x} = 6.40$, $SD = 0.81$) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนทดลองและหลังทดลอง พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของชื่นสมณ ยัมถิ่น สุนทรี จินธรรม และวินัย วีรวพัฒนานันท์ (2018) ศึกษาเรื่องผลการใช้รูปแบบการลดปริมาณการใช้สารเคมีต่อความรู้ ความตระหนัก และพฤติกรรมในการลดปริมาณการใช้สารเคมี ผลการศึกษา พบว่าการเปรียบเทียบความรู้ ความตระหนัก และพฤติกรรมในการลดปริมาณการใช้สารเคมีมีความแตกต่างกัน โดย พบว่าก่อนหลังใช้โปรแกรมมีความรู้มากกว่าก่อนใช้โปรแกรม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจุฑามาศ เวชพานิช คะนิงเดช เชื้อมวราศาสตร์ และปณณุช พิมพิไล (2015) ศึกษาเรื่องประสิทธิภาพของการอบรมเกี่ยวกับการปฏิบัติตนในการป้องกันอันตราย จากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในจังหวัดนครปฐม

ผลการวิจัย พบว่าการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนด้านความรู้ พบว่าหลังการอบรมคะแนนมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่าการอบรมเกี่ยวกับการปฏิบัติตน ในการป้องกันอันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในจังหวัดนครปฐม มีผลต่อการปฏิบัติตนในการป้องกันอันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในจังหวัดนครปฐมมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของเนตรชนก เจริญสุข (2016) ศึกษาเรื่องประสิทธิผลของโปรแกรมฝึกอบรมความปลอดภัย ในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของชาวนาในอำเภอดอนเจดีย์ จังหวัดสุพรรณบุรี ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ของกลุ่มทดลองหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าโปรแกรมมีผลต่อความรู้ก่อนและหลังของชาวนาในอำเภอดอนเจดีย์ จังหวัดสุพรรณบุรี และสอดคล้องกับการศึกษาของน้ำเงิน จันทรมณี (2017) ศึกษาเรื่องเรื่องพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และประสิทธิผลของการให้อาชีวสุศึกษาที่มีผลต่อความรู้ด้านความปลอดภัยของเกษตรกรพื้นที่ต้นน้ำ จังหวัดพะเยา ผลการศึกษา พบว่าพฤติกรรมการใช้สารเคมี อยู่ในระดับความเสี่ยงปานกลางไปถึงสูง หลังจากได้รับโปรแกรมอาชีวสุศึกษา กลุ่มตัวอย่างมีความรู้มากกว่าก่อนให้โปรแกรมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 แสดงว่าพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและการให้อาชีวสุศึกษามีผลต่อความรู้ด้านความปลอดภัยของเกษตรกรพื้นที่ต้นน้ำ จังหวัดพะเยามาก ซึ่งจากการทบทวนงานวิจัย จะเห็นได้ว่าการเปรียบเทียบความรู้ก่อนและหลังการทดลองจะพบว่าความรู้หลังการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าการทดลอง ดังนั้นการส่งเสริมให้เกิดความรู้จะต้องมีการประเมินเปรียบเทียบก่อนและหลังเสมอ เพื่อให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงระดับความรู้ของผู้เข้าร่วมวิจัย

การเปรียบเทียบพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของวัยรุ่นและผู้ปกครองกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองก่อนการทดลอง พบว่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลองเท่ากับ 16.03 คะแนน ($\bar{X} = 16.03$, $SD = 1.73$) และคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มทดลองหลังทดลองเท่ากับ 16.50 คะแนน ($\bar{X} = 16.50$, $SD = 1.89$) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนทดลองและหลังทดลอง พบว่าคะแนนหลังการทดลองสูงกว่าคะแนนก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และการเปรียบเทียบพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของวัยรุ่นและผู้ปกครองกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองหลังการทดลอง พบว่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มควบคุม หลังทดลองเท่ากับ 18.93 คะแนน ($\bar{X} = 18.93$, $SD = 0.94$) และคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มทดลองหลังทดลองเท่ากับ 33.87 คะแนน ($\bar{X} = 33.87$, $SD = 1.53$) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนพฤติกรรมการป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนทดลองและหลังทดลอง พบว่าคะแนนหลังทดลองสูงกว่าคะแนนก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของขึ้นสมณ ยัมถิ่น สุนทร จินธรรม และวินัย วีรวฒนานันท์ (2018) ศึกษาเรื่องผลการใช้รูปแบบการลดปริมาณการใช้สารเคมีต่อความรู้ความตระหนัก และพฤติกรรมในการลดปริมาณการใช้สารเคมี ผลการศึกษาพบว่า การเปรียบเทียบ

ความรู้ ความตระหนัก และพฤติกรรมในการลดปริมาณการใช้สารเคมีมีความแตกต่างกัน โดยพบว่า ก่อนหลังใช้โปรแกรมมีความรู้มากกว่าลดปริมาณการใช้สารเคมีต่อความรู้ ความตระหนักและพฤติกรรมในการลดปริมาณการใช้สารเคมี ชาวนามีพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมี กำจัดศัตรูพืชเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของน้ำเงิน จันทรมณี (2017) ศึกษาเรื่องพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและประสิทธิผลของการให้อาชีวสุศึกษาที่มีผลต่อความรู้ ด้านความปลอดภัยของเกษตรกรพื้นที่ต้นน้ำ จังหวัดพะเยา ผลการศึกษาพบว่า พฤติกรรมการใช้สารเคมีอยู่ในระดับความเสี่ยงปานกลางไปถึงสูง หลังจากได้รับโปรแกรมอาชีวสุศึกษา กลุ่มตัวอย่างมีความรู้มากกว่าก่อนให้โปรแกรมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 แสดงว่าพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและการให้อาชีวสุศึกษามีผลต่อความรู้ด้านความปลอดภัยของเกษตรกรพื้นที่ต้นน้ำ จังหวัดพะเยามาก และสอดคล้องกับการศึกษาของสุจิตรา ยอดจันทร์ จรรยา สันตยากร ณรงค์ศักดิ์ หนูสอน และปรกรณ์ ประจันบาน (2011) ศึกษาเรื่องผลของโปรแกรมความเชื่อด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของชาวนา ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยความเชื่อด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมการป้องกันตนเอง จากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของชาวนาของกลุ่มตัวอย่างสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าโปรแกรมมีผลทำให้ชาวนามีพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชสูงขึ้น จากการทบทวนงานวิจัยจะเห็นได้ว่า พฤติกรรมในการป้องกันการใช้สารเคมี จะมีค่าเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองดั่งนั้น ผู้วิจัยและคณะเป็นการแสดงถึงการให้ความรู้เกี่ยวกับอันตรายของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและการป้องกันตนเอง มีความสำคัญมากในการทำเกษตรกรรม

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรเพิ่มระยะเวลาในการวิจัยเพื่อกำกับติดตามการดำเนินการทุก 6 เดือน เพื่อให้เกิดความยั่งยืน
2. ควรดำเนินการวิจัยให้ครอบคลุมตำบลสะแกง
3. ควรประสานหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ให้มีส่วนร่วม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณวิทยุรุ่นและผู้ปกครองที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมในหมู่บ้านสะแกงทำให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ ที่มีส่วนสนับสนุนงบประมาณในการลงพื้นที่ ขอขอบคุณนายไพรัตน์ จอดนอก และนางเบญจวรรณ จอดนอก ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณนายเจริญ กล้ารัมย์ ผู้ใหญ่บ้านที่เป็นผู้ประสานงานกับประชาชนและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ขอขอบคุณนางสาวเจิมขวัญ ดุจจามุทศน์ นางสาวลลิตา กล้ารัมย์ และคณะนักศึกษา

สาขาวิชาสาธารณสุขชุมชน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ขับเคลื่อนงานวิจัยให้ประสบความสำเร็จในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Sakaesam Subdistrict Administrative Organization. (2559). *Subdistrict Information*. Retrieved 1 Mar 2022, from <https://sakaesam-buriram.go.th/public>.
- Buriram Provincial Officer. (2021). *Buriram Province Information*. Retrieved 12 Mar 2022, from www.buriram.go.th/downloads/buriram-gen.pdf.
- Yimthin, C., Cheentam, S. and Veerawatnanond, V. (2018) Effects of applying chemical usage reduction model on knowledge, awareness, and behavior in chemical consumption reduction. *RMUTSB Acad. J. (HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES)*, 3(2), 229-240.
- Department of Agriculture. (2019). *Measures to limit the use of 3 substances (paraquat, glyphosate, chlorpyrifos)*. Retrieved 28 Aug 2021, from <http://oard3.doa.go.th/kalasin/wp-content/uploads/2019/02/มาตรการจำกัดการใช้-3.pdf>
- Department of Disease Control, Ministry of Public Health. (2016). *Pesticides and their effects on health*. Retrieved 28 Aug 2021, from <http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/106>.
- Department of Disease Control, Ministry of Public Health. (2020). *Situation report Surveillance operation, prevention disease control and health hazards for informal workers of the year 2020*. Retrieved 28 Aug 2021, from <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1139520210507084901.pdf>.
- Vejpanich, J., Det, K., Waratah, W. and Pimjai, P. (2015). The Outcomes of Training in a Practicum Prevention of Chemical Pesticides by Agriculturists in Nakhon Pathom Province. *Christian University Journal*, 21(2), 215-230.
- Chantaramanee, N. (2017). Behaviors of Chemical Pesticides Uses and The Effectiveness of an Occupational Health Education Program of Safety Knowledge among Farmers in Upriver Area, Phayao Province. *Journal of Safety and Health*, 10(37), 35-45.
- Charoensuk, N. (2016). Effectiveness of Safety Training Program in Pesticides Utilization of Farmer in Donchedi District, Suphanburi Province. *Naresuan University Journal*, 24(1), 91-101.

Yodchan, S., Suntayakorn, C., Noosorn, N. and Prachanban, P. (2011). Effects of Health Belief Program on Pesticide Prevention Behavior Among the Farmers. *Journal of Nursing and Health Sciences*, 5(2), 45-54.

นวัตกรรมดิจิทัลเพื่ออนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกและส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สัก
Digital Innovation to Preserve Teak Planting Wisdom and Promote
the Marketing of Teak Products

ชนินทร์ มหัทธนะชัย^{1*} บุษราภรณ์ มหัทธนะชัย¹ จิตราภรณ์ ธาราพิทักษ์วงศ์¹
ทิวาวลย์ ต๊ะการ¹ วาสนา สันติธีรากุล¹ และ ประยูร ไชยบุตร²
Chanin Mahatthanachai^{1*}, Butsaraporn Mahatthanachai¹,
Jittaporn Tarapitakwong¹, Tiwawan Takran¹, Wasana Santiteerakul¹
and Prayoon Chaibuth²

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่¹
Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University¹
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์²
Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University²
Email: chaninm2000@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยชุดนี้จัดทำขึ้นมีวัตถุประสงค์คือ 1. เพื่อรวบรวม สรุป และสังเคราะห์องค์ความรู้ในการปลูกต้นสัก 2. เพื่อจัดทำระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสัก 3. จัดทำระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สักเพื่อขยายโอกาสในเชิงพาณิชย์ โดยมีขอบเขตประชากรวิจัยเน้นกลุ่มผู้ปลูก ผู้ประกอบการ และเจ้าของสวนป่า อำเภอแม่แตง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ และตำบลมะเขือแจ้ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ การสัมภาษณ์ การสังเกต และรวบรวมข้อมูลจากผู้ปลูกรวมถึงเจ้าของสวนป่าสัก เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ คือ ทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) โดยเริ่มจากวิเคราะห์ออกแบบระบบ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้ค่าร้อยละ (Percentage) ในการรายงานผลเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปและใช้พรรณนาในการศึกษา และใช้ ค่าเฉลี่ย (Mean) ในการรายงานผลค่าเฉลี่ย ความรู้ความเข้าใจในการเรียนของผู้เข้าร่วมอบรม

สามารถสรุปผลการดำเนินโครงการตามวัตถุประสงค์การวิจัยคือ 1. เพื่อรวบรวม สรุป และสังเคราะห์องค์ความรู้ในการปลูกต้นสัก มีการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์จากผู้ปลูกสวนป่าสัก สวนป่าแม่แตง สวนป่า ตำบลมะเขือแจ้ และสวนป่าดอยสะเก็ด ซึ่งได้ข้อเท็จจริง ในด้านต่าง ๆ คือกฎหมาย และการดำเนินการจากภาครัฐเพื่อเอื้ออำนวยต่อผู้ปลูกและจำหน่ายไม้สัก 2. เพื่อจัดทำระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสัก และวัตถุประสงค์ ข้อ 3. เพื่อจัดทำระบบสารสนเทศส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สักเพื่อขยายโอกาสในเชิงพาณิชย์ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่รวบรวม

และสังเคราะห์ได้ มาจัดทำเป็นสื่อทั้งในรูปแบบของวีดิทัศน์ออนไลน์ และรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน ระบบสารสนเทศระบบอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสักและระบบส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สัก เพื่อขยายโอกาสในเชิงพาณิชย์ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับการปลูกสวนสักของภาครัฐและภาคเอกชน ด้วยการสำรวจพื้นที่และการสัมภาษณ์ผู้ปลูก นอกจากนี้ยังได้รับความรู้การปลูกสักที่ได้จาก องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้จังหวัดเชียงใหม่ มีการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับต้นสักตั้งแต่เริ่มวิธีการปลูก การดูแลรักษา การดูแลต้นสักให้เจริญเติบโตอย่างปกติคือการดูแลต้นสักในระดับต้นน้ำ การเร่ง การเจริญเติบโตของต้นสักให้มากกว่าปกติ หากมีการดูแลรักษาที่ถูกต้องการปรับสภาพสมดุลของดิน และน้ำ เป็นการดูแลต้นสักในระดับกลางน้ำ และการสร้างประโยชน์ การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากต้นสัก ประกอบธุรกิจเชิงพาณิชย์ โดยนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาประยุกต์ใช้งานด้านการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นส่วนของปลายน้ำ ทำย้ผู้วิจัยได้สรุปเป็นองค์ความรู้โดยจัดทำเป็นสื่อทั้งเอกสารประกอบ สื่อวีดิโอ และสื่อดิจิทัล ผลจากการวิจัยได้นำมาสร้างระบบสารสนเทศ 2 ระบบ คือ 1. ระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสัก และ 2. ระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สัก เพื่อขยายโอกาสในเชิงพาณิชย์ จากแบบสอบถามยังพบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 70 มีความต้องการใช้งานระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสัก และร้อยละ 80 มีความต้องการใช้งานระบบสารสนเทศส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สัก ปัญหาสำคัญของผู้ใช้งานระบบคือการขาดทักษะ และความรู้ด้านการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการอบรมการใช้งานระบบ และเก็บ ข้อมูลผลสัมฤทธิ์การอบรมพบวก่อนและหลังการอบรมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยหลังจากอบรมผู้เข้าอบรมมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดผลสัมฤทธิ์ที่ดีต่อการสร้างนวัตกรรมระบบสารสนเทศ

คำสำคัญ: ต้นสัก ระบบสารสนเทศ การปลูกต้นสัก นวัตกรรมดิจิทัล

ABSTRACT

This research is aimed to 1. Collect, summarize and synthesize the body of knowledge in teak plantation; 2. Create an information system to preserve teak planting wisdom; 3. Develop an information system to promote the marketing of teak products to increase commercial opportunities. The research population focuses on planters, entrepreneurs and forest plant owners in Mae Taeng and Doi Saket District in Chiang Mai Province and Makhuea Chae Subdistrict, Muang District in Lamphun Province. To conduct the research, interviews, observations and data collection were used as research instruments to gather information from teak planters and teak

plantation owners. In addition, the theory of System Development Life Cycle (SDLC) was applied in the analysis of information technology systems. For statistics used in this research, the researchers used the percentage to describe general data in the study. Also, the mean was used to report the average learning achievement of the participants.

The results of data collection by interviewing the teak planters from Mae Taeng, Makhuea Chae, and Doi Saket Forest Plantation are facts related to teak plantation, such as information about teak from planting to taking care of the plant to thrive and laws and government actions to facilitate teak planters and sellers. Moreover, the researchers summarized the body of knowledge and made it into media in both document and digital format. Furthermore, two information systems, Information System for Conservation of Teak Planting Wisdom and Information System for Promoting the Marketing of Teak Products, have been developed as the results of this research.

From the questionnaire on the interest in using the information systems, it was found that 70 percent of the sample group wanted to use the Information System for Conservation of Teak Planting Wisdom, and 80 percent wanted to use the Information System for Promoting the Marketing of Teak Products. The main problem of the respondents was the lack of skills and knowledge in the use of information technology. Therefore, the researchers conducted user training and collected training results. It was found that the ability to use the systems of users before and after the training were significantly different. After training, the trainees have increased knowledge and understanding, which depicts the achievement in developing innovative information systems.

Key Words: teak, information systems, teak planting, digital innovations

บทนำ

ต้นสักเป็นไม้ที่มีค่าทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะในอดีตเป็นสินค้าที่ส่งออกทำรายได้หลักให้กับประเทศเป็นชนิดไม้พื้นเมืองของไทย ปัจจุบันไม้สักในป่าธรรมชาติลดน้อยลง กรมป่าไม้ได้ส่งเสริมให้ภาคเอกชนและเกษตรกรปลูกสวนป่าเชิงเศรษฐกิจ ซึ่งพบว่าสักเป็นไม้ที่ประชาชนนิยมปลูกกันมาก แต่ที่ผ่านมาผู้ปลูกประสบปัญหาต่าง ๆ ได้แก่การปลูกในพื้นที่ไม่เหมาะสม การขาดความรู้ความเข้าใจ

ในการปลูกและการจัดการไม่มีการตัดขยายระยะ การลงทุนที่ต้องใช้เวลานาน บางรายมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ไปปลูกพืชชนิดอื่นแทน ปัจจุบันมีผลผลิตไม้สักจากสวนป่าเอกชนแล้ว ซึ่งการดำเนินงานปลูกสวนป่าของภาคเอกชนที่ผ่านมาประสบปัญหาต่าง ๆ ทำให้เกษตรกรยกเลิกการปลูกสัก และเปลี่ยนไปปลูกพืชชนิดอื่นแทน ซึ่งปัญหาในการปลูกสักของภาคเอกชน ได้แก่ 1) สักเติบโตไม่ดี หรือเติบโตช้า แคระแกร็น เนื่องจากการปลูกในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม เช่น ปลูกในที่นา พื้นที่น้ำท่วมขัง หรือบนดินลูกรัง เป็นต้น 2) การใช้กล้าไม้ที่ไม่มีคุณภาพ หรือไม่ได้คัดเลือกจากแม่ไม้พันธุ์ดี 3) การปลูกด้วยระยะปลูก หรือระยะห่างระหว่างต้นที่ชิดเกินไป คือ ระยะ 2 x 2 เมตร เป็นต้น 4) การจัดการไม่ดี ไม่มีการตัดขยายระยะ ปลอ่ยให้สักขึ้นหนาแน่นเกินไป ทำให้ต้นมีขนาดเล็ก ไม้โต 5) ขาดเงินทุนหมุนเวียน 6) มีที่ดินจำกัด หรือไม่สามารถรอให้ต้นไม้โต เนื่องจากไม่มีรายได้ หรือต้องการปลูกพืชอื่นที่ผลตอบแทนดีกว่า

จากปัญหาที่เกิดขึ้นผู้วิจัยจึงได้รวบรวมองค์ความรู้วิธีการปลูก การดูแลรักษาต้นสักให้เจริญเติบโตอย่างปกติ และการสร้างประโยชน์การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากต้นสักนำมาประกอบธุรกิจในเชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งจะนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาประยุกต์ใช้งานให้สามารถนำมาใช้ด้านการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ได้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์การนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยอ้างอิงข้อมูลรายงานผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ปี 2564 พบว่า คนไทยมีอัตราส่วนการใช้อินเทอร์เน็ตในการทำธุรกรรมสื่อออนไลน์มากที่สุดถึง 77% ของประชากรทั้งหมดติดอันดับที่ 34 ของโลก ใช้อินเทอร์เน็ตเฉลี่ย 10 ชั่วโมง 36 นาทีต่อวัน และมีผู้ใช้อินเทอร์เน็ตรายใหม่เข้ามาใช้อินเทอร์เน็ตถึง 9 ล้านคนในปีที่ผ่านมา (กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม, 2565) จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าการนำนวัตกรรมดิจิทัลมาใช้กับกลุ่มผู้สนใจและชาวสวนที่ปลูกสัก จะช่วยส่งเสริมในด้านการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยเฉพาะสารสนเทศการปลูก การดูแลรักษา เพื่อเป็นการรณรงค์ให้ประชาชนได้เข้าถึงข้อมูลที่สะดวกและรวดเร็ว โดยระบบสามารถใช้ได้บนโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ทางคอมพิวเตอร์อื่น ๆ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล แท็บเล็ต ซึ่งเป็นลักษณะของเว็บแอปพลิเคชันในการกระจายความรู้รวมถึงสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการปลูก ดูแล และจัดจำหน่ายไม้สักในระบบเดียวกันได้ต่อไปและการสื่อสารถึงคุณค่าหรือคุณประโยชน์ของต้นสัก สู่การรับรู้ของตลาดหรือผู้บริโภคยังมีอยู่ไม่มากนักแต่ก็ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก ซึ่งโครงการวิจัยนี้ต้องการให้ชุมชนที่มีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากต้นสักสามารถต่อยอดการขายและสร้างรายได้ให้กับชุมชนอย่างต่อเนื่อง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อรวบรวม สรุป และสังเคราะห์ องค์ความรู้ในการปลูกต้นสัก
2. เพื่อจัดทำระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสัก
3. เพื่อจัดทำระบบสารสนเทศส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สักเพื่อขยายโอกาสในเชิงพาณิชย์

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปลูกไม้สักของประเทศไทยมีหลายพื้นที่สามารถปลูกไม้สักได้อย่างมีคุณภาพ แต่การปลูกไม้สักในเชิงพาณิชย์ยังไม่เป็นที่แพร่หลายเนื่องจากต้องใช้ระยะเวลาปลูก มีการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของการปลูกไม้สักรายจังหวัด เพื่อนำไปสู่การกำหนดเขตเศรษฐกิจไม้สักซึ่งมีปัจจัยด้านศักยภาพพื้นที่ มูลค่าที่ดิน และระยะขนส่ง ซึ่งจากการวิจัยการกำหนดเขตเศรษฐกิจไม้สักสำหรับประเทศไทย พื้นที่เหมาะสมเป็นเขตเศรษฐกิจไม้สัก ได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี อุทัยธานี พิจิตร กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ พิษณุโลก สุโขทัย ตาก อุตรดิตถ์ แพร่ ลำปาง ลำพูน น่าน และพะเยา (ปัญญาพร สำเร็จเพ็ญฟู, อติศรี อิศรางกูร ณ อยุธยา, 2564) ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรหรือนักลงทุนทราบถึงกลุ่มจังหวัดที่เหมาะสมกับการลงทุนปลูกไม้สัก ไม้สักเป็นไม้โตเร็วปานกลางและเป็นไม้เนื้อแข็งที่มีลักษณะพิเศษกว่าไม้ชนิดอื่น โดยเฉพาะเนื้อไม้ มอด ปลวก และแมลง ไม่ทำอันตราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้สักทอง (เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2562) เนื้อไม้มีสีเหลืองทอง ลวดลายสวยงาม เลื่อยไสกบ ตบแต่งง่าย จึงนิยมใช้ทำบ้านเรือนที่ต้องการความสวยงาม จากการศึกษาองค์ความรู้ด้านการใช้ประโยชน์จากไม้สัก ในบริบทการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน (อภิญญา สาริบุตร, อุดมศักดิ์ สาริบุตร และเอี่ยมอัมพร เพชรสินจร, 2564) ชุมชนจะออกแบบผลิตภัณฑ์ตามความถนัดของตนและมีการนำไม้สักใช้ให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่ามากที่สุด การออกแบบผลิตภัณฑ์ไม้สัก เช่น เฟอร์นิเจอร์ไม้สักของตกแต่งบ้าน และของที่ระลึก

ในด้านกฎหมายและการดำเนินการจากภาครัฐเพื่อเอื้ออำนวยต่อผู้ปลูกและจำหน่ายไม้สักพบว่าที่ผ่านมาไม้สักถือว่าเป็นไม้หวงห้าม ในการปลูก ตัด จำหน่าย แปรรูป และเคลื่อนย้าย จะต้องขออนุญาตจากเจ้าหน้าที่ของรัฐที่เกี่ยวข้องก่อน จึงทำให้มีความยุ่งยากไม่สะดวก ประชาชนไม่มีแรงจูงใจที่จะปลูก จึงมีการแก้ไขพระราชบัญญัติป่าไม้ พุทธศักราช 2484 มาตรา 7 และ มาตราอื่นที่เกี่ยวข้องเป็นพระราชบัญญัติป่าไม้ (ฉบับที่ 8) พุทธศักราช 2562 ใจความสำคัญ มาตรา 7 คือ “ไม้ทุกชนิดที่ขึ้นในที่ดินกรรมสิทธิ์หรือสิทธิครอบครองตามประมวลกฎหมายที่ดิน ไม่เป็นไม้หวงห้าม หรือไม้ที่ปลูกขึ้นในที่ดินที่ได้รับอนุญาตให้ทำประโยชน์ตามประเภทหนังสือแสดงสิทธิที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด โดยความเห็นชอบของคณะรัฐมนตรี ให้ถือว่าเป็นไม้หวงห้าม” นั้นหมายความว่า ไม้ที่ขึ้นในที่ดินที่มีกรรมสิทธิ์ เช่น โฉนดที่ดิน น.ส.3 น.ส.2 ส.ค.1 หรือ ไม้ที่ประชาชนปลูกเองในที่ดินของรัฐที่ได้รับอนุญาต เพื่อประโยชน์ใช้สอย เช่น ส.ป.ก. ไม่ถือว่าเป็นไม้หวงห้าม สามารถปลูกและตัดนำไปใช้ประโยชน์เองในพื้นที่ไม่ข้ามเขตจังหวัดได้โดยไม่ต้องขออนุญาต แต่หากประชาชนหรือภาคเอกชนต้องการปลูกเพื่อทำการค้าหรือการส่งออก สามารถทำได้โดย 1. ขอให้เจ้าหน้าที่ออกหนังสือรับรอง 2. ขึ้นทะเบียนสวนป่า 3. การขออนุญาต ตัด จำหน่าย แปรรูป และเคลื่อนย้าย ซึ่งขั้นตอนจะมีความสะดวกขึ้น เพื่อส่งเสริม สนับสนุน และอำนวยความสะดวกให้กับผู้ปลูกไม้

หลักทฤษฎีวงจรการพัฒนากระบวน (System Development Life Cycle : SDLC) ซึ่งขั้นตอนในการพัฒนาระบบ 7 ขั้นตอน คือ 1. เข้าใจปัญหา (Problem Recognition) คือ ศึกษากระบวนการทำงาน

ปัจจุบัน เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ 2. ศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) คือ กำหนดปัญหา และศึกษาความเป็นไปได้ที่จะมีการเปลี่ยนแปลงระบบ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลของระบบงานปัจจุบัน และคาดคะเนความต้องการของระบบงานใหม่ รวมทั้งแนวในการจัดสร้างระบบงานใหม่ 3. วิเคราะห์ (Analysis) เป็นการกำหนดความต้องการของระบบ และวางแผนการดำเนินงาน โดยใช้เทคนิคการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น พจนานุกรมข้อมูล (Data dictionary) แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) รูปแบบข้อมูล (Data Model) รูปแบบระบบ (System Model) และผังระบบ (System Flowcharts) กำหนดรายละเอียดของข้อมูล เพื่อจัดสร้างระบบ 4. ออกแบบ (Design) ออกแบบระบบงานใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ 5. สร้างและพัฒนาระบบ (Construction) ทำการเขียนโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และทำการทดสอบโปรแกรม เพื่อให้สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ 6. การปรับเปลี่ยน (Conversion) ทำการป้อนข้อมูลเข้าไปในระบบและแก้ไขระบบหากพบว่ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในระบบ และเตรียมคู่มือการใช้งาน 7. บำรุงรักษา (Maintenance) แก้ไขโปรแกรมหลังการใช้งานแล้วหรือทำการแก้ไขเพิ่มเติมเพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2560)

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย ได้แก่ กลุ่มผู้ปลูกหรือผู้ผลิต ผลิตภัณฑ์จากต้นสักในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ได้แก่ อำเภอมะแม่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ และตำบลมะเขือแจ้ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ขอบเขตประชากรและกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาจากการตัดสินใจของผู้วิจัยเอง (Judgment sampling) ลักษณะของกลุ่มที่เลือกเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงต้องอาศัยความรู้ ความชำนาญและประสบการณ์ในเรื่องนั้น ๆ ของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มผู้ปลูกไม้สักสวนป่าอำเภอมะแม่ง และอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ และกลุ่มผู้ปลูกไม้สักสวนป่า ตำบลมะเขือแจ้ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน จำนวน 3 กลุ่ม โดยการสัมภาษณ์องค์ความรู้จะเลือกจากตัวแทนกลุ่มละ 1 คน สอบถามความต้องการใช้งานระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสักและส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สักเพื่อขยายโอกาสในเชิงพาณิชย์ จำนวน 20 คน และวัดระดับความรู้เกี่ยวกับต้นสักจากการเรียนรู้ในระบบสารสนเทศ จำนวน 10 คน

เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เกี่ยวกับข้อมูลด้านการปลูกต้นสัก การดูแลรักษา การตัดจำหน่าย และการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากไม้สัก

2. แบบสอบถามความต้องการใช้งานระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสัก และส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สักเพื่อขยายโอกาสในเชิงพาณิชย์

3. แบบทดสอบวัดระดับความรู้เกี่ยวกับต้นสักจากการเรียนรู้ในระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสักและระบบส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สักเพื่อขยายโอกาสในเชิงพาณิชย์

วิธีการดำเนินงาน

1. รวบรวมและสังเคราะห์องค์ความรู้ในการปลูกต้นสักและการจำหน่ายผลิตไม้สัก โดยลงพื้นที่สำรวจและการสัมภาษณ์เชิงลึก การสังเกต และรวบรวมข้อมูลจากผู้ปลูกรวมถึงเจ้าของสวนป่าสัก มาสังเคราะห์เนื้อหาอธิบายข้อค้นพบในรูปแบบการบรรยายเชิงพรรณนา

2. พัฒนาระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสัก และระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สัก โดยการตรวจสอบความต้องการใช้งานระบบสารสนเทศ จากนั้นนำมาพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วยหลักการ SDLC คือ การศึกษาปัญหาและความต้องการ การวิเคราะห์และออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ การทดสอบปรับปรุงและการนำไปใช้งาน และจัดทำสื่อในรูปแบบของวีดิทัศน์ออนไลน์เพื่อถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับต้นสัก

3. จัดอบรมให้ความรู้การปลูกต้นสักและการจำหน่ายผลิตไม้สักด้วยระบบสารสนเทศ ประเมินผลวัดระดับความรู้จากการเรียนในระบบสารสนเทศทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนและสรุปผล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลปฐมภูมิ ใช้การสำรวจภาคสนาม โดยเก็บข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์จากผู้ปลูกต้นสัก และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้เขตเชียงใหม่ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้เขตลำปาง สำนักทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเชียงใหม่

2. ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร การสืบค้นทางอินเทอร์เน็ต การปลูกและดูแลต้นสัก การดูแลบำรุงรักษาต้นสักการตัดต้นสักเพื่อเตรียมจำหน่าย และการจำหน่ายไม้สัก

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลพื้นฐานของสถิติประชากร ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อจัดเป็นหมวดหมู่ จะได้ทราบลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างและทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ได้แก่ 1. ค่าร้อยละ (Percentage) ใช้ในการรายงานผลเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปและใช้พรรณนาในการศึกษา 2. ค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้รายงานผลค่าเฉลี่ยความรู้ความเข้าใจในการเรียนของผู้เข้าร่วมอบรม

ผลการวิจัย

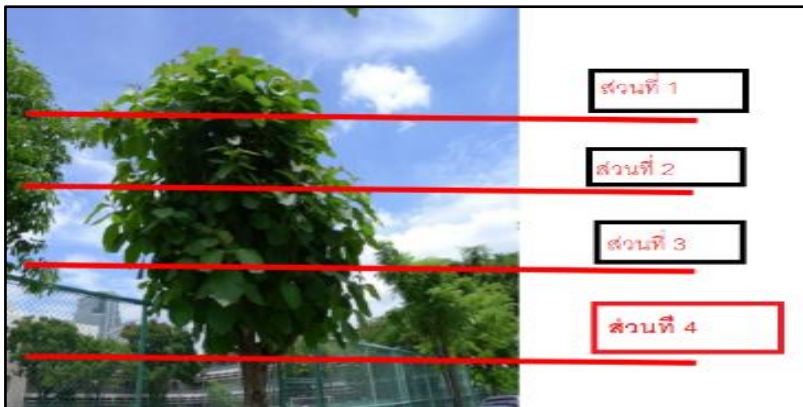
จากการดำเนินการวิจัยพัฒนานวัตกรรมดิจิทัลเพื่ออนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกและส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สัก มีผลการดำเนินงานดังนี้

1. ผลการรวบรวมและสังเคราะห์องค์ความรู้ในการปลูกต้นสักและการจำหน่ายผลิตไม้สัก

การรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ปลูกสัก ซึ่งได้นำองค์ความรู้ที่ได้มารวบรวมสร้างระบบสารสนเทศ มีการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์จากผู้ปลูกสวนป่าสัก สวนป่าแม่แตง สวนป่าตำบลมะเขือแจ้ และสวนป่าดอยสะเก็ดซึ่งได้ข้อเท็จจริงในด้านต่าง ๆ คือ กฎหมาย และการดำเนินการจากภาครัฐ เพื่อเอื้ออำนวยต่อผู้ปลูกและจำหน่ายไม้สัก คือ พระราชบัญญัติป่าไม้ (ฉบับที่ 8) พุทธศักราช 2562 ใจความสำคัญ มาตรา 7 คือ “ไม้ทุกชนิดที่ขึ้นในที่ดินกรรมสิทธิ์หรือสิทธิครอบครองตามประมวลกฎหมายที่ดิน ไม่เป็นไม้หวงห้าม หรือไม้ที่ปลูกขึ้นในที่ดินที่ได้รับอนุญาตให้ทำประโยชน์ตามประเภทหนังสือแสดงสิทธิที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดโดยความเห็นชอบของคณะรัฐมนตรี ให้ถือว่าไม่เป็นไม้หวงห้าม” นั้นหมายความว่า ไม้ที่ขึ้นในที่ดินที่มีกรรมสิทธิ์ เช่น โฉนดที่ดิน น.ส.3 น.ส.2 ส.ค.1 หรือ ไม้ที่ประชาชนปลูกเองในที่ดินของรัฐที่ได้รับอนุญาต เพื่อประโยชน์ใช้สอย เช่น ส.ป.ก. ไม่ถือว่าเป็นไม้หวงห้าม สามารถปลูกและตัดนำไปใช้ประโยชน์เองในพื้นที่ไม่ข้ามเขตจังหวัดได้โดยไม่ต้องขออนุญาต แต่หากประชาชนหรือภาคเอกชนต้องการปลูกเพื่อทำการค้าหรือการส่งออก สามารถทำได้โดย 1. ขอให้เจ้าหน้าที่ออกหนังสือรับรอง 2. ขึ้นทะเบียนสวนป่า 3. การขออนุญาต ตัด จำหน่าย แปรรูป และเคลื่อนย้าย ซึ่งขั้นตอนจะมีความสะดวกขึ้น เพื่อส่งเสริม สนับสนุน และอำนวยความสะดวกให้กับผู้ปลูกไม้ สำหรับองค์ความรู้ที่ได้จากการสัมภาษณ์ประกอบด้วย การปลูกและดูแลต้นสัก การดูแลบำรุงรักษาต้นสัก การตัดต้นสักเพื่อเตรียมจำหน่าย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการปลูก และการจำหน่ายไม้สัก

การดูแลบำรุงรักษาต้นสัก

เพื่อลดการแก่งแย่งอาหาร เมื่อต้นสักโตประมาณ 1-2 ปี สามารถเริ่มลิดกิ่งได้ การเว้นระยะห่างในการลิดกิ่งทำได้ตามความเหมาะสม เช่น ลิดกิ่งในปีที่ 4 หรือ ปีที่ 6-9 เป็นต้น การลิดกิ่งที่ดีต้องตัดให้ชิดลำต้นแผลต้องสวย ตัดที่เดียวให้ขาด ทาแผลด้วยปูนขาว หรือสีขาวรอบรอยตัด สัดส่วนการลิดกิ่งดังเช่นภาพประกอบ 1 การตัดสาขายาระยะเมื่อปลูกครบ 5-6 ปี ตัดสาขครั้งที่ 1 ให้เหลือ 100 ต้น/ไร่ เอาออก 50% ปลูกครบ 15-20 ปี ตัดสาขครั้งที่ 2 ให้เหลือ 50 ต้น/ไร่ และปลูกครบ 25 ปี ตัดสาขครั้งที่ 3 ให้เหลือ 30 ต้น/ไร่



ภาพประกอบ 1 แสดงส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้โดยเฉพาะส่วนที่ 4 ที่ควรลิดกิ่งทิ้งการตัดต้นสัก เพื่อเตรียมจำหน่าย และการจัดจำหน่ายต้นสัก

การเติบโตโดยเฉลี่ย สัก ที่อายุ 10 ปี พบว่าการปลูกในพื้นที่ที่ดินมีความเหมาะสมกับการปลูก ต้นสัก จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 13.80 เซนติเมตร และความสูงถึง 4.10 เมตร และขนาดของต้นสัก ที่อายุ 30 ปี จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 30.59 เซนติเมตร และความสูงถึง 30.00 เมตร ราคาไม้สัก จะขึ้นอยู่กับขนาดและความสวยงามของลำต้น ประชาชนที่ปลูกไม้สักในพื้นที่กรรมสิทธิ์หรือที่ดินของรัฐ ที่ได้รับอนุญาตเพื่อประโยชน์ใช้สอยเองไม่จำเป็นต้องขออนุญาตจากเจ้าหน้าที่ของรัฐ แต่หากเป็น การปลูกเพื่อทำการค้าและส่งออก ต้องผ่านกระบวนการขออนุญาต

การตัดจำหน่ายไม้สักของผู้ปลูกสัก ส่วนป่า

องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้เขตเชียงใหม่ ได้กรณศึกษาการตัดไม้เพื่อจำหน่ายโดยได้ ดำเนินการควบคุมการตัด การลงทะเบียน การแจ้งจดทะเบียน การย้ายต้นสักที่ตัด และการจัดจำหน่าย ส่วนป่าของคุณอุดม หิรัญพุกษ์ เพื่อประเมินต้นทุนในการรับตัดและจำหน่ายไม้สักต่อไป โดยได้ ดำเนินการดังนี้ 1. การสำรวจเพื่อตัดสางต้นสักออกบางส่วน 2. การทำหมายจุดต้นสักที่ต้องการตัดออก 3. การเตรียมพื้นที่เพื่อเป็นที่เรียงหมอนของต้นสักที่ตัดแล้ว 4. การเข้าพื้นที่เพื่อเตรียมการตัด 5. การตัดโค่นต้นสัก จะทำการตัดโค่นและชักลากโดยรถชักลาก 6. การเรียงหมอน คือการนำไม้ที่ตัด ได้มาวางเรียงตามขนาดโดยแยกเป็นกอง 7. การประทับตราสัญลักษณ์เจ้าของสวนซึ่งทางอุตสาหกรรม ป่าไม้ ได้ให้กับเจ้าของไว้ 8. การลงทะเบียนหมายเลขต้นสัก วันที่ เดือน ปี ที่ตัด รวมถึงขนาดของต้น และความยาวต้น 9. การหมายวัดตัดทอน ทางอุตสาหกรรมป่าไม้จะทำการตัดต้นไม้ที่เรียงไว้ เป็นท่อน ตามแต่เจ้าของสวนจะกำหนด 10. หลังจากมีการตัดเป็นท่อนแล้ว จะมีการประทับเลขประจำต้น ขนาดของต้น กำกับที่ด้านหัวท้ายของแต่ละท่อนอีกครั้ง 11. การบันทึกเลขท่อนและตรวจนับเตรียม ขนส่งไปยังผู้ซื้อต่อไป 12. การดำเนินการขออนุญาตย้ายท่อนไม้สักออกจากพื้นที่ในส่วนนี้ทางอุตสาหกรรม ป่าไม้จะต้องแจ้งต่อสำนักทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด ซึ่งตั้งอยู่ ณ ศาลากลางจังหวัด ทุกจังหวัด เมื่อได้รับใบอนุญาตแล้วก็จะดำเนินการขนย้ายไปยังโรงแปรรูปของรัฐหรือเอกชนต่อไป

2. ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสัก และระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สัก

2.1 การสำรวจความต้องการในการใช้งานระบบสารสนเทศ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจความต้องการในการใช้งานระบบสารสนเทศจากกลุ่มเป้าหมาย ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ความต้องการในการใช้งานระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสัก

ความต้องการในการใช้งาน	ความถี่	ร้อยละ
ต้องการ	14	70.00
ไม่ต้องการ	6	30.00
รวม	20	100.00

ตารางที่ 2 ความต้องการในการใช้งานระบบสารสนเทศระบบส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สัก เพื่อขยายโอกาสในเชิงพาณิชย์

ความต้องการในการใช้งาน	ความถี่	ร้อยละ
ต้องการ	16	80.00
ไม่ต้องการ	4	20.00
รวม	20	100.00

จากตารางที่ 1 และตารางที่ 2 พบว่ากลุ่มตัวอย่างร้อยละ 70 มีต้องการใช้งานระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสัก และร้อยละ 80 มีความต้องการในการใช้ระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาด จึงนำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมมาพัฒนาระบบ

2.2 การพัฒนาระบบ

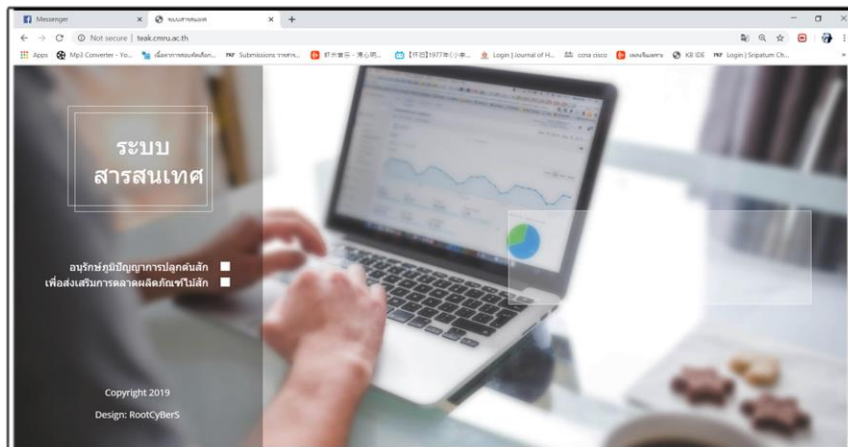
หลังจากสอบถามความต้องการการใช้แล้ว ได้ทำการพัฒนาระบบโดยใช้หลักการของวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยพจนานุกรมข้อมูล (Data dictionary) ซึ่งมีแฟ้มข้อมูลดังตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 พจนานุกรมข้อมูล

แหล่งข้อมูล	ชื่อแฟ้มข้อมูลภาษาอังกฤษ	คำอธิบายแฟ้มข้อมูล	ประเภทแฟ้มข้อมูล
D1	admin	เก็บข้อมูลผู้ดูแลระบบ	Master File
D2	plan_area	เก็บข้อมูลพื้นที่ปลูก	Master File
D3	plan_owner	เก็บข้อมูลเจ้าของผู้ปลูก	Master File
D4	plan_group	เก็บข้อมูลการปลูก	Transaction File
D5	customer	เก็บข้อมูลผู้รับซื้อ	Transaction File

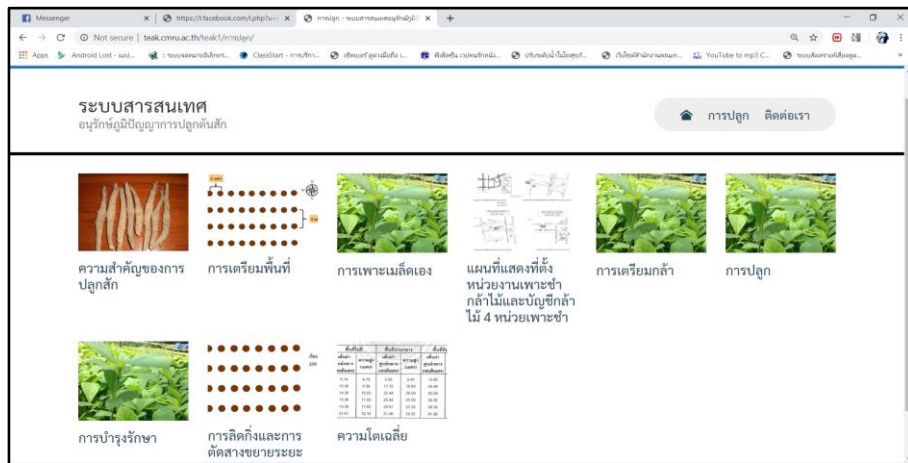
องค์ความรู้ที่สังเคราะห์ได้จากขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล จะถูกนำมาจัดทำเว็บแอปพลิเคชันระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสักและระบบส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สักเพื่อขยายโอกาสในเชิงพาณิชย์และสื่อวีดิทัศน์ออนไลน์ ดังตัวอย่างภาพประกอบ 2-5

ผู้วิจัยได้นำองค์ความรู้ในการทำวิจัยมาสร้างระบบสารสนเทศการปลูกและการดูแลต้นสักและระบบสารสนเทศการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากต้นสัก ดังแสดงดังภาพประกอบ 2 โดยสามารถเข้าใช้งานระบบได้ตามลิงค์ต่อไปนี้ <http://www.teak.cmru.ac.th/>



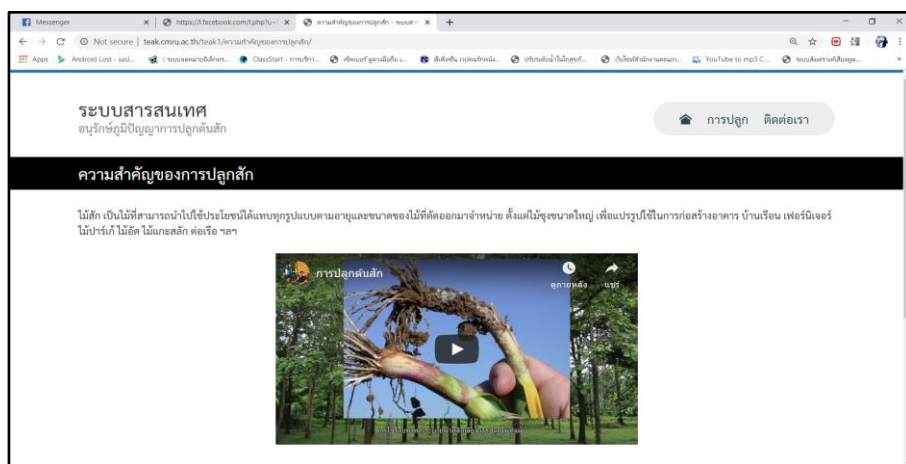
ภาพประกอบ 2 แสดงระบบสารสนเทศระบบอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสักและระบบส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สัก

สำหรับการใช้งานผู้ใช้สามารถเลือกเมนูระบบสารสนเทศได้ 2 ระบบ ในหน้าหลักคือ 1. อนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสัก และ 2. ระบบส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สัก ในระบบที่ 1 จะประกอบด้วยความรู้เกี่ยวกับการปลูกโดยแบ่งเป็นเมนูย่อย ดังภาพประกอบ 3



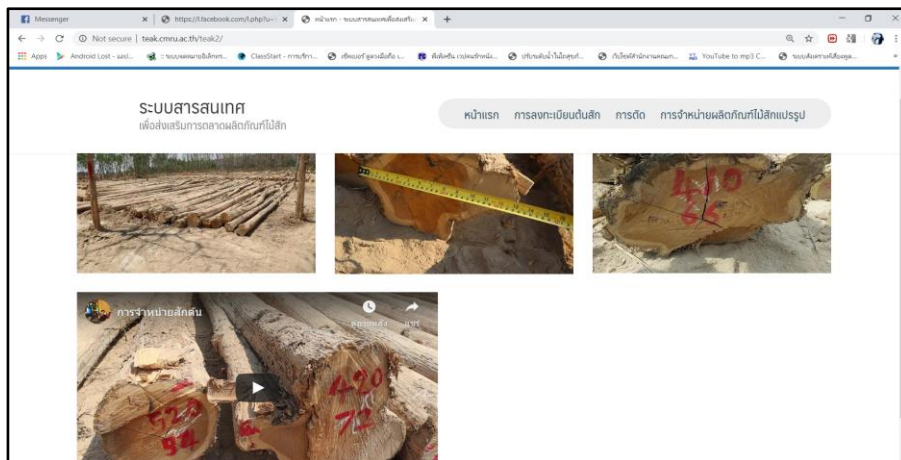
ภาพประกอบ 3 แสดงหน้าการทำงานของระบบอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสัก

เมื่อเลือกหัวข้อเมนูที่ต้องการก็จะเข้าสู่การนำเสนอข้อมูลองค์ความรู้ในเรื่องนั้น ๆ เช่น การเลือกหัวข้อ ความสำคัญของการปลูกสัก จะปรากฏข้อมูลดังภาพประกอบ 4 ซึ่งจะสามารถคลิกเลือกการนำเสนอวิธีทัศนออนไลน์สาธิตการปลูกได้ตามต้องการ



ภาพประกอบ 4 แสดงตัวอย่างระบบสารสนเทศหัวข้อความสำคัญของการปลูกสัก

ในกรณีที่ผู้ใช้งานระบบเลือกเมนูหลักที่ 2 ระบบส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สัก จะปรากฏเมนูการใช้งานให้เลือกอีกเช่น การตัด การจัดจำหน่าย ดังภาพประกอบ 5 ซึ่งผู้ใช้งานระบบสามารถคลิกเลือกชมวิธีทัศนออนไลน์สาธิตการตัดเพื่อเตรียมจำหน่ายได้



ภาพประกอบ 5 แสดงการทำงานของระบบส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สัก

3. จัดอบรมให้ความรู้การปลูกต้นสักและการจำหน่ายผลิตไม้สักด้วยระบบสารสนเทศ

หลังจากพัฒนาระบบแล้วได้จัดอบรมการใช้งานระบบสารสนเทศให้กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการปลูกและจำหน่ายไม้สัก โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบ ก่อนอบรมและแบบทดสอบหลังอบรม โดยแสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบก่อนอบรมและหลังอบรม

ลำดับ ที่	ผลการทดสอบ ก่อนอบรม (20)	ผลการทดสอบ หลังอบรม (20)	ลำดับ ที่	ผลการทดสอบ ก่อนอบรม (20)	ผลการทดสอบ หลังอบรม (20)
1	9	16	11	4	12
2	11	18	12	8	16
3	7	15	13	7	17
4	5	15	14	6	15
5	8	16	15	7	18
6	9	16	16	7	16
7	7	15	17	9	17
8	6	16	18	5	13
9	6	15	19	7	16
10	10	16	20	8	15

สรุป ค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนอบรม = 7.30 ค่าเฉลี่ยคะแนนหลังอบรม = 15.65

ผลการวิเคราะห์การทดสอบจากแบบทดสอบก่อนอบรม (Pre-test) และแบบทดสอบหลังอบรม (Post-test) ผลการทำทดสอบก่อนอบรม มีค่าเฉลี่ย คือ 7.30 คิดเป็นร้อยละ 36.50 และผลการทำแบบทดสอบหลังอบรม (Post-test) มีค่าเฉลี่ย คือ 15.65 คิดเป็นร้อยละ 78.25 หมายความว่า ก่อนและหลังการทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยหลังจากอบรมแล้วผู้เข้าอบรมมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยแยกตามวัตถุประสงค์การวิจัยคือ รวบรวมสรุปและสังเคราะห์องค์ความรู้ในการปลูกต้นสัก การจัดทำระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสักและระบบสารสนเทศส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สักเพื่อขยายโอกาสในเชิงพาณิชย์ การดำเนินการวิจัยได้แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ 1. การรวบรวมและสังเคราะห์องค์ความรู้ในการปลูก และจำหน่ายไม้สักจากกลุ่มผู้ปลูกไม้สักสวนป่าอำเภอแม่แตง และอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ และกลุ่มผู้ปลูกไม้สักสวนป่า ตำบลมะเขือแจ้ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน เกี่ยวกับการปลูกและดูแลบำรุงรักษาต้นสัก การตัดเพื่อเตรียมจำหน่าย และการจำหน่ายไม้สัก ซึ่งพบว่า กฎหมายของภาครัฐได้มีการเอื้ออำนวยส่งเสริมการปลูกไม้สักมากขึ้น การปลูกต้นสักให้เจริญเติบโตที่ดีต้องขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ระยะห่างในการปลูก สภาพภูมิประเทศ การลิดกิ่ง การตัดสายขยายระยะ และดูแลรักษา เป็นต้น สอดคล้องกับวิธีการสร้างดูแลสวนป่าและการจำหน่ายไม้สัก (ปัญญาพร สำเร็จเฟื่องฟู และ อติศร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา, 2564; อนุกรม สาริบุตร, อุดมศักดิ์ สาริบุตร และ เอี่ยมอัมพร เพชรสินจร, 2564; กรมป่าไม้, 2565) 2. การพัฒนาระบบสารสนเทศอนุรักษ์ภูมิปัญญาการปลูกต้นสัก และระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้สัก โดยหลักการของวงจรพัฒนาระบบ SDLC พัฒนาโครงสร้างระบบและฐานข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันและสื่อวีดิทัศน์เพื่อใช้เป็นช่องทางให้ความรู้เกี่ยวกับต้นสัก ได้ศึกษางานวิจัยอื่นเพื่อให้ได้รูปแบบการใช้งานที่ง่าย สะดวก และเกิดประโยชน์แก่ผู้ใช้งาน (มณฑล จำเริญพฤกษ์, 2558; เบญจภัก จงหมื่นไวย และ ปริญญา ชินจ่อหอ, 2561) 3. การจัดอบรมให้ความรู้การปลูกต้นสักและการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไม้สักด้วยระบบสารสนเทศให้กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับไม้สัก โดยทำแบบทดสอบก่อนอบรมและแบบทดสอบหลังอบรม พบว่าผลการทำทดสอบหลังอบรม (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า ก่อนอบรม (Pre-test) หมายความว่า ก่อนและหลังการอบรม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยหลังจากอบรมแล้วผู้เข้าอบรมมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดผลสัมฤทธิ์ที่ดีต่อการสร้างนวัตกรรมระบบสารสนเทศ

ข้อเสนอแนะ

1. การปลูกไม้สักแต่ละพื้นที่มีความต่างกัน เช่น ภูมิประเทศ การวางระยะห่างการปลูกและการดูแลรักษา เป็นต้น หากมีการถอดองค์ความรู้ของกลุ่มผู้ปลูกที่มีความหลากหลาย จะทำให้ได้ข้อมูลในการวางแผนการปลูกไม้สักที่ดีเนื่องจากการการปลูกป่าไม้สักต้องใช้ระยะเวลานาน การวางแผนที่ดีก็จะทำให้ได้ผลลัพธ์ทางเศรษฐกิจที่เร็วขึ้น

2. เนื่องจากวิธีการจัดการปลูกและจำหน่ายไม้สักมีรายละเอียดค่อนข้างมาก เช่น ส่วนที่ 1 การปลูก เริ่มตั้งแต่การปลูก การจัดแจ้งส่วนราชการ การเลือกพื้นที่ปลูก การดูแลรักษา ส่วนที่ 2 การจำหน่าย เริ่มตั้งแต่การตัด การจัดเรียงต้นสัก การบริหารจัดการการตัดและขนย้ายต้นสัก การลงทะเบียนต้นสัก การตีราคา การจำหน่ายอย่างถูกต้องตามกฎหมาย รวมถึงการทำตลาดผลิตภัณฑ์จากต้นสัก หากมีระยะเวลาจำกัดในงานวิจัยอาจเลือกในส่วนที่เหมาะสมก่อนได้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. (2565). รายงานผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ปี 2564 (Thailand Internet User Behavior 2021. จาก https://www.etda.or.th/getattachment/a3ad051d-e372-48f6-9fbc-9a22de75666c/IUB2021_Slides-V5.pdf.aspx
- กรมป่าไม้. (2565). ข้อมูลสารสนเทศกรมป่าไม้. กรุงเทพฯ : กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- เทคโนโลยีชาวบ้าน. (2562). สักทอง ไม้มีค่า ปลูกอย่างไรให้ได้ผลดี. สืบค้น https://www.technologychaoban.com/bullet-news-today/article_128118.
- เบญจภัก จงหมื่นไวย และ ปริญญา ชินจ่อหอ. (2561). การพัฒนาระบบสารสนเทศข้อมูลพันธุ์ไม้ดอกและไม้ประดับเขตพื้นที่อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม, 5(พิเศษ), 195-202.
- ปัญญาพร สำเร็จเฟื่องฟู และ อติษฐ์ อิศรางกูร ณ อยุธยา. (2564). การกำหนดเขตเศรษฐกิจไม้สักสำหรับประเทศไทย. วารสารวนศาสตร์ไทย, 40(2), 56-58.
- มณฑล จำเริญญฤกษ์. (2558). ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการป่าทดแทนและการพัฒนาเศรษฐกิจฐานชุมชนอย่างยั่งยืน. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อภุสธ สาริบุตร, อุดมศักดิ์ สาริบุตร และ เอี่ยมอัมพร เพชรสินจร. (2564). องค์ความรู้ด้านการใช้ประโยชน์จากไม้สัก ในบริบทการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 20(3), 68-79.
- โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2560). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, บมจ.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองการทำนายผลการเรียนของนิสิตที่ใช้งาน
ระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง
Comparison of Student Learning Outcome Prediction Models in an Online
Learning Management System Using Machine Learning

ปริยานุช ประเสริฐสิริกุล* ศิริสรพ เหล่าหะเกียรติ เรืองศักดิ์ ตระกูลพุทธิรักษ์
และ ศศิวิมล สุขพัฒน์

Pariyanuch Prasertisirikul*, Sirisup Laohakiat, Ruangsak Trakunphutthirak,
and Sasivimon Sukaphat

สาขาวิชาวิทยาการข้อมูล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
Master of Science in Data Science (MSDS) program, Srinakharinwirot University
Email: pariyanuch.prasertisirikul@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อทำนายผลการเรียนของนิสิตที่ใช้งานระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ผู้วิจัยใช้ข้อมูลการเรียนรู้ผ่านทางระบบจัดการเรียนรู้ออนไลน์ของนิสิตมาวิเคราะห์เบื้องต้น เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองการทำนายผลการเรียน และศึกษาการใช้เทคนิคการเลือกคุณสมบัติ เพื่อเปรียบเทียบว่า แบบจำลองที่ใช้คุณลักษณะทั้งหมด และแบบจำลองที่ทำการคัดเลือกคุณลักษณะ มีประสิทธิภาพแตกต่างกันเช่นไร โดยผู้วิจัยแบ่งกลุ่มของคุณลักษณะออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ คุณลักษณะที่สร้างจากพฤติกรรมการใช้งานระบบ และคุณลักษณะจากคะแนนเก็บระหว่างภาคการศึกษาของนิสิต จากนั้นผู้วิจัยทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายของแบบจำลอง เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของคุณลักษณะทั้งสองประเภทในการทำนายผลการเรียน โดยผู้วิจัยได้เปรียบเทียบและประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองของเครื่องที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันหลากหลายแบบจำลอง ได้แก่ Logistic Regression, Naïve Bayes, K-Nearest Neighbor, Support Vector Machines, Decision Tree, Random Forest และ XGBoost แบบจำลองเหล่านี้ร่วมกับการใช้เทคนิคการจัดการความไม่สมดุลของข้อมูลด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างเพิ่มกลุ่มน้อยด้วยการสร้างตัวอย่างสังเคราะห์ (Synthetic Minority Oversampling Technique: SMOTE) รวมทั้งการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) จากการทดลองพบว่าแบบจำลอง XGBoost ให้ประสิทธิภาพในการทำนายสูงสุด มีความแม่นยำถึง 83.95% ส่วนในกลุ่มของคุณลักษณะนั้น พบว่าคุณลักษณะด้านคะแนน ให้ผลการทำนายที่ดีกว่าการใช้คุณลักษณะด้านพฤติกรรมการใช้งานระบบ แต่การใช้คุณลักษณะทั้งสองด้านร่วมกัน ให้ผลการทำนายที่ดีที่สุด ในส่วนของการคัดเลือกคุณลักษณะ พบว่าการคัดเลือกคุณลักษณะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในแบบจำลอง

ที่มีความซับซ้อนต่ำ แต่ในแบบจำลองที่มีความซับซ้อนสูง การคัดเลือกคุณลักษณะไม่ได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำนาย

คำสำคัญ: ระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ การทำนาย ผลการเรียนรู้ การเรียนรู้ของเครื่อง

ABSTRACT

This study presents the comparison of machine learning models for predicting student learning outcome in an online learning management system. Based on student activities stored in the log file of the system, we identify and create relevant features for predicting student performance. In this study, we divide the features into two groups, i.e., features related to the system usage behavior of the students and features related to the score the student obtained. Then, we analyze the importance of these two sets of features by creating models with different sets of the features. We compare the prediction performances of several well-known machine learning models including Logistic Regression, Naïve Bayes, K-Nearest Neighbor, Support Vector Machines, Decision Tree, Random Forest and XGBoost. Several preprocessing methods are employed to improve the performance prediction including handling imbalanced data with Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE) and choosing relevant features by XGBoost model. We found that XGBoost model yields highest prediction accuracy at 83.95%. The models trained by features related to score alone yield better performance than those trained by features related to the system usage behavior, but using the features from both groups together yields the best performance. Moreover, we found that feature selection can improve the performance of low-complexity models, while impair the performance of high-complexity models.

Keywords: Online Learning Management System, Prediction, Learning Outcome, Machine Learning

บทนำ

ปัจจุบันสถาบันการศึกษาหลายแห่งได้นำระบบการจัดการเรียนรู้ (Learning Management System: LMS) มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยระบบดังกล่าวมีเทคโนโลยีที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการสอนให้แก่ผู้สอน และช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี สร้างบรรยากาศเหมือนห้องเรียนเสมือน (Virtual Classroom) ที่ผู้สอนและผู้เรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์กันได้ ระบบการจัดการเรียนรู้นี้โดยทั่วไปจะสามารถบันทึกข้อมูลการเข้าใช้ระบบของผู้เรียน รวมทั้งเป็นแพลตฟอร์มสำหรับให้ผู้สอนสร้างหัวข้อการสอน การทดสอบ รวมทั้งสร้างช่องทางในการตอบคำถามของผู้เรียนอีกด้วย ระบบการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์นี้กลายเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ภายใต้สภาวะการแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 ซึ่งทำให้สถาบันการศึกษาไม่สามารถจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนแบบเดิมได้ หากแต่จำเป็นต้องจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์เต็มรูปแบบภายใต้การสอนแบบออนไลน์ ผู้เรียนและผู้สอนจะมีปฏิสัมพันธ์กันน้อยลง รวมทั้งผู้สอนไม่อาจเห็นพฤติกรรมของผู้เรียน เป็นรายบุคคลได้ (Qiu *et al.*, 2022) เหมือนการเรียนในห้องเรียน นำไปสู่การติดตามความก้าวหน้าการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยผู้สอนได้ยาก และผลการเรียนของผู้เรียนมีประสิทธิภาพน้อยลง ในกรณีนี้ จึงมีการศึกษาจำนวนมาก ที่นำเอาเทคนิคการเก็บข้อมูลและการทำนายประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนมาใช้เพื่อดูแลและเตือนการล่วงหน้า (Early Warning System) เพื่อให้ผู้สอนสามารถปรับปรุงนโยบายการสอนให้มีประสิทธิภาพและทันกาลมากขึ้น (Gasevic *et al.*, 2017)

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยมุ่งจะสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายผลการเรียนของนิสิตในเชิงรุก นั่นคือการทำนายผลการเรียนก่อนจะสิ้นสุดภาคการศึกษา โดยอาศัยพฤติกรรมการเรียนรู้ของนิสิตแต่ละรายบุคคลที่มีบันทึกอยู่ในระบบการจัดการเรียนรู้ ร่วมกับคะแนนในบางส่วนของนิสิตในระหว่างภาคการศึกษา โดยผู้วิจัยใช้วิธีการทำเหมืองข้อมูลเพื่อการศึกษา (Educational Data Mining) มาวิเคราะห์ข้อมูลบันทึกการใช้งานกิจกรรมที่หลากหลายของผู้ใช้งาน รวมทั้งสถิติการเข้าใช้งานระบบ คะแนนงานมอบหมาย คะแนนแบบทดสอบ เป็นต้น โดยเทคนิคหนึ่งที่กล่าวถึงกันมากในการทำเหมืองข้อมูล เรียกว่า “การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)” ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาและเผยแพร่หัวข้อการทำเหมืองข้อมูลเพื่อการศึกษา โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ได้แก่ การทำนายผลการเรียนของผู้เรียนจากพฤติกรรมงานมอบหมายของผู้เรียนในระบบการจัดการเรียนรู้ (Hooshyar and Pedaste, 2019) การทำนายการลาออกกลางคันของผู้เรียนจากข้อมูลทั่วไปและผลการเรียนของผู้เรียน (Tan and Shao, 2015) และการทำนายผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (GPA) จากผลการเรียนของรายวิชาและข้อมูลทั่วไป (Almasri *et al.*, 2020)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง และเลือกแบบจำลองที่ให้ความแม่นยำในการทำนายผลการเรียนของผู้เรียนสูงสุดในชุดข้อมูลที่ใช้ศึกษา รวมทั้งศึกษาประสิทธิภาพของการใช้เทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะว่า จะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการทำนายหรือไม่

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายของคุณลักษณะ 2 กลุ่ม ได้แก่ คุณลักษณะ กลุ่มของคะแนน และคุณลักษณะกลุ่มของพฤติกรรมการใช้ระบบว่า จะมีประสิทธิภาพในการทำนายแตกต่างกันอย่างไร

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การทำเหมืองข้อมูล

การทำเหมืองข้อมูล เปรียบได้กับการขุดเจาะเข้าไปในข้อมูลลงสู่ระดับลึก เพื่อค้นหาสิ่งที่มีคุณค่า การทำเหมืองข้อมูลเป็นเทคนิคหนึ่งที่กำลังถึงมากในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะทำให้องค์กรได้รับประโยชน์จากข้อมูลมหาศาล สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ด้านธุรกิจ, ด้านการศึกษา, ด้านระบบการจราจรและการขนส่ง, ด้านสาธารณสุข (Chen *et al.*, 2013) การทำเหมืองข้อมูล มีหนึ่งในกระบวนการตอบโจทย์ธุรกิจที่สำคัญ เรียกว่า “Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM)” ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ การทำความเข้าใจในธุรกิจ, การทำความเข้าใจข้อมูล, การเตรียมข้อมูล, การสร้างแบบจำลอง, การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง และการนำไปใช้จริง (Awila, 2019)

2. การเรียนรู้ของเครื่อง

การเรียนรู้ของเครื่อง เป็นเทคนิคหนึ่งในการทำเหมืองข้อมูล และเป็นสาขาหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) โดยมุ่งเน้นศึกษาการทำให้คอมพิวเตอร์มีความสามารถในการเรียนรู้ได้ โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมกำกับไว้อย่างชัดเจน กระบวนการเรียนรู้ของเครื่องมีการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ชุดข้อมูลการเรียนรู้ (Training Set) เป็นข้อมูลที่ถูกนำไปเรียนรู้ให้กับเครื่องและชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set) เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการประเมินประสิทธิภาพการทำนาย การเรียนรู้ของเครื่องนั้นมีการเรียนรู้หลายแบบที่ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล โดยการเรียนรู้ของเครื่อง ที่เราใช้งานนี้ เป็นการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) แบบการจำแนกประเภทของข้อมูล (Classification) (Awad and Khanna, 2015)

3. เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพการทำนายของแบบจำลอง

เทคนิคในการปรับปรุงผลลัพธ์การทำนายให้ดีขึ้นสำหรับการวิจัยนี้ 3 แบบ ประกอบด้วย 1) วิศวกรรมคุณลักษณะ (Feature Engineering) เป็นกระบวนการที่ใช้ความรู้เฉพาะทางในการสร้างคุณลักษณะที่จะทำ ความสะอาด และแปลงข้อมูลดิบในรูปแบบที่สามารถเรียนรู้ด้วยแบบจำลอง (Mohamad *et al.*, 2020) 2) การจัดการความไม่สมดุลของข้อมูล (Handling Imbalanced Data) ด้วยการสุ่มตัวอย่างเพิ่มกลุ่มน้อย ด้วยการสร้างตัวอย่างสังเคราะห์ (Synthetic Minority Oversampling Technique: SMOTE) เป็นการสุ่มเพิ่มจำนวนข้อมูลในคลาสที่มีข้อมูลอยู่น้อยให้มากขึ้น โดยสร้างจุดเทียมระหว่างจุดที่สุ่มในคลาสที่มีอยู่น้อย และเพื่อนบ้านที่อยู่ใกล้เคียงจุดที่สุ่มนี้ เพื่อให้ข้อมูลแต่ละคลาสมีความสมดุลมากขึ้น (Sun *et al.*, 2018) 3) การคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) ด้วยวิธี Wrapped method โดยเลือกกลุ่มคุณลักษณะย่อยจากคุณลักษณะทั้งหมดไปเรียนรู้กับชุดข้อมูลการเรียนรู้ด้วยแบบจำลองที่สนใจ (งานวิจัยนี้เลือกใช้

XGBoost) แล้วนำกลุ่มคุณลักษณะ ที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดนั้นไปเรียนรู้ด้วยแบบจำลองต่าง ๆ ที่นำไปใช้จริง (Jalota and Agrawal, 2021)

4. การสร้างแบบจำลองการจำแนกประเภท

แบบจำลองการจำแนกประเภทที่จะสร้างในการวิจัยนี้จำนวน 7 แบบ ซึ่งมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในการนำมาทำนายผลการเรียนของนิสิต ประกอบด้วย

1) Logistic Regression อาศัยหลักการความน่าจะเป็นของผลลัพธ์การทำนายว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่ โดยขึ้นอยู่กับคุณลักษณะ สมการของ Logistic Regression เป็นฟังก์ชัน Sigmoid ที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งรูป S โดยมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งแสดงสมการ (1) แบบจำลองนี้ไม่ได้ใช้พลังการประมวลผลในการคำนวณข้อมูลสูง ติความได้ง่าย แต่อาจจะเกิด Overfitting (Awad and Khanna, 2015)

$$P(class) = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}} \quad (1)$$

โดยที่ X_i คือ คุณลักษณะตัวที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, N$

β_0 คือ ค่าไบแอส (Bias)

β_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของ X_i เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, N$

e คือ ค่าคงที่ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นฐานของลอการิทึมธรรมชาติ มีค่าโดยประมาณ 2.71828

2) Naïve Bayes อาศัยหลักการความน่าจะเป็นตามทฤษฎีของเบย์ที่บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่กำลังเกิดขึ้นและสิ่งที่เกิดขึ้นแล้ว เพื่อทำนายคลาสจากคุณลักษณะที่เป็นอิสระต่อกันโดยกำหนดตัวแปรต่าง ๆ และสามารถเขียนดังสมการ (2) แบบจำลองนี้ทำนายข้อมูลได้ง่ายและเร็ว สามารถใช้ในการจำแนกคลาสจำนวนมาก แต่หากไม่พบข้อมูลทดสอบในชุดข้อมูลการเรียนรู้ จะได้จำนวนข้อมูลที่เกิดขึ้นเป็นศูนย์ ทำให้ไม่มีค่าความน่าจะเป็น จึงใช้วิธีการประมาณค่า Laplace แทน (Amra and Maghari, 2017)

$$P(c|x) = \frac{P(x|c)P(c)}{P(x)} \quad (2)$$

โดยกำหนดตัวแปร ดังนี้

$P(c|x)$ เป็นความน่าจะเป็นที่ได้คลาสใดคลาสหนึ่ง เมื่อใช้คุณลักษณะแล้ว เรียกว่า “Posterior Probability”

$P(c)$ เป็นความน่าจะเป็นที่ได้คลาสใดคลาสหนึ่ง เรียกว่า “Prior Probability”

$P(x|c)$ เป็นความน่าจะเป็นที่ได้คุณลักษณะ เมื่อเลือกคลาสใดคลาสหนึ่งแล้ว เรียกว่า “Likelihood”

$P(x)$ เป็นความน่าจะเป็นที่ได้คุณลักษณะ เรียกว่า “Prior Probability”

3) *Support Vector Machine* ใช้สมการเส้นแบ่งคลาสออกจากกัน โดยให้มีระยะขอบของ 2 คลาสให้มากที่สุด สามารถจำแนกข้อมูลที่แบ่งแยกออกจากกันได้ทั้งแบบเชิงเส้นและแบบไม่เชิงเส้น แต่อาจจะไม่ได้มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ข้อความ (Awad and Khanna, 2015) การคำนวณค่าของเส้นของทั้ง 2 คลาส ในการจำแนกประเภทข้อมูลนั้น โดยใช้สมการที่กำหนดตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ w^T คือ ค่าน้ำหนัก, x_i คือ คุณลักษณะของรายการที่ i , b คือ ค่าไบแอส (Bias) และ $i = 1, 2, \dots, N$ เป็นของรายการที่ i ของชุดข้อมูล ดังสมการ (3)-(5)

$$1. \text{ สมการ Hyperplane คือ } w^T x_i + b = 0 \quad (3)$$

$$2. \text{ หาก } y_i = \text{class 1} \text{ จะได้ว่า } w^T x_i + b \geq 1 \quad (4)$$

$$3. \text{ หาก } y_i = \text{class 2} \text{ จะได้ว่า } w^T x_i + b \leq -1 \quad (5)$$

4) *K-Nearest Neighbor* คำนวณระยะทางแบบยุคลิดระหว่างจุดใหม่และจุดที่ใกล้เคียงที่มีคลาสอยู่แล้วจำนวน K จุด โดยพิจารณาระยะทางที่น้อยที่สุดในการเลือกคลาสให้กับจุดใหม่ เป็นวิธีการที่เข้าใจง่าย เรียนรู้ข้อมูลได้เร็ว มีความทนทานต่อข้อมูลรบกวนได้ดี แต่ค่อนข้างประมวลผลช้า (Amra and Maghari, 2017)

5) *Decision Tree* ใช้แผนผังต้นไม้กลับหัวช่วยในการตัดสินใจ แบบจำลองนี้ตีความได้ง่าย เนื่องจากต้นไม้ตัดสินใจเป็นการเลียนแบบการตัดสินใจของมนุษย์ ทำงานกับคุณลักษณะได้ทุกชนิด สามารถจัดการข้อมูลสูญหาย แต่ค่อนข้างไม่ยืดหยุ่น หากเปลี่ยนแปลงข้อมูล ทำให้แผนภาพ *Decision Tree* เปลี่ยนได้ อาจทำให้เกิด *Overfitting* กับข้อมูลได้ง่าย ทำให้ส่งผลต่อการทำนายข้อมูลได้ไม่ค่อยดีนัก (Patel and Prajapati, 2018)

6) *Random Forest* นำ *Decision Tree* หลายต้นที่ไม่ซ้ำกันมาทำงานร่วมกันแล้วเลือกคลาสส่วนใหญ่ที่ได้จากการทำนายของแต่ละต้น สามารถแก้ปัญหาความไม่ยืดหยุ่นของต้นไม้ตัดสินใจและการเกิด *Overfitting* ง่าย (Jayaprakash et al., 2020)

7) *XGBoost* ย่อมาจาก *Extreme Gradient Boosting* เรียนรู้ความผิดพลาดการทำนายของแบบจำลอง *Decision Tree* หลายแบบจำลอง การทำงานของ *XGBoost* เหล่านี้ เพื่อช่วยลดการทำนายข้อมูลผิดพลาด โดยเรียนรู้จากแบบจำลองก่อนหน้านี้เรื่อย ๆ เป็นแบบอนุกรมทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำนายในด้านความแม่นยำ ความไว และความจำเพาะของข้อมูลการทดสอบ (Bishop, 2006)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีงานวิจัยมากมายที่มุ่งเป้าพัฒนาแบบจำลอง เพื่อทำนายผลการเรียนของผู้เรียน โดยอาศัยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง เช่น ข้อมูลผลการเรียนจะมีลักษณะไม่สมดุล เนื่องจากผู้เรียนที่ได้คะแนนสูงมาก และต่ำมาก จะมีจำนวนไม่มากนัก ซึ่งในบทความของ Ashfaq *et al.* (2020) ได้ศึกษาการสร้างแบบจำลองเพื่อจัดการกับข้อมูลไม่สมดุล โดยใช้เทคนิค SMOTE ส่วน Amrieh *et al.* (2016) ได้ใช้แบบจำลองแบบ Ensemble เพื่อช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลอง โดยแบบจำลอง Decision Tree ที่ร่วมกับการทำ Boosting มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยมีความแม่นยำถึง 85%

บทความของ Ramaswami *et al.* (2020) กับ Shrestha and Pokharel (2021) มีการคัดเลือกคุณลักษณะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลอง พบว่าแบบจำลองที่ได้รับการคัดเลือกคุณลักษณะ มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบจำลองที่ไม่ผ่านการคัดเลือกคุณลักษณะ

ส่วน Riestra-González *et al.* (2021) ได้ใช้เทคนิคการจัดกลุ่ม (Clustering) ร่วมด้วย เพื่อทำให้ผลการทำนายดีขึ้น และร่วมทำการคัดเลือกคุณลักษณะวิธี Recursive Feature Elimination and Cross-Validation Selection (RFECV) ได้ผลว่าแบบจำลอง Multiple perceptron มีประสิทธิภาพการทำนายที่ดีที่สุด มีความแม่นยำเท่ากับ 80.1%

นอกจากนี้ยังมีบทความที่ทดลองข้อมูลการเรียน 2 กลุ่ม ได้แก่ ข้อมูล 10 สัปดาห์ และข้อมูล 6 สัปดาห์ โดย Quinn and Gray (2019) พบว่า ความแม่นยำการทำนายระดับผลการเรียนมากที่สุด 60.5% ด้วยแบบจำลอง Random Forest และความแม่นยำการทำนายผลการเรียนของผู้เรียนผ่านหรือไม่ผ่านโดยมีค่ามากที่สุด 82.18% ด้วยแบบจำลอง Random Forest เช่นเดียวกัน โดยใช้ข้อมูล 10 สัปดาห์

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเหล่านี้ ผู้วิจัยได้ทำการสรุปแนวทางการพัฒนาแบบจำลองของการศึกษาคครั้งนี้ โดยใช้เทคนิค SMOTE เพื่อปรับจำนวนข้อมูลให้มีความสมดุล และทดลองใช้แบบจำลองประเภทต่าง ๆ ที่บทความที่เกี่ยวข้องเลือกมาใช้งาน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมกับการศึกษานี้ นอกจากนี้จากการที่ผู้วิจัยในบางบทความ รายงานว่าการคัดเลือกคุณลักษณะมีผลต่อประสิทธิภาพของการทำนาย ผู้วิจัยจึงทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองที่ทำการคัดเลือกคุณลักษณะร่วมด้วย กับประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ใช้คุณลักษณะครบถ้วน

อีกทั้ง เพื่อให้เข้าใจประสิทธิภาพการทำนายของคุณลักษณะได้ชัดเจนขึ้น ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคุณลักษณะ โดยจัดคุณลักษณะออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ คุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับคะแนน และคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการใช้งานระบบ เพื่อศึกษาผลต่อประสิทธิภาพการทำนายของคุณลักษณะทั้งสองกลุ่มนี้

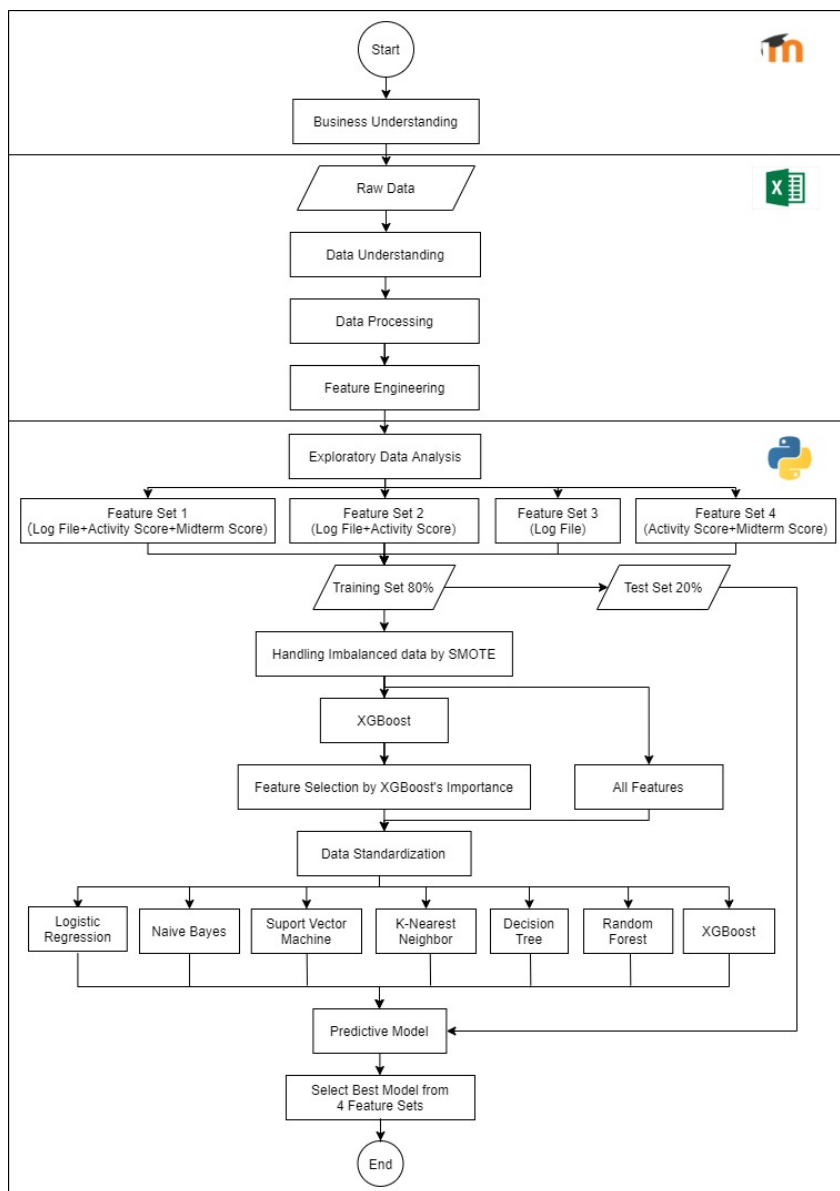
วิธีการดำเนินงานวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยจำนวน 405 คน มาจากจำนวนห้องเรียน 3 ห้อง โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นกลุ่มของนิสิตในอาจารย์ผู้สอน 2 ท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่อการวิจัยชุดนี้

ภาพรวมของกระบวนการทำงาน

ผู้วิจัยได้แสดงภาพรวมกระบวนการดำเนินงานวิจัยในการทำนายผลการเรียนของนิสิตที่ใช้ระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ดังภาพประกอบ 1 จากข้อมูลการเข้าใช้งานและผลคะแนนที่มีการบันทึกในระบบ LMS ซึ่งใช้ Moodle เป็นแพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อพิจารณาข้อมูลเบื้องต้นและสร้างข้อมูลตารางของคุณลักษณะ จากนั้นในส่วนการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยเลือกใช้ภาษา Python โดยใช้ Scikit-learn เป็น Library หลักสำหรับสร้างแบบจำลองและทำวิศวกรรมคุณลักษณะ รวมทั้งการคัดเลือกคุณลักษณะ



ภาพประกอบ 2 แผนผังกระบวนการทำงาน

1. การทำความเข้าใจในธุรกิจ

ก่อนเปิดภาคการศึกษา สำนักนวัตกรรมการเรียนรู้ มศว ได้นำระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ มาใช้การสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งใช้ Moodle เป็นแพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ โดยผู้ดูแลระบบเปิดรายวิชา SWU 141 ชีวิตในโลกดิจิทัล และกำหนดเงื่อนไขของกิจกรรม

การเรียนการสอนที่แตกต่างกันในการตั้งค่าระบบ ดังนี้ 1) การชมสื่อการเรียนรู้ จำนวน 11 เรื่อง สามารถชมล่วงหน้าทุกเรื่องตลอดเวลา 2) การทำแบบทดสอบ จำนวน 6 เรื่อง สามารถทำซ้ำได้ 3 ครั้ง ภายในระยะเวลาที่กำหนด โดยระบบจัดเก็บคะแนนมากที่สุดเป็นคะแนนเก็บ 3) การส่งงานมอบหมาย จำนวน 2 เรื่อง สามารถส่งงานมอบหมายในระยะเวลาที่กำหนด และสำนักฯ มีการกำหนดเกณฑ์การ ประเมินผลการเรียนรู้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงเกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้

คะแนนการประเมินผลการเรียนรู้	สัดส่วนการประเมิน
1. ครั้งแรกของภาคการศึกษา	
1.1 ด้านคะแนนกิจกรรมในห้องเรียน	30%
1.2 ด้านคะแนนกลางภาค	30%
รวม	60%
2. ครั้งหลังของภาคการศึกษา	
2.1 ด้านคะแนนโครงงาน	30%
2.2 ด้านคะแนนพฤติกรรมความร่วมมือ	10%
รวม	40%
รวมทั้งหมด	100%

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการเตรียมข้อมูล

การศึกษาวิจัยนี้เลือกใช้ข้อมูลบันทึกการใช้งานระบบ Moodle ของนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 405 คน ที่ลงทะเบียนรายวิชา SWU 141 ชีวิตในโลก ดิจิทัล ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ตั้งแต่วันที่ 7 มกราคม ถึง 5 มีนาคม 2564 ในช่วง การเรียนของครึ่งภาคการศึกษาเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ ข้อมูลบันทึกการใช้งานระบบเหล่านี้ที่ดึงมาจากระบบ เป็นข้อมูลการเข้าถึงกิจกรรมการใช้งานที่หลากหลายของผู้ดูแลระบบ อาจารย์ และนิสิต เป็นรายบุคคลในแต่ละวันที่และเวลา จึงเลือกข้อมูลเฉพาะข้อมูลการใช้งานของนิสิต ตั้งแต่วันที่ 7 มกราคม ถึง 5 มีนาคม 2564 จำนวน 99,925 รายการ และปรับรูปแบบวันที่และเวลาการใช้งาน ให้แยกวันที่และเวลาออกจากกัน โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม Microsoft Excel

3. การทำวิศวกรรมคุณลักษณะ

ในการศึกษานี้ เราสร้างคุณลักษณะ เพื่อสะท้อนพฤติกรรมของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านการเข้าใช้งานระบบ, ด้านการชมสื่อการเรียนรู้, ด้านการทำแบบทดสอบ และด้านการส่งงานมอบหมาย โดยคุณลักษณะที่สร้างขึ้นจะถูกนำมาใช้ในการทำนายผลการเรียน โดยได้แสดงรายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการทำนายและตัวแปรที่ต้องการทำนายไว้ในตารางที่ 2 ทั้งนี้ เราจะไม่ใช่คะแนน

ในส่วนครึ่งหลังของภาคการศึกษามาใช้ร่วมในการทำนาย ซึ่งประกอบด้วยคะแนนโครงการและคะแนนพฤติกรรมการมีส่วนร่วม เนื่องจากผู้วิจัยต้องการสร้างแบบจำลอง เพื่อการทำนายผลการเรียนโดยใช้แต่ข้อมูลเฉพาะในช่วงต้นของภาคการศึกษา ซึ่งจะทำให้สามารถค้นหาสถิติที่ควรได้รับการเอาใจใส่ และดูแลได้แต่เนิ่น ๆ หากจะรอผลคะแนนในส่วนครึ่งหลังของภาคการศึกษา อาจทำให้การทำนายผลการเรียนได้ล่าช้า ส่งผลให้ผู้สอนมีเวลาไม่เพียงพอในการให้คำแนะนำและเอาใจใส่ต่อนิสิตที่ต้องการความช่วยเหลือ ทำให้นิสิตอาจไม่สามารถปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเองได้ทันทั่วทั้งปี อีกทั้งคะแนนในส่วนพฤติกรรมการมีส่วนร่วม จะเป็นส่วนที่ประเมินโดยผู้สอน จากพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในการเข้าชั้นเรียนในตอนสิ้นภาคการศึกษา มิได้เป็นคะแนนที่สามารถประเมินได้จากการใช้งานระบบการเรียนออนไลน์ จึงมิได้นำมาใช้เป็นคุณลักษณะในที่นี้ ทั้งนี้เราจึงใช้คุณลักษณะในส่วนของคะแนนไม่เกิน 60% เท่านั้น

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดคำอธิบายของชุดข้อมูล

ตัวแปร	คำอธิบายของตัวแปร
1. ตัวแปรที่ต้องการทำนาย (Target หรือ Class)	
- ผลการเรียน (1 คุณลักษณะ)	แบ่งผลการเรียนออกเป็น 3 กลุ่มคือ ผลการเรียนดีมาก ดี และ ต้องปรับปรุง
2. ตัวทำนาย (Predictor หรือ Feature)	
2.1 ข้อมูลทั่วไป	
- คณะที่นิสิตเรียน (1 คุณลักษณะ)	มนุษยศาสตร์, ศึกษาศาสตร์, สังคมศาสตร์
- เพศ (1 คุณลักษณะ)	ชาย, หญิง
2.2 ด้านพฤติกรรมการใช้งานระบบของนิสิต	
การใช้งานระบบ	
- จำนวนครั้งที่คลิกเข้าใช้งานระบบ (1 คุณลักษณะ)	จำนวนครั้งที่คลิกเข้าใช้งานระบบ
การขมสือการเรียนรู้	
- จำนวนครั้งที่คลิกเข้าถึงสื่อการเรียนรู้ (12 คุณลักษณะ)	จำนวนครั้งที่คลิกเข้าถึงสื่อการเรียนรู้แต่ละเรื่อง (11 เรื่อง) และรวมทุกเรื่อง
- จำนวนวันที่ขมสือการเรียนรู้ (12 คุณลักษณะ)	จำนวนวันที่ขมสือการเรียนรู้แต่ละเรื่อง (11 เรื่อง) และรวมทุกเรื่อง
- จำนวนวันระหว่างวันแรกที่เรียนและวันแรกที่ขมสือการเรียนรู้ (12 คุณลักษณะ)	จำนวนวันระหว่างวันแรกที่เรียนและวันแรกที่ขมสือการเรียนรู้แต่ละเรื่อง (11 เรื่อง) และรวมทุกเรื่อง
- จำนวนเรื่องที่ขมสือการเรียนรู้ (1 คุณลักษณะ)	จำนวน 1 ถึง 10 เรื่อง

ตารางที่ 3 (ต่อ)

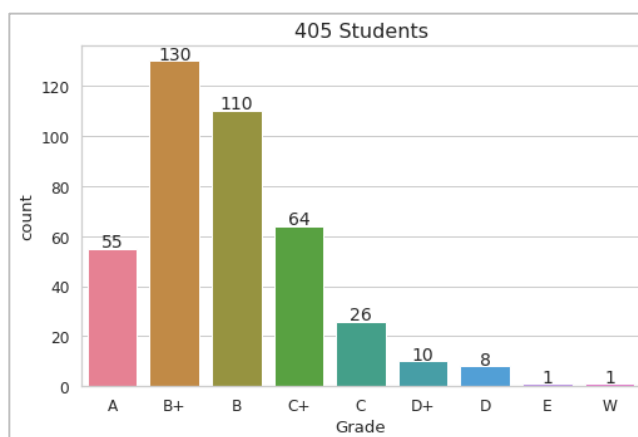
ตัวแปร	คำอธิบายของตัวแปร
การทำแบบทดสอบ	
- จำนวนครั้งที่คลิกเข้าถึงแบบทดสอบ (7 คุณลักษณะ)	จำนวนครั้งที่คลิกเข้าถึงแบบทดสอบแต่ละเรื่อง (6 เรื่อง) และรวมทุกเรื่อง
- จำนวนวันระหว่างวันที่ทำแบบทดสอบครั้งแรกและวันสุดท้ายการทำแบบทดสอบ (7 คุณลักษณะ)	จำนวนวันระหว่างวันที่ทำแบบทดสอบครั้งแรกและวันสุดท้ายการทำแบบทดสอบแต่ละเรื่อง (6 เรื่อง) และรวมทุกเรื่อง
- จำนวนครั้งที่ทำแบบทดสอบซ้ำ (7 คุณลักษณะ)	จำนวน 1 ถึง 3 ครั้ง (6 เรื่อง) และรวมทุกเรื่อง
- จำนวนเรื่องที่ทำแบบทดสอบ (1 คุณลักษณะ)	จำนวน 1 ถึง 6 เรื่อง
- ระยะเวลาการทำแบบทดสอบ ครั้งที่ 1 (6 คุณลักษณะ)	ระยะเวลาการทำแบบทดสอบแต่ละเรื่อง (นาที) (6 เรื่อง)
- ระยะเวลาการทำแบบทดสอบ ครั้งที่ 2 (6 คุณลักษณะ)	ระยะเวลาการทำแบบทดสอบแต่ละเรื่อง (นาที) (6 เรื่อง)
- ระยะเวลาการทำแบบทดสอบ ครั้งที่ 3 (6 คุณลักษณะ)	ระยะเวลาการทำแบบทดสอบแต่ละเรื่อง (นาที) (6 เรื่อง)
- ระยะเวลารวมการทำแบบทดสอบรวมทุกครั้ง (7 คุณลักษณะ)	ระยะเวลารวมการทำแบบทดสอบรวมทุกครั้งแต่ละเรื่อง (นาที) (6 เรื่อง) และรวมทุกเรื่อง
- ระยะเวลาเฉลี่ยการทำแบบทดสอบรวมทุกครั้ง (7 คุณลักษณะ)	ระยะเวลาเฉลี่ยการทำแบบทดสอบรวมทุกครั้งแต่ละเรื่อง (นาที) (6 เรื่อง) และเฉลี่ยทุกเรื่อง
การส่งงานมอบหมาย	
- จำนวนครั้งที่คลิกเข้าถึงงานมอบหมาย (4 คุณลักษณะ)	จำนวนครั้งที่คลิกเข้าถึงงานมอบหมายแต่ละเรื่อง (3 เรื่อง) และรวมทุกเรื่อง
- จำนวนวันระหว่างวันแรกที่ส่งงานมอบหมายและวันสุดท้ายการส่งงานมอบหมาย (1 คุณลักษณะ)	จำนวนวันระหว่างวันแรกที่ส่งงานมอบหมายและวันสุดท้ายการส่งงานมอบหมาย (1 เรื่อง)

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ตัวแปร	คำอธิบายของตัวแปร
2.3 ด้านคะแนนการประเมินผลการเรียนรู้	
คะแนนกิจกรรมในห้องเรียน (30%)	
- คะแนนกิจกรรมในห้องเรียนออนไลน์ (4 คุณลักษณะ)	คะแนนกิจกรรมในห้องเรียนออนไลน์ แต่ละเรื่อง (3 เรื่อง) และรวมทุกเรื่อง
- คะแนนการเข้าเรียน (1 คุณลักษณะ)	คะแนนเฉลี่ยการเข้าเรียน
- คะแนนแบบทดสอบ (7 คุณลักษณะ)	คะแนนแบบทดสอบแต่ละเรื่อง (6 เรื่อง) และรวมทุกเรื่อง
คะแนนกลางภาค (30%)	
- คะแนนสอบกลางภาค (1 คุณลักษณะ)	คะแนนสอบกลางภาค
- คะแนนงานมอบหมาย (3 คุณลักษณะ)	คะแนนงานมอบหมาย (2 เรื่อง) และรวมทุกเรื่อง

4. การสำรวจข้อมูล

จากการสำรวจข้อมูล โดยใช้ภาษา Python พบว่าไม่มีข้อมูลที่ขาดหายไปของคุณลักษณะใด ๆ และนำคุณลักษณะเหล่านั้นไปศึกษาความสัมพันธ์กับระดับผลการเรียนด้วยวิธีการกระจายของข้อมูลแบบฮิสโตแกรม (Histogram) ที่แสดงความถี่ของข้อมูล ดังแสดงภาพประกอบ 2

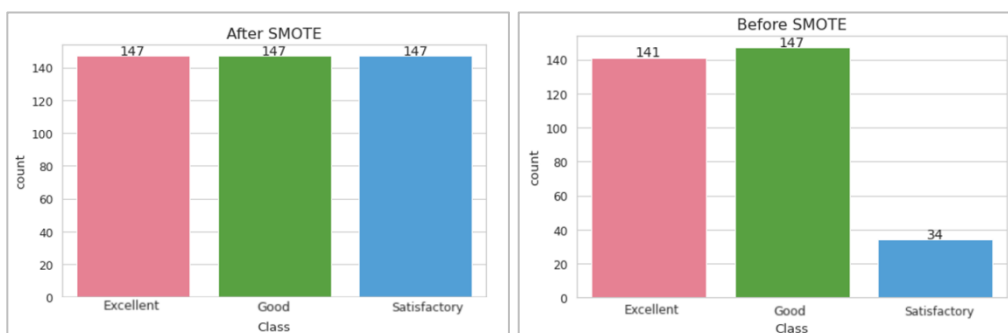


ภาพประกอบ 2 จำนวนนิสิตจำแนกเกรด

จากภาพประกอบ 2 พบว่าจำนวนนิสิตที่ได้เกรด E 1 คน และเกรด W 1 คน ดังนั้น คัดข้อมูลของนิสิตที่ได้เกรด E และ W ออก จึงเหลือจำนวนนิสิต 403 คน ดังภาพประกอบ 2 ทั้งนี้ ตัวแปรที่ต้องการทำนายจะเป็นผลการเรียนดีมาก ดี และต้องปรับปรุง ซึ่งได้จากการแปลงผลเกรดที่ได้รับ โดยให้นิสิตที่ได้รับเกรดเป็น A, B+ ถือเป็นผลการเรียนดีมากมีจำนวน 185 คน เกรด B, C+ เป็นผลการเรียนดี มีจำนวน 174 คน และ D+ ลงไป เป็นผลการเรียนต้องปรับปรุงมีจำนวน 44 คน

5. การจัดการความไม่สมดุลของข้อมูล

ผู้วิจัยทำการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลสำหรับใช้ฝึกสอนแบบจำลอง (Training set) และข้อมูลสำหรับทดสอบ (Test set) ในอัตราส่วน 80 ต่อ 20 โดยมีข้อมูลสำหรับฝึกสอนแบบจำลองจำนวน 322 คน และข้อมูลการทดสอบ จำนวน 81 คน เนื่องจากในข้อมูลสำหรับฝึกสอนแบบจำลองประกอบด้วยนิสิตได้ผลการเรียนดีมาก 141 คน, ผลการเรียนดี 147 คน และผลการเรียนต้องปรับปรุง 34 คน มีลักษณะของข้อมูลที่ไม่สมดุล จึงทำการปรับความสมดุลของข้อมูล โดยใช้เทคนิค SMOTE โดยปรับจำนวนข้อมูลในส่วนนิสิตที่มีผลการเรียนระดับดีมาก และระดับต้องปรับปรุง ให้มีความสมดุลโดยใช้วิธีสุ่มเพิ่ม ทำให้ข้อมูลทั้งสามกลุ่มมีจำนวนเท่ากัน คือ 147 คน ดังแสดงภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงจำนวนนิสิตแต่ละระดับผลการเรียน ก่อนและหลังการทำ SMOTE

6. การสร้างแบบจำลองการจำแนกประเภท

หลังจากได้ข้อมูลสำหรับฝึกสอนแบบจำลองที่มีความสมดุลด้วยการทำ SMOTE โดยใช้ SMOTE(k_neighbors=13, random_state=42) แล้ว เราจะนำข้อมูลชุดนี้มาฝึกสอนแบบจำลอง โดยในการศึกษานี้ เราทดลองใช้แบบจำลองที่ได้รับความนิยมและมีประสิทธิภาพสูงในการเรียนรู้ของเครื่องทั้งสิ้น 7 แบบจำลอง ซึ่งมีการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ได้แก่ Logistic Regression โดยใช้ LogisticRegression(random_state=42), Naïve Bayes โดยใช้ GaussianNB(), K-Nearest Neighbor โดยใช้ KNeighborsClassifier(), Support Vector Machines โดยใช้ SVC(kernel='linear'), Decision Tree โดยใช้ DecisionTreeClassifier(random_state=42), Random Forest โดยใช้ RandomForestClassifier

(random_state=42) และ XGBoost โดยใช้ XGBClassifier(random_state=42) ก่อนเข้าสู่แบบจำลอง เหล่านี้มีการปรับขนาดของข้อมูลโดยใช้ StandardScaler() ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยสร้างแบบจำลองขึ้น 4 ชุด เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายของคุณลักษณะ 2 กลุ่ม ได้แก่ คุณลักษณะกลุ่มคะแนน และคุณลักษณะกลุ่มพฤติกรรมการใช้งานระบบ โดยแบบจำลองชุดที่ 1 จะใช้ข้อมูลคุณลักษณะครบทั้งสองกลุ่ม ซึ่งจะประกอบด้วยคุณลักษณะทั้งสิ้น 115 คุณลักษณะ ส่วนในแบบจำลองชุดที่ 2 จะไม่นำคะแนนสอบกลางภาคมาคิดด้วย โดยนำมาเฉพาะคะแนนส่วนของกิจกรรมในห้องเรียน ทำให้เหลือเพียง 111 คุณลักษณะ แบบจำลองชุดที่ 3 จะไม่นำคุณลักษณะกลุ่มคะแนนมาใช้ อาศัยแต่เพียงคุณลักษณะของพฤติกรรมการใช้งานระบบของนิสิตเท่านั้น มีจำนวนทั้งสิ้น 99 คุณลักษณะ ในส่วนแบบจำลอง 4 จะให้แต่เพียงคุณลักษณะกลุ่มคะแนน ไม่ใช้คุณลักษณะกลุ่มพฤติกรรมการใช้งานระบบของนิสิต มีจำนวนทั้งสิ้น 18 คุณลักษณะ ดังแสดงตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายละเอียดการใช้คุณลักษณะสำหรับทำนาย แบบจำลองทั้ง 4 ชุด

คุณลักษณะที่ใช้สำหรับทำนาย	แบบจำลอง			
	ชุดที่ 1 115 คุณลักษณะ	ชุดที่ 2 111 คุณลักษณะ	ชุดที่ 3 99 คุณลักษณะ	ชุดที่ 4 18 คุณลักษณะ
ข้อมูลทั่วไป				
- คณะที่นิสิตเรียน (1 คุณลักษณะ)	✓	✓	✓	✓
- เพศ (1 คุณลักษณะ)	✓	✓	✓	✓
คุณลักษณะด้านพฤติกรรมการใช้งานระบบของนิสิต				
- การเข้าใช้งานระบบ (1 คุณลักษณะ)	✓	✓	✓	X
- การชมสื่อการเรียนรู้ (37 คุณลักษณะ)	✓	✓	✓	X
- การทำแบบทดสอบ (54 คุณลักษณะ)	✓	✓	✓	X
- การส่งงานมอบหมาย (5 คุณลักษณะ)	✓	✓	✓	X
คุณลักษณะด้านคะแนนการประเมินผลการเรียนรู้				
- คะแนนกิจกรรมในห้องเรียน (30%) (12 คุณลักษณะ)	✓	✓	X	✓
- คะแนนกลางภาค (30%) (4 คุณลักษณะ)	✓	X	X	✓

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ เราจะอาศัยคะแนนไม่เกิน 60% ร่วมกับข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานระบบของนิสิต มาใช้ในการทำนาย และข้อมูลรายบุคคล ได้แก่ เพศ และคณะ มาร่วมทำนายผลการเรียน ทั้งนี้การที่ผู้วิจัยนำข้อมูลในส่วนของเพศและคณะมาใช้งานด้วย เพื่อเพิ่มคุณลักษณะของข้อมูลให้สมบูรณ์มากขึ้น

นอกจากนี้ในแบบจำลองในแต่ละชุด ผู้วิจัยยังได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองที่ใช้คุณลักษณะของข้อมูลในแต่ละชุดครบถ้วน กับแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลที่ผ่านการเลือกคุณลักษณะ โดยใช้แบบจำลอง XGBoost เป็นตัวคัดเลือกคุณลักษณะซึ่งใช้ SelectFromModel(XGBClassifier (random_state=42)) โดยผลการทดลองที่ได้ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

7. การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง

หลังจากสร้างแบบจำลองประเภทเหล่านั้นแล้ว สำหรับการวิจัยนี้จะวัดความถูกต้อง (Accuracy), ความแม่นยำ (Precision) เพื่อประเมินแบบจำลองว่า แบบจำลองมีประสิทธิภาพในระดับดี มากหรือน้อยแค่ไหน โดยแสดงสมการ (6) - (7) (Almasri และคนอื่น ๆ , 2020)

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (6)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (7)$$

โดยตัวแปรต่าง ๆ จากสมการ (6)-(7) มีความหมาย ดังนี้

1. True Positive (TP) คือ ผลการทำนายว่าเป็นคลาสที่สนใจ เช่นเดียวกับข้อมูลแท้จริงเป็นคลาสที่สนใจมีความหมายว่าเป็นการทำนายถูกต้อง
2. True Negative (TN) คือ ผลการทำนายว่าไม่ได้เป็นคลาสที่สนใจ เช่นเดียวกับข้อมูลแท้จริงไม่ได้เป็นคลาสที่สนใจ มีความหมายว่าเป็นการทำนายถูกต้อง
3. False Positive (FP) คือ ผลการทำนายว่าเป็นคลาสที่สนใจ แต่ข้อมูลแท้จริงไม่ได้เป็นคลาสที่สนใจมีความหมายว่าเป็นการทำนายผิดพลาด
4. False Negative (FN) คือ ผลการทำนายว่าไม่ได้เป็นคลาสที่สนใจ แต่ข้อมูลแท้จริงเป็นคลาสที่สนใจมีความหมายว่าเป็นการทำนายผิดพลาด

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

ในการวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง เราใช้ความแม่นยำเป็นตัววัดประสิทธิภาพ เพื่อเปรียบเทียบหลังจากนำชุดข้อมูลการทดสอบ 4 ชุด ไปทำนายข้อมูลด้วยแบบจำลองการจำแนกประเภท ผลการทำนายผลการเรียนที่ได้จากการใช้คุณลักษณะทั้งหมด และการคัดเลือกคุณลักษณะของชุดข้อมูล

ที่แตกต่างกัน 4 ชุด โดยแบบจำลองในแต่ละชุดที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด จะแสดงด้วยตัวเลขเข้ม (Bold Font) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความแม่นยำสำหรับชุดทดสอบที่แตกต่างกัน 4 ชุด ของแบบจำลอง 7 แบบ

แบบจำลอง		ชุดที่ 1 ข้อมูลบันทึกการใช้ งาน คะแนน กิจกรรมใน ห้องเรียนออนไลน์ และคะแนนกลาง ภาค		ชุดที่ 2 ข้อมูลบันทึกการใช้ งาน และคะแนน กิจกรรมใน ห้องเรียนออนไลน์		ชุดที่ 3 ข้อมูลบันทึกการ ใช้งาน		ชุดที่ 4 คะแนนกิจกรรม ในห้องเรียน ออนไลน์ และ คะแนนกลาง ภาค	
		ความ แม่นยำ (%)	เปลี่ยน แปลง*	ความ แม่นยำ (%)	เปลี่ยน แปลง*	ความ แม่นยำ (%)	เปลี่ยน แปลง*	ความ แม่นยำ (%)	เปลี่ยน แปลง*
1. Logistic Regression	ใช้คุณลักษณะทั้งหมด	62.96	11.11	65.43	3.71	56.79	9.88	74.07	-14.81
	คัดเลือกคุณลักษณะ	74.07		69.14		66.67		59.26	
2. Naïve Bayes	ใช้คุณลักษณะทั้งหมด	65.43	-	60.49	6.18	48.15	-	64.20	-3.71
	คัดเลือกคุณลักษณะ	65.43		66.67		48.15		60.49	
3. K-Nearest Neighbor	ใช้คุณลักษณะทั้งหมด	62.96	9.88	62.96	1.24	55.56	8.64	77.78	-7.41
	คัดเลือกคุณลักษณะ	72.84		64.20		64.20		70.37	
4. Support Vector Machine	ใช้คุณลักษณะทั้งหมด	71.60	1.24	58.02	8.65	55.56	7.40	71.60	-12.34
	คัดเลือกคุณลักษณะ	72.84		66.67		62.96		59.26	
5. Decision Tree	ใช้คุณลักษณะทั้งหมด	65.43	-11.11	58.02	-	46.91	-	69.14	-9.88
	คัดเลือกคุณลักษณะ	54.32		58.02		46.91		59.26	
6. Random Forest	ใช้คุณลักษณะทั้งหมด	69.14	4.93	69.14	8.64	67.90	-7.41	76.54	-17.28
	คัดเลือกคุณลักษณะ	74.07		77.78		60.49		59.26	
7. XGBoost	ใช้คุณลักษณะทั้งหมด	83.95	-9.88	79.01	-	65.43	1.24	76.54	-14.81
	คัดเลือกคุณลักษณะ	74.07		79.01		66.67		61.73	

หมายเหตุ เปลี่ยนแปลง* หมายถึง ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความแม่นยำ หลังจากผ่านการคัดเลือกคุณลักษณะ

1) ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองการทำนายผลการเรียนที่ใช้ข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานระบบร่วมกับคะแนน และแบบจำลองที่ใช้เพียงคะแนน

จากตารางที่ 4 จะเห็นว่า เมื่อเปรียบเทียบผลของแบบจำลองแต่ละชนิด เมื่อนำมาใช้กับข้อมูลแต่ละชุด ข้อมูลชุดที่ 1 จะให้ประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งเป็นไปตามที่คาดการณ์ เนื่องจากการที่เราใช้คุณลักษณะอย่างครบถ้วน ควรได้ผลการทำนายดีแม่นยำที่สุด โดยแบบจำลองที่ทำนายได้แม่นยำที่สุด

คือ แบบจำลอง XGBoost โดยมีความแม่นยำถึง 83.95% แสดงให้เห็นได้ว่า แบบจำลอง XGBoost มีศักยภาพในการนำมาใช้ในการทำนายผลการเรียนของนิสิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 5 ค่า Prediction และค่า Recall ของแบบจำลอง XGBoost ของข้อมูลชุดที่ 1

ระดับผลการเรียน	ค่า Precision	ค่า Recall
ดีมาก	0.93	0.86
ดี	0.76	0.81
ต้องปรับปรุง	0.73	0.80

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจากค่า Prediction และค่า Recall ของ XGBoost ในข้อมูลชุดที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 5 จะเห็นว่า แบบจำลองจะมีค่า Recall ในกลุ่มผลการเรียนต้องปรับปรุงอยู่ที่ 0.80 แม้ว่าก่อนหน้านี้ ในกลุ่มข้อมูลของเรา นิสิตในกลุ่มนี้มีปริมาณค่อนข้างน้อย แต่แบบจำลองนี้ยังมีความสามารถค้นหา นิสิตในกลุ่มนี้ออกมาได้ เทียบเท่ากับนิสิตในกลุ่มผลการเรียนดีมาก และดี ซึ่งนิสิตในกลุ่มนี้ จะเป็นนิสิตกลุ่มที่เราต้องการแยกแยะออกมา เพื่อให้ผู้สอนให้ความสนใจเป็นพิเศษ และนิสิตได้มีโอกาสปรับปรุงผลการเรียนให้ดีขึ้นได้

ในส่วนของการทำนายผลการเรียนโดยไม่ใช้คะแนนสอบกลางภาคในชุดที่ 2 นั้น จะเห็นได้ว่าโดยรวมแล้ว ประสิทธิภาพของแบบจำลองในข้อมูลชุดที่ 1 สูงกว่าแบบจำลองในข้อมูลชุดที่ 2 โดยเฉลี่ย 4.06% แสดงให้เห็นว่าการทำนายล่วงหน้าก่อนที่นิสิตจะได้ผลสอบกลางภาคออกมานั้น มีความแม่นยำลดลงไม่มากนัก นอกจากนี้แม้ว่าค่าความแม่นยำของแบบจำลอง XGBoost จะตกลงบ้าง แต่ค่า Recall ในกรณีข้อมูลชุดที่ 2 ในกลุ่มนิสิตผลการเรียนต้องปรับปรุงก็ยังมีค่าอยู่ที่ 0.80 เช่นเดิม

ทว่า หากเราไม่พิจารณาคะแนน ดังในข้อมูลชุดที่ 3 จะเห็นว่า ประสิทธิภาพของแบบจำลองทุกชนิด ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยเฉลี่ยแล้วลดลงถึง 12.17% เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพของแบบจำลองในข้อมูลชุดที่ 1 ทว่า ในข้อมูลชุดนี้ แบบจำลอง XGBoost ก็ยังมีประสิทธิภาพสูงอยู่ เมื่อเทียบกับแบบจำลองชนิดอื่นอีกทั้ง ในข้อมูลชุดที่ 3 นี้ ค่า Recall ในกลุ่มผลการเรียนต้องปรับปรุงของทุกแบบจำลอง จะมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับ 0.60 ทั้งสิ้น (โดยแบบจำลอง XGBoost มีค่า Recall เท่ากับ 0.50) ดังนั้น ในการทำนายผลการเรียน โดยอาศัยแต่เพียงข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานระบบ ของนิสิตอย่างเดียว โดยไม่อาศัยคะแนนในชั้นเรียน อาจไม่เพียงพอต่อการทำนายผลการเรียนของนิสิตได้อย่างแม่นยำ

ในส่วนของประสิทธิภาพแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลชุดที่ 4 จะมีความแม่นยำเพิ่มขึ้นไม่มากโดยเฉลี่ยถึง 4.06% เมื่อเปรียบเทียบกับความแม่นยำของข้อมูลชุดที่ 1 แต่แบบจำลอง XGBoost ในชุดที่ 1 มีความแม่นยำสูงกว่าแบบจำลองนี้ในชุดที่ 4 ถึง 7.41% แสดงให้เห็นว่า แบบจำลอง XGBoost ที่ใช้แต่เพียงคะแนนที่ได้อย่างเดียว โดยไม่พิจารณาข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานระบบของนิสิต ให้ผลการทำนายแม่นยำที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับแบบจำลองนี้ที่ใช้ข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานระบบของนิสิตร่วมกับคะแนน

จากการศึกษาในส่วนนี้ จะเห็นว่า การใช้คุณลักษณะครบถ้วนทั้งสองกลุ่มคือ คุณลักษณะด้านคะแนน และคุณลักษณะด้านพฤติกรรมการเข้าใช้ระบบร่วมกัน ในชุดข้อมูลที่ 1 จะให้ประสิทธิภาพของทุกแบบจำลองสูงสุด ในขณะที่ชุดข้อมูลที่ 3 เราใช้คุณลักษณะด้านพฤติกรรมการเข้าใช้ระบบแต่เพียงอย่างเดียว จะให้ผลการทำนายที่ต่ำกว่าชุดข้อมูลที่ 4 ที่ใช้แต่เพียงคุณลักษณะด้านคะแนนอย่างเดียว จึงทำให้เห็นได้ว่า อย่างไรก็ตาม คุณลักษณะด้านคะแนน ช่วยในการทำนายผลการเรียนได้แม่นยำกว่า คุณลักษณะด้านพฤติกรรมแต่เพียงอย่างเดียว แต่ทั้งนี้ แบบจำลองจะให้ความแม่นยำสูงสุดเมื่อใช้คุณลักษณะทั้งสองกลุ่มนี้ร่วมกัน

ในส่วนของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองชุดข้อมูลแต่ละชุดแล้ว จะเห็นว่า แบบจำลอง XGBoost ให้ประสิทธิภาพการทำนายสูงสุด ทั้งในข้อมูลชุดที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นข้อมูลส่วนที่ใช้คุณลักษณะมากที่สุด และมีผลการทำนายที่แม่นยำที่สุด ส่วนในชุดข้อมูลที่ 3 แบบจำลองที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดจะเป็น Random forest ได้ค่า 67.9 ส่วนแบบจำลอง XGBoost จะให้ค่าความแม่นยำเป็นอันดับสอง ที่ค่า 65.43 ส่วนในชุดข้อมูลที่ 4 แบบจำลอง XGBoost จะให้ค่าความแม่นยำ 76.54 ซึ่งมีค่าเป็นอันดับสอง ในขณะที่แบบจำลอง K-Nearest Neighbor ให้ค่าความแม่นยำสูงสุดที่ 77.78 จะเห็นได้ว่า โดยรวมแล้ว แบบจำลอง XGBoost สามารถทำนายข้อมูลชุดต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำอย่างสม่ำเสมอ แม้ว่าในบางชุดข้อมูล แบบจำลอง XGBoost อาจมิได้ให้ค่าประสิทธิภาพที่สูงที่สุด แต่ค่าความแม่นยำที่ได้ ก็มีได้แก่กว่าแบบจำลองที่ดีที่สุดมากนัก ทั้งในชุดข้อมูลที่ 3 และ 4 แบบจำลอง XGBoost ยังให้ความแม่นยำเป็นอันดับสอง จึงสรุปได้ว่า แบบจำลอง XGBoost เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมกับการนำมาใช้งานกับในข้อมูลชุดนี้มากที่สุด เนื่องจากให้ประสิทธิภาพโดยรวมสูงที่สุดอย่างสม่ำเสมอในชุดข้อมูลทุกประเภท

ในส่วนของการศึกษาชุดข้อมูลที่ 3 และ 4 นั้น เราต้องการศึกษาประสิทธิภาพการทำนายของการใช้คุณลักษณะกลุ่มของพฤติกรรมการเข้าใช้งานระบบ เทียบกับการใช้คุณลักษณะกลุ่มของคะแนนสอบ ซึ่งในการศึกษานี้ เราพบว่าในการสร้างแบบจำลองที่โดยรวมแล้ว การทำนายผลการเรียนด้วยคุณลักษณะกลุ่มของคะแนนสอบแต่เพียงอย่างเดียวจะให้ความแม่นยำสูงกว่า การใช้คุณลักษณะกลุ่มของพฤติกรรม การเข้าใช้งานระบบแต่เพียงอย่างเดียว

แต่ในการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้งานจริง เราจะสร้างแบบจำลองที่ใช้ชุดข้อมูลที่ 1 เป็นหลัก จึงได้ข้อสรุปว่า แบบจำลอง XGBoost เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้ที่สุด

2) ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองการทำนายผลการเรียนที่ใช้คุณลักษณะทั้งหมดและแบบจำลองที่มีการคัดเลือกคุณลักษณะ

ตารางที่ 6 จำนวนคุณลักษณะก่อนและหลังจากทำการคัดเลือกคุณลักษณะ

การคัดเลือกคุณลักษณะ	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4
ก่อนการคัดเลือกคุณลักษณะ	115	111	99	18
หลังการคัดเลือกคุณลักษณะ	36	33	41	5

โดยรวมแล้ว การคัดเลือกคุณลักษณะ มีได้ช่วยให้แบบจำลองทำงานได้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นนัก ในแบบจำลองที่มีความแม่นยำค่อนข้างสูง เช่น พวก XGBoost เป็นต้น แต่ในแบบจำลองที่มีความซับซ้อนต่ำ เช่น แบบจำลอง Naïve Bayes หรือ Logistic Regression การคัดเลือกคุณลักษณะช่วยเพิ่มความแม่นยำอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้ สาเหตุอาจเป็นเพราะแบบจำลองเหล่านี้ มีความซับซ้อนไม่มากนัก เมื่อนำมาใช้กับข้อมูลที่มีจำนวนคุณลักษณะมาก ๆ จะทำให้ไม่สามารถประมวลผลข้อมูลได้ดีนักทำให้มีความแม่นยำค่อนข้างต่ำ แต่เมื่อลดจำนวนคุณลักษณะลง ทำให้แบบจำลองเหล่านี้สามารถทำงานกับข้อมูลที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำให้แบบจำลองเหล่านี้มีความแม่นยำสูงขึ้น เมื่อเราทำการคัดเลือกคุณลักษณะด้วย ในขณะที่แบบจำลองพวก XGBoost เดิมที มีความซับซ้อนสูงอยู่แล้ว สามารถประมวลผลข้อมูลที่มีความซับซ้อนมาก ๆ ได้ จึงทำให้ทำงานกับข้อมูลที่ใช้คุณลักษณะครบถ้วนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่เมื่อเราทำการคัดเลือกคุณลักษณะ จำเป็นต้องมีการตัดข้อมูลบางส่วนออกไป ทำให้ผลการทำนายไม่แม่นยำเท่ากับในกรณีที่แบบจำลองประมวลผลข้อมูลที่ใช้คุณลักษณะครบถ้วน

สรุปงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีการสร้างแบบจำลองการทำนายผลการเรียนของนิสิตที่ใช้ระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ โดยร่วมกับการปรับความสมดุลของข้อมูลด้วยเทคนิค SMOTE และการคัดเลือกคุณลักษณะ ผลการเรียนของนิสิตแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ดีมาก, ดี และต้องปรับปรุง ชุดข้อมูลสำหรับการทำนายผลการเรียน มีคุณลักษณะหลายประเภท ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป พฤติกรรมการใช้งานระบบ คะแนนเก็บ และคะแนนกลางภาค ชุดข้อมูลนี้ถูกแบ่งออกเป็น 4 กรณีน ตามช่วงเวลาการเรียนที่แตกต่างกัน และประเภทของคุณลักษณะ ได้แก่ ชุดที่ 1 ใช้ข้อมูลทั้งหมดทุกคุณลักษณะ, ชุดที่ 2 จะไม่นำคะแนนกลางภาคมาใช้, ชุดที่ 3 อาศัยคุณลักษณะของพฤติกรรมการใช้งานระบบของนิสิตเท่านั้น และชุดที่ 4 ใช้เพียงคะแนนทั้งหมดเท่านั้นมีการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองต่าง ๆ โดยพิจารณาค่าความแม่นยำจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง การทำนายผลการเรียน

ที่ใช้ข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานระบบร่วมกับคะแนนและแบบจำลองที่ใช้เพียงคะแนน กับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ใช้คุณลักษณะทุกประเภท และแบบจำลองที่มีการคัดเลือกคุณลักษณะ สรุปได้ว่า

1. แบบจำลอง XGBoost ที่ใช้ข้อมูลคุณลักษณะของพฤติกรรมการใช้งานระบบร่วมกับคะแนนในชุดที่มีประสิทธิภาพการทำนายที่ดีที่สุด โดยคุณลักษณะด้านคะแนนจะมีผลต่อความแม่นยำของแบบจำลองมากกว่าคุณลักษณะด้านพฤติกรรมการใช้งานระบบ

2. การคัดเลือกคุณลักษณะ ช่วยให้แบบจำลองที่มีความซับซ้อนไม่มาก เช่น Logistic Regression หรือ Naïve Bayes มีประสิทธิภาพดีขึ้น แต่ไม่ได้ช่วยแบบจำลองที่มีความซับซ้อนสูงอยู่แล้ว เช่น XGBoost

นอกจากนี้คุณลักษณะที่สำคัญในการทำนายผลการเรียนของนิสิต คือ พฤติกรรมการใช้งานระบบของนิสิต มีหลายพฤติกรรมถึง 19 คุณลักษณะ คะแนนผลการประเมินการเรียนรู้ มีเพียง 10 คุณลักษณะ และข้อมูลคณะของนิสิต ดังนั้น สามารถนำแบบจำลอง XGBoost ไปทำนายผลการเรียนของนิสิต โดยใช้คุณลักษณะของพฤติกรรมการใช้งานระบบร่วมกับคะแนนและคณะของนิสิต เพื่อนำผลการทำนายนี้ไปคำแนะนำและช่วยเหลือนิสิตได้อย่างเจาะจง สามารถติดตามความก้าวหน้าในการเรียนของนิสิตได้เป็นรายบุคคล หรือวางแผนการสอนให้เหมาะสมกับนิสิต และนิสิตมีเวลาพัฒนาทักษะการเรียนรู้มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.ชนัดถ์ พุนเดช รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิดา เลิศพรกุลรัตน์ ขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ให้ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูล รวมทั้งเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง เปิดโอกาสให้ซักถาม ช่วยให้ข้อมูลนิสิต ข้อมูลกิจกรรมการเรียนการสอน เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้ และขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จิตต์ภิัญญา ชุ่มสาย ณ อยุธยา อาจารย์ ดร.สุนทรี สกุลพราหมณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

Almasri, A., Alkhawaldeh, R.S. and Çelebi, E. (2020). Clustering-Based EMT Model for Predicting Student Performance. Arabian Journal for Science and Engineering, 45(12), 10067-10078. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-04578-4>.

- Amra, I.A.A. and Maghari, A.Y.A. (2017). Students performance prediction using KNN and Naïve Bayesian. *In International Conference on Information Technology (ICIT)*.
- Amrieh, E., Hamtini, T. and Aljarah, I. (2016). Mining Educational Data to Predict Student's academic Performance using Ensemble Methods. *International Journal of Database Theory and Application*, 9, 119-136.
<https://doi.org/10.14257/ijdta.2016.9.8.13>.
- Ashfaq, U., Marikannan, B.P. and Raheem, M. (2020). Managing Student Performance: A Predictive Analytics using Imbalanced Data. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8, 2277-2283.
- Awad, M. and Khanna, R. (2015). *Efficient Learning Machines*. Apress, USA.
from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4302-5990-9_1.
- Awlla, A. (2019). Performance Analysis and Prediction Student Performance to build effective student Using Data Mining Techniques. *UHD Journal of Science and Technology*, 3(10), 10-15.
- Bishop, C.M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. New York: Springer.
- Chen, J., Chen, Y., Du, X. et al. (2013). Big data challenge: a data management perspective. *Front. Comput. Sci*, 7, 157-164. <https://doi.org/10.1007/s11704-013-3903-7>
- Gasevic, D., Siemens, G. and Rose, C.P. (2017). Guest editorial: Special section on learning analytics. *IEEE Trans. Learn. Technol*, 10, 3-5.
- Hooshyar, D. and Pedaste, M. (2019). Mining Educational Data to Predict Students' Performance through Procrastination Behavior. *Entropy*, 22, 12.
<https://doi.org/10.3390/e22010012>.
- Jalota C., Agrawal R. (2021) Feature Selection Algorithms and Student Academic Performance: A Study. In: Gupta D., Khanna A., Bhattacharyya S., Hassanien A.E., and S., Jaiswal A. (eds) *International Conference on Innovative Computing and Communications. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1165. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5113-0_23.
- Jayaprakash, S., Krishnan, S. and Jaiganesh, V. (2020). Predicting Students Academic Performance using an Improved Random Forest Classifier. *2020 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI)*.

- Mohamad, N., Ahmad, N., Jawawi, D. and Mohd Hashim, S. (2020). Feature Engineering for Predicting MOOC Performance. IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering*, 884, 012070.
- Patel, H. and Prajapati, P. (2018). Study and Analysis of Decision Tree Based Classification Algorithms. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 6, 74-78.
- Qiu, F., Zhang, G., Sheng, X., Jiang, L., Zhu, L., Xiang, Q., Jiang, B. and Chen, P. (2022). Predicting students' performance in e-learning using learning process and behaviour data. *Sci Rep* 12, 453.
- Quinn, R. and Gray, G. (2019). Prediction of student academic performance using Moodle data from a Further Education setting. *Irish Journal of Technology Enhanced Learning*, 5. <https://doi.org/10.22554/ijtel.v5i1.57>.
- Ramaswami, G., Susnjak, T., Mathrani, A. and Umer, R. (2020). Predicting Students Final Academic Performance using Feature Selection Approaches. *2020 IEEE Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering (CSDE)*, 1-5.
- Riestra-González, M., Paule-Ruiz, M.D.P. and Ortin, F. (2021). Massive LMS log data analysis for the early prediction of course-agnostic student performance. *Computers & Education*, 163, 104108. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104108>.
- Shrestha, S. and Pokharel, M. (2021). Educational data mining in moodle data. *International Journal of Informatics and Communication Technology*, 10, 9. <https://doi.org/10.11591/ijict.v10i1.pp9-18>.
- Sun, J., Lang, J., Fujita, H. and Li, H. (2018). Imbalanced enterprise credit evaluation with DTE-SBD: Decision tree ensemble based on SMOTE and bagging with differentiated sampling rates. *Information Sciences*, 425, 76-91.
- Tan, M. and Shao, P. (2015). Prediction of Student Dropout in E-Learning Program Through the Use of Machine Learning Method. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 10. <https://doi.org/10.3991/ijet.v10i1.4189>.

วงกลมแนบในและวงกลมล้อมรอบของรูปสี่เหลี่ยม The Inscribed and Circumscribed Circles of Quadrilateral

จักรกริช ถ้ำแก้ว* และ ปวีณา ถ้ำแก้ว

Jakkrit Thamkaew* and Paweena Thamkaew

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Faculty of Science and Technology Chiang Mai Rajabhat University

Email: jakkrit_tha@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ศึกษารูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมแนบใน รูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมล้อมรอบ และรูปสี่เหลี่ยมที่เป็นสี่เหลี่ยมไบเซนทริก ซึ่งได้เงื่อนไขจำเป็นดังนี้ (1) ถ้ารูปสี่เหลี่ยมมีเส้นแบ่งครึ่งมุม ทั้งสี่มุมตัดกันเพียงจุดเดียว แล้วรูปสี่เหลี่ยมนั้นจะมีวงกลมแนบใน (2) ถ้ารูปสี่เหลี่ยมมีเส้นแบ่งครึ่ง และตั้งฉากกับด้านแต่ละด้านตัดกันเพียงจุดเดียว แล้วรูปสี่เหลี่ยมนั้นจะมีวงกลมล้อมรอบ และพบว่า รูปสี่เหลี่ยมที่เป็นสี่เหลี่ยมไบเซนทริก ได้แก่ สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมรูปว่าว และสี่เหลี่ยมคางหมูหน้าจั่ว

คำสำคัญ: วงกลมแนบใน วงกลมล้อมรอบ สี่เหลี่ยมไบเซนทริก

ABSTRACT

In this research, we study quadrilateral concern on inscribed and circumscribed circles of quadrilateral and bicentric quadrilateral. We obtain the necessary conditions:

(1) If a quadrilateral has bisector of angles Intersecting only one point then it is quadrilateral inscribed circle.

(2) If a quadrilateral has bisector and perpendicular lines Intersecting only one point then a quadrilateral has circumcircle.

Moreover, we found that bicentric quadrilaterals are squares, kite shaped square and isosceles tangential trapezoids

Key Words: Inscribed circle, Circumcircle, Bicentric quadrilateral

บทนำ

ปี พ.ศ. 2560 ภัคคินี ชิตสกุล ได้นำเสนอบทความแสดงการพิสูจน์ทฤษฎีบทเซวาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับเส้นขนานและสามเหลี่ยมคล้าย และนำทฤษฎีบทเซวาใช้ในการพิสูจน์ความรู้ทางเรขาคณิต เกี่ยวกับเซนทรอยด์ และออร์โทเซนเตอร์ของสามเหลี่ยม รวมถึงการหาจุดศูนย์กลางของวงกลมแนบในและล้อมรอบสามเหลี่ยม และปี 2012 Luiz Gonzalez and Cosmon Pohoata ได้ทำวิจัยเรื่อง On the Intersections of the Incircle and the Cevian Circumcircle of the Incenter ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับจุดตัดของวงกลมแนบในและวงกลมล้อมรอบแบบซีเวียน จากการศึกษางานวิจัยทั้ง 2 ข้างต้น ผู้วิจัยยังพบว่าการออกแบบงานก่อสร้างต่าง ๆ ในบางครั้งมีการตกแต่งหรือจัดสวนหินในลักษณะที่เป็นวงกลมภายในเป็นรูปสี่เหลี่ยม จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาความสัมพันธ์ ของวงกลมและรูปสี่เหลี่ยม โดยทำการศึกษาวงกลมแนบใน (Incircle หรือ Inscribed circle) ของรูปสี่เหลี่ยม คือ วงกลมที่สัมผัสกับด้านทั้ง 4 ด้านของรูปสี่เหลี่ยม วงกลมล้อมรอบ (Circumcircle) ของรูปสี่เหลี่ยม หมายถึง วงกลมที่มีเส้นรอบวงของวงกลมผ่านทุกจุดยอดของมุมทุกมุมของรูปสี่เหลี่ยม และสี่เหลี่ยมไบเซนทริก (Bicentric quadrilateral) หมายถึง รูปสี่เหลี่ยมที่มีทั้งวงกลมแนบในและวงกลมล้อมรอบ เมื่อศึกษาจะเห็นว่ารูปสี่เหลี่ยมบางรูปจะมีเพียงวงกลมแนบใน บางรูปจะมีเพียงวงกลมล้อมรอบ บางรูปสามารถมีได้ทั้งวงกลมแนบในและวงกลมล้อมรอบหรือเรียกว่ารูปนั้น เป็นสี่เหลี่ยมไบเซนทริก ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้พยายามศึกษาเงื่อนไขที่จำเป็นของ การมีวงกลม แนบในรูปสี่เหลี่ยม และวงกลมล้อมรอบรูปสี่เหลี่ยม และศึกษารูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ ว่าชนิดใด มีวงกลมแนบใน ชนิดใดมีวงกลมล้อมรอบ หรือชนิดใดเป็นสี่เหลี่ยมไบเซนทริก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

สร้างทฤษฎีที่เกี่ยวกับรูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมแนบใน รูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมล้อมรอบ และรูปสี่เหลี่ยมที่เป็นสี่เหลี่ยมไบเซนทริก

ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมแนบใน และรูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมล้อมรอบ

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้ มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

- 1) ผู้วิจัยศึกษาการสร้างวงกลมแนบใน และวงกลมล้อมรอบรูปสี่เหลี่ยมต่าง ๆ ได้แก่ สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน สี่เหลี่ยมรูปว่าว สี่เหลี่ยมคางหมู และสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า ผ่านโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP)
- 2) ผู้วิจัยศึกษาเงื่อนไขจำเป็นที่สี่เหลี่ยมจะเกิดวงกลมแนบในได้ และเงื่อนไขจำเป็นที่สี่เหลี่ยมจะเกิดวงกลมล้อมรอบได้ โดยพิจารณาจากเส้นแบ่งครึ่งมุม เส้นแบ่งครึ่งด้าน เส้นตั้งฉาก

และสามเหลี่ยมสมภาค เพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างวงกลมแนบใน วงกลมล้อมรอบ ของรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นได้หาแนวทางเพื่อพิสูจน์โดยอาศัยการให้เหตุผลตามหลักทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้ความรู้พื้นฐานจากเอกสารอ้างอิงลำดับที่ 1 และ 3 ดังนี้

ทฤษฎีบท 1 ถ้าเส้นตรงสองเส้นตัดกัน แล้วเส้นตรงสองเส้นนั้นตัดกันเพียงจุดเดียว

ทฤษฎีบท 2 เส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะแบ่งครึ่งมุมของมุมที่เกิดเส้นทแยงมุมนั้น

ทฤษฎีบท 3 เส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนจะแบ่งครึ่งมุมของมุมที่เกิดเส้นทแยงมุมนั้น

ทฤษฎีบท 4 ถ้าจุด A และจุด B ต่างอยู่ห่างจากจุด P และจุด Q เท่ากันตามลำดับ แล้วทุก ๆ จุดที่อยู่บนเส้นตรง AB จะอยู่ห่างจากจุด P และจุด Q เท่ากัน

ทฤษฎีบท 5 ถ้ามุมคู่เชิงเส้นมีขนาดเท่ากัน แล้วมุมทั้งสองเป็นมุมฉาก

ทฤษฎีบท 6 มุมที่ฐานของรูปสี่เหลี่ยมคางหมูหน้าจั่วย่อมมีขนาดเท่ากัน

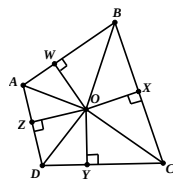
ผลการวิจัย

การนำเสนอผลการวิจัย ผู้วิจัยขอแบ่งเนื้อหาตามการศึกษาเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมแนบใน รูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมล้อมรอบ และการสร้าง รายละเอียดดังนี้

1. รูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมแนบใน

ทฤษฎีบท 1.1 ถ้ารูปสี่เหลี่ยมมีเส้นแบ่งครึ่งมุมทั้งสี่มุมตัดกันเพียงจุดเดียว แล้วรูปสี่เหลี่ยมนั้นจะมีวงกลมแนบใน

การพิสูจน์ กำหนด $\square ABCD$ เป็นสี่เหลี่ยมใด ๆ โดยให้เส้นแบ่งครึ่งมุมทั้งสี่มุมตัดกันเพียงจุดเดียวที่จุด O สร้างเส้นตั้งฉากจากจุด O ไปยังด้านแต่ละด้านของ $\square ABCD$ ดังนี้ $\overline{OW} \perp \overline{AB}$, $\overline{OX} \perp \overline{BC}$, $\overline{OY} \perp \overline{CD}$ และ $\overline{OZ} \perp \overline{AD}$ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 $\square ABCD$ มีเส้นแบ่งครึ่งมุมทั้งสี่มุมตัดกันที่จุด O

เนื่องจาก $\square ABCD$ มีเส้นแบ่งครึ่งมุมทั้งสี่มุมตัดกันที่จุด O จะได้ว่า

$$m\angle OAW = m\angle OAZ, m\angle OBW = m\angle OBX \text{ และ } m\angle OCX = m\angle OCY$$

จาก $\overline{OW} \perp \overline{AB}$ และ $\overline{OZ} \perp \overline{AD}$ จึงได้ว่า $m\angle OWA = m\angle OZA$

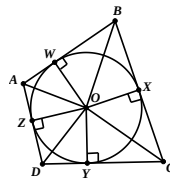
จาก $\overline{OW} \perp \overline{AB}$ และ $\overline{OX} \perp \overline{BC}$ จึงได้ว่า $m\angle OWB = m\angle OXB$

จาก $\overline{OX} \perp \overline{BC}$ และ $\overline{OY} \perp \overline{CD}$ จึงได้ว่า $m\angle OXC = m\angle OYC$

ซึ่ง $OA = OA$, $OB = OB$ และ $OC = OC$

ดังนั้นโดยความสัมพันธ์แบบ ด.ม.ม. จะได้ $\triangle AOW \cong \triangle AOZ$, $\triangle BOW \cong \triangle BOX$ และ $\triangle COX \cong \triangle COY$ ทำให้ได้ว่า $OW = OX = OY = OZ$

แสดงว่าจุด W, X, Y และ Z จะเป็นจุดที่อยู่บนวงกลม O ที่มีรัศมีเท่ากับ OW และจุด W, X, Y และ Z เป็นจุดที่อยู่บนด้านแต่ละด้านของ $\square ABCD$ ดังนั้นวงกลม O เป็นวงกลมที่แนบใน $\square ABCD$ ดังภาพประกอบ 2



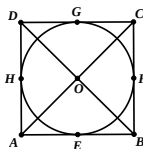
ภาพประกอบ 2 วงกลม O แนบใน $\square ABCD$



ทฤษฎีบท 1.2 รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะมีวงกลมแนบในเสมอ

การพิสูจน์ โดยทฤษฎีบท 1 และทฤษฎีบท 2 จะได้ว่าเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสทั้งสองเส้นจะแบ่งครึ่งมุมและตัดกันเพียงจุดเดียว

และโดยทฤษฎีบท 1.1 จึงได้ว่ารูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะมีวงกลมแนบใน ดังภาพประกอบ 3



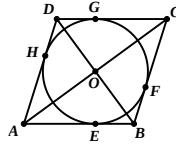
ภาพประกอบ 3 สี่เหลี่ยมจัตุรัสมีวงกลมแนบใน



ทฤษฎีบท 1.3 รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนจะมีวงกลมแนบในเสมอ

การพิสูจน์ โดยทฤษฎีบท 1 และทฤษฎีบท 3 จะได้ว่าเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนทั้งสองเส้นจะแบ่งครึ่งมุมและตัดกันเพียงจุดเดียว

โดยทฤษฎีบท 1.1 จึงได้ว่ารูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนจะมีวงกลมแนบใน ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนมีวงกลมแนบใน



ทฤษฎีบท 1.4 รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าวจะมีวงกลมแนบในเสมอ

การพิสูจน์ กำหนดให้ $\square MNKL$ เป็นรูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว โดยที่ $ML = KL$ และ $MN = KN$
สร้าง $\overline{KS}$ ให้แบ่งครึ่ง $\angle LKN$ โดยที่จุด S อยู่บน $\overline{LN}$ (*)

ลาก $\overline{MS}$ (จะแสดงว่า $\overline{MS}$ แบ่งครึ่ง $\angle LMN$)

จะเห็นว่า $ML = KL$, $LS = LS$ และโดยทฤษฎีบท 4 จะได้ $MS = KS$

จะเห็นว่า $MN = KN$, $SN = SN$ และโดยทฤษฎีบท 4 จะได้ $MS = KS$

จากความสัมพันธ์แบบ ด.ด.ด. $\triangle KLS \cong \triangle MLS$ และ $\triangle KNS \cong \triangle MNS$

จึงได้ว่า $m\angle SKL = m\angle SML$ และ $m\angle SKN = m\angle SMN$

เนื่องจาก $\overline{KS}$ แบ่งครึ่ง $\angle LKN$ จะได้ $m\angle SKL = m\angle SKN$

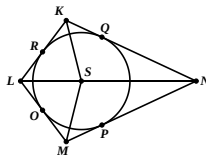
จึงทำให้ได้ว่า $m\angle SML = m\angle SMN$ ดังนั้น $\overline{MS}$ แบ่งครึ่ง $\angle LMN$ (**)

ต่อไปพิจารณา $\triangle LKN$ และ $\triangle LMN$ จะเห็นว่า $ML = KL$ และ $MN = KN$ และ $LN = LN$ จาก
ความสัมพันธ์แบบ ด.ด.ด. $\triangle LKN \cong \triangle LMN$

จึงได้ว่า $m\angle KLN = m\angle MLN$ และ $m\angle KNL = m\angle MNL$

ดังนั้น $\overline{LN}$ แบ่งครึ่ง $\angle KLN$ และ $\angle KNL$ (***)

จาก (*) (**) และ (***) โดยทฤษฎีบท 1.1 จึงได้ว่ารูปสี่เหลี่ยมรูปว่าวจะมีวงกลมแนบใน
ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 สี่เหลี่ยมรูปว่าวมีวงกลมแนบใน



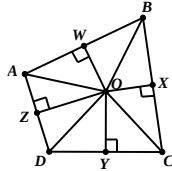
2. รูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมล้อมรอบ

ทฤษฎีบท 2.1 ถ้ารูปสี่เหลี่ยมมีเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับด้านแต่ละด้านตัดกันเพียงจุดเดียว
แล้วรูปสี่เหลี่ยมนั้นจะมีวงกลมล้อมรอบ

การพิสูจน์ กำหนด $\square ABCD$ เป็นสี่เหลี่ยมใด ๆ โดยมีเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับด้านแต่ละ
ด้านตัดกันเพียงจุดเดียวที่จุด O

ลากเส้นจากจุด O ให้แบ่งครึ่งและตั้งฉากกับด้านแต่ละด้านของ $\square ABCD$ โดยกำหนดให้ $\overline{OW} \perp \overline{AB}$, $\overline{OX} \perp \overline{BC}$, $\overline{OY} \perp \overline{CD}$ และ $\overline{OZ} \perp \overline{AD}$

และ $AW = BW$, $BX = CX$, $CY = DY$, $AZ = DZ$ ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 $\square ABCD$ ที่มีเส้นจากจุด O แบ่งครึ่งและตั้งฉากกับด้านแต่ละด้าน

จาก $AW = BW$ และ $m\angle AWO = m\angle BWO$

จาก $BX = CX$ และ $m\angle BXO = m\angle CXO$

จาก $CY = DY$ และ $m\angle CWO = m\angle DWO$

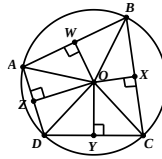
และจาก $OW = OW$, $OX = OX$ และ $OY = OY$

ดังนั้นโดยความสัมพันธ์แบบ ด.ม.ด. จะได้ว่า $\triangle AOW \cong \triangle BOW$, $\triangle BXO \cong \triangle CXO$ และ

$\triangle COY \cong \triangle DOY$ ทำให้ได้ว่า $OA = OB = OC = OD$

ซึ่งจุด A, B, C และ D จะเป็นจุดที่อยู่บนวงกลม O ที่มีรัศมีเท่ากับ OA

และจากจุด A, B, C และ D เป็นจุดที่อยู่บนด้านแต่ละด้านของ $\square ABCD$ ดังนั้นวงกลม O เป็นวงกลมที่ล้อมรอบ $\square ABCD$ ดังภาพประกอบ 7



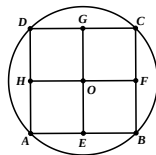
ภาพประกอบ 7 วงกลม O ล้อมรอบ $\square ABCD$



ทฤษฎีบท 2.2 รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะมีวงกลมล้อมรอบเสมอ

การพิสูจน์ โดยทฤษฎีบท 1 และทฤษฎีบท 5 จะได้ว่าเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับด้านแต่ละด้านจะตัดกันเพียงจุดเดียว

และโดยทฤษฎีบท 2.1 จึงได้ว่ารูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะมีวงกลมล้อมรอบ ดังภาพประกอบ 8



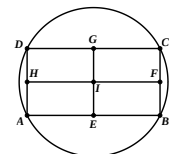
ภาพประกอบ 8 สี่เหลี่ยมจัตุรัสมีวงกลมล้อมรอบ



ทฤษฎีบท 2.3 รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะมีวงกลมล้อมรอบเสมอ

การพิสูจน์ โดยทฤษฎีบท 1 และทฤษฎีบท 5 จะได้ว่าเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับด้านแต่ละด้าน จะตัดกันเพียงจุดเดียว

และโดยทฤษฎีบท 2.1 จึงได้ว่ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะมีวงกลมล้อมรอบ ดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 สี่เหลี่ยมผืนผ้ามีวงกลมล้อมรอบ



ทฤษฎีบท 2.4 รูปสี่เหลี่ยมคางหมูหน้าจั่วจะมีวงกลมล้อมรอบ

การพิสูจน์ กำหนดให้ $\square ABCD$ เป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูหน้าจั่ว โดยที่ $\overline{AB} \parallel \overline{DC}$ และ $AD = BC$ และให้จุด H และจุด F เป็นจุดกึ่งกลางของ $\overline{AB}$ และ $\overline{DC}$ ตามลำดับ

โดยทฤษฎีบท 4 จะได้ $DH = CH$

พิจารณา $\triangle DFH$ และ $\triangle CFH$ จะเห็นว่า $DF = CF$, $FH = FH$

จากความสัมพันธ์แบบ ด.ด.ด. จะได้ $\triangle DFH \cong \triangle CFH$ จึงได้ว่า $m\angle DFH = m\angle CFH$

โดยทฤษฎีบท 5 จะได้ว่า $\angle DFH$ และ $\angle CFH$ เป็นมุมฉาก(*)

ต่อไปให้จุด G และจุด E เป็นจุดกึ่งกลางของ $\overline{AD}$ และ $\overline{BC}$ ตามลำดับ

ทำให้ได้ว่า $AG = DG = BE = CE$

ลาก $\overline{GF}$, $\overline{GH}$, $\overline{EF}$ และ $\overline{EH}$

พิจารณา $\triangle GDF$ และ $\triangle ECF$ จะเห็นว่า $GD = EC$, $DF = CF$

และโดยทฤษฎีบท 6 จะได้ $m\angle GDF = m\angle ECF$

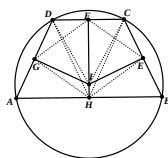
จากความสัมพันธ์แบบ ด.ม.ด. $\triangle GDF \cong \triangle ECF$ จึงได้ว่า $GF = EF$

และพิจารณา $\triangle GAH$ และ $\triangle EBH$ จะเห็นว่า $AG = BE$, $AH = BH$

และโดยทฤษฎีบท 6 จะได้ $m\angle GAH = m\angle EBH$

จากความสัมพันธ์แบบ ด.ม.ด. $\triangle GAH \cong \triangle EBH$ จึงได้ว่า $GH = EH$

สร้าง $\overline{GI}$ ตั้งฉากกับ $\overline{AB}$ โดยที่จุด I อยู่บน $\overline{FH}$ จากนั้นลาก $\overline{EI}$
 จาก $GF = EF$ และ $GH = EH$ โดยทฤษฎีบท 4 จะได้ $GI = EI$
 พิจารณา $\triangle DGI$ และ $\triangle CEI$ จะเห็นว่า $GD = EC$ และ $GI = EI$
 และจาก $DH = CH$ และ $DF = CF$ โดยทฤษฎีบท 4 จะได้ $DI = CI$
 จากความสัมพันธ์แบบ ด.ด.ด. $\triangle DGI \cong \triangle CEI$ จึงได้ว่า $m\angle DGI = m\angle CEI$
 เนื่องจาก $\overline{GI}$ ตั้งฉากกับ $\overline{AB}$ แสดงว่า $\angle DGI$ และ $\angle CEI$ เป็นมุมฉาก.....(**)
 จาก (*) และ (**) โดยทฤษฎีบท 2.1 จึงได้ว่ารูปสี่เหลี่ยมคางหมูหน้าจั่วมีวงกลมล้อมรอบ
 ดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 สี่เหลี่ยมคางหมูหน้าจั่วมีวงกลมล้อมรอบ

□

สำหรับรูปสี่เหลี่ยมที่มีทั้งวงกลมแนบในและวงกลมล้อมรอบ จะเรียกว่า สี่เหลี่ยมไบเซนทริก
 จากหัวข้อข้างต้นจะทำให้ได้บทแทรกดังต่อไปนี้

บทแทรก 2.5 รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นสี่เหลี่ยมไบเซนทริก

การพิสูจน์ โดยทฤษฎีบท 1.2 และทฤษฎีบท 2.2 จะได้ว่า รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นสี่เหลี่ยมไบเซนทริก

□

บทแทรก 2.6 ถ้ารูปสี่เหลี่ยมรูปาวามีวงกลมล้อมรอบ แล้วสี่เหลี่ยมรูปาวานั้นเป็นสี่เหลี่ยมไบเซนทริก

การพิสูจน์ กำหนดให้ $\square ABCD$ เป็นรูปสี่เหลี่ยมรูปาวามีวงกลมล้อมรอบ

โดยทฤษฎีบท 1.4 จะได้ว่า รูปสี่เหลี่ยม $ABCD$ จะมีวงกลมแนบใน

ดังนั้น รูปสี่เหลี่ยมรูปาวาเป็นสี่เหลี่ยมไบเซนทริก

□

บทแทรก 2.8 ถ้ารูปสี่เหลี่ยมคางหมูหน้าจั่วมีวงกลมแนบใน แล้วรูปสี่เหลี่ยมคางหมูหน้าจั่วเป็นสี่เหลี่ยมไบเซนทริก

การพิสูจน์ กำหนดให้ $\square ABCD$ เป็นสี่เหลี่ยมคางหมูหน้าจั่วที่มีวงกลมแนบใน

โดยทฤษฎีบท 2.4 จะได้ว่า รูปสี่เหลี่ยม $ABCD$ จะมีวงกลมล้อมรอบ

ดังนั้น รูปสี่เหลี่ยมคางหมูหน้าจั่วเป็นสี่เหลี่ยมไบเซนทริก

□

3. การสร้าง

โดยปกติสี่เหลี่ยมใด ๆ ไม่จำเป็นต้องมีวงกลมแนบใน หรือวงกลมล้อมรอบรูปสี่เหลี่ยม หัวข้อนี้ ผู้วิจัยจะกล่าวถึงขั้นตอนการสร้างรูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมแนบในและวงกลมล้อมรอบ รายละเอียดดังนี้

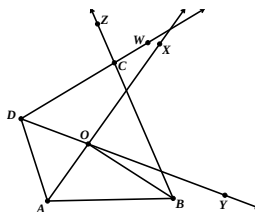
3.1 ขั้นตอนการสร้างรูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมแนบใน

การสร้างรูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมแนบใน ผู้วิจัยขอแบ่งเป็น 2 ตอน โดยตอนที่ 1 เป็นการอธิบาย ขั้นตอนการสร้างรูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมแนบใน ส่วนตอนที่ 2 เป็นการพิสูจน์ว่ารูปสี่เหลี่ยมที่ถูกสร้างขึ้น นั้นมีวงกลมแนบในอยู่จริง

ตอนที่ 1 วิธีการสร้างรูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมแนบใน

1. กำหนด $\overline{AB}$ ให้มีความยาวพอสมควร
2. ลาก $\overline{AD}$ ให้มีความยาวพอสมควร
3. สร้าง $\overline{AX}$ ให้แบ่งครึ่ง $\angle BAD$
4. สร้าง $\overline{DY}$ ตัด $\overline{AX}$ ที่จุด O
5. สร้าง $\overline{DW}$ ที่ทำให้ $m\angle YDW = m\angle ADY$
6. ลาก $\overline{BO}$
7. สร้าง $\overline{BZ}$ ตัด $\overline{DW}$ โดยที่ $m\angle OBZ = m\angle ABO$ ที่จุด C

จะได้ $\square ABCD$ ดังภาพประกอบ 11



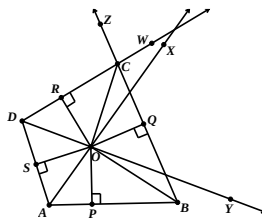
ภาพประกอบ 11 การสร้าง $\square ABCD$ ให้มีวงกลมแนบใน

ตอนที่ 2 การแสดงว่ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างขึ้นมีวงกลมแนบใน

พิจารณา $\square ABCD$ จากภาพประกอบ 11 ที่ได้จากการสร้างในตอน ที่ 1

ลาก $\overline{OC}$

สร้าง $\overline{OP}, \overline{OQ}, \overline{OR}$ และ $\overline{OS}$ ให้ตั้งฉากกับ $\overline{AB}, \overline{BC}, \overline{CD}$ และ $\overline{AD}$ ที่จุด P, Q, R และ S ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 $\square ABCD$ ที่ด้านแต่ละด้านมีเส้นตั้งฉากกับจุด O

จะเห็นว่า $OD = OD$, $m\angle ODR = m\angle ODS$ และ $m\angle ORD = m\angle OSD$

จะเห็นว่า $OA = OA$, $m\angle OAS = m\angle OAP$ และ $m\angle OSA = m\angle OPA$

จะเห็นว่า $OB = OB$, $m\angle OBP = m\angle OBQ$ และ $m\angle OPB = m\angle OQB$

จากความสัมพันธ์แบบ ด.ม.ม. จะได้ว่า $\triangle ODR \cong \triangle ODS$, $\triangle OAS \cong \triangle OAP$, $\triangle OBP \cong \triangle OQB$ จึงได้ว่า

$OR = OS$, $OS = OP$ และ $OP = OQ$

ต่อไปพิจารณา $\triangle OCQ$ และ $\triangle OCR$ เนื่องจาก $OR = OQ$, $OC = OC$ และ $\angle ORC, \angle OQC$

เป็นมุมฉาก ดังนั้นโดยความสัมพันธ์แบบ ด.ด.ฉ. $\triangle OCQ \cong \triangle OCR$

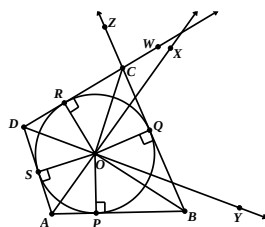
จึงได้ว่า $m\angle OCR = m\angle OCQ$ นั่นคือ $\overline{OC}$ แบ่งครึ่ง $\angle BCD$

จากการสร้าง $\overline{DW}$ ที่ทำให้ $m\angle YDW = m\angle ADY$ แสดงว่า $\overline{DY}$ แบ่งครึ่ง $\angle ADC$

จากการสร้าง $\overline{BZ}$ ที่ทำให้ $m\angle OBZ = m\angle ABO$ แสดงว่า $\overline{BO}$ แบ่งครึ่ง $\angle ABC$

และ $\overline{AX}$ แบ่งครึ่ง $\angle BAD$

ดังนั้นโดยทฤษฎีบท 1.1 จึงได้ว่าวงกลม O เป็นวงกลมที่แนบใน $\square ABCD$ ดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 วงกลม O แนบใน $\square ABCD$

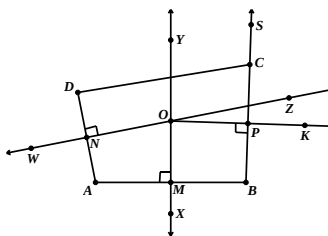


3.2 ขั้นตอนการสร้างรูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมล้อมรอบ

การสร้างรูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมล้อมรอบ ผู้วิจัยขอแบ่งเป็น 2 ตอน โดยตอนที่ 1 เป็นการอธิบายขั้นตอนการสร้างรูปสี่เหลี่ยมที่มีวงกลมล้อมรอบ ส่วนตอนที่ 2 เป็นการพิสูจน์ว่ารูปสี่เหลี่ยมที่ถูกสร้างขึ้นนั้นมีวงกลมล้อมรอบอยู่จริง

ตอนที่ 1 วิธีการสร้างรูปสี่เหลี่ยมให้มีวงกลมล้อมรอบ

1. กำหนด $\overline{AB}$ ให้มีความยาวพอสมควร
 2. สร้างจุดกึ่งกลาง M ของ $\overline{AB}$
 3. ที่จุด M สร้าง $\overline{XY}$ ให้ตั้งฉากกับ $\overline{AB}$
 4. ลาก $\overline{AD}$ ให้มีความยาวพอสมควร และสร้างจุดกึ่งกลาง N ของ $\overline{AD}$
 5. ที่จุด N สร้าง $\overline{WZ}$ ให้ตั้งฉากกับ $\overline{AD}$
 6. จุดตัดที่เกิดจาก $\overline{XY}$ และ $\overline{WZ}$ ให้จุดตัดคือ จุด O
 7. ลาก $\overline{BS}$ ให้มีความยาวพอสมควร
 8. สร้าง $\overline{OK}$ ให้ตัดและตั้งฉากกับ $\overline{BS}$ และให้จุดตัดคือ จุด P
 9. สร้างจุด C บน $\overline{BS}$ โดยที่ $BP = PC$
 10. ลาก $\overline{CD}$
- จะได้ $\square ABCD$ ดังภาพประกอบ 14



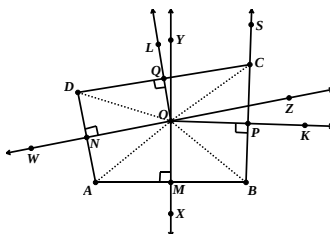
ภาพประกอบ 14 $\square ABCD$ มีเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับจุด O

ตอนที่ 2 การแสดงว่ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างขึ้นมีวงกลมล้อมรอบ

พิจารณา $\square ABCD$ จากภาพประกอบ 14

ลาก $\overline{OL}$ ให้ตัดและตั้งฉากกับ $\overline{CD}$ และให้จุดตัดคือ จุด Q

จากนั้นลาก $\overline{OA}, \overline{OB}, \overline{OC}$ และ $\overline{OD}$ ดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 $\square ABCD$ ที่มีเส้นจากจุดยอดมุมไปยังจุด O

จาก N และ M เป็นจุดกึ่งกลางของ $\overline{AD}$ และ $\overline{AB}$ ตามลำดับ จะได้ $DN = AN$ และ $AM = BM$
จาก $\overline{WZ}$ ตั้งฉากกับ $\overline{AD}$ ที่จุด N และ $\overline{XY}$ ตั้งฉากกับ $\overline{AB}$ ที่จุด M ตามลำดับ จะได้ว่า

$$m\angle OND = m\angle ONA \text{ และ } m\angle OMA = m\angle OMB \text{ ซึ่ง } ON = ON \text{ และ } OM = OM$$

ดังนั้นโดยความสัมพันธ์แบบ ด.ม.ด. จะได้ $\triangle OND \cong \triangle ONA$ และ $\triangle OMA \cong \triangle OMB$ จึงได้ว่า

$$OD = OA \text{ และ } OA = OB$$

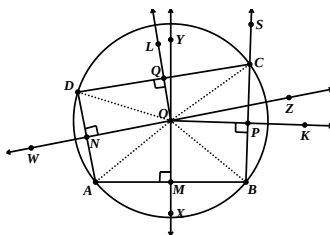
พิจารณา $\triangle OPB$ และ $\triangle OPC$ จะเห็นว่า $BP = PC$ และ $OP = OP$

และจาก $\overline{OK}$ ตั้งฉากกับ $\overline{BC}$ ที่จุด P จะได้ว่า $m\angle OPB = m\angle OPC$

ดังนั้นโดยความสัมพันธ์แบบ ด.ม.ด. $\triangle OPB \cong \triangle OPC$ จึงได้ว่า $OB = OC$

ทำให้ได้ว่า $OA = OB = OC = OD$

ดังนั้น จุด A, B, C, D อยู่บนวงกลม O ทั้งหมด จึงได้ว่าวงกลม O เป็นวงกลมที่ล้อมรอบ $\square ABCD$
ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 วงกลม O ล้อมรอบ $\square ABCD$



อภิปรายผลการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวงกลมแนบในและวงกลมล้อมรอบรูปสี่เหลี่ยม โดยได้ทำการวิเคราะห์สิ่งสำคัญที่จะทำให้รูปสี่เหลี่ยมเกิดวงกลมแนบในและวงกลมล้อมรอบรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งผู้วิจัยได้สังเกตลักษณะของมุม ด้าน จุดกึ่งกลางด้าน เส้นแบ่งครึ่งมุม เส้นแบ่งครึ่งด้าน เส้นตั้งฉาก เป็นต้น จึงทำให้ได้ข้อสรุปว่ารูปสี่เหลี่ยมจะมีวงกลมแนบในได้ ถ้าเส้นแบ่งครึ่งมุมทุกมุมตัดกันเพียงจุดเดียว และรูปสี่เหลี่ยมเกิดวงกลมล้อมรอบได้ ถ้าเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับด้านแต่ละด้านตัดกันเพียงจุดเดียว ซึ่งข้อสรุปข้างต้นสามารถนำไปใช้ตรวจสอบได้ว่าสี่เหลี่ยมใดจะมีวงกลมแนบในและวงกลมล้อมรอบได้

เอกสารอ้างอิง

- จักรกริช ถ้ำแก้ว. (2563). *เรขาคณิตเบื้องต้น*. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- ภักคินี ชิตสกุล. (2560). ทฤษฎีบทเซวา. *วารสารคณิตศาสตร์ MJ-MATH โดยสมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 62(693).
- Hirsch, R., Roberth, M.A., Coblentz, D.O., Samide, A.J. and Schoen, H.L. (1979). *Geometry*. Scott : Foresman and Company.
- Gonzalez, L. and Pohoata, C. (2012). On the Intersections of the Incircle and the Cevian Circumcircle of the Incenter. *Forum Geometricorum*, 12, 141-148.