



APHEIT JOURNAL

VOL. 11 NO. 1 2022

วารสารวิชาการ

สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย
ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา
สยามบรมราชกุมารี

ISSN : 2286-9514 ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2565

SCIENCE
TECHNOLOGY

วารสารวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย

ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

APHEIT SCIENCE AND TECHNOLOGY JOURNAL

ISSN: 2286-9514

ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2565

Vol. 11 No. 1 JANUARY – JUNE 2022

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เน้นการพัฒนานวัตกรรมทางด้านการจัดการเรียนรู้ การวิจัยและพัฒนา บทความวิจัย บทความวิชาการที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด ความรู้เรื่องใหม่ ๆ ที่เป็นที่สนใจของบุคคลทั่วไปด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การตรวจสอบทางวิชาการ

บทความผ่านการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก (double-blinded peer review)

เจ้าของ สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ที่ปรึกษา คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

บรรณาธิการ

ดร.มานิต บุญประเสริฐ

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

นางสาวทิพนาถ ชาริรักษ์

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.จตุพร กระจายศรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย รัตนวงษ์

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

รองศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ ไชยโส

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.รัชณี ศุภจินทรรัตน์

มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพงศ์ นิมกุลรัตน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาสวรรค์ งามมงคลวงศ์

วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมฤดี ไทยพานิช

มหาวิทยาลัยสยาม

ฝ่ายจัดการและเลขานุการกองบรรณาธิการ

นางบุศรา เอ็มบุตร

นางสาวเพชรราตรี เฉพาะตน

นายบุญร่วม ศรีสร้อย

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม

สถานที่พิมพ์ โรงพิมพ์ อัสสัมชัญ

สามารถอ่านและดาวน์โหลดบทความได้ที่ <http://journals.apheit.org/index.php/component/users/?view=login>

คณะกรรมการวิชาการและการประกันคุณภาพการศึกษา
สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย
ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
วาระ 1 สิงหาคม 2562 – กรกฎาคม 2564

1. รศ.ดร.บัณฑิต ไรจน์อารยานนท์	สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น	ประธานกรรมการ
2. รศ.ดร.ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต	กรรมการ
3. อาจารย์จirnันท์ กมลสินธุ์	มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา	กรรมการ
4. อาจารย์อุบล ไข่งวง	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์	กรรมการ
5. ผศ.ดร.อรุณฯ สิงห์สง	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	กรรมการ
6. ดร.จอมพงศ์ มงคลวนิช	มหาวิทยาลัยสยาม	กรรมการ
7. รศ.ดร.นิตย์ เพ็ชรรักษ์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	กรรมการ
8. ดร.พรทิพย์ กวินสุพร	มหาวิทยาลัยคริสเตียน	กรรมการ
9. ผศ.ดร.ปริญญา ตันตสวัตร์	มหาวิทยาลัยชินวัตร	กรรมการ
10. ผศ.ดร.อุไรรัตน์ แยมขุติ	มหาวิทยาลัยธนบุรี	กรรมการ
11. ดร.สุรัชย์ สานติสุขรัตน์	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่	กรรมการ
12. ผศ.วัลลภ พุทโธ	มหาวิทยาลัยนานาชาติเอเชีย-แปซิฟิก	กรรมการ
13. ผศ.ดร.กนกกร บุญมี	มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	กรรมการ
14. ผศ.ดร.นเรศวร พันธราธร	มหาวิทยาลัยรังสิต	กรรมการ
15. ดร.กักรัตน์ สงวนไทร	มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต	กรรมการ
16. ผศ.ดร.อรุณี สำเภาทอง	มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์	กรรมการ
17. รศ.ดร.รัชนี ศุจิจันทร์รัตน์	มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล	กรรมการ
18. ผศ.ดร.อัษฎาพร โชติพิทักษ์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	กรรมการ
19. รศ.ดร.สถาพร อมรสวัสดิ์วัฒนา	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	กรรมการ
20. รศ.อิสยา จันทรวิทย์านุชิต	มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ	กรรมการ
21. ดร. วินัย โกกระกุล	มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ	กรรมการ
22. รศ.ดร.อรพรรณ ลือบุญวัชชัย	วิทยาลัยเซนต์หลุยส์	กรรมการ
23. ผศ.ดร.อำพล นววงศ์เสถียร	วิทยาลัยเซนต์อัสสัมชัญ	กรรมการ
24. ดร.ศิริพงศ์ รักใหม่	วิทยาลัยดุสิตธานี	กรรมการ
25. ผศ.ดร.ไตรรัตน์ ยืนยง	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น	กรรมการ
26. รศ.ดร.วิเชียร ชิวพิมาย	วิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย	กรรมการ
27. ผศ.สำเร็จ นนศิริ	วิทยาลัยสันตพล	กรรมการ
28. ผศ.ดร.ฐิติรัตน์ มีมาก	สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ	กรรมการ
29. อาจารย์ณัฐวุฒิ ว่องทรัพย์ทวี	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์	กรรมการ
30. ดร.มานิต บุญประเสริฐ	สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนฯ	กรรมการ
31. อาจารย์ชาติชาญ โพธิ์พาด	สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น	กรรมการและเลขานุการ

ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

Reviewers

รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์	ศิวะเดชาเทพ	มหาวิทยาลัยสยาม
รองศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์	ไชโยโส	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.จตุพร	กระจายศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย	รัตนวงศ์	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
รองศาสตราจารย์ ดร.รัชนี	ศุจิจันทร์รัตน์	มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล
รองศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย	ตระกูลรังสี	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุษยา	วงศ์ชวลิตกุล	มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมฤดี	ไทยพานิช	มหาวิทยาลัยสยาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพงศ์	นิ่มกุลรัตน์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ	ลิมปะวัฒนะ	มหาวิทยาลัยสยาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดาสวรรค์	งามมงคลวงศ์	วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำภาพร	นามวงศ์พรหม	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรัสดาว	เรโนล	มหาวิทยาลัยสยาม

Editor's Note

Dear All,

The impact of COVID 19 beyond imagination.

We must admit that the impact of COVID 19 is beyond our imagination, physically and mentally. It affects all walks of life globally. It disrupts our educational service delivery system. Evidently, most university campuses were very quiet without students' presence.

How to continue our daily life and work is the major problem under the social distancing policy regarding health concerns. The external factor, the pandemic of COVID 19, has forced us to change accordingly. Digital transformation, like it or not, has become a challenge. It has played important roles in bridging the distance among teachers and students, enabling online education delivery mode possible under the Government's keeping distancing policy. Digital technology has facilitated us to be able to carry on our duties and responsibilities, teachers working from home or from campus and students learning remotely. Self-adjustment with the development of new skills and reskills, especially digital skills, for both parties is inevitable. It is the key to continue our duties effectively in the new normal.

Obviously, instructional strategies have to change to accommodate the learning online delivery mode. Teachers must equip themselves with the new digital skills necessary for conducting classes online and engage students in learning. Also, students need to equip themselves with self-directed learning method, self-discipline for class preparation and participation, self-learning assessment. On the positive side, the impact of COVID 19 has made all of us to be on the alert and ready for the unpredictable circumstances in the future. Absolutely, innovative method of teaching and learning, instructional technology, is needed.

The lesson learned.

Now, the global situation of COVID 19 has significantly alleviated since March this year. It shows a downward trend continuously as reported by the authorities concerned. Most countries, including Thailand, have issued the policy to reopen their countries for travelers, visitors, including foreign students to be able to attend on-site classes and educational activities on campuses. That is good news. Campuses are starting to come alive again as students return.

For higher education educators, teaching and research is inseparable, like two sides of a coin. The reputation of an institution in academic circles depends on the scholarship of its faculty. Scholarship, or research, is an important part of academic life. It is a good opportunity for college or university educators to reflect on your teaching requirements and changes you have initiated during the COVID 19 pandemic. As an educator, a teacher or a researcher, what have you learned about teaching and learning online during the last two years, in terms of professional development and effective instruction? How do you manage the classes? For the learners' learning, what assumptions have you made in devising your teaching strategies about the variables likely to influence the learning of your students during the pandemic. Did you know the capacities, interests, and readiness of the learners, of each individual students in your class? What do students prefer, on-site classes or online learning? What are the changes in your students' learning styles? Share your discovery.

APHEIT journal is a platform for Share and Learn. We value your contributions.

Welcome back to campuses,

Manit Boonprasert, Ed.D

The Association of Private Higher Education Institutions of Thailand
Under the Patronage of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn
June, 2022

สารบัญ

CONTENTS

วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์
สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)
ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม – มิถุนายน 2565

บทความวิจัย

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์สำหรับเครื่องยนต์
อากาศยาน

The Comparison of Machine Learning Algorithms for Predictive Maintenance of Aircraft Engine

วิราภานต์ กิตติบรรณกุล ศราวุธ นนท์ศิริ พิชิตชัย คำอินทร์.....01-14

การประดิษฐ์ยาสีร่อนสำหรับงานเครื่องประดับจากการใช้วัตถุดิบหลัก (แร่ควอตซ์) ในแหล่งจังหวัดจันทบุรี

Fabrication of Hot Enamel for Jewelry by Using Main Raw Material (Quartz) from Chanthaburi

สุรพงษ์ ปัญญาทา ภัทรา ศรีสุโข ภัทรบดี พิมพ์กี.....15-28

การศึกษาประสิทธิภาพในการฝังอัญมณีโดยใช้ธุรกิจอัจฉริยะ

The Study of Jewelry Setting Performance Using Business Intelligence

กัญญณัช คุณาบุตร ศราวุธ นนท์ศิริ ณปภัช วิชัยดิษฐ์.....29-46

การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทย

A Comparison of Forecasting Model for Cassava Chip Price in Thailand

ปณิษฐา มีชอบธรรม.....47-57

ผลของโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนต่อการหยุดดื่มของผู้ติดสุรา

The Effectiveness of Twelve Step Facilitation Program on Abstinence Drinking among Alcohol
Dependence

สุรัช สุนันตา วงเดือน สุนันตา วิไล ทิพย์นันท์.....58-68

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์สำหรับเครื่องยนต์อากาศยาน

The Comparison of Machine Learning Algorithms for Predictive Maintenance of Aircraft Engine

วिरากานต์ กิตติบวรกุล¹, ศรายุทธ นนท์ศิริ², พิชิตชัย คำอินทร์³

ห้องปฏิบัติการวิจัยปัญญาประดิษฐ์และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น,

Wirakarn Kittibawornkul¹, Sarayut Nonsiri², Pichitchai Kamin³

AIoT Research Laboratory, Faculty of Information Technology, Thai-Nichi Institute of Technology

ki.wirakarn_st@tni.ac.th ¹, sarayut.n@tni.ac.th ², pichitchai@tni.ac.th ³

Received: April 28, 2022; Revised: May 18, 2022; Accepted: May 30, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโมเดลการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ ของเครื่องยนต์อากาศยานด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการคาดการณ์ความเสียหายของแต่ละเทคนิคเพื่อหาเทคนิคที่มีความเหมาะสม โดยใช้ชุดข้อมูลจากโมเดลใหม่ของ Commercial Modular Aero-Propulsion System Simulation (N-CMAPSS) ในการฝึกฝนและทดสอบโมเดลในการคาดการณ์ความเสียหาย ชุดข้อมูลดังกล่าวเป็นชุดข้อมูลเกี่ยวกับความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์อากาศยานแบบ Turbofan จากศูนย์ความเป็นเลิศด้านการทำนาย (The Prognostics Center of Excellence) ของศูนย์วิจัยนาซาเอมส์ (NASA Ames Research Center) เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องทั้งหมด 5 เทคนิคได้แก่ ต้นไม้ตัดสินใจ ป่าแบบสุ่ม ขั้นตอนวิธีเพื่อนบ้านใกล้เคียง โครงข่ายประสาทเทียม และ Gradient Boosting with XGBoost ถูกนำมาใช้สำหรับสร้างโมเดลเพื่อคาดการณ์ความเสียหาย ในส่วนของการประเมินโมเดลใช้ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) และค่ารากที่สองของความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) จากการฝึกฝนและทดสอบโมเดลทั้งหมด 5 เทคนิคพบว่า เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วยค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดเท่ากับ 0.7578 และค่ารากที่สองของความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 0.0016

คำสำคัญ: การเรียนรู้ของเครื่อง การคาดการณ์ความเสียหาย การบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ เครื่องยนต์อากาศยาน ชุดข้อมูล N-CMAPSS

ABSTRACT

This paper aimed to create the predictive maintenance model of an aircraft engine by implementing the machine learning techniques and comparing the prediction performance of each technique to determine the most suitable technique. Datasets for this study were collected from a new model of Commercial Modular Aero-Propulsion System Simulation (N-CMAPSS) used for training and testing for the predictive maintenance model. N-CMAPSS was

a series of data on the damage to turbofan engines from The Prognostics Center of Excellence (PCoE), NASA Ames Research Center. There were 5 machine learning techniques including Decision Tree, Random Forest, k-Nearest Neighbor (kNN), Artificial Neural Network (ANN), and Gradient Boosting with XGBoost. They were used to implement the predictive maintenance model. In addition, the designation coefficient of determination (R^2) and Root mean square error (RMSE) were used to evaluate the model. The analysis of the training and testing of five techniques concluded that Artificial Neural Network was the suitable technique with 0.7578 of R^2 and 0.0016 of RMSE.

KEYWORDS: Machine Learning, Failure Prediction, Predictive Maintenance, Aircraft Engine, N-CMAPSS Datasets

บทนำ

เครื่องยนต์เป็นระบบกลไกที่มีความสำคัญต่อการขับเคลื่อนของอากาศยานด้วยโครงสร้างที่มีความซับซ้อนและจำเป็นที่จะต้องทำงานอยู่ในสถานะที่ไม่เอื้ออำนวย ส่งผลให้มีโอกาสที่ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะลดลงซึ่งหมายถึงค่าใช้จ่ายที่เพิ่มสูงขึ้นในหลายด้าน ด้วยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่มากขึ้นรวมถึงค่าบำรุงรักษาที่อาจตามมาในกรณีที่เกิดการเสื่อมสภาพและอาจนำไปสู่ความเสียหายที่เป็นอันตรายอย่างยิ่ง ดังนั้นความสมบูรณ์ของชิ้นส่วนเครื่องยนต์และการทำงานที่มีความเชื่อถือได้สูงจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งของความปลอดภัยขณะทำการบิน (Junjie, Jinqian, & Feng, 1707) (Efstratios & Pantelis, 2015) ด้วยเหตุนี้ความสำคัญของการบำรุงรักษาจึงเพิ่มขึ้นและส่งผลกระทบต่อแนวโน้มความสนใจในการพัฒนารวมถึงการปรับใช้กลยุทธ์การบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน การบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพจะสามารถปรับปรุงความน่าเชื่อถือของระบบป้องกันความล้มเหลวของระบบ และลดต้นทุนการบำรุงรักษาได้ (Ana, et al., 2018) อีกทั้งในช่วงที่ผ่านมาการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ (Predictive Maintenance) ได้รับความนิยมสูงขึ้น การปฏิวัติอุตสาหกรรม 4.0 ก็ให้การสนับสนุนการบำรุงรักษาประเภทนี้จากความต้องการในภาคปฏิบัติที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน เนื่องจากมีความได้เปรียบในเรื่องของความน่าเชื่อถือ ความพร้อม

ในการใช้งาน และความปลอดภัยที่มากกว่าการบำรุงรักษาแบบเดิม (Khanh & Kamal, 2019) ซึ่งหมายถึงการบำรุงรักษาเชิงรับ (Corrective Maintenance) ที่จะทำการซ่อมบำรุงเมื่อเกิดความเสียหายขึ้น เป็นวิธีการที่มีใช้มาอย่างยาวนานและเป็นที่นิยมมากจากความง่ายในการดำเนินการ แต่ก็แฝงไปด้วยค่าใช้จ่ายที่มากมาย ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปขณะที่กระบวนการผลิตหยุดชะงักหรือค่าดำเนินงานต่าง ๆ รวมถึงการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ที่เป็นการซ่อมบำรุงตามแผนที่ได้วางไว้ แนวทางนี้จะสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้แต่ก็จะเป็นการใช้ทรัพยากรสิ้นเปลืองโดยใช่เหตุและเสียค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นอย่างมหาศาลเช่นกัน (Gian, Andrea, Simone, & Sean, 2015) จากการศึกษาพบว่ามีสามแนวทางหลักที่ใช้สำหรับคาดการณ์ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้แก่แนวทางโมเดลทางกายภาพ (Physical Model-Based) ซึ่งจะใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์และวิธีการทางสถิติเป็นหลัก แนวทางความรู้ (Knowledge-Based) เป็นแนวทางที่จะช่วยลดความซับซ้อนของโมเดลทางกายภาพจึงนิยมใช้แบบผสมผสาน (Hybrid) และแนวทางการใช้ข้อมูล (Data-Driven) มีการนำโมเดลที่หลากหลายมาปรับใช้ในการพัฒนาการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์โดยพื้นฐานทางสถิติ (Statistics-Based) ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) และโมเดลที่อ้างอิง

จากเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ถือเป็นที่ยอมรับอย่างมากในปัจจุบัน (Tiago, et al., 2020) การเรียนรู้ด้วยเครื่อง ถือเป็นเครื่องมือที่มีสมรรถภาพสูงในการพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อประยุกต์ใช้สำหรับการคาดการณ์มากมาย โดยประสิทธิภาพของการนำไปประยุกต์ใช้นั้นขึ้นอยู่กับทางเลือกเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องให้มีความเหมาะสม (Thyago, et al., 2019) จากเหตุผลข้างต้นการเปรียบเทียบเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องจะสามารถชี้ให้เห็นว่าชุดข้อมูล (Dataset) ที่มีอยู่นั้นเหมาะสมที่จะใช้เทคนิคไหนมาคาดการณ์ความเสียหายได้ แต่ด้วยข้อจำกัดในทางปฏิบัติ การที่จะรวบรวมข้อมูลความเสียหายประเภทที่มีการใช้งานจนกระทั่งเกิดความเสียหาย (Run-To-Failure) ของเครื่องยนต์อากาศยานนั้นเป็นไปได้ยาก เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลานาน มีค่าใช้จ่ายสูงมาก (Abhinav, Kai, Don, & Neil, 2008) และเหตุผลสำคัญด้านความปลอดภัยที่ส่งผลกระทบอย่างร้ายแรงหากเกิดเหตุการณ์เช่นนั้นขึ้นจึงมีการซ่อมบำรุงก่อนเสมอ ดังนั้นงานวิจัยนี้จะนำชุดข้อมูลที่สร้างขึ้นจากโมเดลใหม่ ของ Commercial Modular Aero-Propulsion System Simulation (N-CMAPSS) (Manuel, Chetan, Kai, & Olga, 2021) มาใช้สำหรับฝึกฝนโมเดลที่มีการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกันทั้งหมด 5 เทคนิคและทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้เพื่อหาโมเดลที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการคาดการณ์ความเสียหายของชิ้นส่วนอากาศยานต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างโมเดลการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ของเครื่องยนต์อากาศยานด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความแม่นยำในการคาดการณ์ของแต่ละเทคนิคและหาเทคนิคที่มีความเหมาะสมที่สุด

ขอบเขตงานวิจัย

1. ฝึกฝนและทดสอบโมเดลที่ใช้ในการคาดการณ์ความเสียหายของเครื่องยนต์อากาศยานด้วยชุดข้อมูลที่ได้จาก Commercial Modular Aero-Propulsion System Simulation (N-CMAPSS)
2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของโมเดลการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ของเครื่องยนต์อากาศยาน โดยใช้เทคนิคดังต่อไปนี้
 - (1) ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)
 - (2) ป่าแบบสุ่ม (Random Forest)
 - (3) ขั้นตอนวิธีเพื่อนบ้านใกล้สุด (k-Nearest Neighbor: kNN)
 - (4) โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN)
 - (5) Gradient Boosting with XGBoost

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. โมเดลสำหรับการคาดการณ์ความเสียหายของเครื่องยนต์อากาศยานในแต่ละเทคนิค
2. การตัดสินใจเลือกใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องให้มีความเหมาะสมกับชุดข้อมูล
3. นำความรู้ด้านการเรียนรู้ของเครื่องมาประยุกต์ใช้ในการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์อื่น
4. นำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(เสนหา, 2559) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) ในการทำนายอายุการใช้งานคงเหลือของเครื่องจักร ซึ่งมีการนำชุดข้อมูลที่ได้จากเครื่องจำลองระบบการขับเคลื่อนทางการบินเชิงพาณิชย์ (Commercial Modular Aero-Propulsion System Simulation: CMAPSS) มาใช้ร่วมกับชุดข้อมูลอื่นรวม 14 ชุด โดยผลลัพธ์ที่ได้

แสดงให้เห็นว่าวิธี Enhanced VGG-16 ให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายที่น้อยที่สุด

(Vimala, Tom, Vikram, B , & M , 2017) ทำการศึกษาเปรียบเทียบโมเดลจากเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องทั้งหมด 10 เทคนิคเพื่อหาเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่สามารถใช้ทำนายอายุการใช้งานคงเหลือ (Remaining Useful Lifetime: RUL) ของเครื่องยนต์อากาศยานแบบ Turbofan ได้อย่างแม่นยำมากที่สุด โดยผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคป่าแบบสุ่มเป็นเทคนิคที่ให้ความแม่นยำมากที่สุดจากการประเมินด้วยค่ารากที่สองของความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (RMSE)

(Rounak & Manikandan, 2021) มีจุดมุ่งหมายที่จะนำเทคนิค Long Short-Term Memory (LSTM) แบบที่มีโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน (Convolution Neural Network: CNN) และไม่มีโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันมาใช้ในการคาดการณ์อายุการใช้งานคงเหลือ (RUL) ด้วยชุดข้อมูล CMAPSS ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่า LSTM แบบที่ไม่มีโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันนั้นดีกว่า

(Nathaniel , Christopher, & Katherine , 2021) มุ่งเน้นการใช้โมเดลเกี่ยวกับข้อมูล (Data-based models) เพื่อทำการหาอายุการใช้งาน

คงเหลือ (RUL) ของเครื่องยนต์แบบ Turbofan ด้วยชุดข้อมูลใหม่ของ CMAPSS หรือ N-CMAPSS ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันถูกนำมาศึกษาในการหาอายุการใช้งานคงดังกล่าว

วิธีดำเนินการวิจัย

ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นชุดข้อมูลเกี่ยวกับความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์อากาศยานจากระบบฐานข้อมูล Standard Datasets ของ NASA (Chao, 2022) ถูกสร้างขึ้นจากโปรแกรม Commercial Modular Aero-Propulsion System Simulation หรือ C-MAPSS ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับจำลองข้อมูลเครื่องยนต์อากาศยานเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่ที่มีลักษณะเครื่องยนต์แบบ Turbofan ในส่วนของงานวิจัยฉบับนี้จะใช้ชุดข้อมูลที่ได้จากโมเดลที่ปรับปรุงใหม่ในชื่อ N-CMAPSS มาทำการเปรียบเทียบการคาดการณ์ความเสียหายของชิ้นส่วนเครื่องจักรด้วยโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน โดยโมเดลของระบบจะเป็นไปตามสมการที่ 1 รายละเอียดเกี่ยวกับตัวแปรต่างๆ สามารถศึกษาได้จากงานวิจัย (Chao, 2022)

$$[\hat{x}_s^{(t)}, \hat{x}_v^{(t)} = S(\omega^{(t)}, \theta^{(t)})] \quad (1)$$

เมื่อ $\hat{x}_s^{(t)}$ คือคุณสมบัติทางกายภาพจากการวัด
 $\hat{x}_v^{(t)}$ คือคุณสมบัติจากเซนเซอร์เสมือนจริง
 $\omega^{(t)}$ คือข้อบ่งชี้การทำงานของเครื่องยนต์
 $\theta^{(t)}$ คือพารามิเตอร์แสดงสถานะการเสื่อมสภาพ

การเตรียมชุดข้อมูล

ในขั้นตอนของการเตรียมชุดข้อมูลจะเป็นการเตรียมข้อมูลเพื่อเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ หากข้อมูลนั้นไม่มีความสมบูรณ์หรือไม่ได้มีการ

เตรียมชุดข้อมูลให้มีความเหมาะสมจะส่งผลให้การสร้างโมเดลเกิดปัญหาหรือเกิดข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์ได้อาทิเช่น ค่าผิดปกติ (Outliers) ในชุดข้อมูลจะส่งผลให้ ความแม่นยำของโมเดลลดลงหรือเกิดข้อผิดพลาดมากขึ้น โดยกระบวนการสำคัญคือการทำความสะอาดข้อมูล (Clean Data)

1. การจัดการข้อมูลสูญหาย (Missing Data) เมื่อข้อมูลที่ได้มาอาจไม่มีความสมบูรณ์ด้วยเหตุปัจจัยหลายอย่าง จึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีจัดการกับข้อมูลที่สูญหายไปเหล่านี้ เพื่อให้เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์น้อยที่สุด โดยหลัก

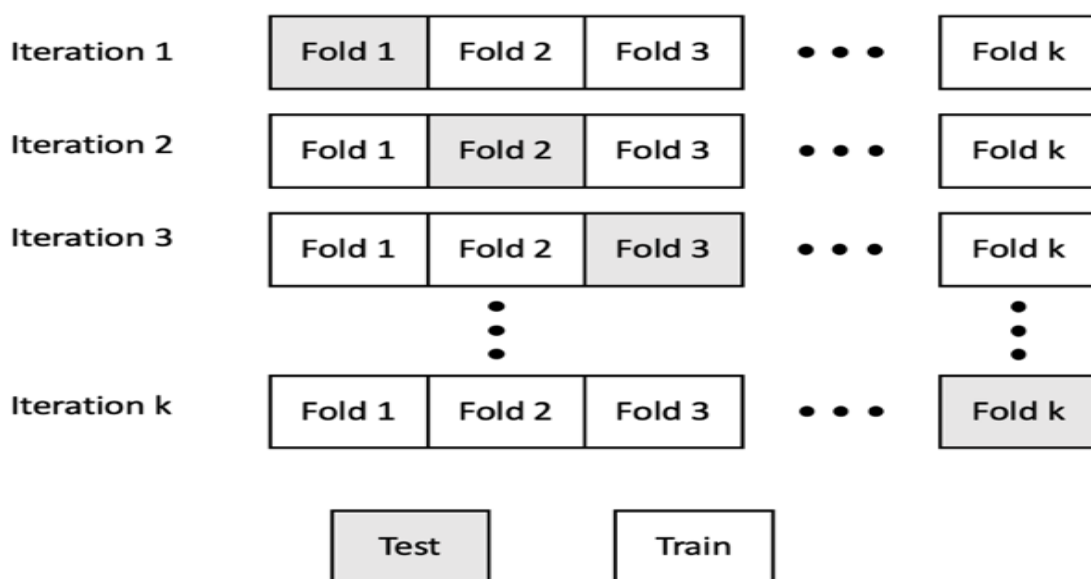
แล้วจะแบ่งออกเป็นสองวิธีได้แก่ การลบทิ้ง และการแทนที่

2. การจัดการชุดข้อมูลเป็นคำกล่าวถึงภาพรวมของการทำความสะอาดข้อมูล นอกเหนือจากการจัดการกับชุดข้อมูลสูญหาย ซึ่งจะมีขั้นตอนวิธีหลากหลายสำหรับการจัดการให้ชุดข้อมูลมีความสมบูรณ์ พร้อมสำหรับการนำไปวิเคราะห์หรือสร้างโมเดล ไม่ว่าจะเป็นการลบคอลัมน์ที่ไม่ต้องการ การเปลี่ยนชื่อคอลัมน์ให้เหมาะสม การจัดการชนิดของข้อมูล (Data Type) การตรวจสอบข้อมูลซ้ำ และขั้นตอนอื่น ๆ ตามความเหมาะสม

3. การจัดการค่าผิดปกติ (Outliers) เป็นการจัดการกับค่าที่มีความแตกต่างจากค่าอื่นในชุด

ข้อมูลอย่างผิดปกติที่อาจมีสาเหตุจากหลายปัจจัย ซึ่งเป็นค่าที่ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้เนื่องจากจะก่อให้เกิดความผิดพลาดกับโมเดลหรือการวิเคราะห์ได้

4. การตรวจสอบไขว้ (Cross-Validation) เป็นการแบ่งชุดข้อมูลที่มีออกเป็นข้อมูลฝึกฝน (Training Data) และข้อมูลทดสอบ (Testing Data) ซึ่งนิยมแบ่งในอัตราส่วน 80:20 หรือ 70:30 ตามลำดับ จากนั้นจะจัดกลุ่มชุดข้อมูลออกเป็น k ชุดหรือที่เรียกว่า k-Fold Cross-Validation เพื่อเป็นการลดความเอนเอียงต่อข้อมูล เนื่องด้วยวิธีการนี้ข้อมูลทั้งหมดจะมีโอกาสเป็นทั้งข้อมูลฝึกฝนและข้อมูลทดสอบ ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยค่าจากตรวจสอบทั้งหมด k รอบดังรูปที่ 1



ภาพประกอบที่ 1 k-Fold Cross-Validation

ในส่วนของงานวิจัยนี้ไม่พบข้อมูลค่าว่าง (Null) แต่ได้มีการจัดการกับข้อมูลเพื่อแบ่งเป็นตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (x) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการวัดด้วยเซนเซอร์ต่าง ๆ และตัวแปรตาม (y) ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์แสดงสถานะการเสื่อมสภาพ โดยมีการแบ่งข้อมูลฝึกฝนจำนวน 552,088 แถวและข้อมูลทดสอบจำนวน 136,263 แถว

การสร้างโมเดล

ในขั้นตอนนี้เทคนิคตามที่ได้กล่าวไว้จะถูกนำมาใช้ในการสร้างโมเดลด้วยภาษา Python บนโปรแกรม Visual Studio Code และจะมีการเรียกใช้ Library ดังต่อไปนี้

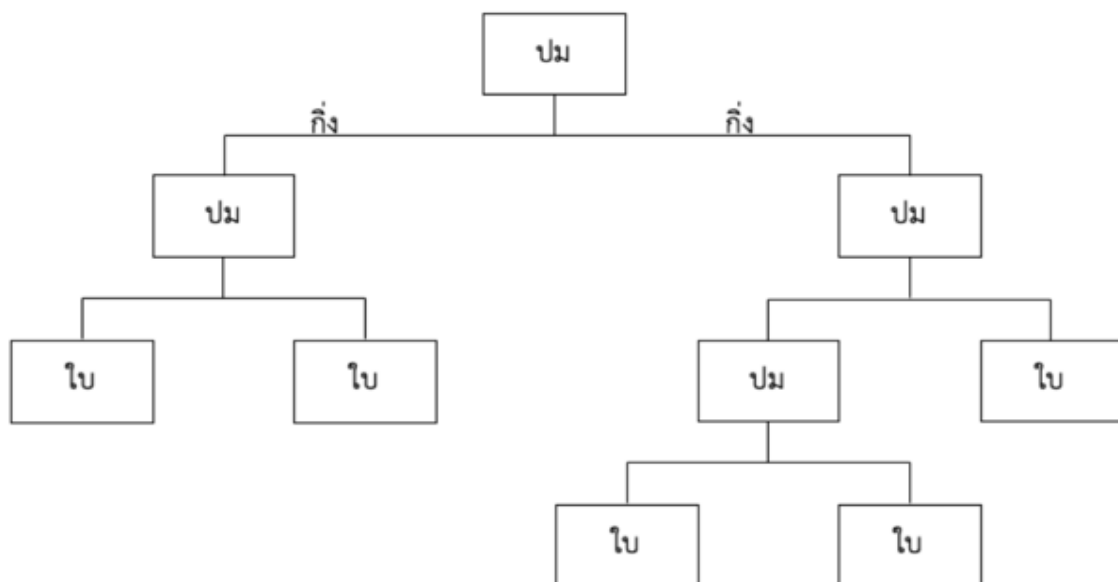
1. Pandas สำหรับการจัดการข้อมูล
2. h5py สำหรับอ่านไฟล์ .h5
3. Numpy สำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์และสถิติ

4. Math สำหรับการใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์
5. Scikit-Learn สำหรับสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง
6. Keras สำหรับสร้างโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม

เพื่อทำการคาดการณ์ความเสียหายของชิ้นส่วนเครื่องจักรด้วยชุดข้อมูลที่ได้เตรียมไว้ในสองขั้นตอนที่ผ่านมาและเพื่อการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลนั้นรายละเอียดในแต่ละเทคนิคจะถูกกล่าวถึงต่อจากนี้

1. ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เป็นเทคนิคที่เป็นที่รู้จักและมีความแพร่หลายเนื่องจากมีรูปแบบที่เข้าใจง่าย มีลักษณะการเรียนรู้แบบมี

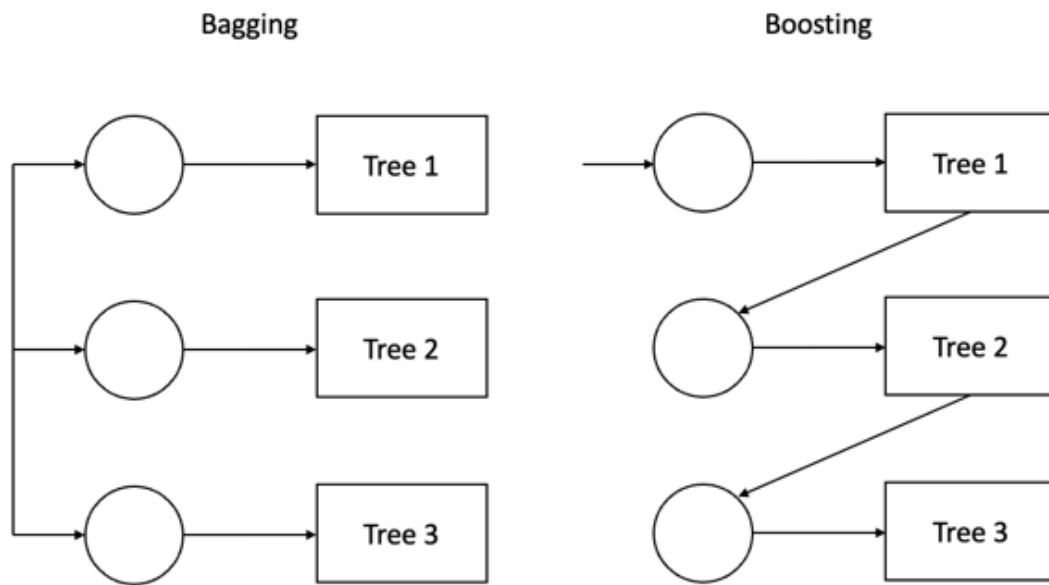
ผู้สอนสำหรับแก้ปัญหาได้ทั้งการจำแนกประเภท (Classification) ที่ผลลัพธ์จะเป็นกลุ่มหรือหมวดหมู่ (Categorical) และการถดถอย (Regression) ที่ตัวแปรจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous) แต่ส่วนใหญ่จะนิยมใช้สำหรับการจำแนกประเภท ต้นไม้ตัดสินใจมีองค์ประกอบหลักสามอย่างด้วยกันได้แก่ ปม (Node) กิ่ง (Branch) และใบ (Leaf) ในแต่ละปมจะแสดงถึงลักษณะประจำ (Attributes) ในหมวดหมู่และจะมีปมราก (Root Node) เป็นปมแรก การตัดสินใจหรือผลลัพธ์ที่ได้จะถูกแทนด้วยใบ ซึ่งจะมีกิ่งสำหรับแสดงค่าของแต่ละคุณลักษณะดังรูปที่ 2 (J. R., 1986)



ภาพประกอบที่ 2 ต้นไม้ตัดสินใจ

2. ป่าแบบสุ่ม (Random Forest) ถึงแม้ว่าต้นไม้ตัดสินใจจะสามารถเข้าใจได้ง่ายแต่ก็พบว่ามีแนวโน้มที่จะไม่มีความเสถียร (Unstable) ควบคุมขนาดได้ยาก และอาจเจอปัญหาที่โมเดลขณะฝึกสอนมีประสิทธิภาพดีกว่าความเป็นจริง (Overfitting) จึงได้มีการพัฒนาอัลกอริทึมป่าแบบสุ่มมาเพื่อแก้ปัญหานี้ (J. R., 1986) ป่าแบบสุ่มจัดเป็นเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่พัฒนามาจากต้นไม้ตัดสินใจถือเป็นแนวทางการเรียนรู้แบบ Ensemble คือการ

รวมหลายโมเดลเข้าด้วยกันสำหรับแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน สามารถใช้ได้ทั้งการจำแนกประเภทและการถดถอย แบ่งออกเป็นสองประเภทได้แก่ Bagging ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบแยกจากกันโดยอิสระแล้วจึงนำมาประมวลผลในขั้นตอนสุดท้ายและ Boosting ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบที่จะทำการเรียนรู้และปรับปรุงแบบจำลองไปที่ละขั้นตอนดังรูปที่ 3 (Leo, 2001)



ภาพประกอบที่ 3 ปาแบบสุม

3. ขั้นตอนวิธีเพื่อนบ้านใกล้สุด (k-Nearest Neighbor: kNN) เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในกลุ่มของการจำแนกประเภท เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถเข้าใจได้ง่ายไม่ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพสูง ไม่เพียงแต่การจำแนกประเภทเท่านั้นที่เทคนิคนี้สามารถใช้ได้ แต่ยังรวมถึงกลุ่มของการถดถอยเช่นกัน โดยปกติ

ในงานของการจำแนกประเภทเทคนิคนี้จะทำการจัดกลุ่มของข้อมูลใหม่ให้อยู่ในกลุ่มเดียวกับข้อมูลที่ใกล้เคียง ค่า k จะเป็นค่าที่กำหนดจำนวนชุดข้อมูลที่ใกล้เคียงที่ต้องการใช้ในการจำแนกประเภท แต่ในส่วนของการถดถอยนั้นจะเป็นไปตามสมการ Euclidean distance (Korstanje, The kNN Model, 2021)

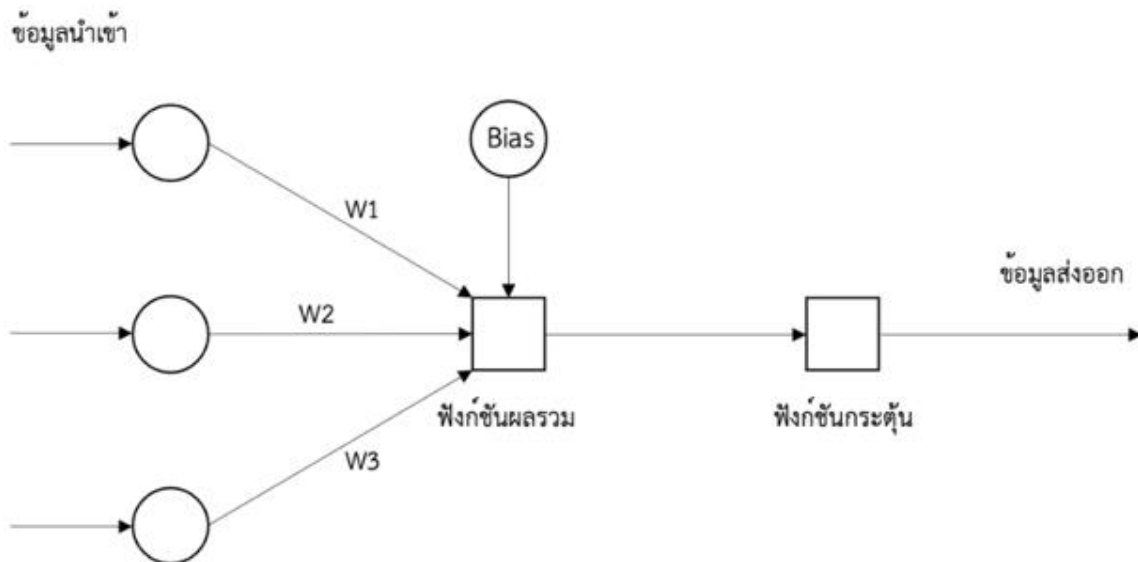
$$d(p, q) = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2}$$

4. โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) การศึกษาในเรื่องนี้เริ่มต้นขึ้นในปี พ.ศ. 2486 เมื่อ McCulloch และ Pitts (Warren & Walter, 1943) ได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แสดงให้เห็นถึงแบบจำลองเซลล์ประสาทและพยายามทำความเข้าใจการทำงานของสมองร่วมกับกฎของ Hebb ซึ่งเสนอขึ้นในปี พ.ศ. 2492 ที่แสดงให้เห็นถึงกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นระหว่างเซลล์ที่เชื่อมต่อกัน (Hebb, 2002) ถือเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาในเรื่องนี้ จากที่ได้กล่าวไปข้างต้นจะเห็นได้ว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีต้นแบบแนวคิดมาจากการทำงานของสมอง

มนุษย์ ซึ่งมีส่วนย่อยคือเซลล์ประสาท (Neuron) เชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย บริเวณที่เชื่อมต่อกันเรียกว่าไซแนปส์ (Synapses) ซึ่งในปี พ.ศ. 2501 Rosenblatt (Rosenblatt, 1958) ได้นำเสนอถึงโครงข่ายประสาทเทียมแบบเพอร์เซปตรอน (Perceptron) ซึ่งถือเป็นรูปแบบพื้นฐานและง่ายที่สุดของโครงข่ายประสาทเทียม จากรูปที่ 4 จะแสดงให้เห็นถึงแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบเพอร์เซปตรอน ปมที่มีลักษณะวงกลมแสดงให้เห็นถึงเซลล์ประสาท แทนการเชื่อมต่อไซแนปส์ด้วยเส้นเชื่อมซึ่งถูกกำกับไว้ด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ในแต่ละเส้น มีฟังก์ชันผลรวมและค่า

ความเอนเอียง (Bias) สำหรับการเชื่อมต่อสื่อสารของเซลล์ประสาทจะเป็นลักษณะของการกระตุ้นด้วยศักย์ไฟฟ้าหรือที่เรียกว่าฟังก์ชันกระตุ้น

(Activation Function) เมื่อการกระตุ้นถึงจุดที่กำหนดการส่งกระแสประสาทจะเกิดขึ้น (Aggarwal, 2018)



ภาพประกอบที่ 4 โครงข่ายประสาทเทียม

5. Gradient Boosting with XGBoost เป็นเทคนิคที่มีพื้นฐานมาจากการเรียนรู้แบบ Ensemble เช่นเดียวกับเทคนิคป่าแบบสุ่มกล่าวคือเป็นการเรียนรู้จากหลายโมเดลร่วมกัน แต่ Gradient Boosting จะเลือกใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบทำซ้ำตามลำดับ ซึ่งจะเป็นการปรับปรุงโมเดลไปทีละขั้นในแต่ละรอบของการเรียนรู้ ส่งผลให้มีความแม่นยำที่สูงกว่าแต่ก็สามารถเกิดปัญหา Overfitting ได้ง่าย ในส่วนของ Extreme Gradient Boosting หรือ XGBoost เป็นเทคนิคที่ปรับปรุงมาจาก Gradient Boosting เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมทั้งยังสามารถลดการเกิด Overfitting ได้ (Korstanje, Gradient Boosting with XGBoost and LightGBM, 2021)

การประเมินโมเดล

ขั้นตอนถัดมาหลังจากที่ได้ทำการสร้างโมเดลเป็นที่เรียบร้อยแล้วคือการประเมินโมเดล ซึ่งก็

คือ ประเมินความสามารถและความแม่นยำในการทำงานของโมเดล เพื่อทำการตัดสินใจว่าโมเดลที่ได้ทำการ สร้างขึ้นมานั้นเหมาะสมที่จะนำไปใช้หรือไม่ หรือควรทำการปรับแต่งให้มีความเหมาะสมก่อน เนื่องจาก ผู้วิจัยเลือกใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอนที่สามารถจำแนกได้เป็นสองประเภทคือ การ ถดถอยและการจำแนก ดังนั้นการประเมินโมเดลจึงมีความแตกต่างกันตามประเภทของการนำไปใช้ ในงานวิจัยฉบับนี้ต้องการ คำนวณการสูญเสียของชิ้นส่วนเครื่องจักรซึ่งเป็นลักษณะข้อมูลที่มี การอ้างอิงตามเวลาจึงจะใช้ อัลกอริทึมประเภทของการถดถอยและจะให้ค่า ผลลัพธ์ในลักษณะของค่า ตัวเลข ดังนั้นการ ประเมินโมเดลจะใช้การวัดระยะที่คลาดเคลื่อน (Error) ด้วยวิธีดังต่อไปนี้

1. สัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of Determination: R2)

$$R^2 = \frac{\Sigma(\hat{y} - \bar{y})^2}{\Sigma(y - \bar{y})^2}$$

2. ความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) และรากที่สองของความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y - \hat{y}_i)^2$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y - \hat{y}_i)^2}$$

เมื่อ y คือค่าจริง (Actual Value)

$\hat{y}$ คือค่าทำนาย (Predicted Value)

$\bar{y}$ คือค่าเฉลี่ยของค่าจริง

n คือจำนวนข้อมูล

การปรับปรุงโมเดล

หากพบว่าโมเดลยังไม่มีความแม่นยำ หรือไม่มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้จากขั้นตอนการประเมินโมเดลก็ต้องนำมาพิจารณาถึงสาเหตุและทำการปรับปรุงโมเดลให้มีความสมบูรณ์เพียงพอต่อการนำไปใช้งาน ปัญหาที่พบโดยส่วนใหญ่นี้คือปัญหา Overfitting ซึ่งจะส่งผลให้โมเดลนั้นมีประสิทธิภาพต่ำเมื่อนำไปใช้กับข้อมูลที่ไม่เคยพบ ดังนั้นจึงต้องทำให้โมเดลสามารถนำไปใช้ได้กับข้อมูลทั่วไปที่โมเดลไม่เคยพบได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือที่เรียกว่าการทำ Generalization

การเปรียบเทียบผลลัพธ์

เมื่อผ่านขั้นตอนของการปรับปรุงโมเดลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นแล้ว โมเดลที่ถูกสร้างขึ้นจากห้าเทคนิคได้แก่ ต้นไม้ตัดสินใจ ป่าแบบสุ่ม ขั้นตอนวิธีเพื่อนบ้านใกล้สุด โครงข่ายประสาทเทียม และ Gradient Boosting with XGBoost จะถูกนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันด้วยการ

วัดค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด และค่ารากที่สองของความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย โดยจะทำการแสดงผลในรูปแบบของตารางแสดงการเปรียบเทียบ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการสร้างโมเดลจากห้าเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องได้แก่ ต้นไม้ตัดสินใจ ป่าแบบสุ่ม ขั้นตอนวิธีเพื่อนบ้านใกล้สุด โครงข่ายประสาทเทียม และ Gradient Boosting with XGBoost ในแต่ละโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องที่ถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องได้รับการฝึกฝนให้สามารถคาดการณ์ความเสียหายของชิ้นส่วนอากาศยานจากชุดข้อมูลที่เตรียมไว้ พร้อมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการคาดการณ์ความเสียหายของชิ้นส่วนอากาศยานโดยใช้ชุดข้อมูลจากโมเดล N-CMAPSS ซึ่งมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 688,351 ชุด 28 แอตทริบิวต์ แบ่งเป็น 552,088 และ 136,263 ชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝนและทดสอบ

โมเดลตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of Determination: R²) และค่ารากที่สองของความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Root

Mean Square Error: RMSE) จะถูกนำมาใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโมเดล ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เปรียบเทียบกับไว้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของโมเดลในแต่ละเทคนิค

Technique	R ²	RMSE
Decision Tree	- 0.2486	2.5157
Random Forest	0.4162	1.4057
kNN	0.4543	2.9364
Artificial Neural Network	0.7578	0.0016
Gradient Boosting with XGBoost	0.3175	0.0038

เมื่อทำการประเมินประสิทธิภาพแต่ละพารามิเตอร์ที่ใช้แสดงสถานการณ์เสื่อมสภาพ

(Model health parameters) ของโมเดลทั้ง 5 เทคนิค ได้ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 6

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของพารามิเตอร์แสดงสถานการณ์เสื่อมสภาพจากเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

Parameters	R ²	RMSE
fan_eff_mod	- 0.0540	0.0091
fan_flow_mod	0.0305	0.0066
LPC_eff_mod	- 0.5703	0.0042
LPC_flow_mod	- 3.1438	0.0041
HPC_eff_mod	0.5778	0.0018
HPC_flow_mod	0.6373	0.0032
HPT_eff_mod	0.5512	0.0020
HPT_flow_mod	- 1.4292	0.0016
LPT_eff_mod	0.0606	0.0029
LPT_flow_mod	0.0504	0.0036

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของพารามิเตอร์แสดงสถานการณ์เสื่อมสภาพจากเทคนิคป่าแบบสุ่ม

Parameters	R ²	RMSE
fan_eff_mod	0.3864	0.0091
fan_flow_mod	0.4615	0.0066
LPC_eff_mod	0.1813	0.0042
LPC_flow_mod	- 0.5709	0.0040
HPC_eff_mod	0.8433	0.0018
HPC_flow_mod	0.8651	0.0032

HPT_eff_mod	0.7583	0.0020
HPT_flow_mod	0.3739	0.0016
LPT_eff_mod	0.5462	0.0029
LPT_flow_mod	0.4635	0.0036

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพของพารามิเตอร์แสดงสถานการณ์เสื่อมสภาพจากเทคนิคขั้นตอนวิธีเพื่อนบ้านใกล้สุด

Parameters	R^2	RMSE
fan_eff_mod	0.0607	0.0086
fan_flow_mod	0.1389	0.0062
LPC_eff_mod	- 0.0906	0.0035
LPC_flow_mod	- 1.1002	0.0029
HPC_eff_mod	0.4164	0.0022
HPC_flow_mod	0.5936	0.0033
HPT_eff_mod	0.5718	0.0020
HPT_flow_mod	- 0.3285	0.0012
LPT_eff_mod	0.2453	0.0026
LPT_flow_mod	0.2422	0.0032

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพของพารามิเตอร์แสดงสถานการณ์เสื่อมสภาพจากเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม

Parameters	R^2	RMSE
fan_eff_mod	0.8996	0.0028
fan_flow_mod	0.8861	0.0023
LPC_eff_mod	0.5776	0.0022
LPC_flow_mod	0.1710	0.0018
HPC_eff_mod	0.8961	0.0009
HPC_flow_mod	0.9103	0.0016
HPT_eff_mod	0.7860	0.0014
HPT_flow_mod	0.1307	0.0009
LPT_eff_mod	0.6811	0.0017
LPT_flow_mod	0.5697	0.0024

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพของพารามิเตอร์แสดงสถานะการเสื่อมสภาพจากเทคนิค Gradient Boosting with XGBoost

Parameters	R^2	RMSE
fan_eff_mod	0.1949	0.0079
fan_flow_mod	0.2285	0.0059
LPC_eff_mod	0.2019	0.0030
LPC_flow_mod	- 0.2051	0.0022
HPC_eff_mod	0.6950	0.0015
HPC_flow_mod	0.6597	0.0030
HPT_eff_mod	0.6761	0.0017
HPT_flow_mod	- 0.0057	0.0010
LPT_eff_mod	0.3812	0.0024
LPT_flow_mod	0.3488	0.0030

จากการประเมินประสิทธิภาพของโมเดลจากเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องทั้งหมด 5 เทคนิคพบว่าเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วยค่าค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) และค่ารากที่สองของความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) เท่ากับ 0.7578 และ 0.0016 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ถึงชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้จะพบว่ามีค่าความซับซ้อนสูงและไม่มีความเป็นเชิงเส้น (Non-Linear) จึงทำให้เทคนิคพื้นฐานมีความคลาดเคลื่อนในการทำนายสูง ในขณะที่เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมสามารถรองรับข้อมูลที่มีลักษณะดังกล่าวได้ดีกว่า

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับคาดการณ์ความเสียหายของเครื่องยนต์อากาศยาน นอกเหนือจากที่ทางผู้วิจัยได้ทดลองไป ยังมีเทคนิคอื่นๆ ที่น่าสนใจและสามารถนำมาใช้ในเชิงเดียวกันได้อาทิเช่น เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก เป็นต้น ซึ่งเทคนิคที่กล่าวมานั้นปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงมีความน่าสนใจที่จะนำมาทดลองและเปรียบเทียบประสิทธิภาพต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- มนัสกานต์ เสนหา. (2559). การทำนายอายุการใช้งานคงเหลือของเครื่องจักรด้วยเน็ตเวิร์กคอนโวลูชันเชิงลึกที่เพิ่มประสิทธิภาพ. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Junjie, L., Jinquan, H., & Feng, I. (1707). Distributed Kernel Extreme Learning Machines for Aircraft Engine Failure Diagnostics. Applied Sciences, 1-19.
- Efstratios , L. N., & Pantelis , B. (2015). Diagnostic methods for an aircraft engine performance. Journal of Engineering Science and Technology Review, 64-72.
- Khanh , T. N., & Kamal, M. (2019). A new dynamic predictive maintenance framework using deep learning for failure prognostics. Reliability Engineering & System Safety, 251-262.

- Gian, A. S., Andrea, S., Simone, P., & Sean, M. (2015). Machine Learning for Predictive Maintenance: A Multiple Classifier Approach. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 812-820.
- Ana, C., Jose, B., Paulo, L., Carla , A. G., Leonel, D., Jacinta, C., . . . Luís, R. (2018). Maintenance 4.0: Intelligent and Predictive Maintenance System Architecture. *IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 4-7.
- Tiago, Z., Cristiano, A. C., Rodrigoda, R. R., Miromar, J. L., Eduardo , S. T., & Guann , P. L. (2020). Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*.
- Thyago , P. C., Fabrizzio , A. S., Roberto, V., Roberto , d. F., João , P. B., & Symone , G. A. (2019). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*.
- Abhinav, S., Kai, G., Don, S., & Neil, E. (2008). Damage propagation modeling for aircraft engine run-to-failure simulation. *International Conference on Prognostics and Health Management*.
- Manuel, A. C., Chetan, S. K., Kai, G., & Olga, F. (2021). Aircraft Engine Run-to-Failure Dataset under Real Flight Conditions for Prognostics and Diagnostics. *Data*, 1-14.
- Chao, C. K. (2022, January 26). NASA Ames Prognostics Data Repository. Retrieved from NASA Ames Prognostics Data Repository: <http://ti.arc.nasa.gov/project/prognostic-data-repository>.
- J. R., Q. (1986). Induction of decision trees. *Machine Learning*, 81-106.
- Bahzad , T. J., & Adnan, M. A. (2021). Classification Based on Decision Tree Algorithm for Machine Learning. *JOURNAL OF APPLIED SCIENCE AND TECHNOLOGY TRENDS*, 20-28.
- Gaurav, S. (2020, June 25). Ensemble Methods in Machine Learning: Bagging Versus Boosting. Retrieved from PLURALSIGHT: <https://www.pluralsight.com/guides/ensemble-methods:-bagging-versus-boosting>
- Leo, B. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 5-32.
- Warren , S. M., & Walter , P. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The bulletin of mathematical biophysics*, 115-133.
- Hebb, D. (2002). *The Organization of Behavior*. New York: Psychology Press.
- Rosenblatt, F. (1958). THE PERCEPTRON: A PROBABILISTIC MODEL FOR INFORMATION STORAGE AND ORGANIZATION IN THE BRAIN. *Psychological Review*, 386-408.
- Aggarwal, C. C. (2018). An Introduction to Neural Networks. In *Neural Networks and Deep Learning* (pp. 1-52). Switzerland: Springer.
- Korstanje, J. (2021). The kNN Model. In J. Korstanje, *Advanced Forecasting with Python With State-of-the-Art-Models Including LSTMs, Facebook's Prophet, and Amazon's DeepAR* (pp. 169-177). Maisons Alfort, France: Apress.

- Korstanje, J. (2021). Gradient Boosting with XGBoost and LightGBM. In J. Korstanje, Advanced Forecasting with Python: With State-of-the-Art-Models Including LSTMs, Facebook's Prophet, and Amazon's DeepAR (pp. 193-205). New York: Apress.
- Vimala, M., Tom, T., Vikram, S., B, M., & M, G. (2017). Prediction of Remaining Useful Lifetime (RUL) of Turbofan Engine using Machine Learning. IEEE International Conference on Circuits and Systems (ICCS 2017), 306-311.
- Rounak, B., & Manikandan, J. (2021). Prediction of Remaining Useful Life for Aero-Engines. 2021 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES). Bali, Indonesia: IEEE .
- Nathaniel, D., Christopher, S., & Katherine, F. (2021). Inception based deep convolutional neural network for remaining useful life estimation of turbofan engines. International Journal of Prognostics and Health Management (pp. 1-6). PHM Society.

การประดิษฐ์ยาสีร้อนสำหรับงานเครื่องประดับจากการใช้วัตถุดิบหลัก (แร่ควอตซ์) ในแหล่งจังหวัดจันทบุรี

Fabrication of Hot Enamel for Jewelry by Using Main Raw Material (Quartz) from Chanthaburi

สุรพงษ์ ปัญญาทา¹, ภัทรา ศรีสุข², ภัทรบดี พิมพิก³

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี^{1,2,3}

Surapong Panyata¹, Pathra Srisukho², Pattarabordee pimki³

Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University^{1,2,3}

E-mail: surapong.p@rbru.ac.th¹

E-mail: pathra.s@rbru.ac.th²

E-mail: pattarabordee.p@rbru.ac.th³

Received: April 28, 2022; Revised: May 18, 2022; Accepted: May 30, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวที่มีเฉดสีเทียบเคียงกับยาสีร้อนที่นำเข้าจากต่างประเทศหรือสร้างเฉดสีเขียวใหม่ จากการใช้แหล่งวัตถุดิบซิลิกาภายในประเทศ จากแหล่งแร่ควอตซ์ ในตำบลเขาบายศรี อำเภอนาใหม่ จังหวัดจันทบุรี โดยศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ของยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศ จากนั้นทำการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียว โดยปรับสัดส่วนวัตถุดิบตั้งต้น อ้างอิงตามข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำต้นแบบยาสีร้อนที่ประดิษฐ์ได้มาเคลือบลงบนแผ่นโลหะทองแดง เพื่อทดสอบความสามารถในการยึดติดกับแผ่นโลหะทองแดง ลักษณะผิวเคลือบและเฉดสีที่ปรากฏจากการสังเกต ผลการทดลองพบว่า องค์ประกอบทางเคมีของยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศ มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบหลักมากกว่า 70 %w/w จัดได้ว่าเป็นแก้วตะกั่ว และมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลักเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวฟลักซ์ทำให้เกิดเป็นแก้ว มีโครเมียมออกไซด์และคอปเปอร์ออกไซด์เป็นสารทำหน้าที่ให้สีเขียว งานวิจัยนี้สามารถประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวที่มีเฉดสีเขียวเข้มได้จากสัดส่วนวัตถุดิบตั้งต้นสูตรที่ 5 โดยมีเหล็กออกไซด์และคอปเปอร์ออกไซด์เป็นตัวที่สร้างแก้วให้มีสีเขียว สามารถนำมาเคลือบลงยาสีร้อนบนแผ่นโลหะทองแดงได้โดยไม่เกิดการแตกร้าวและไม่หลุดออกจากตัวแผ่นโลหะ

คำสำคัญ: ยาสีร้อน การเคลือบลงยา เครื่องประดับ แร่ควอตซ์

Abstract

The project aimed to fabricate a hot green enamel that has a similar color shade to the imported hot green enamel or to create a new green shade. The fabrication process was performed by using locally silica raw materials from quartz in Khao Baisi Subdistrict, Tha Mai District, Chanthaburi Province. The study was first carried out on various properties of

imported hot green enamel. Then, hot green enamel was fabricated by using locally silica raw materials, and the proportion of raw materials was adjusted based on the data analyzed from the imported hot green-color enamel and related research. After that, the received hot green enamel prototype was then coated on the copper sheet to test its adhesion ability with the copper sheet. The appearances of the coating and the color shades were examined from the observation. The results showed that the chemical composition of the imported hot green enamel consists of Lead which is the main component of more than 70 %w/w. Thus, it can be classified as lead glass, and it contains silica as the main component to act as a forming agent to form a glass. It contains chromium oxide and copper oxide as green pigments. In this research, hot green enamel with dark green hues can be successfully fabricated from the ratio of the raw material formulation No. 5, with iron oxide and copper oxide as the pigments of the green glass, as well as being able to be coated on the copper metal sheet without cracking and not falling off the copper metal sheet.

KEYWORDS: Hot Enamel, Vitreous enamel, Jewelry, Quartz

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับของไทยมีความสำคัญต่อการพัฒนาและขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก จะเห็นได้จากข้อมูลการส่งออกสินค้าที่สำคัญของประเทศไทยในช่วง ต้นปี 2563 พบว่าสินค้านำเข้าอัญมณีและเครื่องประดับมีมูลค่าการส่งออกอยู่ในอันดับที่ 2 ของสินค้าส่งออกของไทย (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ ,2563) และ เมื่อ พิจารณา การ ส่ง ออก อัญมณีและเครื่องประดับไทย (รายเดือน) พบว่ามีการเติบโตอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม 2563 ซึ่งมีอัตราการขยายตัวร้อยละ 23.29 เมื่อเทียบกับเดือนกันยายน 2563 จากการส่งออกไปยังหลายตลาดสำคัญได้เพิ่มขึ้น ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ฮองกง เยอรมนี ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น สหราชอาณาจักร สิงคโปร์ และเบลเยียม (ศูนย์ข้อมูลอัญมณีและเครื่องประดับสถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ (องค์การมหาชน, 2563) ซึ่งช่วยผลักดันให้เกิดการสร้างงานสร้างอาชีพให้แก่บุคคลในอุตสาหกรรมอัญมณี

อย่างไรก็ตาม แม้สินค้าอัญมณีและเครื่องประดับของประเทศไทยจะเป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ แต่ก็ยังมีคู่แข่งทางด้านราคา ไม่ว่าจะเป็นประเทศจีน อินเดีย หรืออินโดนีเซีย ดังนั้นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่สินค้าอัญมณีและเครื่องประดับด้วยการออกแบบและพัฒนาสินค้าให้แตกต่างจากคู่แข่ง เน้นความมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว และอยู่ในระดับราคาที่จับต้องได้ รวมถึงการให้ความสำคัญกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต ตลอดจนการนำนวัตกรรมการผลิตใหม่ ๆ เข้ามาใช้เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต เพื่อเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและสามารถรักษาระดับการเป็นผู้นำด้านการส่งออกอัญมณีและเครื่องประดับของโลกได้

การเคลือบลงยาหรือการลงยาสีร้อน (Vitreous enamel) เป็นเทคนิคไทยโบราณหนึ่งที่น่าสนใจและสามารถนำมาตกแต่งเครื่องประดับให้สวยงาม มีคุณค่าและเป็นการเพิ่มมูลค่าได้เนื่องจากเป็นศิลปะบนเครื่องใช้หรือเครื่องประดับที่แสดงออกถึงเอกลักษณ์ไทย ซึ่งเป็นงานฝีมือที่พัฒนามาจากการทำเครื่องทอง เครื่องเงินในสมัยอยุธยา วิชาช่างที่สืบทอดกันมาหลายร้อยปี ความ

วิจิตรบรรจงของเส้นสายลายไทย แต่งแต้มด้วยยา สีหลากหลายสันทันกับจินตนาการอันไร้ขอบเขตของช่างฝีมือไทย ช่วยเพิ่มคุณค่า ความมีชีวิตชีวา สร้างความงดงามอย่างมีศิลปะบนเครื่องใช้หลากหลายชนิด ทำให้เครื่องประดับยางาสีร้อน กลายเป็นชิ้นงานที่มีคุณค่าควรค่าแก่การครอบครอง จึงเป็นงานศิลปหัตถกรรมที่สร้างความประทับใจให้กับผู้มาเยือนชาวต่างชาติได้เสมอ (เครื่องลงยาสี, 2549) แต่ในปัจจุบันนี้ ตลาดการค้าธุรกิจเครื่องประดับในประเทศไทย รวมทั้งในจังหวัดจันทบุรีที่เป็นจังหวัดศูนย์การค้าพลอยและเครื่องประดับของประเทศไทย และกำลังก้าวสู่การเป็นนครอัญมณีโลก ยังพบเห็นเครื่องประดับจากเทคนิคการลงยาสีร้อนอยู่น้อยมาก อาทิ เครื่องประดับยางาสีร้อนสีน้ำเงิน สีแดง และสีเขียว เนื่องจากประเทศไทยยังคงมีข้อจำกัดด้านวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องประดับด้วยเทคนิคการลงยาสีร้อน ด้วยเหตุที่ยาสีร้อนมีราคาสูงมาก เพราะนำเข้าจากต่างประเทศเท่านั้น

จากโครงสร้างทางธรณีวิทยาของจังหวัดจันทบุรีที่เอื้ออำนวยต่อการเกิดแร่ธาตุหลายประเภท จึงทำให้จังหวัดจันทบุรีมีความสมบูรณ์ทางด้านแร่ธาตุและแร่รัตนชาติหลายชนิด โดยแร่ธาตุที่สำคัญ ได้แก่ แร่ทรายแก้ว พบที่ตำบลคลองขุด และตำบลสนามไชย อำเภอนายายอาม หินอ่อนพบที่ตำบลทุ่งขาน อำเภอสอยดาว แร่ควอตซ์และแร่ดินขาวพบที่ตำบลเขาบายศรี อำเภอท่าใหม่ นอกจากนี้ จังหวัดจันทบุรียังเป็นแหล่งกำเนิดแร่รัตนชาติ ซึ่งเป็นพลอยหลากสีอีกแห่งหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นพลอยสีแดง สีน้ำเงิน สีเหลือง สีขาว โดยพบที่ตำบลบางกะจะ อำเภอเมืองจันทบุรี และโดยเฉพาะพลอยสีแดงหรือทับทิมสยาม พบที่ตำบลเขาหัว อำเภอท่าใหม่ ตำบลบ่อเวฬุ และตำบลดงพรม อำเภอขลุง (ธรรมชาติวิทยา สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดจันทบุรี, 2563)

จากที่มาและความสำคัญข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการประดิษฐ์ยาสีร้อน

สีเขียว ซึ่งเป็นหนึ่งในสีหลักสำหรับงานเครื่องประดับยางาสีร้อน โดยจะใช้วัตถุดิบที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ ซิลิกา ภายในประเทศ จากแหล่งแร่ควอตซ์ (Quartz) ในตำบลเขาบายศรี อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี เพื่อให้เกิดการฟอร์มตัวเป็นแก้ว ก่อนจะนำไปดัดเป็นยางาสีร้อน โดยจะประดิษฐ์เป็นยางาสีร้อนสีเขียวที่มีเฉดสีเทียบเคียงหรือเฉดสีเขียวใหม่ เพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้ประกอบการ ร้านค้าและชุมชนท้องถิ่นในจังหวัดจันทบุรี สามารถหาซื้อยางาสีร้อนได้สะดวก และสนับสนุนให้มีการผลิตเครื่องประดับที่มีความเป็นเอกลักษณ์จากเทคนิคการลงยาสีร้อนตามความต้องการความโดดเด่นในรูปลักษณ์ที่แปลกใหม่ เพื่อพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันด้านการส่งออกอัญมณีและเครื่องประดับของประเทศไทยในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและค้นคว้าสัดส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสมในการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวที่มีเฉดสีเทียบเคียงหรือเฉดสีเขียวใหม่ ขึ้นมาใช้เองภายในประเทศ โดยการศึกษาสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางความร้อนของยางาสีร้อนสีเขียวนำเข้าจากต่างประเทศ
2. เพื่อศึกษาและประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวนำเข้าจากแหล่งวัตถุดิบแร่ควอตซ์ภายในประเทศ
3. เพื่อศึกษาผลการเคลือบลงยาสีร้อนสีเขียวนำเข้าจากต่างประเทศและยางาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้

กรอบแนวคิดการวิจัย

สำหรับกรอบแนวคิดที่ใช้ เป็นกรอบแนวทางในการดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาและค้นคว้าสัดส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสมในการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวนำเข้ามาใช้เองภายในประเทศ โดยใช้วัตถุดิบหลัก ซิลิกา ที่เป็นส่วนทำให้เกิดการฟอร์มตัวเป็นแก้ว จากแร่ควอตซ์ที่ได้จากแหล่งตำบลเขาบายศรี อำเภอท่าใหม่

จังหวัดจันทบุรี โดยจะเริ่มจากการศึกษาสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางความร้อนของยาสิร้อนสีเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อจะได้วิเคราะห์สมบัติและนำข้อมูลดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการค้นคว้าหาสัดส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสม และนำข้อมูล

ดังกล่าวไปประยุกต์ในการประดิษฐ์ยาสิร้อนสีเขียวให้ได้เจดสีเทียบเคียงหรือเจดสีเขียวใหม่ เพื่อค้นหาสูตรที่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์เป็นยาสิร้อนสีเขียวสำหรับงานเครื่องประดับ โดยสรุปกรอบแนวคิดการวิจัยแสดงให้เห็นดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการดำเนินการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้องค์ความรู้ในการวิจัยเกี่ยวกับยาสิร้อนสีเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศ และยาสิร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ขึ้นเองภายในประเทศ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้สำหรับสร้างสีสันบนตัวเรือนเครื่องประดับด้วยเทคนิคการลงยาสิร้อน
2. เพื่อสนับสนุนให้เกิดการสร้างสรรค์เครื่องประดับที่ใช้เทคนิคการลงยาสิร้อนสีเขียว เนื่องจากสามารถประดิษฐ์ยาสิร้อนสีเขียวใช้เองภายในประเทศ รวมทั้งสามารถใช้ทรัพยากรภายในประเทศหรือท้องถิ่นที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อศึกษาและทดลองกระบวนการประดิษฐ์ยาสิร้อนสีเขียวสำหรับงานเครื่องประดับจากการใช้วัตถุดิบหลัก ซิลิกาจากแร่ควอตซ์ ที่เป็นสารทำให้เกิดการฟอร์มตัวเป็นแก้วจากแหล่งตำบลเขาบายศรี อำเภอกาแพง จังหวัดจันทบุรี โดยจะเริ่มจากการศึกษาสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางความร้อนของยาสิร้อนสีเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อจะได้วิเคราะห์สมบัติและนำข้อมูลดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการค้นคว้าหาสัดส่วนของวัตถุดิบตั้งต้นที่เหมาะสมในการประดิษฐ์ยาสิร้อนสีเขียวให้ได้เจดสีเทียบเคียงหรือเจดสีเขียวใหม่ ที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์เป็นยาสิร้อนสีเขียวสำหรับงาน

เครื่องประดับ ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ โดยบริษัท รจนาเจียรไน จังหวัดจันทบุรี

1.1 สมบัติทางกายภาพ เช่น สี ลักษณะภายนอกที่มองเห็นด้วยตาเปล่า

1.2 สมบัติทางเคมี เช่น องค์ประกอบทางเคมี ด้วยเทคนิคเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-ray Fluorescence (XRF)) โดยใช้เครื่องมือ Energy dispersive X-ray fluorescence spectroscopy รุ่น JEOL-JSX3400R

1.3 สมบัติทางความร้อน เช่น อุณหภูมิ การเปลี่ยนโครงสร้างแก้ว อุณหภูมิจุดอ่อนตัว และอุณหภูมิหลอมเหลว เป็นต้น ด้วยเทคนิคการ

วิเคราะห์ทางความร้อนแบบอนุพันธ์ของอุณหภูมิ (Differential thermal analysis (DTA/DSC)) จากการใช้เครื่อง Rigaku Thermo plus EVO2 รุ่น TG-DTA8122

2. ศึกษาและค้นคว้าสัดส่วนของวัตถุดิบตั้งต้นสำหรับการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียว

จากการศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (กมลพรรณ เฟื่องพัด และอโนชา หมั่นภักดี, 2558) และข้อมูลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และการวิเคราะห์ทางความร้อนของยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้ได้ข้อมูลของวัตถุดิบตั้งต้นและการปรับสัดส่วนของวัตถุดิบที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรและสัดส่วนสารตั้งต้นที่แตกต่างกันในการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียว

สูตรที่	วัตถุดิบตั้งต้นในการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียว (%w/w)					
	Pb ₃ O ₄ ความบริสุทธิ์ 95%	SiO ₂ ความบริสุทธิ์ 99%	Fe ₂ O ₃ ความบริสุทธิ์ 95%	Cr ₂ O ₃ ความบริสุทธิ์ 95%	CuO ความบริสุทธิ์ 95%	CoO ความบริสุทธิ์ 95%
1	73.214	22.229	0.193	0.650	3.715	-
2	76.038	23.087	0.200	0.675	-	-
3	76.207	23.138	-	0.634	-	0.021
4	76.054	23.092	0.200	0.633	0	0.021
5	73.692	22.374	0.194	0	3.739	-
6	74.453	22.605	0.196	0	2.746	-
7	73.437	22.297	0.193	0	4.072	-

3. ขั้นตอนการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวด้วยเทคนิคกระบวนการหลอมแก้วแบบดั้งเดิม (Conventional glass melting)

1. ผสมวัตถุดิบตั้งต้นในปริมาณสัดส่วนที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 ลงในถ้วยหลอมอะลูมินา ขนาดความกว้าง 7.7 cm และความสูง 7.2 cm

2. นำถ้วยอะลูมินาที่ผสมวัตถุดิบตั้งต้นเรียบร้อยแล้ว เข้าเตาเผาไฟฟ้าอุณหภูมิสูง และ

หลอมวัตถุดิบตั้งต้นที่อุณหภูมิ 1,400 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยมีอัตราการให้ความร้อน 10 °C/นาที

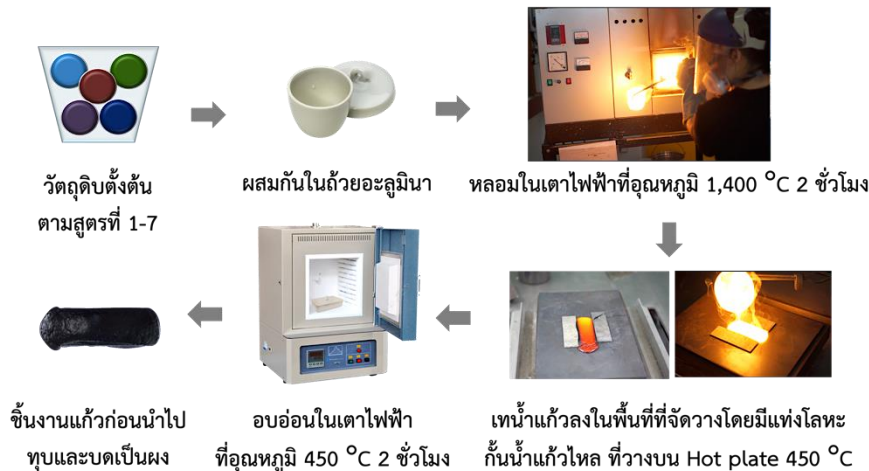
3. ใช้คีมคีบถ้วยหลอมอะลูมินาออกจากเตาเผา และเทน้ำแก้วลงในพื้นที่ที่จัดวางให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยมีแท่งโลหะกั้นน้ำแก้วไหล ซึ่งวางอยู่บนแผ่นความร้อนที่อุณหภูมิ 450 °C

4. รอให้น้ำแก้วฟอรมตัวเป็นแท่งแก้ว แล้วนำแท่งแก้วไปอบอ่อน (Annealing) ในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 450 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำ

แท่งแก้วออกจากเตา เพื่อเตรียมนำไปทุบและบดเป็นผงยาสีร้อน โดยแผนภาพแสดงขั้นตอนการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวด้วยกระบวนการหลอมแก้วแบบดั้งเดิม แสดงได้ดังภาพที่ 2

3. ขั้นตอนการเตรียมผงยาสีร้อนสีเขียว และการเคลือบยาสีร้อนลงบนชิ้นงานโลหะ

1. นำแท่งแก้วที่ผ่านการอบอ่อนจากสูตรการหลอมวัตถุดิบที่แตกต่างกัน มาทุบและบดให้เป็นผงละเอียด โดยการบดด้วยโม่ร่งบดสาร (Agate mortar and pestle)



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการหลอมวัตถุดิบตั้งต้นในเตาเผาอุณหภูมิสูงและการอบอ่อนแท่งแก้ว

3. นำแผ่นโลหะทองแดงที่โรยด้วยผงยาสีร้อนทั่วทั้งแผ่น วางบนแท่นขาตั้งสำหรับการเคลือบผงยาสีร้อนโดยเฉพาะ จากนั้นใช้ปืนพ่นไฟ จำนวน 2 ตัว ให้ความร้อนผ่านด้านบริเวณด้านล่างของแผ่นโลหะทองแดง โดยแผ่นทองแดงจะนำความร้อนไปสู่ผงยาสีร้อน เพื่อให้ผงยาสีร้อนเกิดการหลอมละลายและเคลือบบนแผ่นโลหะทองแดง

2. นำผงยาสีร้อนที่บดจนละเอียด มาโรยบนแผ่นโลหะทองแดง ขนาดความหนา 2 mm ความกว้าง 2 cm และความยาว 2 cm โดยใช้ช้อนตักสารตักผงยาสีร้อนลงในกระชอนตาข่าย และค่อย ๆ โรยผงยาสีร้อนลงบนแผ่นโลหะทองแดง เพื่อให้ผงยาสีร้อนโรยบนแผ่นโลหะทองแดงสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่นโลหะ

4. รอให้ยาสีร้อนที่เคลือบบนแผ่นโลหะทองแดงเย็นตัว ประมาณ 5-10 นาที จะเห็นลักษณะเฉดสีของยาสีร้อนที่เคลือบบนแผ่นโลหะทองแดง

โดยแท่นขาตั้งสำหรับการเคลือบผงยาสีร้อนและการให้ความร้อนเพื่อเคลือบผงยาสีร้อนบนแผ่นโลหะทองแดง แสดงได้ดังภาพที่ 3

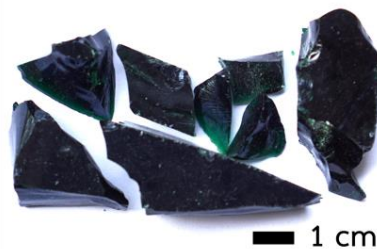


ภาพที่ 3 ขาดังสำหรับการเคลือบลงยาสีร้อนและการให้ความร้อนเพื่อเคลือบลงยาสีร้อน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ โดยบริษัท รจนาเจียรไน จังหวัดจันทบุรี

1.1 สมบัติทางกายภาพ จากการตรวจสอบลักษณะภายนอกของยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ พบว่ายาสีร้อนสีเขียวมีลักษณะเป็นก้อนค่อนข้างหนาและมีสีเข้ม เนื้อสีมีความสม่ำเสมอทั้งก้อน พื้นผิวมีความขรุขระเล็กน้อยจากการแตกของก้อนยาสี ก้อนยาสีมีรูพรุนต่ำ มีความแวววาว

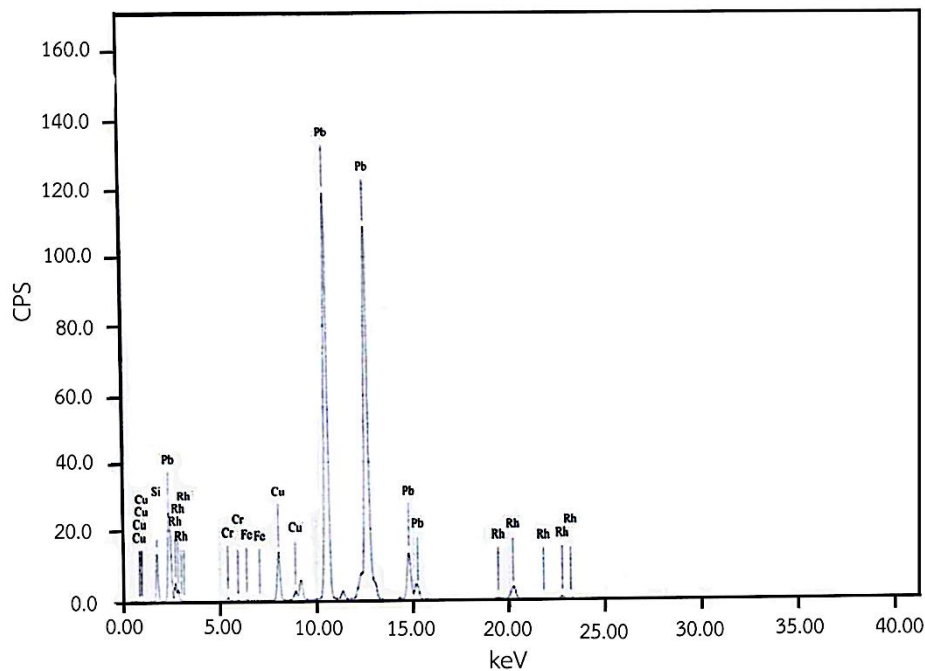


(Lustrous) คล้ายแก้ว ดังแสดงในภาพที่ 4 (ซ้าย) และเมื่อนำก้อนยาสีร้อนไปผ่านการบดด้วยโม่บดสารให้เป็นผงละเอียด พบว่าผงของยาสีร้อนจะมีลักษณะเป็นสีเขียวอ่อน ดังแสดงในภาพที่ 4 (ขวา)

1.2 องค์ประกอบทางเคมี ผลการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ด้วยเทคนิคเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ แสดงได้ภาพที่ 5



ภาพที่ 4 ลักษณะของก้อนยาสีร้อนสีเขียว (ซ้าย) และผงบดละเอียด (ขวา) ที่นำเข้ามาโดย บริษัท รจนาเจียรไน



ภาพที่ 5 รูปแบบของพีค EDXRF ของผงยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ

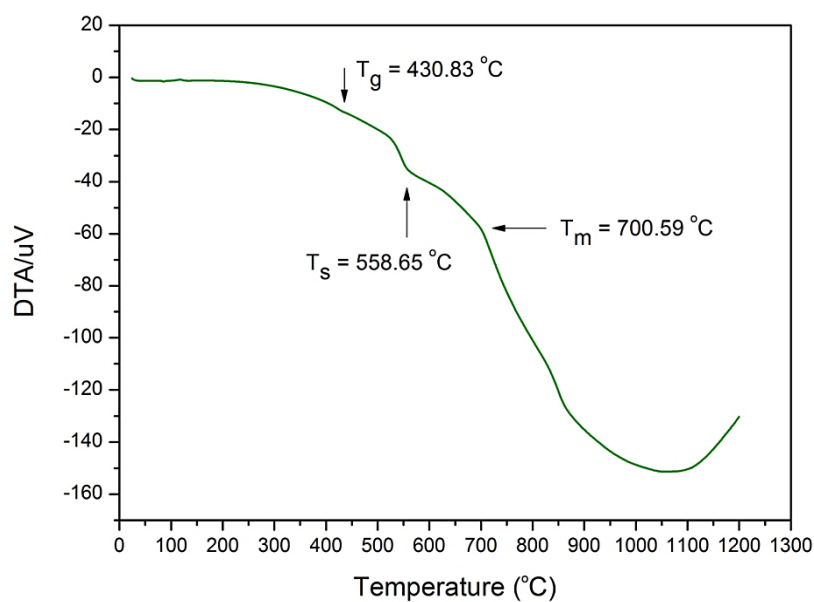
โดยการตรวจสอบจะเป็นการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของธาตุในรูปของสารประกอบออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบของยาสีร้อน ในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก/น้ำหนัก (%w/w) ซึ่งพิกที่ได้จากการวิเคราะห์จะเป็นผลการตรวจจับค่าพลังงานหรือความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์และความเข้มของรังสีเอ็กซ์ที่เป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุที่มีอยู่ในองค์ประกอบของชิ้นงานทดสอบ ผลการตรวจสอบพบว่า ยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศ มีตะกั่วออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก มากกว่า 70 %w/w จึงจัดได้ว่ายาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศเป็นแก้วตะกั่ว (ปริมาณตะกั่วออกไซด์มากกว่า 24 %w/w) และมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลักเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวฟอร์มเมอร์หรือตัวที่ทำให้เกิดเป็นแก้ว และพบโครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) และคอปเปอร์ออกไซด์ (CuO) เป็นสารทำหน้าที่ให้สีเขียว รวมทั้งมีองค์ประกอบของเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ซึ่งมีหน้าที่เป็นสารช่วยพัฒนาให้เกิดสีในแก้ว จึงทำให้ยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศมีสีเขียวเข้ม และเมื่อบดละเอียดให้เป็นผง ผงยาสีร้อนยังคงมีลักษณะเป็นสีเขียว สำหรับพิกของธาตุโรเดียม (Rh) ที่ปรากฏขึ้นจากการวิเคราะห์นั้นเกิดจาก Rh-target X-ray tube ของเครื่องมือ ทั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่ายาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศ มีองค์ประกอบทางเคมีที่ประกอบด้วย ตะกั่ว (PbO) 73.6 %w/w ซิลิกา (SiO_2) 21.9 %w/w เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) 0.19 %w/w โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) 0.64 %w/w และ คอปเปอร์ออกไซด์ (CuO) 3.66 %w/w ซึ่งจากข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าว จึงเป็นข้อมูลนำไปสู่การเตรียมและปรับสัดส่วนวัตถุดิบตั้งต้นในการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวที่แสดงดังตารางที่ 1

1.3 สมบัติทางความร้อน สำหรับผลการ

ตรวจสอบสมบัติทางความร้อนของยาสีร้อนสีเขียวแสดงดังภาพที่ 6 พบว่าเกิดพิก 2 จุด ที่แสดงการคายพลังงาน (Exothermic) ของยาสีร้อนสีเขียว โดยพิกที่ 1 เกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ $430.83\text{ }^{\circ}\text{C}$ พิกที่เกิดขึ้นนี้จะแสดงถึงอุณหภูมิการเปลี่ยนโครงสร้างแก้ว (T_g) และพิกที่ 2 เกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ $558.65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่แสดงถึงอุณหภูมิจุดอ่อนตัว (Softening point: T_s) ของยาสีร้อนสีเขียว นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์พบพิกที่แสดงการดูดพลังงาน (Endothermic) ของยาสีร้อนสีเขียว ณ อุณหภูมิประมาณ $700.59\text{ }^{\circ}\text{C}$ พิกที่เกิดขึ้นนี้จะแสดงถึงอุณหภูมิหลอมเหลว (T_m) ของยาสีร้อนสีเขียว ดังนั้น จากผลการตรวจสอบสมบัติทางความร้อนของยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศ จึงทำให้ทราบถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบอ่อน สำหรับการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ $430\text{ }^{\circ}\text{C}$ โดยในการวิจัยครั้งนี้จะเลือกใช้อุณหภูมิอบอ่อนที่ $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ อ้างอิงจากข้อมูลการวิเคราะห์ทางความร้อน และการประยุกต์ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (กมลพรรณ เฟื่องพัด และอนิชา หมั่นภักดี, 2556)

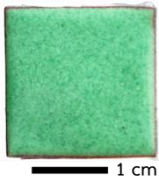
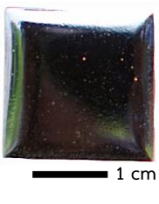
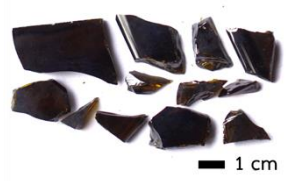
2. ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวด้วยกระบวนการหลอมแก้วแบบดั้งเดิมและการเคลือบยาสีร้อนลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง

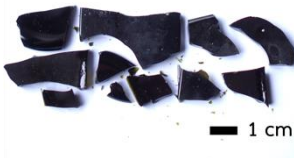
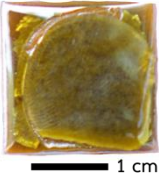
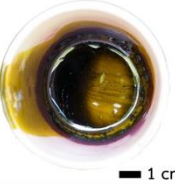
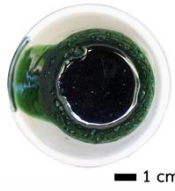
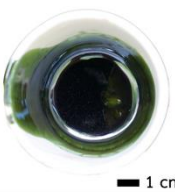
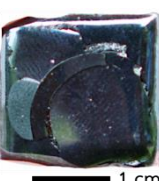
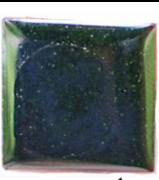
จากการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวด้วยกระบวนการหลอมแก้วแบบดั้งเดิม ด้วยส่วนผสมวัตถุดิบตั้งต้นในปริมาณสัดส่วนที่แตกต่างกัน ดังส่วนผสมในตารางที่ 1 นั้น ลักษณะของเฉดสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินา ชิ้นงานยาสีร้อนสีเขียว ผงยาสีร้อนสีเขียวบดละเอียด และลักษณะเฉดสีของยาสีร้อนหลังเคลือบลงบนแผ่นโลหะทองแดงแสดงให้เห็นได้ดังตารางที่ 2



ภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ

ตารางที่ 2 ลักษณะเฉดสีของยาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้และเฉดสีของยาสีร้อนหลังเคลือบลงบนแผ่นโลหะทองแดง

สูตร ที่	สีของยาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้			
	สีที่ปรากฏในถ้วย อะลูมินา	สีที่ปรากฏในชิ้นงานหลังการ ทุบเพื่อเตรียมบด	สีของชิ้นงานที่บด เป็นผง	สีของยาสีร้อนหลัง การเคลือบลงบน แผ่นโลหะทองแดง
	ยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้ามาจาก ต่างประเทศ	 1 cm	 1 cm	 1 cm
1	 1 cm	 1 cm	 1 cm	 1 cm
2	 1 cm	 1 cm	 1 cm	 1 cm

สูตร ที่	สีของยาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้			
	สีที่ปรากฏในถ้วย อะลูมินา	สีที่ปรากฏในชิ้นงานหลังการ ทุบเพื่อเตรียมบด	สีของชิ้นงานที่บด เป็นผง	สีของยาสีร้อนหลัง การเคลือบลงบน แผ่นโลหะทองแดง
3				
4				
5				
6				
7				

2.1 ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อน สีเขียวและการเคลือบยาสีร้อนลงบนชิ้นงาน โลหะทองแดง สูตรที่ 1

สัดส่วนของวัตถุดิบตั้งต้นของยาสีร้อนสูตร
ที่ 1 จะใช้สัดส่วนวัตถุดิบอ้างอิงตามองค์ประกอบ
ทางเคมีของยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้าจาก
ต่างประเทศ ซึ่งผลการทดลองพบว่าเฉดสีเขียวที่
ปรากฏในถ้วยอะลูมินาจะเป็นสีเขียวเข้มคล้ายสี
เขียวขี้ม้า เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานจะเห็นได้ว่า
ชิ้นงานยาสีร้อน สูตรที่ 1 จะมีลักษณะเป็นแก้วทึบ

แสง ไม่สามารถมองเห็นได้ว่าเป็นสีเขียว แต่
หลังจากนำไปบดเป็นผงละเอียด จะพบว่าผงของ
ยาสีร้อน สูตรที่ 1 จะปรากฏเป็นสีเขียวขี้ม้าอ่อน
และเมื่อนำไปเคลือบบนโลหะทองแดง จะพบว่าผง
ยาสีร้อน สูตรที่ 1 สามารถหลอมละลายเคลือบบน
ผิวของแผ่นทองแดงได้อย่างเรียบเนียน และเมื่อ
เย็นตัว ยาสีร้อนที่เคลือบบนแผ่นทองแดงจะ
ปรากฏเป็นสีเข้มมาก และทึบแสง โดยไม่มีการ
แตกร้าวหรือหลุดออกจากแผ่นทองแดง

2.2 ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวและการเคลือบยาสีร้อนลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง สูตรที่ 2

สัดส่วนของวัตถุดิบตั้งต้นของยาสีร้อนสูตรที่ 2 จะมีการปรับสัดส่วนวัตถุดิบ ซึ่งจะไม่ผสมคอปเปอร์ออกไซด์ โดยสันนิษฐานว่าการผสมเฉพาะโครเมียมออกไซด์จะสามารถให้สีเขียวที่มีความสว่างมากกว่าสูตรที่ 1 โดยผลการทดลองพบว่า โครเมียมออกไซด์ยังคงไม่สามารถสร้างเฉดสีเขียวให้กับแก้วได้ ซึ่งสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินาจะเป็นสีเหลืองอมน้ำตาล เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานจะเห็นได้ว่าชิ้นงานยาสีร้อนสูตรที่ 2 จะมีลักษณะเป็นแก้วทึบแสง แต่จะเห็นเป็นสีเหลืองอมน้ำตาล แต่หลังจากนำไปดเป็นผงละเอียด จะพบว่าผงของยาสีร้อน สูตรที่ 2 จะปรากฏเป็นสีเหลืองอ่อน และเมื่อนำไปเคลือบบนโลหะทองแดง จะพบว่าผงยาสีร้อน สูตรที่ 2 สามารถหลอมละลายเคลือบบนผิวของแผ่นทองแดงได้ โดยผิวยาสีร้อนที่เคลือบจะปรากฏสีเหลืองหม่น แต่ระหว่างการเย็นตัวยาสีร้อนจะเกิดการร้าวและแตกออกจากชั้นของแผ่นยาสีร้อนที่เคลือบ

2.3 ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวและการเคลือบยาสีร้อนลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง สูตรที่ 3

สัดส่วนของวัตถุดิบตั้งต้นของยาสีร้อนสูตรที่ 3 จะมีการปรับสัดส่วนวัตถุดิบจากการประยุกต์ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (กมลพรรณ เฟื่องพิต และอโนชา หมั่นภักดี, 2556) โดยการใช้โครเมียมออกไซด์ผสมกับโคบอลต์ออกไซด์เป็นสารตั้งต้นในการสร้างสีเขียวให้กับแก้ว โดยจะไม่ผสมเหล็กออกไซด์ โดยผลการทดลองพบว่าสัดส่วนของโครเมียมออกไซด์ผสมกับโคบอลต์ออกไซด์ของสูตรที่ 3 ยังคงไม่สามารถสร้างเฉดสีเขียวให้กับแก้วได้เช่นกัน ซึ่งสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินาจะเป็นสีเหลืองเข้มอมน้ำตาล เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานจะเห็นได้ว่าชิ้นงานยาสีร้อนสูตรที่ 3 จะมีลักษณะเป็นแก้วทึบแสง ไม่สามารถมองเห็นสีที่ชัดเจนได้ แต่หลังจาก

นำไปดเป็นผงละเอียด จะพบว่าผงของยาสีร้อนสูตรที่ 3 จะปรากฏเป็นสีเหลืองอมเขียว และเมื่อนำไปเคลือบบนโลหะทองแดง จะพบว่าผงยาสีร้อนสูตรที่ 3 สามารถหลอมละลายเคลือบบนผิวของแผ่นทองแดงได้ โดยผิวของยาสีร้อนที่เคลือบจะปรากฏสีเหลืองหม่นอมเขียว แต่ระหว่างการเย็นตัวยาสีร้อนจะเกิดการร้าวและแตกออกจากชั้นของแผ่นยาสีร้อนที่เคลือบ เหมือนกับสูตรที่ 2

2.4 ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวและการเคลือบยาสีร้อนลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง สูตรที่ 4

สัดส่วนของวัตถุดิบตั้งต้นของยาสีร้อนสูตรที่ 4 จะมีการปรับสัดส่วนวัตถุดิบจากสูตรที่ 3 โดยจะเพิ่มเหล็กออกไซด์เป็นส่วนผสม ผลการทดลองพบว่าสูตรที่ 4 ยังคงไม่สามารถสร้างเฉดสีเขียวให้กับแก้วได้ ซึ่งสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินาจะเป็นสีเหลืองเข้มอมน้ำตาล คล้ายสูตรที่ 3 และเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานจะเห็นได้ว่าชิ้นงานยาสีร้อนสูตรที่ 4 จะมีลักษณะเป็นแก้วทึบแสง แต่เศษเล็ก ๆ ของแก้วทำให้มองเห็นว่าสีของชิ้นงานนั้นเป็นสีเหลืองอมเขียว หลังจากนำไปดเป็นผงละเอียด จะพบว่าผงของยาสีร้อน สูตรที่ 4 จะปรากฏเป็นสีเหลืองอมเขียว เช่นเดียวกับสีของเศษแก้ว และเมื่อนำไปเคลือบบนโลหะทองแดง จะพบว่าผงยาสีร้อน สูตรที่ 4 สามารถหลอมละลายเคลือบบนผิวของแผ่นทองแดงได้ โดยผิวยาสีร้อนที่เคลือบจะปรากฏสีเหลืองค่อนข้างน้ำตาล แต่ระหว่างการเย็นตัวยาสีร้อนจะเกิดการร้าวและแตกออกจากแผ่นของยาสีร้อนที่เคลือบ เหมือนกับสูตรที่ 2 และ สูตรที่ 3

2.5 ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวและการเคลือบยาสีร้อนลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง สูตรที่ 5

สัดส่วนของวัตถุดิบตั้งต้นของยาสีร้อนสูตรที่ 5 จะมีการปรับสัดส่วนวัตถุดิบจากสูตรที่ 1 โดยจะไม่ผสมโครเมียมออกไซด์ จะใช้เหล็กออกไซด์และคอปเปอร์ออกไซด์เป็นสารตั้งต้นในการสร้างสีเขียวให้กับแก้ว ผลการทดลองพบว่าสัดส่วนของเหล็กออกไซด์และคอปเปอร์ออกไซด์ สูตรที่ 5

สามารถสร้างเนตตีเขียวให้กับแก้วได้ ซึ่งสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินาจะเป็นสีเขียวเข้ม และเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานจะเห็นได้ว่าเศษชิ้นงานยาสีร้อนสูตรที่ 5 จะมีลักษณะเป็นแก้วทึบแสง แต่เศษเล็ก ๆ ของแก้วทำให้มองเห็นว่าสีของชิ้นงานนั้นเป็นสีเขียวเข้มเหมือนสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินา หลังจากนำไปบดเป็นผงละเอียด จะพบว่าผงของยาสีร้อน สูตรที่ 5 จะปรากฏเป็นสีเขียวอ่อน และเมื่อนำไปเคลือบบนโลหะทองแดง จะพบว่าผงยาสีร้อน สูตรที่ 5 สามารถหลอมละลายเคลือบบนผิวของแผ่นทองแดงได้อย่างเรียบเนียนทั่วทั้งแผ่นทองแดง และเมื่อเย็นตัว ยาสีร้อนที่เคลือบบนแผ่นทองแดงจะปรากฏเป็นสีเขียวเข้ม และไม่มีการร้าว ไม่มีการแตกของชั้นเคลือบยาสีร้อน

2.6 ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวและการเคลือบยาสีร้อนลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง สูตรที่ 6

สัดส่วนของวัตถุดิบตั้งต้นของยาสีร้อนสูตรที่ 6 จะเป็นการปรับสัดส่วนวัตถุดิบจากสูตรที่ 5 โดยใช้สารตั้งต้นเหมือนกับสูตรที่ 5 แต่จะลดปริมาณคอปเปอร์ออกไซด์ เพื่อต้องการลดความเข้มของสีเขียวของแก้วให้อ่อนลง ผลการทดลองพบว่าการลดปริมาณคอปเปอร์ออกไซด์ สูตรที่ 6 สามารถลดเนตตีเขียวของแก้วให้อ่อนลงได้ ซึ่งสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินาจะเป็นสีเขียวอ่อนกว่าสูตรที่ 5 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานจะเห็นได้ว่าเศษชิ้นงานยาสีร้อน สูตรที่ 6 จะมีลักษณะเป็นแก้วทึบแสง และเศษเล็ก ๆ ของแก้วทำให้มองเห็นว่าสีของชิ้นงานนั้นเป็นสีเหลืองอมเขียว คล้ายชิ้นงานยาสีร้อน สูตรที่ 4 ซึ่งสีของเศษชิ้นงานที่ปรากฏจะแตกต่างจากสีเขียวที่มองเห็นในถ้วยอะลูมินา หลังจากนำไปบดเป็นผงละเอียด จะพบว่าผงของยาสีร้อน สูตรที่ 6 จะปรากฏเป็นสีเหลืองอมเขียว และมีสีที่เข้มกว่า ผงยาสีร้อนสูตรที่ 4 และเมื่อนำไปเคลือบบนโลหะทองแดง จะพบว่าผงยาสีร้อน สูตรที่ 6 สามารถหลอมละลายเคลือบบนผิวของแผ่นทองแดงได้ โดยผิวยาสีร้อนที่เคลือบจะปรากฏสีเขียวเข้มที่สังเกตเห็นได้ค่อนข้างยาก แต่ระหว่าง

การเย็นตัว ยาสีร้อนจะเกิดการร้าวและแตกออกจากแผ่นของยาสีร้อนที่เคลือบ เหมือนสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4

2.7 ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวและการเคลือบยาสีร้อนลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง สูตรที่ 7

สัดส่วนของวัตถุดิบตั้งต้นของยาสีร้อนสูตรที่ 7 จะเป็นการปรับสัดส่วนวัตถุดิบจากสูตรที่ 5 โดยใช้สารตั้งต้นเหมือนกับสูตรที่ 5 แต่จะเพิ่มปริมาณคอปเปอร์ออกไซด์ ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณคอปเปอร์ออกไซด์ สูตรที่ 7 ทำให้แก้วมีสีเขียวเข้มขึ้น ซึ่งสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินาจะเป็นสีเขียวเข้มมากกว่ายาสีร้อน สูตรที่ 5 และสูตรที่ 6 และเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานจะเห็นได้ว่า เศษชิ้นงานยาสีร้อน สูตรที่ 7 จะมีลักษณะเป็นแก้วทึบแสง และไม่สามารถมองเห็นสีที่ชัดเจนได้ หลังจากนำไปบดเป็นผงละเอียด จะพบว่าผงของยาสีร้อน สูตรที่ 7 จะปรากฏเป็นสีเขียวอ่อนแต่จะมีความเข้มมากกว่าผงยาสีร้อนจากสูตรที่ 5 และเมื่อนำไปเคลือบบนโลหะทองแดง จะพบว่าผงยาสีร้อน สูตรที่ 7 สามารถหลอมละลายเคลือบบนผิวของแผ่นทองแดงได้อย่างเรียบเนียนทั่วทั้งแผ่น และเมื่อเย็นตัว ยาสีร้อนที่เคลือบบนแผ่นทองแดงจะปรากฏเป็นสีเขียวเข้มมากคล้ายสีของผิวยาสีร้อนที่เคลือบแผ่นทองแดง สูตรที่ 1 แต่สีผิวเคลือบของยาสีร้อน สูตรที่ 7 จะมีความสว่างกว่าสูตรที่ 1 เล็กน้อย นอกจากนี้ ผิวเคลือบยาสีร้อนของสูตรที่ 7 ไม่มีการร้าวและไม่มีการแตกของชั้นเคลือบยาสีร้อน

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้สามารถประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวจากการใช้วัตถุดิบภายในประเทศที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ ซิลิกา จากแหล่งแร่ควอตซ์ ในตำบลเขาบายศรี อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ได้สำเร็จ โดยสรุปผลการศึกษาร่วมกับองค์ประกอบทางเคมีของยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ พบว่ามีตะกั่วเป็นองค์ประกอบหลัก มากกว่า

70 %w/w จึงจัดได้ว่ายาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศเป็นแก้วตะกั่ว และมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลักเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวฟอร์มเมอร์หรือตัวที่ทำให้เกิดเป็นแก้ว โดยมีโครเมียมออกไซด์และคอปเปอร์ออกไซด์เป็นสารทำหน้าที่ให้สีเขียว คณะผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลดังกล่าวประกอบกับการศึกษาและค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการปรับสูตรและสัดส่วนของวัตถุดิบเพื่อประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวขึ้นมาภายในประเทศ โดยผลการวิจัยสามารถประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวที่มีเฉดสีเขียวเข้มและสว่างได้จากสัดส่วนวัตถุดิบตั้งต้นสูตรที่ 5 โดยมีเหล็กออกไซด์และคอปเปอร์ออกไซด์เป็นตัวให้สีเขียว ทำให้เกิดแก้วที่มีสีเขียวได้ นอกจากนี้ ยังสามารถนำมาเคลือบลงยาสีร้อนบนแผ่นโลหะทองแดงได้ โดยไม่เกิดการแตกร้าวและไม่หลุดออกจากตัวแผ่นโลหะทองแดง แม้ว่ายาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้จะมีเฉดสีที่เข้มกว่าเฉดสีเขียวของยาสีร้อนที่นำเข้าจากต่างประเทศ แต่ผลการวิจัยนี้สามารถประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียว

เข้มที่เป็นเฉดสีเขียวทางเลือกให้กับการนำไปประยุกต์สร้างสีสันบนตัวเรือนเครื่องประดับได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการวิจัยและพัฒนาสูตรการประดิษฐ์ยาสีร้อนที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยยังคงรักษาสมบัติต่าง ๆ ของยาสีร้อนให้คงเดิม เนื่องจากยาสีร้อนที่นำเข้าจากต่างประเทศมีตะกั่วเป็นองค์ประกอบมากกว่า 70 %w/w ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับเครื่องประดับลงยาสีร้อน

2. ควรมีการต่อยอดการนำต้นแบบยาสีร้อนสีเขียวที่ผลิตได้ไปทดลองเคลือบลงยาสีร้อนบนแผ่นโลหะเงิน เพื่อเปรียบเทียบเฉดสีของชั้นเคลือบยาสีร้อนสีเขียวที่จะปรากฏบนแผ่นโลหะเงิน เทียบกับการเคลือบยาสีร้อนบนแผ่นโลหะทองแดง

เอกสารอ้างอิง

- กมลพรรณ เพ็งพัด และอโนชา หมั่นภักดี. (2556). รายงานการวิจัย การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตแก้วคริสตัลสีแดงด้วยปฏิกิริยารีดักชัน. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- กมลพรรณ เพ็งพัด และอโนชา หมั่นภักดี. (2558). รายงานการวิจัย การพัฒนาเทคโนโลยีใหม่สำหรับการผลิตแก้วคริสตัลแดงและโลหะผสมซิลเวอร์เคลย์เพื่อใช้งานด้านการประดับตกแต่ง. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- เครื่องลงยาสี. (2549). เครื่องลงยาสีโบราณ (Thai Enamel). สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2563, จาก http://www.thaienamel.com/index.php?option=com_content&view=article&id=43&Itemid=85&lang=th.
- ธรรมชาติวิทยา สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดจันทบุรี. (2563). แร่ธาตุและป่าไม้. สืบค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2563, จาก <http://164.115.23.146/chanthaburi/mineral.html>.
- ศูนย์ข้อมูลอัญมณีและเครื่องประดับ สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2563). สถานการณ์ส่งออกอัญมณีและเครื่องประดับไทยเดือนมกราคม-ตุลาคม ปี 2563. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 ธันวาคม 2563, จาก <https://infocenter.git.or.th/storage/files/UwcgoGzDHJJKOoAsYhC28IninfXUHRz54SAks0vd.pdf>.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์. (2563). สรุปภาพรวมการส่งออกไทย 2020. สืบค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2563, จาก <https://tradereport.moc.go.th/Report/Default.aspx?Report=MenucomRecode&ImExType=1&Lang=Th>.

Jeanne Werge-Hartley. (2005). **Enamelling on precious metals**. Malaysia: The Crowood Press Ltd.

Karen L. Cohen. (2019). **The art of fine enameling (second edition)**. Landham Maryland, United State: The Rowman & Littlefield Publishing Group, Inc.

กัญญณัช คุณาบุตร¹, ศรายุทธ นนท์ศิริ², ณปภัช วิชัยดิษฐ์³
ห้องปฏิบัติการวิจัยปัญญาประดิษฐ์และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
Kanyanat Khunabut¹, Sarayut Nonsiri²,
Napaphat Vichaidis³
Faculty of Information Technology, Thai-Nichi Institute
of Technology
E-mail: kh.kanyanat_st@tni.ac.th¹, sarayut.n@tni.ac.th²,
rutairat@tni.ac.th³

Received: April 28, 2022; Revised: May 18, 2022; Accepted: May 30, 2022

บทคัดย่อ

ปัจจุบันหลายบริษัทในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องประดับมีการบันทึกข้อมูลการทำงานของพนักงานฝ่ายผลิต ลงในระบบบริหารจัดการทรัพยากรภายในองค์กร (Enterprise resource planning system : ERP) แต่ยังไม่มีการนำข้อมูลมาใช้ให้เกิดประโยชน์เท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำข้อมูลที่มีอยู่มาใช้ในการวิจัยนี้ โดยนำข้อมูลของแผนกฝังอัญมณีในปี พ.ศ. 2564 มาศึกษา วิเคราะห์ และสรุปผลออกมาเป็นแผนภาพ โดยการนำ Microsoft Power BI เข้ามาใช้งาน จากการสรุปข้อมูลออกมาเป็นแผนภาพและการวิเคราะห์แล้วพบว่าประสิทธิภาพการฝังอัญมณีของพนักงานแผนกฝังสามารถทำได้ 1,742 เม็ด ต่อวันโดยเฉลี่ย โดยพนักงาน 17 คน ในแผนกมีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยต่อวันที่แตกต่างกันเนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น ทักษะ ประสบการณ์ ความเชี่ยวชาญของพนักงานในการฝังอัญมณีแต่ละประเภทที่ต่างกัน รวมถึงคุณภาพชิ้นงานที่ถูกส่งต่อมาจากระบวนการก่อนหน้า ผู้บริหารสามารถนำแผนภาพไปใช้เป็นดัชนี เพื่อพัฒนากระบวนการผลิต หรือเพิ่มทักษะของพนักงานได้ นอกจากนี้ยังพบว่า ประสิทธิภาพในการฝังอัญมณีในแต่ละเดือน มีลักษณะแปรผันตามฤดูกาล ช่วยให้ผู้บริหารเห็นภาพชัดเจนว่า ช่วงเวลาใดของปีที่สามารถทำการทดลองเพื่อปรับปรุงกระบวนการหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

คำสำคัญ: อุตสาหกรรมการผลิต, อัญมณีและเครื่องประดับ, การฝังอัญมณี, การวิเคราะห์ข้อมูล, ธุรกิจอัจฉริยะ

ABSTRACT

Presently many companies in the jewelry manufacturing industry have used enterprise resource planning (ERP) to record their job history but they didn't take advantage from recorded data as they could. Therefore, the researcher aimed to make use from the data. The researcher chose data from the stone setting department to be a study case using Microsoft Power BI as a tool to analyze, summarize, and visualize the resources. After analyzing the dashboard, the researcher found that the average setting performance (ASP) of the whole stone setting department was 1,742 stones per day. Each employee had different ASP because of many factors, such as their skill, and experience in each different setting type, including quality of work from the previous process affected ASP as well. Insight data from the dashboard could be a key performance indicator (KPI) for process improvement activities or employee skill development plans. Moreover, stone setting performance in each month tends to be seasonal which helps executives understand obviously when the suitable time to do testing for process improvement or product development.

KEYWORDS: Manufacturing Industry, Gems and Jewelry, Stone setting, Data Analytics, Business Intelligence

บทนำ

ในปี 2564 ที่ผ่านมา อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าการส่งออกมากเป็นอันดับที่ 5 ของประเทศไทย โดยมีมูลค่ารวม 317,888.61 ล้านบาท คิดเป็น 3.71% ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมด (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2022) โดยมีมูลค่าการส่งออกรองจากอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง และผลิตภัณฑ์พลาสติกตามลำดับ ซึ่งปัจจุบันการผลิตเครื่องประดับยังใช้แรงงานของมนุษย์ที่มีทักษะสูงเป็นส่วนใหญ่ แม้ว่าบางขั้นตอนจะสามารถนำเครื่องจักรมาใช้แทนที่การทำงานของมนุษย์ได้ เช่น การขัดตัวเรือน หรือบางขั้นตอนที่สามารถนำเครื่องจักรมาช่วยทุ่นแรงในการผลิตโดยใช้บุคคลที่มีความเชี่ยวชาญในขั้นตอนนี้ ๆ เป็นผู้ควบคุมเครื่องจักร แต่ยังมีบางขั้นตอนก็ต้องอาศัยประสบการณ์ ทักษะ และความชำนาญของมนุษย์เพื่อรับมือกับข้อจำกัดบางอย่างในการผลิต เช่น ขั้นตอนการฝังอัญมณีลงบนตัวเรือน

เมื่อกล่าวถึงอุตสาหกรรมการผลิตแล้ว สิ่งที่มีมักจะพบคือ การนำระบบบริหารจัดการทรัพยากรภายในองค์กร (Enterprise Resource Planning : ERP) มาใช้ในการบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตควบคู่กันไปกับกระบวนการผลิต เช่น รายละเอียดของชิ้นงานที่ได้รับจากลูกค้า บันทึกการส่งคำสั่งการผลิต บันทึกการซื้อ การนำของเข้ามาใช้ในการผลิต ไม่ว่าจะเป็นโลหะ อัญมณี รวมถึงส่วนประกอบที่ซื้อสำเร็จ หรือบันทึกรายละเอียดของกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอน ซึ่งถือเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญเพื่อนำไปสู่การนำข้อมูลทั้งหมดที่มีไปใช้ในการคำนวณต้นทุน ราคาขาย โดยบันทึกข้อมูลในฝ่ายผลิตมักจะเป็น วันและเวลาที่จ่ายให้-รับคืนจากพนักงานฝ่ายผลิต จำนวนชิ้น น้ำหนัก ส่วนประกอบเพิ่มเติมที่มีการจ่ายให้พนักงาน เช่น ลวดเชื่อม น้ำประสาน อัญมณี เเปอร์เซ็นการอนุมัติให้สูญหาย รวมไปถึงชื่อของพนักงานที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงานในแต่ละขั้นตอน โดยข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลตั้งต้นในการวางแผนการผลิต สร้างดัชนีชี้วัดการปรับปรุง

กระบวนการ และสามารถนำไปใช้วิเคราะห์เพื่อ
ตอบปัญหาทางธุรกิจได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในระบบบริหารจัดการทรัพยากรภายในองค์กรมาทำการสรุป วิเคราะห์เพื่อให้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการฝ่ายผลิตให้กับผู้บริหารในอนาคต โดยการนำโปรแกรม Microsoft Power BI เข้ามาใช้ในการแสดงผลประสิทธิภาพการทำงานของแผนกฝังอัญมณี

วัตถุประสงค์

เพื่อนำเสนอแผนภาพข้อมูล (Data visualization) ที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลตัวอย่างที่ได้จากระบบบริหารจัดการทรัพยากรภายในองค์กร และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานแผนกฝังอัญมณี และนำไปใช้ต่อยอดให้เกิดประโยชน์ภายในองค์กรต่อไป

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้ข้อมูลที่ต้องการในการนำไปใช้ในการสร้างแผนภาพ
2. ได้วิธีการคิดคำนวณการวัดผลการปฏิบัติงานของฝ่ายผลิตที่เหมาะสม
3. ได้แผนภาพแสดงข้อมูลที่เหมาะสมตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ประเภทของการฝังอัญมณี

การฝังอัญมณีเป็นขั้นตอนประกอบอัญมณีเข้ากับตัวเรือนโลหะ โดยใช้เนื้อโลหะของตัวเรือนยึดขอบหรือหน้าของอัญมณีไว้กับตัวเรือน ซึ่งลักษณะการฝังอัญมณีนี้นั้นมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับการออกแบบ หรือความต้องการของลูกค้า ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทหลักได้ดังนี้

1.1 การฝังหนามเตย (Prong setting) เป็นการฝังอัญมณีโดยใช้ขาหรือก้านโลหะ (หรือที่เรียกว่าหนามเตย) เป็นตัวยึดเกาะขอบอัญมณีไว้ โดยก้านหนามเตยนั้นสามารถมีได้

หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ เช่น เป็นทรงกระบอก ทรงสี่เหลี่ยม หรือมีลักษณะคล้ายตัววี ที่เรียกว่าฝังหัวเรือ (V-Prong setting) ที่เหมาะสมสำหรับยึดเกาะอัญมณีที่มีมุมแหลม เช่น อัญมณีทรงหยดน้ำ ซึ่งข้อดีของการฝังหนามเตยคือ เป็นวิธีการฝังที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เสียเนื้อโลหะในการฝังน้อย ได้ชิ้นงานที่มีความโปร่ง น้ำหนักเบา สามารถออกแบบตรงส่วนของกระเปาะขึ้นไปจนถึงหนามเตยได้ค่อนข้างอิสระ แต่เนื่องจากเนื้อโลหะไม่ได้คลุมเนื้ออัญมณีทั้งหมด ดังนั้นอาจจะต้องสวมใส่ด้วยความระมัดระวัง

1.2 การฝังไขปลา (Pavé setting)

เป็นการฝังโดยการเจาะช่องบนตัวเรือน แล้ววางอัญมณีลงในช่องพร้อมกับใช้เครื่องมือในการฝังดันเนื้อโลหะขึ้นมายึดอัญมณีให้ติดกับตัวเรือน แล้วแต่งส่วนที่ดันขึ้นมาให้มีลักษณะกลมเงาเหมือนไขปลา ลักษณะการฝังแบบนี้เหมาะกับอัญมณีขนาดเล็ก และการออกแบบที่มีการเรียงอัญมณีต่อกันจำนวนมากๆ ซึ่งการฝังลักษณะนี้ใช้เวลาในการฝังค่อนข้างมากเพราะพนักงานต้องจิกเนื้อโลหะขึ้นมาด้วยตัวเอง ภายหลังจากจึงมีการปรับปรุงให้การฝังลักษณะนี้ง่ายขึ้นโดยการทำไขปลาไว้บนแม่พิมพ์เจาะช่องบนตัวเรือนไว้เบื้องต้น เพื่อให้หล่อออกมาแล้วตัวเรือนมีไขปลา และช่องสำหรับวางอัญมณีไว้แล้ว พนักงานฝังเพียงวางอัญมณีลงช่อง แล้วโน้มเนื้อโลหะมายึดอัญมณีได้เลย ทำให้การฝังลักษณะนี้ง่ายขึ้น และใช้เวลาน้อยลง ซึ่งสามารถเรียกการฝังนี้ว่า Bead setting ได้เช่นกัน

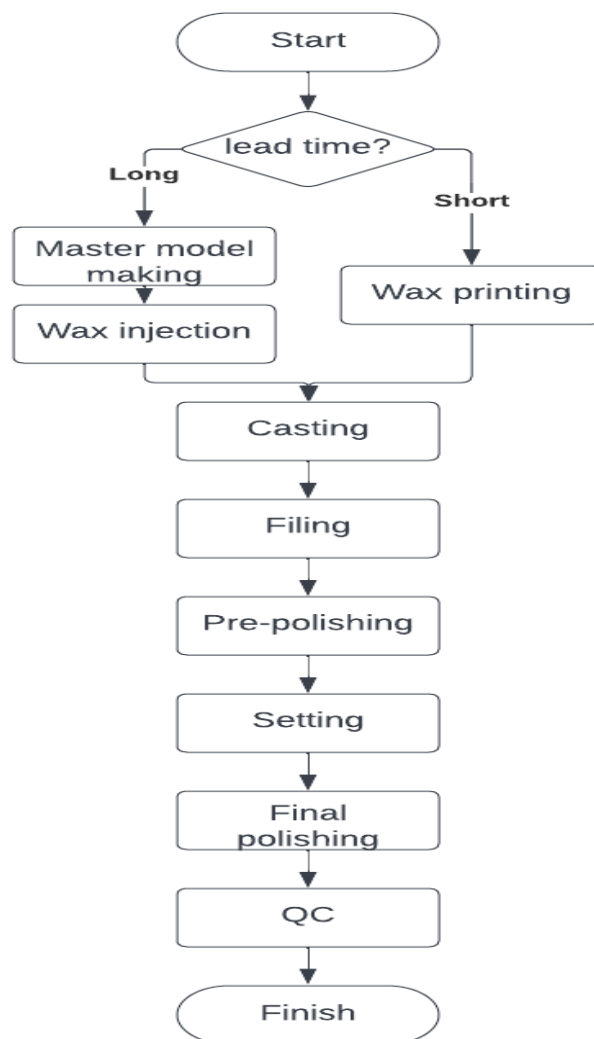
1.3 การฝังหุ้ม (Bezel setting) เป็นการฝังที่ใช้เนื้อโลหะหุ้มรอบ ๆ ขอบอัญมณี เป็นวิธีการฝังที่ใช้เนื้อโลหะมาก และใช้เวลาในการฝังค่อนข้างนาน แต่การฝังประเภทนี้จะมีความแข็งแรงกว่าการฝังประเภทอื่น ๆ เพราะเนื้อโลหะคลุมรอบอัญมณีหมด ทำให้สามารถช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดกับอัญมณีหากถูกกระแทก (Taowongsa, 2014)

2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเวลาที่ใช้ในการฝังอัญมณี

2.1 คุณภาพของชิ้นงานที่มาจากกระบวนการผลิตก่อนหน้า โดยผู้วิจัยจะกล่าวถึงกระบวนการผลิตเครื่องประดับอัญมณีอย่างสั้นและอธิบายว่าแต่ละกระบวนการส่งผลอย่างไรต่อกระบวนการฝังอัญมณี ตามรูปที่ 1

โดยกระบวนการผลิตเริ่มจากการทำชิ้นงานเทียนขึ้นมา ซึ่งปัจจุบันสามารถทำได้โดยการฉีดเทียนร้อนเข้าแม่พิมพ์ยาง (Wax injection)

หรือการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D wax printing) ซึ่งการฉีดเทียนนั้นเกิดขึ้นมาก่อน และมีการใช้กระบวนการนี้กันมาเป็นเวลากว่า 80 ปี (DiCristofaro, 2019) โดยลักษณะ ความสมบูรณ์ของชิ้นงานเทียนนั้นมีผลต่อกระบวนการถัดไปอย่างมาก ดังนั้นจึงจำเป็น



ภาพประกอบที่ 1 ขั้นตอนการผลิตเครื่องประดับอัญมณี

ต้องทำแม่พิมพ์ให้ดี ต้องมีการคำนวณค่าเพื่อการหดตัวของน้ำโลหะที่เหมาะสมเข้ามาด้วย เพราะถ้าไม่มีการบวกค่าเผื่อสำหรับการหดตัวของโลหะแล้ว จะทำให้ต้องใช้เวลาในการเทียบหาขนาดอัญมณีกับขนาดตัวเรือนที่เหมาะสมกันเพิ่มขึ้น (Kielarova et al., 2016) และในช่วง 10

ปีที่ผ่านมา ก็เริ่มมีการนำเทคโนโลยีใหม่เข้ามาใช้ในการลดเวลาการผลิต (DiCristofaro, 2019) โดยการออกแบบในโปรแกรม (Computer-aided design : CAD) แล้วพิมพ์ออกมาเป็นชิ้นงานเทียน โดยใช้เครื่องพิมพ์สามมิติซึ่งสามารถออกแบบชิ้นงานพร้อมกับคำนวณค่าเผื่อสำหรับการหดตัว

ของโลหะได้เลย ซึ่งการใช้ CAD คำนวณค่าเผื่อไว้ตั้งแต่ต้นกระบวนการผลิตสามารถลดเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการฝังอัญมณีได้ประมาณ 70% ของเวลาที่ใช้อยู่เดิม (Kielarova et al., 2016; Taylor, 2017)

เมื่อได้ชิ้นงานเทียนมาแล้ว จึงนำชิ้นงานไปประกอบขึ้นมาเป็นต้นเทียน เพื่อเข้าสู่กระบวนการหล่อ (Lost-wax casting) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนสภาพต้นเทียนให้เป็นโลหะโดยใช้ความร้อนหลอมละลายโลหะแล้วเทลงในเบ้าปูนภายในสภาวะที่เหมาะสม เมื่อได้ต้นโลหะมาแล้วจึงทำการตัดชิ้นงานออกจากต้นโลหะ ทำการแต่งตัวเรือน (Filing) ให้ตัวเรือนมีรูปร่าง ลักษณะที่ถูกต้องตามที่กำหนด ซึ่งถ้าแต่งตรงกระเปาะสำหรับวางอัญมณีได้เหมาะสมแล้ว ขั้นตอนการฝังจะสามารถใช้เวลาอันน้อยลง ขั้นตอนต่อมาคือการนำไปเข้ากระบวนการขัดหยาบ (Pre-polishing) เพื่อให้ได้ผิวชิ้นงานที่มีความเรียบมากขึ้น และต้องขัดบริเวณกระเปาะฝังให้เรียบ จึงจะเข้าสู่กระบวนการฝังอัญมณี (Stone setting) และการขัดเงา (Final polishing) เพื่อให้ชิ้นงานมีความเงางาม นอกจากนั้นอาจจะมีการกระบวนการอื่น ๆ เพิ่มเติมตามแต่ละประเภทของเครื่องประดับ เช่น การประกอบสร้อย ขึ้นส่วนสำเร็จเข้ากับตัวเรือน การชุบเคลือบผิวเพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้กับผิวชิ้นงาน

ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า คุณภาพของชิ้นงานที่ส่งต่อกันไปในแต่ละกระบวนการมีความสำคัญมาก กล่าวได้ว่า ถ้าต้นทางผลิตมาดี ปลายทางก็ทำงานสะดวก

ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงาน สามารถแบ่งได้เป็นสองส่วน คือ ความแข็งของตัวเรือนและความแข็งของอัญมณี โดยโลหะที่มีความแข็งต่ำนั้นจะฝังอัญมณีได้ง่าย เพราะพนักงานไม่จำเป็นต้องใช้แรงในการดันเนื้อโลหะให้ไปในทิศทางที่ต้องการ เช่น การดันหนามเคยให้ไปเกาะหน้าอัญมณี โดยสามารถจัดลำดับความยาก-ง่ายได้เป็น แพลตินั่มที่มีความแข็งมากกว่า รองลงมาเป็นทอง ซึ่งทองแต่ละสุคนั่มมีความแข็งต่างกันไป

ขึ้นอยู่กับปริมาณส่วนผสมของโลหะชนิดอื่น ๆ และเงินเป็นโลหะที่ฝังง่ายที่สุด (Corti, 2008)

คุณสมบัติอีกประการคือ ความแข็งของอัญมณี พบว่าอัญมณีที่ฝังง่ายที่สุด คือ อัญมณีที่มีค่าความแข็งสูงตามการจัดอันดับของ Moh's hardness scale (Lohwongwatana & Nisaratanaporn, 2010) เช่น เพชร ทับทิม ไพลิน และคอร์ันดัมสีอื่น ๆ เนื่องจาก อัญมณีเหล่านี้สามารถรับแรงกระแทกจากเครื่องมือขณะที่ฝังอัญมณีได้มากกว่า ทนต่อการขีดขูดได้มากกว่า รองลงมาเป็นอัญมณีสังเคราะห์ และอัญมณีที่มีความแข็งต่ำ เช่น มรกต โทปาส ควอตซ์ ทัวร์มาลีน ฯลฯ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงแรงกดขณะที่ฝังอัญมณีในมุมที่ไม่เหมาะสมก็อาจจะทำให้อัญมณีเกิดความเสียหายได้ (Attaway & Attaway, 2018)

นอกจากปัจจัยหลักแล้ว สิ่งที่สำคัญไม่แพ้กันคือ ทักษะ ความชำนาญของพนักงานแต่ละคน ที่เกิดจากการฝึกฝน เก็บประสบการณ์มาพัฒนาความสามารถของตนอย่างสม่ำเสมอ รวมไปถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน สภาพแวดล้อมในการทำงานของพนักงานที่ดีล้วนมีส่วนช่วยให้พนักงานปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3. ค่าผลิตภาพ ที่มีอิทธิพลต่ออุตสาหกรรมการผลิต

ค่าผลิตภาพ (Productivity) ถูกใช้เป็นตัวชี้วัดผลการดำเนินงานของบุคคล หรือหน่วยงาน โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ผลิตภาพแรงงาน (Labor Productivity) และผลิตภาพรวม (Total Factor Productivity) โดยผลิตภาพแรงงานนั้นเป็นตัวเลขที่สามารถใช้วัดผลการดำเนินงานของแรงงานมนุษย์ได้ สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Productivity} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

โดยที่ผลลัพธ์ (Output) คือผลผลิตที่ได้จากการปฏิบัติงานเมื่อใช้ทรัพยากรจำนวนหนึ่ง เช่น จำนวนชิ้นงานที่แผนกหล่อสามารถหล่อได้ในแต่ละวัน จำนวนอัญมณีที่แผนกฝังสามารถฝังลง

บนตัวเรือนได้ในแต่ละสัปดาห์ เป็นต้น ส่วนข้อมูลนำเข้า (Input) คือทรัพยากรที่ใส่เข้าไปในการผลิต เพื่อให้ได้ออกมาเป็นผลผลิต เช่น เวลา วัตถุดิบ จำนวนคน เป็นต้น ส่วนผลผลิตภาพรวม คือการนับรวมส่วนที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในการผลิตเป็นข้อมูลนำเข้า เช่น ค่าแรง ค่าไฟ ค่าวัตถุดิบอุปกรณ์ ค่า

สถานที่ ฯลฯ โดยค่าผลผลิตภาพนั้นเป็นเพียงค่าคงที่ในช่วงเวลาหนึ่ง สามารถเพิ่ม-ลดได้เมื่อมีปัจจัยภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถจัดกลุ่มปัจจัยดังกล่าวได้ตามหลักการ 4M (Man, Machine, Material, Method) (Priya & Aroulmoji, 2020) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าผลผลิตภาพ

กลุ่ม	ปัจจัย
Man	สภาพแวดล้อมในการทำงาน ปัญหาส่วนตัว ปัญหาสุขภาพของพนักงาน การสนับสนุน การสอนงานที่เหมาะสมจากหัวหน้างาน
Machine	เครื่องจักร อุปกรณ์ที่มีมาตรฐานเหมาะสม
Material	วัตถุดิบที่มีคุณภาพ และมีการสำรองไว้เพียงพอ
Method	เทคโนโลยีที่ช่วยให้บุคคลภายนอกกรบกรวนฝ่ายผลิตน้อยลง ช่วยทำงานได้สะดวกมากขึ้น

ค่าผลผลิตภาพนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลตั้งต้น หรือตัวชี้วัดของกิจกรรมอื่นได้หลากหลาย เช่น เป็นค่าที่นำมาใช้ประมาณในการวางแผนการผลิต การส่งมอบสินค้า เช่น รับรายการสินค้าที่ถูกค่าต้องการเข้ามาจำนวนขึ้นเท่านี้ จำเป็นต้องใช้เวลา หรือทรัพยากรอื่นเท่าไร เพื่อให้ได้ผลผลิตดังกล่าวเสร็จถู่วงตามเวลาที่

กำหนด หรือใช้เป็นตัวชี้วัดในการทำกิจกรรมเพิ่มประสิทธิภาพของฝ่ายผลิตได้ เช่น กิจกรรม LEAN เป็นต้น (Sreekumar et al., 2018)

โดยค่าผลผลิตภาพนี้สามารถเพิ่มขึ้นได้เมื่อมีการนำกิจกรรมบางอย่างเข้ามาปรับใช้กับแต่ละหน่วยงานในองค์กรดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิธีการเพิ่มผลผลิตภาพในองค์กร

วิธีการ	รายละเอียด
ลงทุนเพิ่ม	เพิ่มคน, เพิ่มเครื่องจักร
นำนวัตกรรมเข้ามาประยุกต์ใช้	ลดขั้นตอนในการทำงาน, ลดเวลาที่ใช้ในการทำงาน, เพิ่มคุณภาพในการผลิต และควบคุมคุณภาพ
คุณภาพขององค์กร	สร้างสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดี
จัดกิจกรรมแข่งขัน	เพื่อท้าทายความสามารถของบุคลากร
เพิ่มความสามารถ	ส่งเสริมให้มีการอบรมเพื่อเพิ่มทักษะของบุคลากร

โดยแต่ละวิธีการก็ใช้ทรัพยากรเข้ามาเป็นตัวช่วยในการเพิ่มผลผลิตภาพได้มากน้อยแตกต่างกันไป โดยส่วนใหญ่แล้วมักต้องการให้ทรัพยากรในการผลิตเท่าเดิม หรือน้อยลง แต่ได้ผลผลิตมากขึ้น

จึงจะถือว่าประสบความสำเร็จในการทำกิจกรรมเพิ่มค่าผลผลิตภาพภายในองค์กร

4. หลักการทำ Data Analysis & Visualization

การแสดงผลของข้อมูลภาพ (Data visualization) คือการนำข้อมูลดิบที่ได้จากการเก็บรวบรวมบันทึกมาแสดงผลสรุปด้วยแผนภาพประเภทต่าง ๆ เช่น แผนภูมิแท่ง แผนภูมิเส้น แผนภูมิวงกลม หรือแผนภาพการกระจาย ซึ่งการจะเลือกใช้แผนภูมิแต่ละชนิดก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลที่มี และสิ่งที่ต้องการสื่อให้ผู้พบเห็นแผนภูมินั้นเข้าใจ ซึ่งการมองเห็นข้อมูลด้วยรูปภาพนั้นทำให้เข้าใจข้อมูลได้ง่าย และใช้เวลาน้อยกว่าการมองข้อมูลดิบที่เป็นตารางข้อมูล ดังคำกล่าวที่ว่า “รูปหนึ่งรูป มีค่าเทียบเท่าคำพูดนับพัน” ซึ่งหมายถึง การจะเข้าใจแผนภาพอันหนึ่งได้ ต้องใช้คำมาอธิบายจำนวนมาก เช่น วิธีการได้มาซึ่งข้อมูลสาเหตุของการเลือกแผนภาพนั้น ๆ มาแสดงข้อมูลรวมไปถึงแผนภาพนี้สามารถสื่อถึงอะไรได้บ้าง เป็นต้น (Unwin, 2020; Khalid, 2022)

นอกจากนี้ การแสดงผลข้อมูลด้วยแผนภาพยังมีประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูลอีกด้วย เช่น ทำให้เห็นถึงแนวโน้มของข้อมูล การรวมกลุ่มกันของข้อมูล การพบความผิดปกติของข้อมูล เช่น การบันทึกข้อมูลผิดพลาด หรือเกิดสถานการณ์บางอย่างที่เข้ามากระทบขณะปฏิบัติงาน มักส่งผลให้ข้อมูลเกิดการเปลี่ยนแปลงไปทางใดทางหนึ่งเสมอ เป็นต้น

ในปัจจุบันหลายบริษัทในอุตสาหกรรมเริ่มมีการปรับตัวเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 มากขึ้น มีการนำเทคโนโลยีใหม่เข้าในประยุกต์ในอุตสาหกรรม เช่น การนำอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) เข้ามาช่วยควบคุมเก็บข้อมูลจากเครื่องจักร (Sader et al., 2017) การใช้โปรแกรมบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการผลิต

เช่น Manufacturing Execution System (MES), Manufacturing Resource Planning (MRP), Enterprise Resource Planning (ERP) และอีกมากมาย (Eybers & Mayet, 2020) เพื่อให้องค์กรมีโครงสร้างพื้นฐานทางข้อมูลที่แข็งแกร่ง และนำข้อมูลที่รวบรวมไว้ไปใช้ในการติดตาม ควบคุมกระบวนการผลิตให้เป็นไปในทิศทางที่ถูกต้อง ยุทธ วั (Saleh Shatat & Mohamed Udin, 2012) ซึ่งมีให้เลือกหลากหลายโปรแกรม และบางโปรแกรมทำได้เพียงรวบรวมข้อมูล และสรุปผลอย่างง่ายไว้ ซึ่งไม่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้งาน ดังนั้นจึงมีการนำ Business Intelligence (BI) เข้ามาใช้งานร่วมกับระบบเก็บข้อมูลที่มีอยู่ภายในองค์กรด้วย โดยระบบ BI เปรียบเสมือนเป็นคลังรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ไว้ พร้อมกับมีเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการข้อมูล (Ahmed, 2021) เช่น แผนภาพแสดงประสิทธิภาพการทำงานตามความเป็นจริง แผนภาพการจำลองสถานการณ์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ แผนภาพเพื่อการติดตามสถานะงาน และปริมาณวัสดุที่คงเหลือ จากหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมการผลิต ตัวนำไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์เคมี ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น (Yusof & Yusof, 2013)

โดย เครื่องมือ ด้าน Business Intelligence ในปัจจุบันมีให้เลือกใช้อย่างหลากหลาย ดังรูปที่ 2 แสดงการจัดลำดับโปรแกรม ด้าน Analytics and Business Intelligence พบว่ามีโปรแกรมที่น่าสนใจมากมาย เช่น Microsoft Power BI, Tableau, Qlik, SAP, SSRS เป็นต้น

Figure 1: Magic Quadrant for Analytics and Business Intelligence Platforms



ภาพประกอบที่ 2 Magic Quadrant for Analytics and Business Intelligence Platforms 2021 (Gartner.com ; 2022)

โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกที่จะนำ Microsoft Power BI มาใช้ในการวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูล เนื่องจากโปรแกรมดังกล่าวถูกจัดอันดับอยู่ในกลุ่มผู้นำ จึงเป็นโปรแกรมที่มีความน่าสนใจ ซึ่งโปรแกรม Microsoft Power BI นั้นเป็นโปรแกรมที่สามารถนำเข้าข้อมูลจากหลากหลายแหล่งมาวิเคราะห์ร่วมกันได้ เช่น ไฟล์ Microsoft Excel, CSV, SQL Server เป็นต้น และเมื่อนำเข้าข้อมูลมาแล้วสามารถนำเข้าสู่กระบวนการ ETL (Extract, Transform, Load) ข้อมูลเพื่อให้มีลักษณะพร้อมใช้งานได้ สามารถสร้างแผนภาพนำเสนอข้อมูลให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานได้ (Vlahovljak, 2022) เมื่อผู้วิจัยได้ลองใช้งานโปรแกรมดังกล่าวก็พบว่า ใช้งานง่าย ไม่จำเป็นต้องใช้ความรู้ทางเทคนิคมากก็สามารถใช้งานให้เกิดผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจได้ ใช้เวลาในการทำความเข้าใจไม่มากนักเกินไป ซึ่งการนำแผนภาพ (Dashboard) มาใช้ในการนำเสนอข้อมูลสถานการณ์ภายในบริษัทให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้รับทราบถึงสิ่งที่ป็นอยู่ให้เห็นภาพได้

อย่างชัดเจน รวดเร็ว และมีความถูกต้องน่าเชื่อถือได้มากกว่าฟังจากคำบอกเล่าที่ไม่มีหลักฐานอ้างอิง

ในการออกแบบแผนภาพที่ดี ไม่ได้มีสูตรสำเร็จตายตัวว่าในแผนภาพนั้นต้องประกอบไปด้วยอะไรบ้าง แต่แผนภาพที่ดีนั้นเกิดขึ้นมาจากการตั้งคำถามว่า “ใครเป็นผู้ใช้งาน และผู้ใช้งานต้องการทราบข้อมูลอะไรบ้าง” เพื่อยืดความต้องการของผู้ใช้งานเป็นหลัก และนำความต้องการนั้นมาแปรผลแล้วใส่กลับเข้าไปในแผนภาพ ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะของแผนภาพได้เป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกเป็นพนักงานระดับปฏิบัติการในฝ่ายผลิตที่ให้ความสนใจกับสถานะของเครื่องจักร ลักษณะงานที่ได้รับ จำนวนงานที่ทำได้ในแต่ละวัน แผนภาพที่จะใช้แสดงในฝ่ายผลิตนั้นสิ่งที่สำคัญคือข้อมูลต้องมีการปรับปรุงตลอดเวลา เพื่อให้ได้แผนภาพที่ใกล้เคียงกับปัจจุบันมากที่สุด ดังนั้นจึงต้องใช้แผนภาพที่เข้าใจง่าย ไม่มีความซับซ้อน ไม่จำเป็นต้องตีความแผนภาพเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากนักเกินไป

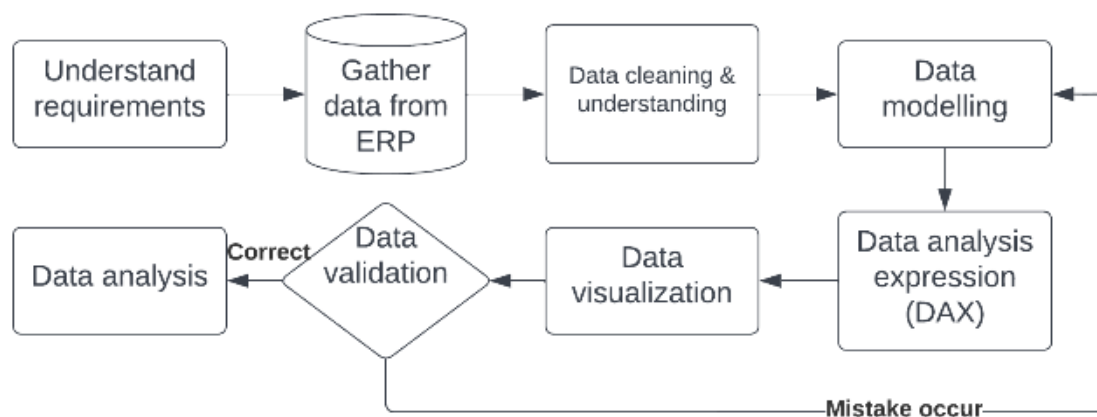
ระดับที่สองเป็นแผนภาพของพนักงานระดับหัวหน้างาน ผู้จัดการซึ่งต้องการข้อมูล

มากกว่าพนักงานกลุ่มแรก โดยการนำข้อมูลมาสรุปให้เห็นสถานการณ์โดยรวม เช่น แผนการผลิตประจำวัน หรือสัปดาห์ ประสิทธิภาพการทำงาน เวลาที่ใช้ในการทำงาน โดยช่วงเวลาในแผนภาพสามารถเป็นวัน หรือสัปดาห์ เพื่อให้ผู้ใช้งานเห็นแนวโน้ม และวิเคราะห์ข้อมูลได้มากยิ่งขึ้น

ระดับที่สามเป็นแผนภาพแสดงกลยุทธ์สำหรับผู้บริหารที่ต้องการทราบข้อมูลในภาพกว้าง

เพื่อให้สามารถปรับกลยุทธ์ขององค์กรให้เป็นไปในทิศทางที่วางไว้ เช่น การทำนายระยะเวลาในการทำงาน การจัดส่ง ผลผลิตของฝ่ายผลิตโดยรวม ปริมาณสินค้าในคลัง รวมไปถึงต้นทุน ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นภายในช่วงเวลาที่สนใจ ซึ่งอาจมีระยะเวลาเป็นเดือน หรือปี (Tokola et al., 2016)

วิธีดำเนินการวิจัย



ภาพประกอบที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

สามารถอธิบายวิธีการวิจัยได้ดังนี้

1. ออกแบบแผนภาพที่ต้องการ เพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่ต้องมีในแผนภาพ ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้เพื่อให้ได้แผนภาพที่ต้องการ โดยสามารถระบุเป็นรายการได้ดังนี้ ปริมาณการฝังอัญมณี (เม็ด) ประเภทของการฝังที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สนใจของแผนกฝังทั้งแผนก รวมไปถึงพนักงานแต่ละคน ดังนั้น ข้อมูลดิบที่จำเป็นจะต้องมีคือ บันทึกการรับ-จ่ายชิ้นงานตัวเรือน และปริมาณอัญมณีที่ใช้ ที่จำเป็นต้องมีระบุวันที่ ชื่อของพนักงาน ประเภทการฝังอย่างชัดเจน

2. ทำการรวบรวมข้อมูลจากระบบบริหารจัดการทรัพยากรภายในองค์กรที่ใช้งานอยู่ในปี พ.ศ. 2564 โดยข้อมูลที่นำมาใช้เป็นข้อมูลของแผนกฝังอัญมณีเมื่อทำการรวบรวมมาแล้วพบว่าข้อมูลมีขนาด 24 คอลัมน์ 26,938 แถว โดยยังมี

ทั้งคอลัมน์ที่มีข้อมูลที่ไม่ต้องการ รวมไปถึงแถวที่มีข้อมูลที่ไม่ถูกต้องรวมอยู่ด้วย

3. ทำความสะอาดข้อมูล และทำความเข้าใจข้อมูลดิบที่รวบรวมมา โดยลบคอลัมน์ที่เป็นช่องว่าง และข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออก ต่อมาทำการกรองข้อมูลในคอลัมน์ชื่อพนักงานให้เป็นแถวที่ไม่ใช่ช่องว่าง เป็นชื่อของพนักงานภายในบริษัทเท่านั้น และทำการจัดกลุ่มประเภทการฝังที่มีลักษณะใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มใหญ่เดียวกัน เช่น BZS, BZM, BZL ถูกจัดอยู่ในกลุ่ม Bezel เพราะเป็นการฝังหุ้มทั้งสามชื่อ แตกต่างกันที่ขนาดอัญมณีที่ใช้ฝัง ซึ่งสามารถจัดเป็นกลุ่มใหญ่ 5 กลุ่มตามประเภทการฝังที่ใช้มากที่สุด在公司 นั่นคือ Bezel, Prong, Pavé, Bead และ Other และเมื่อทำความสะอาดข้อมูลเรียบร้อยแล้ว พบว่าข้อมูลมี

ขนาด 14 คอลัมน์ 17,607 แถว ดังรูปที่ 4 ซึ่งในแต่ละคอลัมน์มีความหมายตามตารางที่ 3

4. นำข้อมูลเข้าโปรแกรม Microsoft Power BI เพิ่มคอลัมน์ที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างแผนภาพ เพิ่ม Data analysis expression (DAX) สำหรับแสดงในแผนภาพ ซึ่งขั้นตอนนี้จะทำไปพร้อมกับ การ จัด ทำ แผน ภาพ (Data visualization) โดยมีรายละเอียดดังนี้

สัดส่วนของการฝังหนามเตย สามารถคิดได้จาก จำนวนอัญมณีที่ฝังหนามเตย หารด้วย

จำนวนอัญมณีที่จ่ายให้การฝังทุกประเภทรวมกัน สามารถเขียนสูตรได้ดังนี้

$$\%Prong = \frac{\text{จำนวนอัญมณีที่ฝังหนามเตย}}{\text{จำนวนอัญมณีที่ทำการฝังทั้งหมด}}$$

ปริมาณการฝังอัญมณีเฉลี่ยต่อวัน สามารถคิดได้จากการนำจำนวนอัญมณีที่จ่ายหารด้วยจำนวนวันทำงาน เขียนสูตรได้ดังนี้

$$ASP = \frac{\text{จำนวนอัญมณีที่ทำการฝังทั้งหมด}}{\text{จำนวนวันทำงาน}}$$

ตารางที่ 3 ชื่อและความหมายของแต่ละคอลัมน์ของข้อมูลบันทึกการจ่ายอัญมณีสำหรับฝัง

ชื่อคอลัมน์	ความหมาย
Setter	ชื่อของพนักงานที่ถูกจ่ายงานให้
Date	วันที่จ่ายงาน
Bag	เบอร์งานในระบบ
Order	หมายเลขใบสั่งผลิต
Code	รหัสแทนชื่ออัญมณีที่จ่ายให้พนักงาน
Shp	รูปทรงของอัญมณีที่ใช้
Clr	สีของอัญมณี
Qual	คุณภาพของอัญมณี
Set-Qty	จำนวนอัญมณีที่จ่ายไป (เม็ด)
Set-Wt	น้ำหนักอัญมณีที่จ่ายไป (กะรัต)
Setting Kind	ประเภทการฝัง
Cost Unit	ราคาฝังต่อเม็ด (บาท)
Cost Total	ราคารวม (บาท)
Setting Type	ประเภทการฝังที่ผู้วิจัยทำการจัดกลุ่มใหม่

Setter	Date	Bag	Order	Code	Shp	Clr	Qual	Set-Qty	Set-Wt	Setting Kind	Cost Unit	Cost Total	Setting Type
4013 Donmongkhon	20/10/2021	132905	18884	DIR-0.06-CS	RND	W	BNS	8	0.51	BBS	8	64	Bezel
4013 Donmongkhon	21/10/2021	132085	18768	SAR-2.90	RND	DB	AA	1	0.12	BBM	8	8	Bezel
4013 Donmongkhon	21/10/2021	132400	18812	DIR-0.021-CS	RND	W	BNS	8	0.17	BBS	8	64	Bezel
4013 Donmongkhon	21/10/2021	132636	18859	DIR-0.005-CS	RND	BL	BNS	7	0.04	BBD			Bead
4013 Donmongkhon	21/10/2021	132636	18859	DIR-0.0125-CS	RND	W	BNS	44	0.56	BBD			Bead
4013 Donmongkhon	21/10/2021	132636	18859	SAR-2.00	RND	DB	AA	8	0.34	BBD			Bead
4013 Donmongkhon	21/10/2021	132876	18880	SAR-1.10	RND	DB	AA	54	0.41	BPS	4	216	Prong
4013 Donmongkhon	21/10/2021	133056	18864	BOR-10X8(2)-788	REC	BL		20	36.12	GNT			Bezel
4013 Donmongkhon	22/10/2021	133061	18864	BOR-10X8(2)-788	REC	BL		20	36.71	GNT			Bezel
4013 Donmongkhon	22/10/2021	133061	18864	DIR-0.015	RND	H	F/P1	20	0.31	STR			Other
4016 Amnat Seenarang	04/10/2021	131262	18594	ASSORTED-CS			PFJ	10	44.32	GNT	2	20	Bezel
4016 Amnat Seenarang	04/10/2021	131671	18665	DIR-0.0057-CS	RND	W	BNS	24	0.14	BPS	4	96	Prong
4016 Amnat Seenarang	04/10/2021	131671	18665	DIR-0.22-CS	RND	W	BNS	2	0.46	BPM	4	8	Prong
4016 Amnat Seenarang	07/10/2021	129728	18140	OPSOC-7X5-CS	OVL	OC	PFJ	18	8.37	PRM			Prong
4016 Amnat Seenarang	07/10/2021	129857	18330	OPTOA-6X4	OVL		A	22	9.14	PRM	0.35	7.7	Prong
4016 Amnat Seenarang	07/10/2021	131156	18573	DIR-0.015-CS	RND	W	BNS	50	0.75	BBS	8	400	Bezel
4016 Amnat Seenarang	07/10/2021	131260	18594	OPTPA-10X7-CS	PEAR	OA	PFJ	20	24.83	PRL	4	80	Prong
4016 Amnat Seenarang	07/10/2021	131415	18607	ASSORTED-CS			PFJ	1	1.84	GNT	2	2	Bezel
4016 Amnat Seenarang	07/10/2021	131416	18607	HIR-14X10	REC			1	7.93	GNT			Bezel
4016 Amnat Seenarang	07/10/2021	131420	18607	BOR-12X10(1)	REC	BL		1	3.28	GNT			Bezel
4016 Amnat Seenarang	07/10/2021	131857	18688	OPTOA-14X12-CS	OVL	OA	PFJ	1	3.77	GNT			Bezel
4016 Amnat Seenarang	07/10/2021	132122	18771	BOR-12X10(1)	REC	BL		1	3.28	GNT			Bezel
4016 Amnat Seenarang	08/10/2021	130042	18355	DIR-0.05-CS	RND	W	BNS	163	6.94	BPS	4	652	Prong

ภาพประกอบที่ 4 ข้อมูลที่ผ่านการทำความสะอาดมาแล้ว

การทำแผนภาพ (Data visualization) จัดทำแผนภาพจากข้อมูลที่ทำกรเตรียมมา โดยใช้เลือกใช้แผนภูมิให้เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลที่ต้องการแสดง เช่น ใช้แผนภูมิแท่ง เพื่อเปรียบเทียบผลการทำงานในแต่ละเดือน หรือแต่ละคน ใช้แผนภูมิวงกลมเพื่อแสดงถึงสัดส่วนของการฝังแต่ละประเภท เป็นต้น

ประชากรและตัวอย่าง

ตัวอย่างข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นข้อมูลของพนักงานแผนกฝังอัญมณีจำนวน 17 คน ซึ่งถูกบันทึกไว้ในระบบจัดการทรัพยากร

ภายในองค์กร (Enterprise Resource Planning : ERP) ในปี พ.ศ. 2564

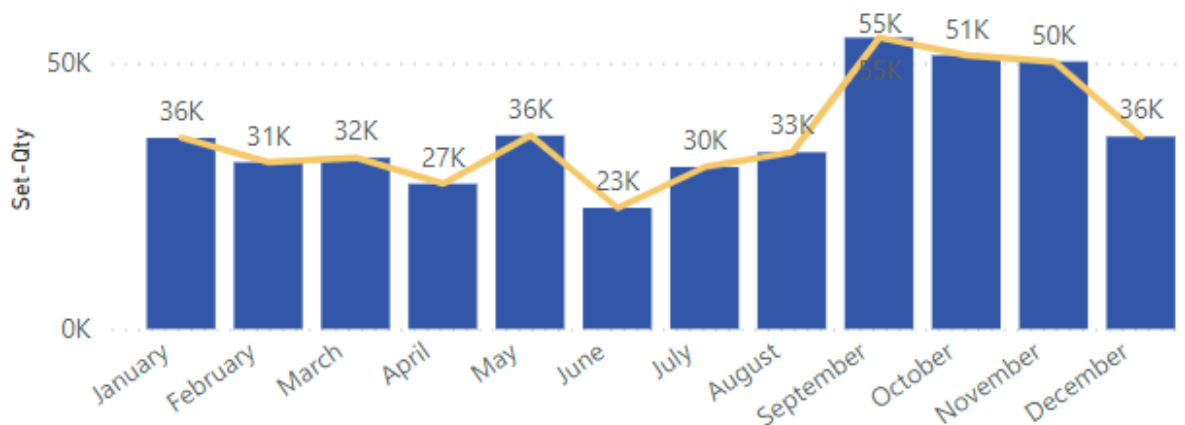
เครื่องมือ

ผู้วิจัยใช้ Microsoft Excel เพื่อทำความสะอาดข้อมูลเบื้องต้น และนำข้อมูลเข้าไปใช้สร้างแผนภาพโดยโปรแกรม Microsoft Power BI

การวิเคราะห์ข้อมูล

แผนภาพที่ได้มีลักษณะโดยรวมดังรูปที่ 6 ซึ่งสามารถแจกแจงรายละเอียดของแผนภาพแต่ละส่วนได้ดังนี้

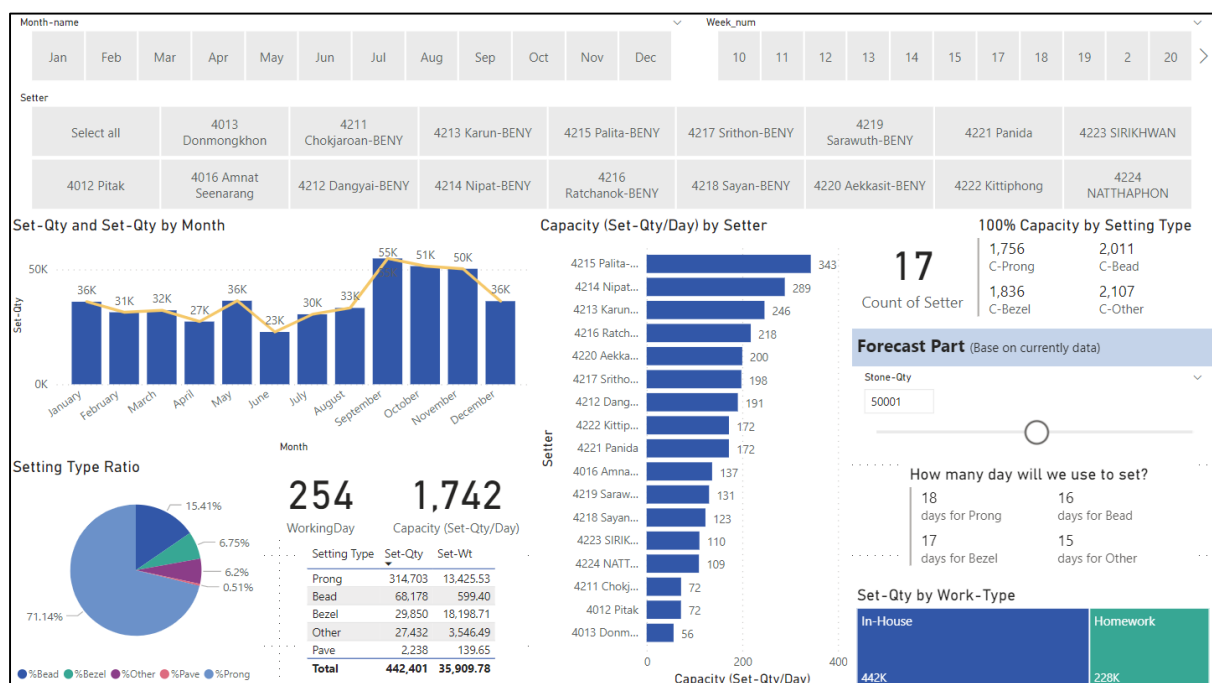
Set-Qty and Set-Qty by Month



ภาพประกอบที่ 5 ส่วนของแผนภูมิแท่ง แสดงปริมาณการฝังอัญมณีรวมทุกประเภทในแต่ละเดือน (เม็ด)

แผนภูมิแท่งแสดงปริมาณการฝังอัญมณีรวมทุกประเภทในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2564 ในรูปที่ 5 พบว่า ช่วงที่มีปริมาณการฝังรวมมากที่สุดคือช่วงเดือนกันยายน-พฤศจิกายน เนื่องจากเป็นช่วงที่บริษัทมียอดคำสั่งผลิตเข้ามามากที่สุดในช่วงปี และยังมีการเปิดให้พนักงานทำงานล่วงเวลา

เพื่อให้งานสำเร็จทันส่งออกสิ้นปี ส่วนช่วงเวลาอื่นของปีนั้นมีปริมาณการฝังค่อนข้างสม่ำเสมอ ยกเว้นช่วงเดือนมิถุนายนที่มีปริมาณการฝังต่ำที่สุดเนื่องจากเป็นช่วงที่มีการระบาดของโควิด-2019 ภายในบริษัททำให้พนักงานฝังในแผนกได้รับเชื้อจำนวนมากจนจำเป็นต้องมีการหยุดงานไป

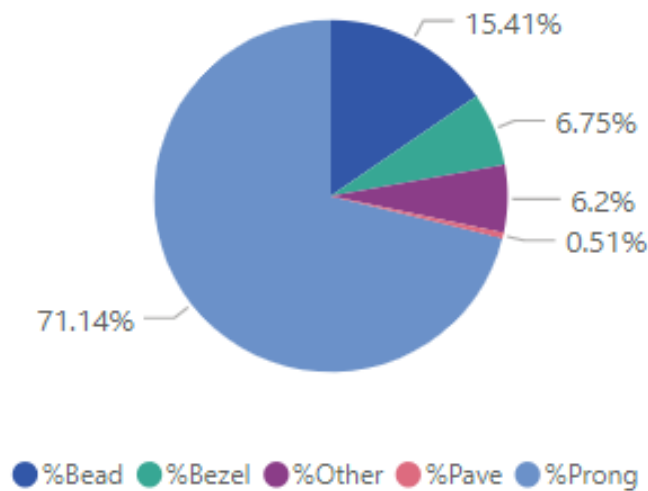


ภาพประกอบที่ 6 ภาพรวมของแผนภาพที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพในกระบวนการฝังอัญมณี

จึงทำให้ปริมาณงานที่ฝังได้ภายในบริษัทลดลง นอกจากนี้ ปริมาณการฝังนั้นเพิ่มลดตามฤดูกาล ดังนั้นจึงสามารถวิเคราะห์ได้อีกทางหนึ่งว่า ช่วงต้น

ปีนั้นเป็นช่วงที่เหมาะสมในการทำทดลองเพื่อพัฒนากระบวนการ หรือผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น และเป็นช่วงที่ยังสามารถยอดคำสั่งผลิตเข้ามาเพิ่มได้อีก

Setting Type Ratio

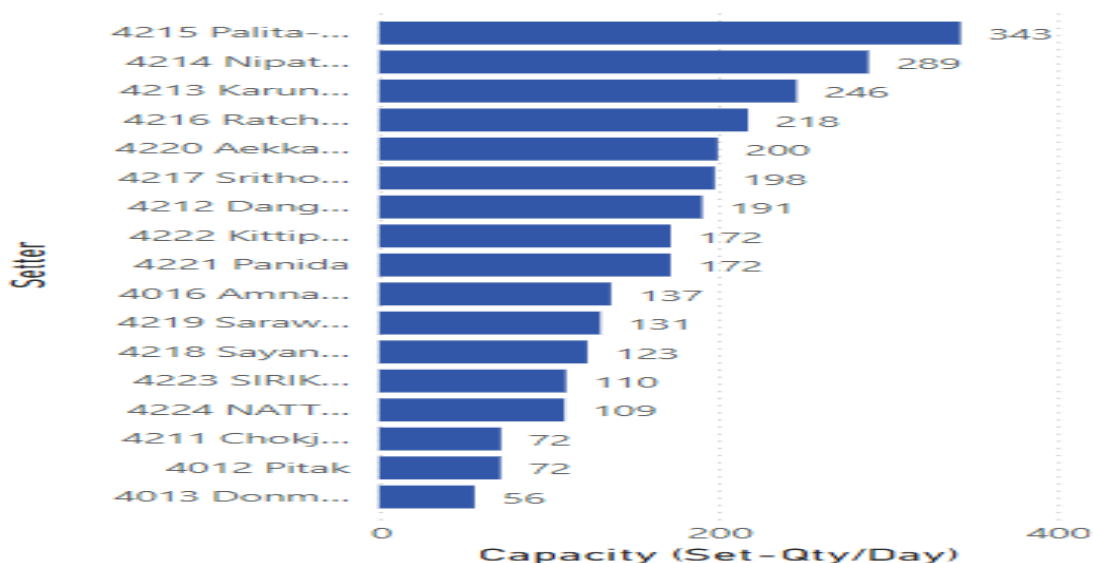


ภาพประกอบที่ 7 แผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนของแต่ละประเภทการฝัง ในปี พ.ศ. 2564

ในแผนภูมิวงกลมดังภาพประกอบที่ 7 แสดงสัดส่วนของการฝังแต่ละประเภท ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าในปี พ.ศ. 2564 ที่ผ่านมา แผนกฝังอัญมณีมีปริมาณการฝังรวมทุกประเภทเฉลี่ย 1,742 เม็ดต่อวัน มีวันทำงานทั้งหมด 254 วัน และ สัดส่วนของการฝังแต่ละประเภทคือ 71.14% เป็น

การฝังหนามเตย 15.41% เป็นการฝังไขปลาทู 6.75% เป็นการฝังหุ้ม 6.20% เป็นการฝังประเภทอื่น ๆ ซึ่งสัดส่วนของการฝังแต่ละประเภทนั้น เป็นไปตามลักษณะงานที่ถูกสั่งผลิตตามความต้องการของลูกค้า

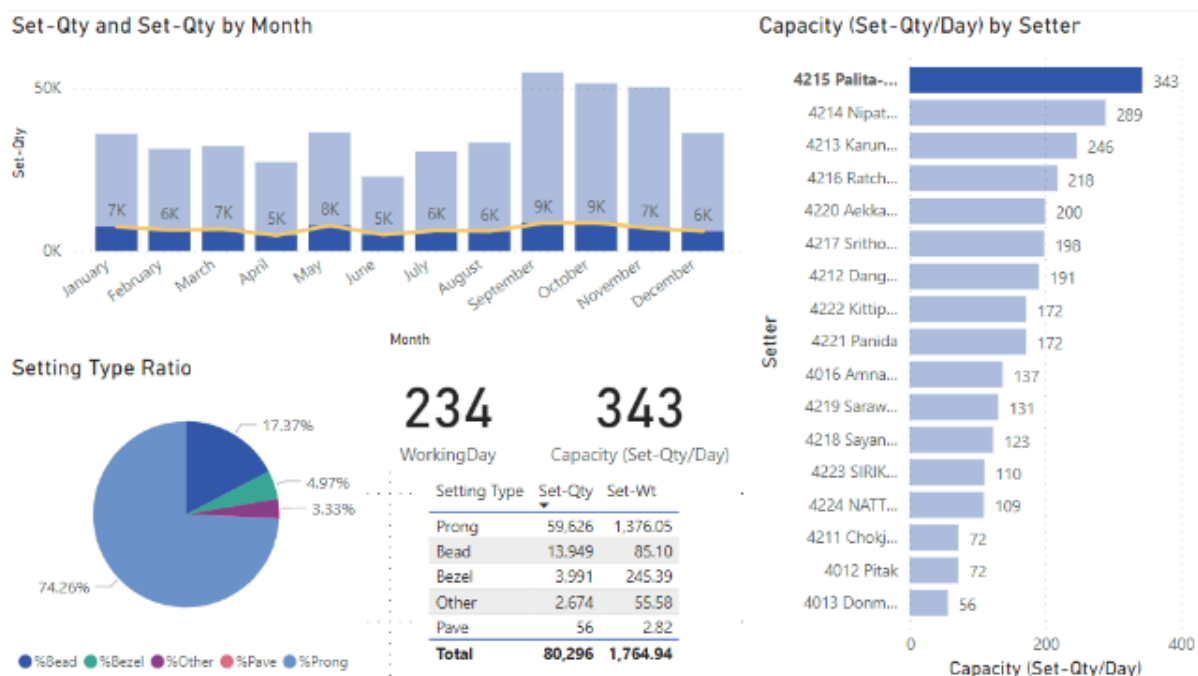
Capacity (Set-Qty/Day) by Setter



ภาพประกอบที่ 8 แผนภูมิแท่งแสดงปริมาณการฝังอัญมณีเฉลี่ยต่อวันของพนักงานในแผนกฝังอัญมณี

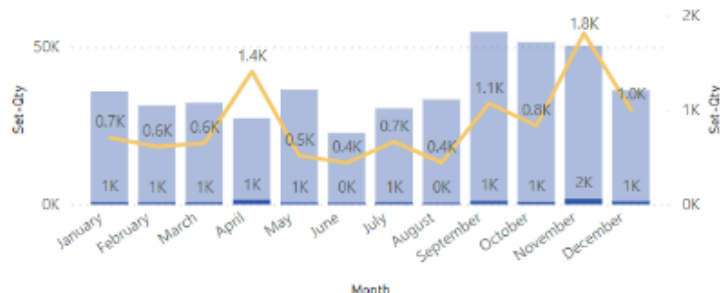
แผนภูมิแท่งในรูปที่ 8 แสดงความสามารถในการฝังอัญมณีทุกประเภทของพนักงานแต่ละคนเฉลี่ยต่อวัน โดยเรียงตามจำนวนจากมาก-น้อยจากแผนภูมิส่วนนี้อาจทำให้เข้าใจได้ว่าพนักงานแต่ละคนทำงานเฉลี่ยต่อวันมากหรือน้อย แต่การเปรียบเทียบปริมาณการฝังงานเฉลี่ยของพนักงานแต่ละคนจากแผนภาพนี้เพียงภาพเดียวก็อาจไม่ยุติธรรมต่อพนักงานบางคน เนื่องจากงานภายในบริษัทไม่ได้มีประเภทการฝังเพียงประเภทเดียว ดังนั้นจึงต้องนำปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาพิจารณาด้วยจึงจะเกิดความเท่าเทียมกันดังรูปที่ 9 เป็นรายละเอียดของพนักงานรหัส 4215 ที่มีปริมาณ

การฝังเฉลี่ยต่อวันสูงเป็นอันดับที่ 1 ในแผนกเนื่องจากพนักงานท่านนี้มีสัดส่วนประเภทหนามเตย 74.26% ซึ่งการฝังประเภทนี้ใช้เวลาในการฝังไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับประเภทอื่น และส่วนของแผนภูมิแท่งในรูปที่ 10 แสดงปริมาณการฝังในแต่ละเดือนนั้นพบว่าปริมาณการฝังอัญมณีต่อเดือนค่อนข้างสม่ำเสมอ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าพนักงานท่านนี้เป็นพนักงานที่มีความสามารถมีความตั้งใจในการทำงานมาก ผู้บริหารสามารถใช้พนักงานท่านนี้เป็นแบบอย่างให้กับพนักงานท่านอื่นในการพัฒนาตัวเองต่อไป

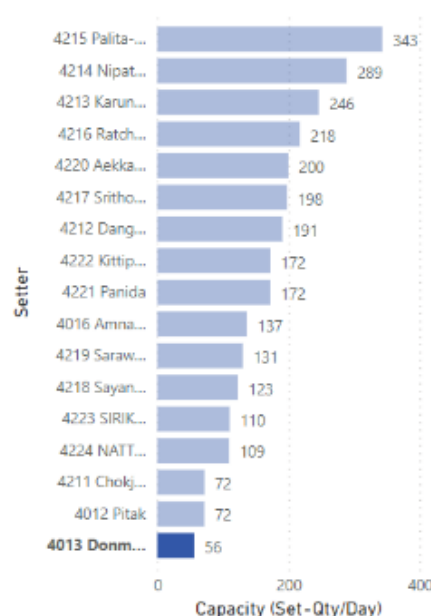


ภาพประกอบที่ 9 แผนภูมิแสดงรายละเอียดของพนักงานรหัส 4215

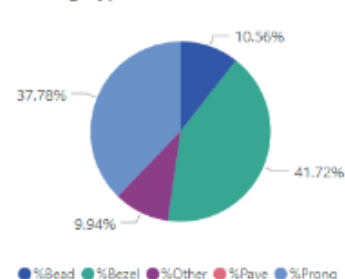
Set-Qty and Set-Qty by Month



Capacity (Set-Qty/Day) by Setter



Setting Type Ratio



180

56

WorkingDay

Capacity (Set-Qty/Day)

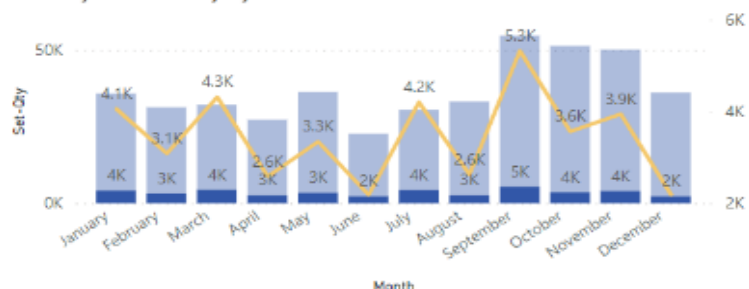
Setting Type	Set-Qty	Set-Wt
Bezel	4,231	7,289.90
Prong	3,832	1,969.22
Bead	1,071	35.58
Other	1,008	788.66
Total	10,142	10,083.36

ภาพประกอบที่ 10 แผนภูมิแสดงรายละเอียดของพนักงานรหัส 4013

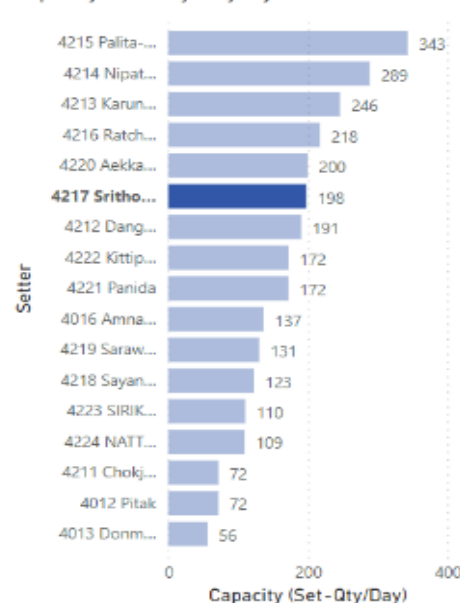
ภาพประกอบที่ 10 แสดงรายละเอียดของพนักงานรหัส 4013 ซึ่งเป็นพนักงานที่มีปริมาณการฝังเฉลี่ยต่อวันน้อยที่สุดดังรูป 8 แต่เมื่อสังเกตแผนภูมิสัดส่วนประเภทการฝังตามรูปที่ 10 แล้วพบความแตกต่างของพนักงานท่านนี้เปรียบเทียบกับพนักงานท่านก่อนหน้า คือ สัดส่วนการฝังหุ้มของพนักงานท่านนี้เป็นสัดส่วนที่สูงที่สุดคิดเป็น

41.72% ซึ่งการฝังหุ้มเป็นการฝังที่ใช้เวลานานที่สุดเนื่องจากมีขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน และพื้นที่ของชิ้นงานที่ต้องจัดการเยอะที่สุด จึงสามารถสรุปได้ว่าปริมาณการฝังเฉลี่ยต่อวันน้อยมาก แต่รับงานที่ต้องใช้เวลาในการฝังมาก นอกจากนี้พนักงานท่านดังกล่าวยังสามารถพัฒนาความสามารถเพื่อให้มีปริมาณการฝังที่สม่ำเสมอมากขึ้น

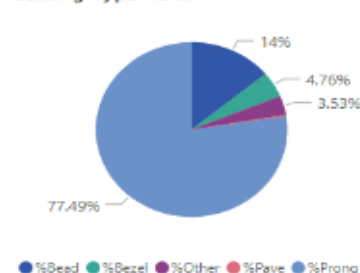
Set-Qty and Set-Qty by Month



Capacity (Set-Qty/Day) by Setter



Setting Type Ratio



209198

WorkingDayCapacity (Set-Qty/Day)

Setting Type	Set-Qty	Set-Wt
Prong	32,077	797.02
Bead	5,796	39.08
Bezel	1,972	141.67
Other	1,462	57.10
Pave	89	0.58
Total	41,396	1,035.45

ภาพประกอบที่ 11 แผนภูมิแสดงรายละเอียดของพนักงานรหัส 4217

ภาพประกอบที่ 11 แสดงข้อมูลของ พนักงานรหัส 4217 จากแผนภูมิวงกลมแสดง สัดส่วนของประเภทการฝึกนั้นคล้ายกับพนักงาน ท่านแรก ปริมาณการฝึกอณุมัติต่อเดือนอยู่ใน เกณฑ์สูงเช่นกัน แต่จะพบว่าปริมาณการฝึกอณุมัติ

Set -Qty by Work -Type



ภาพประกอบที่ 12 แผนที่ต้นไม้แสดงสัดส่วนงานที่ทำในบริษัท และงานที่พนักงานรับไปทำภายนอก

ภาพประกอบที่ 12 เป็นแผนที่ต้นไม้ (Treemap chart) แสดงสัดส่วนระหว่างปริมาณ งานที่พนักงานทำในบริษัท (In-House) และงานที่ พนักงานรับไปทำนอกบริษัท (Homework) ใน กรณีที่มีปริมาณงานจำนวนมากที่มีต้องส่งออก อย่างเร่งด่วน โดยแผนภาพนี้สำหรับช่วยให้หัวหน้า งานควบคุมปริมาณงานที่จ่ายให้พนักงานไปทำ นอกบริษัทให้อยู่ในสัดส่วนที่กำหนด ซึ่งคือ 70:30 ตามลำดับ

จากการสำรวจแผนภาพสรุปการทำงานของ พนักงานแต่ละคนแล้วพบว่าใน 1 วัน พนักงาน ทุกคนจะได้ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันไป แม้ว่าจะเป็น การฝึกประเภทเดียวกัน พนักงานแต่ละคนก็จะใช้ เวลาไม่เท่ากัน เป็นเพราะความสามารถ ความ เชี่ยวชาญ ทักษะของพนักงานแต่ละคนนั้นไม่ เท่ากัน บางคนทำงานเร็ว บางคนทำงานช้า ในจุดนี้ ก็ต้องดูที่ความสม่ำเสมอในแต่ละสัปดาห์ แต่ละ เดือนควบคู่กันไปด้วยว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติหรือไม่ มีเหตุการณ์พิเศษเข้ามารบกวนหรือไม่ และยังไป กว่านั้น การดูเพียงปริมาณการฝึกทั้งหมดรวมกันก็ อาจจะไม่ใช่คำตอบสำหรับทุกคำถาม ก็ต้อง พิจารณาไปถึงว่า พนักงานคนนั้นฝึกงานประเภทใด มากที่สุด ถ้าฝึกหัดมาก แล้วได้ปริมาณน้อยก็อาจ

ต่อเนื่องไม่สม่ำเสมอแบบไม่มีการควบคุม ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าพนักงานท่านนี้เป็นบุคคลที่ ค่อนข้างมีความสามารถ แต่สมควรได้รับการ พัฒนาความสามารถ เพื่อให้ปริมาณการฝึกเพิ่มขึ้น และอยู่ในเกณฑ์สม่ำเสมอ

อยู่ในเกณฑ์ที่รับได้ เพราะการฝึกหัดนั้นใช้เวลาใน การฝึกมากกว่าการฝึกประเภทอื่น แต่ถ้าเป็น พนักงานที่บางคนทำงานมาก บางคนทำงานน้อย บางคน ได้รับงานฝึกประเภทง่าย แต่ก็ยังฝึกได้น้อยก็ อาจจะต้องพิจารณาพนักงานคนนี้เป็นพิเศษ ซึ่งการติดตามประสิทธิภาพการทำงานของ พนักงานได้อย่างใกล้ชิดก็สามารถทำให้เห็นโอกาส ในการพัฒนาปรับปรุง เพื่อให้เป็นแผนกที่มี ประสิทธิภาพสูงอย่างสม่ำเสมอได้ยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

ข้อมูลที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการสร้าง แผนภาพเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการทำงานของ พนักงานแผนกฝึกอณุมตินั้น เป็นเพียงข้อมูลส่วน เล็ก ๆ ในองค์กรที่ถูกเก็บบันทึกไว้อย่างสม่ำเสมอ เป็นเวลา 1 ปี โดยพนักงานคือข้อมูลเพียง 1 คน เท่านั้นสามารถสร้างประโยชน์ได้มากมาย เช่น ดัชนีชี้วัดการทำงานของพนักงาน (Key performance indicator : KPI) ตัวชี้วัดในการทำ กิจกรรมพัฒนากระบวนการผลิต และเพิ่ม ความสามารถของพนักงาน ใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นใน การวางแผนการผลิตเบื้องต้น ซึ่งเป็นเพียง

จุดเริ่มต้นเพื่อผลักดันให้เกิดการพัฒนา
เปลี่ยนแปลงบริษัทไปในทางที่ดีขึ้นในอนาคต

เป็นข้อมูลในการสนับสนุนการตัดสินใจทางกลยุทธ์
ของผู้บริหาร โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้
ของเครื่อง (Machine Learning) เข้ามาทดลองใช้
กับข้อมูลที่มีอยู่ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะศึกษาการทำนาย
ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานฝ่ายผลิต เพื่อ

เอกสารอ้างอิง

- Ahmed, E. (2021). Utilization of Business Intelligence Tools among Business Intelligence Users. **International Journal for Innovation Education and Research**, 9(6), 237–253. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol9.iss6.3172>.
- Attaway, N., & Attaway, S. (2018). Back from the dead: How to resurrect dead gemstones. **Santa Fe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology**, 33–70.
- Corti, C. (2008). The role of hardness in jewelry alloys. **Santa Fe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology**, 103–120.
- Eybers, S., & Mayet, R. (2020). From Data to Insight: A Case Study on Data Analytics in the Furniture Manufacturing Industry. **Integrated Science in Digital Age 2020**, 392–405. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49264-9_36
- Khalid, T. (2022). **Data analytics capsules**. -. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28450.09927>.
- Kielarova, S., Pradujphonphet, P., & Nakmethee, C. (2016). Development of computer-aided design module for automatic gemstone setting on halo ring. **KKU Engineering Journal**, 43, 239–243.
- Lohwongwatana, B., & Nisaratanaporn, E. (2010). On hardness. **Santa Fe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology**, 351–362.
- P.D.C. (2019). The history of american ring making. **Santa Fe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology**, 203–238.
- Phanomwan Na Ayudhya, P., & Tangjitsitharoen, S. (2017, June). **Reduction Of Defects In Jewelry Manufacturing**. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/215/1/012016>.
- Priya, R. S., & Aroulmoji, V. (2020). A review on productivity and its effect in industrial manufacturing. **International Journal of Advanced Science and Engineering**, 06(04), 1490–1499. <https://doi.org/10.29294/ijase.6.4.2020.1490-1499>.
- Sader, S., Husti, I., & Daróczy, M. (2017, October). **Total quality management in the context of industry 4.0**. Synergy International Conferences - Engineering, Agriculture and Green Industry Innovation, Gödöllő, Hungary.
- Saleh Shatat, A., & Mohamed Udin, Z. (2012). The relationship between ERP system and supply chain management performance in Malaysian manufacturing companies. **Journal of Enterprise Information Management**, 25(6), 576–604. <https://doi.org/10.1108/17410391211272847>

- Sreekumar, M. D., Chhabra, M., & Yadav, R. (2018). Productivity in manufacturing industries. **International Journal of Innovative Science and Research Technology**, 3(10), 634–639.
- Taowongsa, S. (2014). Effect of basic Gems-Setting types on jewelry design. **Journal of the Faculty of Architecture King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang**, 18, 91–104.
- Taylor, J. (2017). Designing bench-friendly models. **Santa Fe Symposium on Jewelry Manufacturing Technology**, 441–472.
- Tokola, H., Gröger, C., Järvenpää, E., & Niemi, E. (2016). Designing manufacturing dashboards on the basis of a key performance indicator survey. **Procedia CIRP**, 57, 619–624. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.107>.
- Unwin, A. (2020). Why is data visualization important? What is important in data visualization? **Harvard Data Science Review**, 2(1). <https://doi.org/10.1162/99608f92.8ae4d525>
- Vlahovljak, A. (2022, June). **Business intelligence**. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33816.26881>
- Yusof, E. M. B. M., & Yusof, A. R. M. (2013). The study on the application of business intelligence in manufacturing. **International Journal of Business Intelligence Research**, 4(1), 43–51. <https://doi.org/10.4018/jbir.2013010104>.
- สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. (2022). **สินค้าส่งออกสำคัญของไทยรายประเทศ**. Retrieved March 15, 2022, from <https://tradereport.moc.go.th/Tradethai.aspx>.

การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทย

A Comparison of Forecasting Model for Cassava Chip Price in Thailand

ปณิษฐา มีชอบธรรม¹

คณะบริหารธุรกิจ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์¹

Panittha Meechobtham¹

Faculty of Business Administration, Panayapiwat¹

Institute of Management, Nonthaburi, Thailand¹

Received: April 28, 2022; Revised: May 18, 2022; Accepted: May 30, 2022

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการพยากรณ์ราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทย รายเดือน ส่งมอบ ณ คลังสินค้าจังหวัดชลบุรี ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์รวบรวม ตั้งแต่เดือนมกราคม 2559 ถึง เดือนเมษายน 2565 จำนวน 76 เดือน แนวโน้มของราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทยสูงขึ้นในแต่ละปี โดยนำเสนอเทคนิคการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้งของโฮลท์ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ และวิธีบอกซ์-เจนกินส์ ผลการวิจัยพบว่าทั้งสามวิธีมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ข้อมูลดังกล่าว เนื่องจากให้ค่า MAPE ต่ำ วิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดใกล้เคียงกันได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้งของโฮลท์ด้วย $\alpha = 0.70$ $\beta = 0.90$ และ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ ด้วยตัวแบบพยากรณ์ ARIMA (1,0,1) ส่วนวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ โดยที่ค่า $\alpha = 0.70$ มีค่า MAPE สูงสุด อย่างไรก็ตามวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ให้ค่าพยากรณ์ล่วงหน้าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด โดยให้ค่าพยากรณ์ในเดือน พฤษภาคม 2565 และเดือน มิถุนายน 2565 ในราคา 8.716 บาทต่อกิโลกรัม และ 9.092 บาทต่อกิโลกรัมตามลำดับ

คำสำคัญ: ราคาซื้อขายมันเส้น วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้งของโฮลท์ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ วิธีบอกซ์-เจนกินส์

ABSTRACT

This study presented a monthly forecast for the price of cassava chips in Thailand for warehouses in Chonburi Province. The data used in forecasting were gathered from January 2016 to April 2022, a total of 76 months, consisting of components of trends. Three forecasting methods were conducted including Holt's double exponential smoothing method, Brown's single-parameter exponential smoothing method, and Box-Jenkins method. The results revealed that all the three methods were efficient in forecasting the cassava prices showing

low mean absolute percentage error (MAPE) value. The forecasting method with the lowest MAPE value was the Holt's Double Exponential Smoothing Method, where $\alpha = 0.70$ $\beta = 0.90$, followed by the Box-Jenkins Method with the ARIMA Forecasting Model (1,0,1), and the Brown's Single-Parameter Exponential Smoothing Method with the highest MAPE value where $\alpha = 0.70$. However, the study suggested that the Brown's Single-Parameter Exponential Smoothing Method was the model that provided the most precise forecasting scores against the actual data. It provided the forecasted value for May, 2022 and June, 2022 8.716 bath and 9.092 bath per kilogram, respectively.

KEYWORDS: Cassava chip prices, Holt's Double Exponential Smoothing Method, Brown's Single-Parameter Exponential Smoothing Method, and Box-Jenkins Method

บทนำ

มันเส้นเป็นวัตถุดิบของอาหารสัตว์ที่ได้จากการแปรรูปของมันสำปะหลัง เป็นแหล่งพลังงานที่ดีของโค และมีราคาต่ำ การใช้มันเส้นในการเลี้ยงสัตว์เพื่อลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง (ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์, 2550) อีกทั้งใช้ทดแทนข้าวโพดและอ้อยที่มีแนวโน้มราคาสูงขึ้น ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการมันเส้น เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์มากขึ้น (ไทยรัฐออนไลน์, 2564) อย่างไรก็ตาม จากสถานการณ์ดังกล่าว จึงอาจส่งผลให้เกษตรกรมองหาโอกาสในการเพาะปลูกและขยายตลาดมันเส้นส่งออกไปต่างประเทศ ดังนั้น การพยากรณ์ทางสถิติ การศึกษาแนวโน้มราคามันเส้น นับเป็นอีกทางหนึ่งที่จะช่วยเหลือเกษตรกรในการใช้ผลจากการพยากรณ์ไปใช้ในการวางแผนการเพาะปลูก ลดความเสี่ยง และเป็นข้อมูลในการคาดการณ์ความผันผวนของราคามันเส้นได้ จากที่กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากข้อมูลมีส่วนประกอบของแนวโน้ม (Trend) ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการสร้างตัว

แบบพยากรณ์ข้อมูลราคามันเส้น 3 วิธีได้แก่ 1) วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล ซ้ำสองครั้งของโฮลท์ (Holt's Double Exponential Smoothing Method) 2) วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กโพเนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ (Brown's One Parameter Linear Exponential Smoothing) และ 3) วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins method) จากนั้นจึงคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดที่เหมาะสมกับข้อมูล พร้อมนำเสนอค่าพยากรณ์ราคาซื้อขายมันเส้นในจังหวัดชลบุรีล่วงหน้า 2 เดือน โดยใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ที่ต่ำที่สุดในการใช้พยากรณ์ราคามันเส้นในอนาคต ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ได้แก่ ราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทย รายเดือน ส่งมอบ ณ คลังสินค้าจังหวัดชลบุรี รวบรวมมาตั้งแต่เดือนมกราคม 2559 ถึง เดือน เมษายน 2565 จำนวน 76 เดือน



รูปที่ 1 กราฟแสดงราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทยรายเดือน ส่งมอบ ณ คลังสินค้าเขตจังหวัดชลบุรี

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากรูปที่ 1 ข้อมูลมีส่วนประกอบของแนวโน้ม ในงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้งของโฮลท์ (Double Exponential Smoothing Method) และ 2) วิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ (Brown's One Parameter Linear Exponential Smoothing) และ 3) วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins method) ซึ่งแสดงเนื้อหาวิธีการดังรายละเอียดต่อไปนี้

วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้งของโฮลท์ (Holt's Double Exponential Smoothing Method)

วิธีการดังกล่าวเป็นการพยากรณ์ โดยกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อมูลในอดีต (Kaewsongsri and Phruksaphanrat, 2019) แสดงดังสมการด้านล่าง

สมการพยากรณ์คือ

$$F_{t+m} = S_t + T_t m$$

$$S_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

เมื่อ

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปรับให้เรียบ

β คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปรับให้เรียบแบบแนวโน้ม

S_t คือ ค่าสำหรับการปรับให้เรียบ

T_t คือ ค่าสำหรับการทำให้เป็นแนวโน้ม

m คือ จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ข้างหน้า

และมีการกำหนดค่าเริ่มต้น $S_1 = A_1$ และ

$$T_1 = \frac{(A_2 - A_1) + (A_4 - A_3)}{2}$$

วิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ (Brown's One Parameter Linear Exponential Smoothing)

เทคนิคนี้เหมาะกับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแนวโน้ม โดยกำหนดให้ค่าเริ่มต้น $S_1 = T_1 = A_1$ (ใช้ค่าข้อมูลแรกเป็นค่าเริ่มต้น) และ

$$b_1 = \frac{(A_2 - A_1) + (A_4 - A_3)}{2}$$

เมื่อ S_1 คือ ค่าจาก Single Exponential Smoothing ณ เวลา t

T_1 คือ ค่าจาก Double Exponential Smoothing ณ เวลา t

α คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก โดยที่ $0 < \alpha < 1$
 m คือ จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ล่วงหน้า

สมการพยากรณ์คือ

$$\begin{aligned} F_{t+m} &= a_t + b_t m \\ S_t &= \alpha A_t + (1 - \alpha) S_{t-1} \\ T_t &= \alpha S_t + (1 - \alpha) T_{t-1} \\ a_t &= 2S_t - T_t \\ b_t &= \left[\frac{\alpha}{1 - \alpha} \right] [S_t - T_t] \end{aligned}$$

(จารุเดช โตจำศิลป์ และ สิทธิพร พิมพ์สกุล, 2561)

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins method)

การพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยใช้ตัวแบบ ARIMA เป็นการพยากรณ์โดยใช้แนวคิดอนุกรมเวลา ซึ่งการพิจารณาอาจอธิบายได้ด้วยตัวแบบสโตแคสติก (Stochastic model) ที่มีลักษณะของสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation) และสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Autocorrelation) แตกต่างกันไปเมื่อตัวแบบแตกต่างกัน ซึ่งวิธีนี้ตัวแบบที่เป็นไปได้อาจมีมากกว่า 1 ตัวแบบ จึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนของการตรวจสอบเพื่อให้ได้ตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ต่อไป (มุกดา แม้นมินทร์, 2549) รูปแบบทั่วไปของวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ คือ ARIMA(p, d, q, χ , P, D, Q), ในรูปแบบของสัญลักษณ์ย่อกลับเป็นดังนี้

$$\begin{aligned} (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) \chi (1 - \phi_1 B^s - \dots - \phi_p B^{ps}) (1 - B)^d \\ (1 - L)^D Z_1 = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) (1 - \theta_1 B^s - \dots - \theta_q B^{qs}) Q_t \end{aligned}$$

โดยที่ $(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)$ แทน การถดถอยด้วยตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล AR(p)

$(1 - \phi_1 B^s - \dots - \phi_p B^{ps})$ แทน การถดถอยด้วยตัวเองแบบมีฤดูกาล AR(P)

$(1 - B)^d$ แทน อันดับของผลต่างแบบไม่มีฤดูกาล

$(1 - L)^D$ แทน อันดับของผลต่างแบบมีฤดูกาล

$(1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)$ แทน ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล MA(q)

$(1 - \theta_1 B^s - \dots - \theta_q B^{qs})$ แทน ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาล MA(Q)

Z_t แทน อนุกรมเวลา ณ เวลา t

Q_t แทน ความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

ในปัญหาจริงมีอนุกรมเวลามากมายที่ใช้ในการพยากรณ์ซึ่งอธิบายได้ด้วยตัวแบบดังกล่าวที่อันดับต่าง ๆ ไม่เกิน 2 นั่นคือ อันดับ p, d, χ , P, D, Q มีค่าไม่เกิน 2 (มุกดา แม้นมินทร์, 2549)

ขั้นตอนของวิธีการหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมโดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box -Jenkins Method) มี 4 ขั้นตอน (มุกดา แม้นมินทร์, 2549) สรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดตัวแบบ เริ่มด้วยการตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีความคงที่ (Stationary) หรือไม่ ด้วยการพิจารณาฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation function : ACF) ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial autocorrelation function : PACF) ในกรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีความคงที่ (Stationary) จะต้องทำการแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาให้มีความคงที่ (Stationary) โดยการหาผลต่าง ฟังก์ชันลอการิทึม หรือการแปลงด้วยรากที่สอง เมื่อเกิดความคงที่ (Stationary) ต่อข้อมูลอนุกรมเวลาแล้วพิจารณากำหนดตัวแบบที่เป็นไปได้จากการพิจารณาฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation function : ACF) ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial autocorrelation function : PACF)

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ หลังจากระบุตัวแบบที่ใช้สำหรับอนุกรมเวลาแล้ว

จะต้องประมาณค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับอนุกรมเวลามากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้โดยใช้วิธีการประมาณด้วยกำลังสองน้อยที่สุด ทำการกำหนดการประมาณค่าพารามิเตอร์เบื้องต้น หากเกิดปัญหาในการประมาณค่า แก้ไขโดยการใช้กระบวนการคำนวณซ้ำจนกว่าจะได้ค่าประมาณที่ทำให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด และค่าประมาณค่าที่ได้ในตอนสุดท้ายจะไม่แตกต่างไปจากขั้นตอนก่อนสุดท้ายหนึ่งขั้นตอนของพารามิเตอร์ทุกตัวที่ระดับความต่างที่ยอมรับได้

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบพารามิเตอร์ของตัวแบบ เพื่อทดสอบว่าตัวแบบที่ได้มานั้นเหมาะสมกับอนุกรมเวลาหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสมจะต้องพิจารณาและกำหนดตัวแบบใหม่ ซึ่งการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนจากตัวแบบแล้วไม่พบเห็นรูปแบบใด ๆ คงเหลืออยู่นั้นแสดงว่ารูปแบบดังกล่าวมีคุณสมบัติคล้ายตัวแบบอย่างสุ่ม แต่กระนั้นการคำนวณค่าคงเหลือไม่สามารถคำนวณโดยตรงจากตัวแบบ ARIMA และเราสามารถหาค่าดังกล่าวได้เนื่องจากกระบวนการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์จากการประมาณค่าตัวแบบ ARIMA การทดสอบสหสัมพันธ์ภาพรวม คือ การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หลายๆ ค่าพร้อมกัน พิจารณาค่าคงเหลือด้วยการทดสอบภาพรวมของสถิติ Q ของ Ljung-Box ที่ 12, 24, 36 และ 48 หน่วยเวลาแรกพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวไม่แตกต่างไปจากค่าศูนย์ในทางสถิติ

ขั้นตอนที่ 4 การพยากรณ์ เมื่อได้ตัวแบบที่ผ่านการทดสอบแล้วว่าเหมาะสม ก็จะใช้ตัวแบบเพื่อการพยากรณ์ค่าในอนาคต ซึ่งสมการสำหรับการพยากรณ์ค่าในอนาคตนี้จะสร้างขึ้นจากตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดเท่านั้น ซึ่งจะพยากรณ์ล่วงหน้ากี่ช่วงเวลาก็ได้แต่ปกติไม่นิยมพยากรณ์ล่วงหน้าหลายช่วงเวลา (วรารคณา เรียนสุทธิ, 2562)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์น้ำมันเส้น ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปแนนเชียลซ้ำสองครั้งของโฮลท์ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปแนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ และวิธีบอกซ์-เจนกินส์

2. เพื่อพยากรณ์ราคามันเส้นในประเทศไทยล่วงหน้า

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทราบวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมกับราคามันเส้นในประเทศไทย

2. ได้ค่าพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกับค่าจริงของราคามันเส้นในประเทศไทย

3. เป็นข้อมูลให้เกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดนโยบาย วางแผนในการส่งเสริมการเพาะปลูกมันเส้นในประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นที่1 ศึกษาวิธีพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปแนนเชียลซ้ำสองครั้งของโฮลท์ และวิธีบอกซ์-เจนกินส์

ขั้นที่2 เก็บรวบรวมข้อมูลราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทยรายเดือน ส่งมอบ ณ คลังสินค้าเขต จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่เดือนมกราคม 2559 ถึงเดือน เมษายน 2565 จำนวน 76 เดือน จากเว็บไซต์กรมการค้าภายใน

ขั้นที่3 พยากรณ์ข้อมูลราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทย ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปแนนเชียลซ้ำสองครั้งของโฮลท์ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปแนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ และวิธีบอกซ์-เจนกินส์

ขั้นที่4 พยากรณ์ข้อมูลราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทยล่วงหน้า 2 ช่วงเวลา

ขั้นที่5 เปรียบเทียบความเหมาะสมของ
วิธีการพยากรณ์ด้วยค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์
(Mean Absolute Percentage Error: MAPE)
(Malakooti,2014)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|A_t - F_t|}{A_t} \times 100$$

เมื่อ A_t ค่าจริง และ F_t ค่าพยากรณ์
การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1) ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้
เรียบแบบเอ็กซ์โปแนนเชียลซ้ำสองครั้งของโสลท์
โปแนนเชียลซ้ำสองครั้งของโสลท์ เมื่อกำหนดค่า α
และ β แตกต่างกัน

ตารางที่1 การพยากรณ์ข้อมูลราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทยด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปแนน
เชียลซ้ำสองครั้งของโสลท์ เมื่อกำหนดค่า α และ β แตกต่างกัน

ปี	A	S	T	F $\alpha = 0.5 \beta = 0.5$	F $\alpha = 0.9 \beta = 0.2$	F $\alpha = 0.7 \beta = 0.9$
Jan-59	5.68	5.68	-0.045	-	-	-
Feb-59	5.31	5.435	-0.225	5.6350	5.635	5.635
Mar-59	5.47	5.527	0.061	5.4138	5.2498	5.209
Apr-59	5.75	5.665	0.130	5.5078	5.4103	5.588
May-59	6.07	5.909	0.233	5.7084	5.7331	5.795
Jun-59	6.06	5.945	0.055	5.9588	6.1011	6.143
Jul-59	5.87	5.876	-0.057	5.9791	6.1068	6.000
Aug-59	5.8	5.840	-0.038	5.8568	5.8935	5.819
Sep-59	5.74	5.781	-0.056	5.8076	5.8009	5.802
Oct-59	5.29	5.454	-0.300	5.7607	5.7304	5.725
Nov-59	5.46	5.548	0.055	5.4180	5.2419	5.154
Dec-59	5.62	5.582	0.036	5.5135	5.4048	5.603
Jan-60	5.2	5.304	-0.247	5.6201	5.5973	5.618
Feb-60	5.12	5.249	-0.074	5.3051	5.1594	5.057
Mar-60	5.08	5.153	-0.094	5.2188	5.0540	5.175
Apr-60	4.72	4.878	-0.257	5.1641	5.0164	5.059
May-60	4.57	4.739	-0.150	4.8731	4.6368	4.621
Jun-60	4.79	4.820	0.057	4.7223	4.4670	4.589
Jul-60	4.91	4.866	0.047	4.8492	4.7129	4.877
Aug-60	5	4.946	0.077	4.9244	4.8712	4.913
Sep-60	5.16	5.073	0.122	4.9883	4.9848	5.022
Oct-60	5.55	5.370	0.280	5.1112	5.1672	5.195
Nov-60	5.76	5.559	0.198	5.4159	5.5980	5.650
Dec-60	6.24	5.976	0.395	5.6069	5.8420	5.757
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Jan-65	7.4	7.414	-0.111	7.5488	7.6454	7.651
Feb-65	7.51	7.515	0.079	7.4066	7.4232	7.303
Mar-65	7.8	7.691	0.166	7.4875	7.5245	7.594
Apr-65	8.38	8.123	0.406	7.7106	7.8412	7.857
MAPE				3.35%	2.95%	2.537%

จากตารางที่1 ผลการสร้างตัวแบบพยากรณ์
ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปแนนเชียล
สองครั้งของโฮลท์ โดยมีการปรับค่าพารามิเตอร์
และหลาย ๆ ค่า โดยค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับ

การพยากรณ์ราคามันเส้น คือตัวแบบที่ให้ค่า
MAPE ต่ำที่สุดได้แก่ ตัวแบบเมื่อกำหนด $\alpha=0.70$
และ $\alpha =0.90$

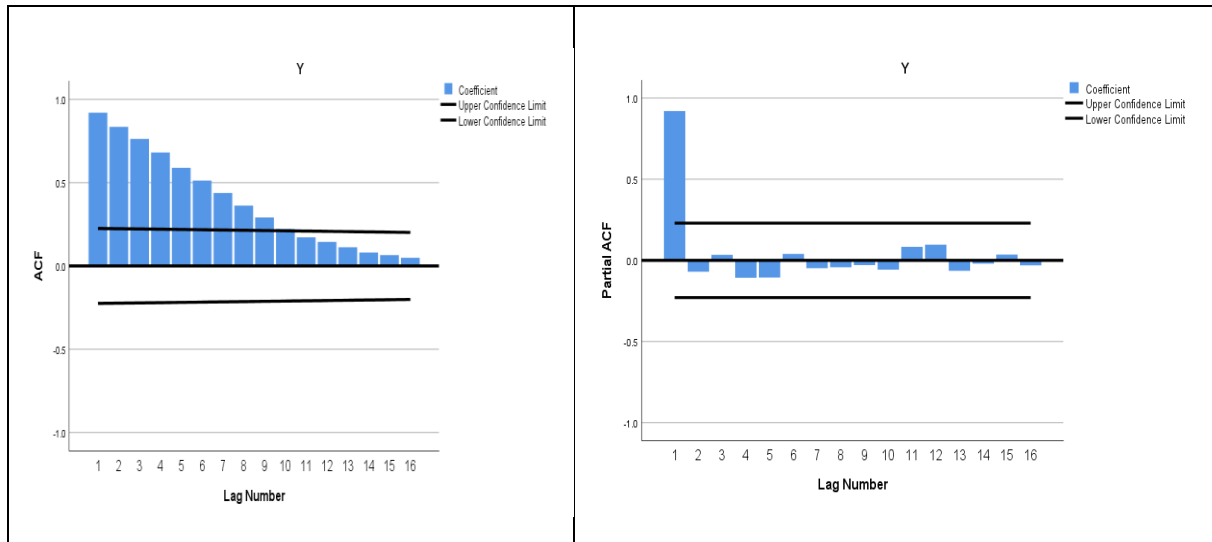
ตารางที่ 2 การพยากรณ์ข้อมูลราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทยด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปแนน
เชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ เมื่อกำหนดค่า $\alpha =0.20$ และ 0.70 แตกต่างกัน

ปี	A	$\alpha =0.20$					$\alpha =0.70$				
		S	T	a	b	F	S	T	a	b	F
Jan-59	5.68	5.680	5.680	5.680	-0.045	-	5.680	5.680	5.680	-0.045	-
Feb-59	5.31	5.606	5.665	5.547	-0.015	5.635	5.421	5.499	5.343	-0.181	5.635
Mar-59	5.47	5.579	5.648	5.510	-0.017	5.532	5.455	5.468	5.442	-0.030	5.162
Apr-59	5.75	5.613	5.641	5.585	-0.007	5.492	5.662	5.604	5.720	0.135	5.412
May-59	6.07	5.704	5.654	5.755	0.013	5.578	5.947	5.844	6.051	0.241	5.855
Jun-59	6.06	5.776	5.678	5.873	0.024	5.768	6.026	5.972	6.081	0.127	6.291
Jul-59	5.87	5.794	5.701	5.888	0.023	5.897	5.917	5.933	5.900	-0.038	6.208
Aug-59	5.8	5.796	5.720	5.871	0.019	5.911	5.835	5.865	5.806	-0.069	5.862
Sep-59	5.74	5.784	5.733	5.836	0.013	5.890	5.769	5.797	5.740	-0.067	5.737
Oct-59	5.29	5.686	5.724	5.648	-0.009	5.849	5.434	5.543	5.324	-0.255	5.673
Nov-59	5.46	5.640	5.707	5.574	-0.017	5.638	5.452	5.479	5.425	-0.063	5.070
Dec-59	5.62	5.636	5.693	5.580	-0.014	5.557	5.570	5.543	5.597	0.063	5.361
Jan-60	5.2	5.549	5.664	5.434	-0.029	5.566	5.311	5.380	5.241	-0.162	5.660
Feb-60	5.12	5.463	5.624	5.303	-0.040	5.405	5.177	5.238	5.116	-0.142	5.079
Mar-60	5.08	5.387	5.576	5.197	-0.047	5.262	5.109	5.148	5.070	-0.090	4.974
Apr-60	4.72	5.253	5.512	4.995	-0.065	5.149	4.837	4.930	4.743	-0.218	4.980
May-60	4.57	5.117	5.433	4.800	-0.079	4.930	4.650	4.734	4.566	-0.196	4.526
Jun-60	4.79	5.051	5.356	4.746	-0.076	4.721	4.748	4.744	4.752	0.010	4.370
Jul-60	4.91	5.023	5.290	4.756	-0.067	4.670	4.861	4.826	4.897	0.082	4.762
Aug-60	5	5.018	5.236	4.801	-0.054	4.690	4.958	4.919	4.998	0.093	4.979
Sep-60	5.16	5.047	5.198	4.896	-0.038	4.747	5.100	5.045	5.154	0.127	5.091
Oct-60	5.55	5.147	5.188	5.107	-0.010	4.858	5.415	5.304	5.526	0.259	5.280
Nov-60	5.76	5.270	5.204	5.336	0.016	5.097	5.656	5.551	5.762	0.247	5.784
Dec-60	6.24	5.464	5.256	5.672	0.052	5.352	6.065	5.911	6.219	0.360	6.009
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Jan-65	7.4	7.380	7.210	7.551	0.043	7.635	7.447	7.469	7.425	-0.050	7.681
Feb-65	7.51	7.406	7.249	7.563	0.039	7.593	7.491	7.484	7.498	0.016	7.375
Mar-65	7.8	7.485	7.297	7.674	0.047	7.602	7.707	7.640	7.774	0.156	7.514
Apr-65	8.38	7.664	7.370	7.958	0.074	7.721	8.178	8.017	8.340	0.376	7.930
MAPE		4.795%					3.148%				

จากตารางที่ 2 การพยากรณ์ข้อมูลราคาซื้อขายมัน
เส้นในประเทศไทยด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบ
เอ็กซ์โปแนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของ บราวน์
เมื่อกำหนดค่า $\alpha = 0.20$ และ 0.70 โดย

ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ราคา
มันเส้น คือตัวแบบที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดได้แก่ ตัว
แบบเมื่อกำหนด $\alpha = 0.70$

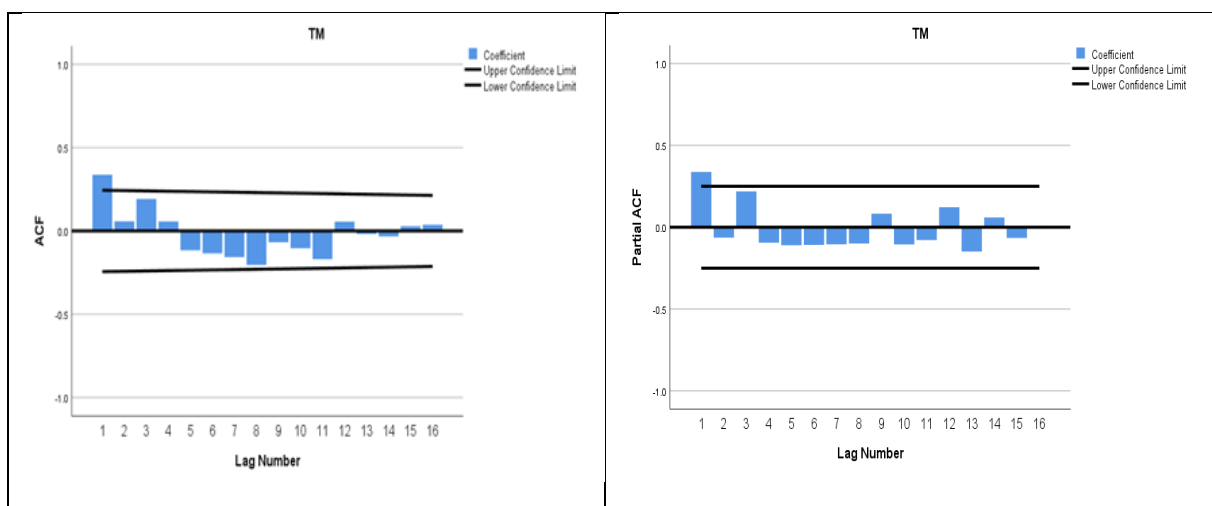
4.3) ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์



รูปที่ 2 คอเรโลแกรมของ r_k (ACF) และ r_{kk} (PACF) ของข้อมูลราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทย

จากรูปที่ 2 จะเห็นว่า r_k (ACF) ของข้อมูล
ราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทย ลดลงอย่าง
รวดเร็ว ส่วน r_{kk} (PACF) ไม่ลดลงอย่างรวดเร็ว จึง

ไม่สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลสเตชันนารีจึงทำการหา
ผลต่าง เพื่อให้ข้อมูลสเตชันนารี ดังรูปที่ 2



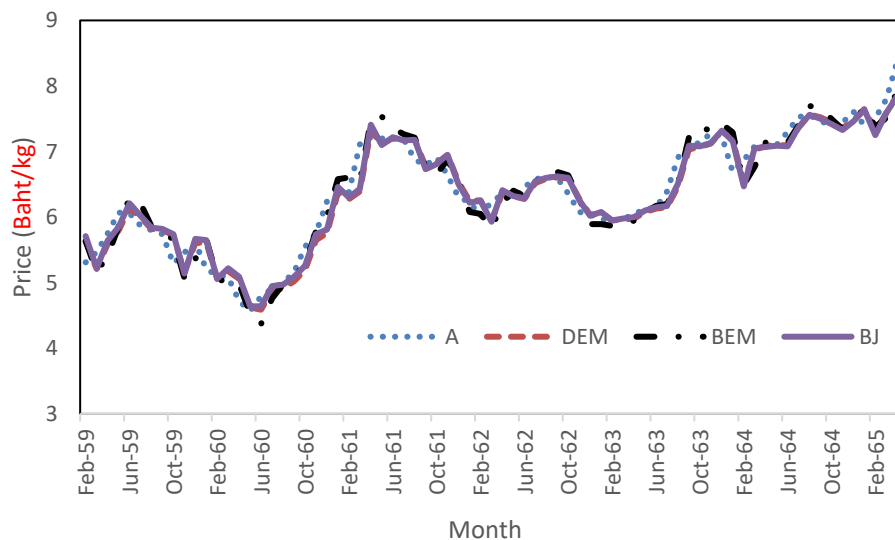
รูปที่ 3 คอเรโลแกรมของ r_k (ACF) และ r_{kk} (PACF) ของข้อมูลราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทย
เมื่อมีการหาผลต่างอันดับที่ 1 ($d=1$)

จากรูปที่ 3 เมื่อทำการหาผลต่างอันดับที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่าข้อมูลเป็นสเตชันนารี จึงทำการกำหนดตัวแบบที่เป็นไปได้ทั้งหมด ดังตารางที่ 2 โดยตารางที่ 2 จะแสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ ค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ได้แก่ MAPE RMSE R^2 stationary และ Box-Ljung โดย

ตัวแบบ ARIMA ที่เหมาะสมคือ ตัวแบบที่ให้ค่า MAPE และ RMSE ต่ำ ให้ค่า R^2 stationary สูง และมีค่า Box-Ljung ที่ให้ค่า P-value สูง โดยตัวแบบ ARIMA ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ดังกล่าว ได้แก่ ARIMA(1,0,1) เนื่องจากมีค่าประมาณพารามิเตอร์มีค่า p-value น้อยกว่า 0.05

ตารางที่ 3 ตัวแบบ ARIMA ที่เป็นไปได้ทั้งหมดและการประมาณค่าสถิติ

ตัวแบบ	พารามิเตอร์	ค่าประมาณพารามิเตอร์ (p-value)	MAPE	RMSE	R^2	Ljung-Box (p-value)
ARIMA(1,0,1)	constant	6.683 (0.000)	2.718	0.250	0.914	9.435 (0.894)
	AR(1)	0.953 (0.000)				
	MA(1)	-0.473 (0.000)				
ARIMA(1,1,0)	constant	.037 (0.316)	2.598	0.224	0.931	17.105 (0.447)
	AR(1)	.293 (0.014)				
	MA(1)	-				
ARIMA(0,1,1)	constant	0.036 (0.323)	2.528	0.221	0.933	13.433 (0.707)
	AR(1)	-				
	MA(1)	-0.438 (0.000)				
ARIMA(1,1,1)	constant	.036 (0.277)	2.526	0.220	0.934	10.880 (0.817)
	AR(1)	-0.271 (0.290)				
	MA(1)	-0.657 (0.002)				



รูปที่ 4 ข้อมูลราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทย (P) ค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้งของโฮลท์ (DEM) วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ (BEM) และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (BJ)

จากรูปที่ 4 จะเห็นว่าวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับข้อมูลจริง ส่วนตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 2 เดือน ซึ่งจะเห็นว่าวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3

วิธีให้ผลพยากรณ์ล่วงหน้า 2 เดือนที่ใกล้เคียงกับข้อมูลจริง โดยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด

ตารางที่ 4 ข้อมูลราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทย ค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้งของโฮลท์ (DEM) วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ (BEM) และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (BJ)

เดือน-ปี	ค่าจริง	DEM	BEM	BJ
พฤษภาคม-2565	8.9	8.529	8.716	8.553
มิถุนายน-2565	9.1	8.935	9.092	8.465

(สืบค้นข้อมูล ณ วันที่ 7 มิถุนายน 2565)

สรุปผลการวิจัย

บทความวิจัยนี้นำเสนอเทคนิคการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้งของโฮลท์ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ สำหรับการพยากรณ์ราคาซื้อขายมันเส้นในประเทศไทย รายเดือน ส่งมอบ ณ คลังสินค้าเขตจังหวัดชลบุรี โดย

ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์รวบรวมมาตั้งแต่เดือนมกราคม 2559 ถึง เดือนเมษายน 2565 จำนวน 76 เดือน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีส่วนประกอบของแนวโน้ม (trend) และไม่มีปัจจัยเชิงฤดูกาลมาเกี่ยวข้อง ผลการวิจัยพบว่าทั้งสามวิธีมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ข้อมูลดังกล่าว เนื่องจากให้ค่า MAPE ต่ำ โดยวิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบ

เอ็กซ์โปแนนเชียลซ้ำสองครั้งของโฮลท์ มีค่า MAPE 2.537 % วิธีบอกซ์-เจนกินส์ ด้วยตัวแบบพยากรณ์ ARIMA (1,0,1) มีค่า MAPE 2.718 % และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปแนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ มีค่า MAPE 3.148% อย่างไรก็ตามวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปแนนเชียลพารามิเตอร์เดียวของบราวน์ให้ค่าพยากรณ์ล่วงหน้าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด โดยให้ค่าพยากรณ์ในเดือนพฤษภาคม 2565 และเดือน

มิถุนายน 2565 ในราคา 8.716 บาทต่อกิโลกรัม และ 9.092 บาทต่อกิโลกรัมตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลังในจำนวนที่มากขึ้น เพื่อให้เห็นส่วนประกอบอื่นๆของข้อมูล
2. อาจจะมีตัวแปรภายนอกหรือปัจจัยภายนอกอื่น ๆ ที่นำมาใช้ในการอธิบาย ซึ่งส่งผลต่อราคามันเส้นในประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าภายใน. (2565). **ราคาขายปลีกและขายส่งสินค้าเกษตรกร. สืบค้นจาก :**
https://pricelist.dit.go.th/main_price.php?seltime=month.
- ไทยรัฐออนไลน์, **ราคามันสำปะหลังไทย, 2021** สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2022
- วรางคณา เรียนสุทธิ.(2562). การพยากรณ์ราคามะพร้าวด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ** 7(1) : 87-100.
- จารุเดช โตจำศิลป์ และ สิทธิพร พิมพ์สกุล.(2561). ตัวแบบการพยากรณ์เพื่อการวางแผนการสั่งซื้อสินค้าล่วงหน้าด้วยเทคนิคการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปแนนเชียล. **วิศวกรรมลาดกระบัง**, 35(2) : 22-32.
- นวรรตน์ ฐิตินันท์พงศ์ และ ปรรธนา ปรรธนาดี.(2555). การพยากรณ์ราคารับซื้อมันสำปะหลังสดและราคาขายมันสำปะหลังเส้น. **ประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50**. หน้า 26-33.
- Manutsawee Yoonan. (2018). **Forecasting Model for Bangkok CBD Vacant Land Prices Using MLR Methods**. An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Business Administration Faculty of Commerce and Accountancy Thammasat University.
- Pusanisa Chamlam and Sanha Hemvanich. (2021) . **Factors Influencing Valuation of Condominiums in Pathumthani Province**. Academic conference 14th National and International Research Papers Presentation : Global Goals, Local Actions: Looking Back and Moving Forward 2021.(18th August 2021).
- Supat Kaewsongsri and Busaba Phruksaphanrat.(2019). Forecasting and Production Planning for Flexible Printed Circuit Board Manufacturing. **Thammasart Engineering Journal**, 6, Special Issue : 43-50.

ผลของโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนต่อการหยุดดื่มของผู้ติดสุรา

The Effectiveness of Twelve Step Facilitation Program on Abstinence drinking among Alcohol Dependence

สุรัช สุนันตา¹, วงเดือน สุนันตา², วิไล ทิพนันท์³

คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้¹

พยาบาลวิชาชีพ โรงพยาบาล สวนปรุง^{2,3}

Surush Sununta¹ Wongdoun Sununta² Wilai Thipnunt³

Faculty of Nursing Maejo University¹

Registered Nurse, Suanprung Psychiatric Hospital^{2,3}

Received: April 28, 2022; Revised: May 18, 2022; Accepted: May 30, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง แบบสองกลุ่มวัดผลก่อนและหลังการทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการบำบัดด้วยโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนต่อการหยุดดื่มของผู้ติดสุราซึ่งเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลสวนปรุง จังหวัดเชียงใหม่ โดยเก็บข้อมูลระหว่างระหว่างเดือนมีนาคม – กรกฎาคม พ.ศ. 2562 กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้ป่วยโรคติดสุราชาย จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แบบบันทึกข้อมูลทั่วไป 2) แบบบันทึกการดื่มสุรา และ 3) โปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา Wilcoxon Matched – Pairs Signed – Ranks test และ Mann Whitney U Test ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีอายุเฉลี่ย 39 ปีและ 41 ปี เข้ารับการรักษาเฉลี่ย 11 และ 9 ครั้ง ส่วนใหญ่มีคู่สมรส จบการศึกษาระดับประถมศึกษาและว่างงาน มีอายุเฉลี่ยการดื่มสุรา ครั้งแรก 18 ปี สาเหตุที่ดื่มส่วนใหญ่คือเพื่อนชวน ชนิดสุราที่ดื่มเป็นสุราขาว ระยะเวลาที่ติดสุราอยู่ในช่วง 6-10 ปี ส่วนใหญ่เคยหยุดสุราได้น้อยกว่า 6 เดือน โดยกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยร้อยละของจำนวนวันหยุดดื่มภายหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .001 และมีค่าเฉลี่ยร้อยละของจำนวนวันดื่มหนักภายหลังการทดลองต่ำกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .001 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน มีประสิทธิภาพต่อการหยุดดื่มและการดื่มหนักของผู้ติดสุรา ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของร้อยละจำนวนวันหยุดดื่มและค่าเฉลี่ยของร้อยละจำนวนวันดื่มหนักในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องจากกลุ่มควบคุมได้รับการบำบัดในรูปแบบอื่น ๆ ที่ให้ผลใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: การสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน การหยุดดื่ม ผู้ติดสุรา

ABSTRACT

This research was a quasi-experimental research with two groups measuring the results before and after the experiment. The objective of this research was to study the effect of therapy with a Twelve Step Facilitation Program (TSF) on abstinence drinking of an alcoholic who was treated at Suanprung Psychiatric Hospital Chiang Mai Province. Data were collected during the month of March - July 2019. The samples were a total of 60 male alcohol dependence patients were divided into an experimental group and a control group of 30 each. The research instruments consisted of 1) a general data record form, 2) a drinking record form, and 3) a Twelve Step Facilitation Program (TSF). Data were analyzed by descriptive statistics, Wilcoxon Matched – Pairs Signed – Ranks test and Mann Whitney U Test. The experimental group and the control group had mean age, 39 and 41 years, Readmission rate 11 and 9 times, and most were married. Graduated from primary school and unemployed. The average age of drinking alcohol for the first time was 18 years. The type of liquor that is drunk is white liquor. The duration of alcohol dependence ranged from 6-10 years. Most of them had stopped drinking for less than 6 months. The experimental group had a mean percentage of the number of abstinence drinking days after the experiment was significantly higher than before the experiment at the .001, and the mean percentage of heavy drinking days after the trial was significantly lower than before at .001, indicating that the Twelve Step Facilitation Program was effective in abstinence drinking. and heavy drinking of alcoholics While the mean percentage of the number of abstinences drinking days and the mean of the percentage of heavy drinking days in the experimental and control groups were not different. This may be because the control group received other forms of therapy. that give similar results.

KEYWORDS: Twelve Step Facilitation Program, abstinence drinking, alcohol dependence

บทนำ

การติดสุราเป็นปัญหาสำคัญของระบบสาธารณสุขระดับโลก เป็นหนึ่งในสี่ของปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญที่ควรให้การป้องกันในทุกประเทศทั่วโลก (WHO, 2013) จากผลการสำรวจสถานการณ์การดื่มสุราของประเทศไทยพบว่าประชากรไทยมีผู้ที่ดื่มสุราหรือใช้สุราในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา (นักดื่มปัจจุบัน) ร้อยละ 28.4 ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 47.5 โดยเป็นผู้ที่ดื่มสม่ำเสมอ ร้อยละ 12.5 และเป็นผู้ที่ดื่มนาน ๆ ครั้ง ร้อยละ 15.9 โดยกลุ่ม

อายุ 25-44 ปี มีอัตราการดื่มสุราสูงสุด คือร้อยละ 36.0 รองลงมาคือกลุ่มอายุ 20-24 ปี และกลุ่มอายุ 45-49 ปี มีอัตราการดื่มสุราใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 33.5 และ 31.1 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปี ขึ้นไป) มีอัตราการดื่มสุราร้อยละ 15.2 (สาวิตรี อักษรณรงค์ชัย, 2562a น.12-49) และพบว่าภาคเหนือมีความชุกของนักดื่มวัยผู้ใหญ่และวัยรุ่นสูงสุด คือร้อยละ 35.4 และ 19.0 ตามลำดับ (อธิป ต้นอารีย์ และพลเทพ วิจิตรคุณากร, 2562)

จะเห็นได้ว่าขนาดของปัญหาการดื่มสุรายังคงเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญทั้งระดับโลก ระดับประเทศ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคเหนือของประเทศไทย

การดื่มสุราส่งผลกระทบต่อตนเอง ครอบครัว สังคม และเศรษฐกิจ โดยผลกระทบต่อตนเองในด้านสุขภาพกาย เช่น การเจ็บป่วยด้วยโรคตับแข็ง ตับอ่อนอักเสบ กระเพาะอาหาร และลำไส้อักเสบ โรคหัวใจ สมองเสื่อม ขาดสมาธิ เป็นต้น ส่วนปัญหาด้านสุขภาพจิต พบว่ามีปัญหาด้านอารมณ์ เช่น เครียด มีอารมณ์หงุดหงิดโกรธง่าย หุนหันพลันแล่น และวิตกกังวลสูง บางรายเจ็บป่วยด้วยโรคทางจิตเวช เช่น โรคอารมณ์สองขั้ว โรคซึมเศร้า และโรคจิตเภท (Kuria et al, 2014) จากการศึกษาความชุกและภาวะสุขภาพจิตของคนไทยที่ติดสุราทั่วประเทศพบว่าร้อยละ 51.2 ของคนที่ติดสุรามีความเครียดในระดับสูงถึงรุนแรง ร้อยละ 48.6 มีอาการซึมเศร้าในระดับที่ต้องไปพบแพทย์ ร้อยละ 11.9 มีความคิดฆ่าตัวตาย และร้อยละ 11.3 มีความคิดอยากฆ่าคนอื่น (ปริทรรศ ศิลปกิจวนิดา พุ่มไพศาลชัย และพันธุ์นภา กิตติรัตนไพบูลย์, 2542) ส่วนผลกระทบของการดื่มสุราต่อครอบครัว มักมีความรุนแรงในครอบครัวที่มีสมาชิกเป็นผู้ติดสุรา เช่น มีการทำร้ายร่างกาย บิดามีกิจกรรมทางเพศกับบุตรสาว การสื่อสารในครอบครัวไม่ดี ขาดความรับผิดชอบต่อการของครอบครัว ภรรยาของผู้ติดสุราเป็นโรคซึมเศร้าร้อยละ 85.42 ส่วนใหญ่เป็นโรคซึมเศร้าแบบกลับเป็นซ้ำ ร้อยละ 20.8 (Kuria et al. 2014) จากการสำรวจสถิติความรุนแรงในครอบครัว โดยรวบรวมข่าวจากหนังสือพิมพ์ 10 ฉบับ ระหว่างเดือนมกราคม - มิถุนายน 2563 พบข่าวความรุนแรงในครอบครัว จำนวน 350 ข่าว และในจำนวนข่าวดังกล่าว มีเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เป็นปัจจัยกระตุ้น

ถึง 74 ข่าว (ร้อยละ 21.14) นอกจากนี้ผู้ติดสุรามักมีปัญหาด้านกฎหมาย เช่น การทะเลาะวิวาท การทำร้ายร่างกาย การทำให้เสียทรัพย์ การบุกรุกความผิดเกี่ยวกับเพศและกระทำชำเรา (วิชัย โปษยะจินดา และอาภา ศิริวงศ์ ณ อยุธยา, 2545) ซึ่งปัญหาจากการดื่มสุรายังส่งผลทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อระบบและกลไกต่าง ๆ ของสังคม เช่น กลไกระบบสุขภาพ ระบบยุติธรรมและความมั่นคง ระบบการศึกษา ระบบสวัสดิการ ระบบเศรษฐกิจ และระบบประกันภัยด้วย

จากสภาพปัญหาจากการดื่มสุราดังกล่าวในประเทศไทยได้มีหลายหน่วยงานมีนโยบายและมาตรการเพื่อลดปัญหาจากการดื่มสุรา การกำหนดยุทธศาสตร์นโยบายแอลกอฮอล์ระดับชาติ การจัดระบบบริการสุขภาพที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงในด้านการส่งเสริม ป้องกัน และบำบัดรักษาผู้ติดสุราที่ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพกายและสุขภาพจิต โดยการใช้วิธีผสมผสานระหว่างการรักษาด้วยยาและการบำบัดรักษาทางจิตสังคมเพื่อป้องกันการป่วยซ้ำ ช่วยลดปัญหาการกลับไปดื่มหรือการกลับไปดื่มหนักในระยะยาว (สาวิตรี อัจฉนาศกรชัย และสุวรรณา อรุณพงศ์ไพศาล, 2557) ซึ่งการบำบัดทางจิตสังคมแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับลักษณะผู้ติดสุราและให้ผลการบำบัดที่แตกต่างกัน เนื่องจากการติดสุราเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับความคิด ความรู้สึก ความเชื่อและแรงจูงใจของแต่ละบุคคล การบำบัดทางจิตสังคมแต่ละรูปแบบจึงเหมาะกับผู้ป่วยแต่ละคนต่างกัน

การสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน หรือ Twelve Step Facilitation: TSF เป็นการบำบัดทางจิตสังคมโดยบุคลากรวิชาชีพ เพื่อให้การช่วยเหลือ สนับสนุนให้ผู้ติดสุรามีความรู้ความเข้าใจในหลัก 12 ขั้นตอนได้รวดเร็วขึ้นด้วยการให้การปรึกษาแก่ผู้ติดสุราให้ยอมรับว่าตนเองมี

ปัญหาติดสุราอย่างเรื้อรัง ไม่สามารถแก้ปัญหาด้วยตนเองได้ และตระหนักว่าตนเองมีความหวังที่จะฟื้นฟูสภาพสู่ภาวะปกติด้วยการหยุดดื่มให้นานๆ โดยใช้หลัก 12 ขั้นตอนซึ่งเป็นแนวทางหลักของกลุ่มผู้ติดสุรานิรนาม (alcoholic anonymous: AA) หรือกลุ่มเอเอ ซึ่งเป็นกลุ่มช่วยเหลือกันเอง (self help group) ชนิดหนึ่ง ภายใต้แนวคิดพื้นฐานที่เชื่อว่าการติดสุราเป็นการเสื่อมถอยทางจิตวิญญาณและเป็นโรคเรื้อรัง ซึ่งผู้ติดสุราเป็นผู้ที่มีพฤติกรรมต่อเนื่องและมักจะเข้ารับการรักษากลับมาซ้ำ โปรแกรมนี้จึงน่าจะช่วยบำบัดผู้ติดสุราให้หยุดดื่มสุรา

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบการศึกษาเปรียบเทียบการบำบัดทางจิตสังคมสำหรับผู้ติดสุรา 3 ชนิดคือ การบำบัดเพื่อปรับเปลี่ยนความคิดและพฤติกรรม การสัมภาษณ์ และการบำบัดเพื่อเสริมสร้างแรงจูงใจ และการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน พบว่าการบำบัดทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน ประเด็นสำคัญพบว่าการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนเป็นการบำบัดที่ประหยัดต้นทุนการรักษา (Matching Alcoholism Treatments to Client Heterogeneity, 1993) และการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนช่วยลดร้อยละจำนวนวันดื่มหนักและมีร้อยละของจำนวนวันหยุดดื่มมากขึ้น (David, Brandon, Smith & Kelly, 2017); Manning, et al, 2012) และจากการทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบของ Kelly, Abry, Ferri, & Humphreys (2020) เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ของ AA /TSF กับการบำบัดทางจิตสังคมโดยวิชาชีพเช่น CBT, MET การติดตามผลลัพธ์ ณ 12 เดือน พบว่าร้อยละจำนวนวันหยุดดื่ม ปริมาณการดื่ม และผลกระทบจากการดื่มได้ผลลัพธ์ของ AA /TSF พอๆ กับการบำบัดทางจิตสังคมโดยวิชาชีพ สำหรับ

ประสิทธิภาพต้นทุน (cost effectiveness) พบว่า AA /TSF ประหยัดต้นทุนด้านการดูแลสุขภาพ (healthcare cost) มากกว่าการบำบัดแบบผู้ป่วยนอกด้วย CBT, MET และลดต้นทุนด้านการดูแลด้วยยา (medical care cost) เช่นเดียวกับการศึกษาของ วณิดา รัตนสุมาวงศ์, ธวัชชัย ลิฬหานาจ, พิชัย แสงชาญชัยและพลังสันต์ จงรักษ์ (2555) ได้ศึกษาประสิทธิผลของการบำบัดเพื่อสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนสำหรับผู้ป่วยในโรคติดสุราของโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ผลจากการศึกษาพบว่าผลการติดตาม 3 เดือน กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับ TSF และกลุ่มได้รับการดูแลปกติ มีอัตราการหยุดดื่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < .031$)

โรงพยาบาลสวนปรุงจัดหน่วยบริการเฉพาะทางเพื่อให้การบำบัดรักษาผู้ป่วยโรคติดสุรา ประกอบด้วยการบำบัดรักษาอาการถอนพิษสุรา และการบำบัดทางจิตสังคมและฟื้นฟูสมรรถภาพ ซึ่งเป็นการบำบัดภายหลังที่ผู้ติดสุราพ้นระยะถอนพิษสุราแล้ว โดยมีเป้าหมายเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนกลับไปสู่ครอบครัวหรือชุมชน เป็นการป้องกันการกลับไปติดสุราซ้ำ มีการให้การบำบัดทั้งรายบุคคลและแบบกลุ่มโดยทีมสหวิชาชีพ แม้ว่าผลการบำบัดโดยวิธีต่าง ๆ จะให้ผลในการบำบัดเพื่อช่วยให้ผู้ติดสุราหยุดดื่มได้ต่อเนื่อง แต่จากการติดตามหลังรักษาก็ยังพบว่ายังมีอัตราการกลับมารักษาซ้ำอยู่ (โรงพยาบาลสวนปรุง, 2563) และพบว่าแนวโน้มการกลับมารักษารักษาซ้ำภายใน 28 วัน ยังไม่ลดลงและเป็นรายเดิมๆ ซึ่งผ่านการบำบัดทางจิตสังคมตามปกติแล้วทุกรายถึงแม้ว่าบุคลากรสายวิชาชีพจะทำหน้าที่สนับสนุน เอื้ออำนวยให้มีกิจกรรมกลุ่มและพัฒนาตามหลัก 12 ขั้นตอนอย่างสม่ำเสมอ แต่ยังขาดการจัดกิจกรรมหรือโปรแกรมอย่างเป็นรูปธรรมสำหรับเชื่อมโยงการบำบัดใน

โรงพยาบาลกับกลุ่มผู้ติดสุรานิรนามซึ่งเป็นกิจกรรมภายหลังจำหน่ายออกจากโรงพยาบาล ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจนำโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนของพิชัย แสงชาญชัยและคณะ (2552) มาปรับปรุงให้สอดคล้องกับบริบทของโรงพยาบาลจิตเวชที่ให้บริการระดับตติยภูมิ เพื่อให้ผู้ติดสุราเข้าใจและให้ความร่วมมือในแต่ละขั้นตอนได้ดีขึ้น ซึ่งอาจช่วยให้ผู้ติดสุราเพิ่มจำนวนวันหยุดดื่มและลดจำนวนวันดื่มหนักของผู้ติดสุราที่ได้รับการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนได้

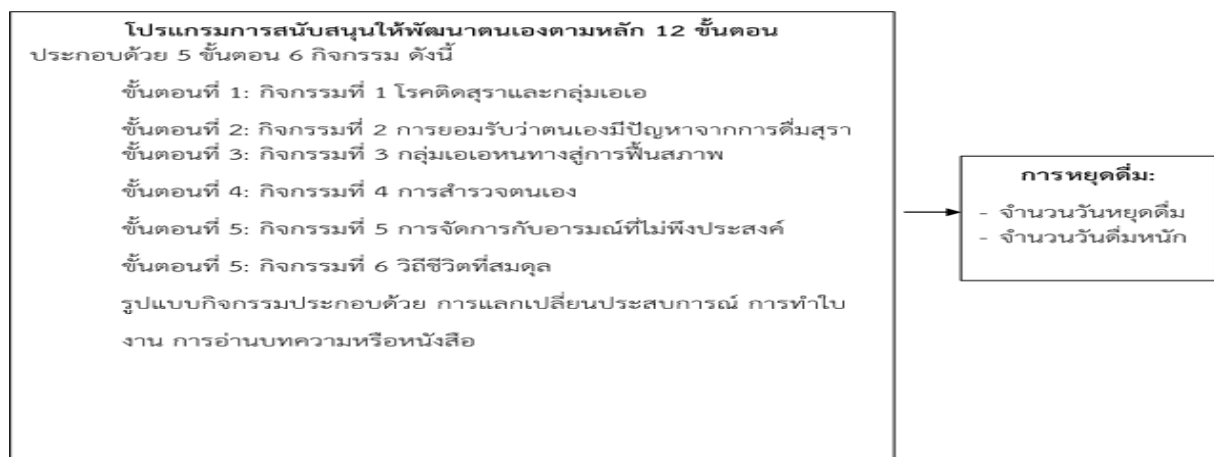
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละจำนวนวันหยุดดื่มและร้อยละจำนวนวันดื่มหนักของผู้ติดสุราก่อนและหลังเข้าโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละจำนวนวันหยุดดื่มและร้อยละจำนวนวันดื่มหนักของผู้ติดสุราที่ได้รับการบำบัดจากโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนและการบำบัดตามปกติ

กรอบแนวคิด ทฤษฎี และการพัฒนาสมมติฐาน

โปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน เป็นการส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้ติดสุรายอมรับปัญหาจากการดื่มสุรา ยอมรับว่าตนเองไม่มีพลังอำนาจในการควบคุมการดื่มสุรา เปิดใจยอมรับพลังอำนาจเหนือตนเอง ค้นหาและสำรวจพฤติกรรมของตนเอง รวมถึงปรับปรุงแก้ไขวิถีชีวิตแบบใหม่ที่มีความสมดุล ลดความเสี่ยงต่อการกลับไปดื่มสุราซ้ำ กิจกรรมมีจำนวน 6 ครั้ง ครั้งละ 1 ชั่วโมง ร่วมกับการอ่านหนังสือ บทความ ใบความรู้ ทำใบงานต่าง ๆ และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ร่วมกับสมาชิกและผู้บำบัด



สมมติฐานการวิจัย

1. หลังเข้าโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน ผู้ติดสุรามีค่าเฉลี่ยของร้อยละของจำนวนวันหยุดดื่มมากขึ้น และร้อยละจำนวนวันดื่มหนักลดลง

2. หลังเข้าโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน ผู้ติดสุรามีค่าเฉลี่ยของร้อยละจำนวนวันหยุดดื่มและร้อยละจำนวนวันดื่มหนักแตกต่างจากผู้ติดสุราที่ได้รับการบำบัดตามปกติ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) แบบสองกลุ่ม วัดผลก่อนและหลังทดลอง (two group pretest – posttest design) เพื่อศึกษาผลของโปรแกรม การสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน ต่อการหยุดดื่มของผู้ติดสุรา ในผู้ป่วยโรคติดสุราที่ รับการรักษาแบบผู้ป่วยใน โรงพยาบาลสวนปรุง จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือน มีนาคม – กรกฎาคม พ.ศ. 2562

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ประชากรในการวิจัยครั้งนี้คือ ผู้ป่วยชายที่แพทย์ให้การวินิจฉัยด้วยกลุ่มโรคติดสุรา ตามเกณฑ์การวินิจฉัยโรคสากลที่ใช้ในประเทศไทย American Psychiatric Association’s Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-V) ลง ร ฐ ส โร ค ต าม Classification of Mental and behavioral Disorders (ICD-10) โดยเข้ารับการบำบัดรักษาแบบ ผู้ป่วยใน ของโรงพยาบาลสวนปรุง จังหวัดเชียงใหม่

กลุ่มตัวอย่าง ผู้ป่วยที่แพทย์ให้การวินิจฉัย ด้วยกลุ่มโรคติดสุรา (F10.2) จำนวน 60 คน ที่มี คุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้าดังนี้

1. เพศชาย อายุ 18 ปี ขึ้นไป
 2. พ้นภาวะถอนพิษสุราแล้ว โดยประเมิน จาก CIWA คะแนนน้อยกว่า 7
 3. มีหรือไม่มีโรคร่วมทางจิตเวช แต่ระดับ อาการทางจิตไม่กำเริบโดยคะแนน HoNOS หมวด 1 คะแนนน้อยกว่า 2
 4. สามารถสื่อสารภาษาไทยได้ ไม่เป็นใบ้ หรือหูหนวก
 5. ยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย
- ในระหว่างการทำวิจัย ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์คัดออก สำหรับกลุ่มตัวอย่างดังนี้

1. มีอาการแสดงทางจิตเวชที่กำเริบ รุนแรงโดยคะแนน HoNOS หมวด 1 คะแนน มากกว่า 2

2. กลุ่มตัวอย่างมีความประสงค์จะออก จากการเข้าร่วมวิจัยโดยแจ้งหรือไม่ต้องแจ้งเหตุผลก็ได้

วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง คำนวณจากการศึกษา ก่อนหน้านี้ของ Magura, Cleland, & Tonigan. (2013) ได้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 25 คน เพิ่มอีก 10 % สำหรับ dropout rate คิดเป็น 28 คน ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างครั้งนี้เป็นกลุ่ม ละ 30 คน เพื่อให้การวิเคราะห์ผลดีขึ้นและ สามารถใช้การวิเคราะห์แบบพาราเมตริกซ์ได้ จากนั้นใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) เพื่อแบ่งกลุ่มผู้ป่วยออกเป็นกลุ่ม ทดลองและกลุ่มควบคุม

เครื่องมือและการพัฒนาคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ใน การเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ โปรแกรม การสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลักการ 12 ขั้นตอน ตามที่ผู้วิจัยดัดแปลงจาก พิชัยแสงชาญชัย และคณะ (2552)

ส่วนที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบบันทึกข้อมูลทั่วไป ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษาสูงสุด อาชีพ สถานภาพสมรส การ วินิจฉัยโรค ครั้งที่เข้ารับการรักษานในโรงพยาบาล ประวัติการดื่มสุรา

2.2 แบบบันทึกวันหยุดดื่มและวันดื่มหนัก โดยใช้ปฏิทินบันทึกปริมาณและความถี่การดื่มสุรา (Timeline follow back) เป็นแบบบันทึกที่มีการ นำมาใช้อย่างแพร่หลาย แปลโดยสุนทรี ศรีโกสโย

การแปลผล จากแบบบันทึกในช่วงเวลาที่กำหนด คือ
-นับจำนวนวันหยุดเต็ม หมายถึง จำนวน
วันนั้นๆ ไม่มีการดื่มสุรา

-นับจำนวนวันที่ดื่มหนัก หมายถึง จำนวน
วันที่ดื่มเกินระดับ โดยผู้ขายดื่มสุรามากกว่าหรือ
เท่ากับ 5 ดื่มมาตรฐานขึ้นไป

การคิดคะแนน ดังนี้

ร้อยละของจำนวนวันหยุดเต็ม เท่ากับ
จำนวนวันที่หยุดเต็ม คูณ 100 หารด้วยจำนวนวันที่
มีโอกาสดื่ม ซึ่งจะตัดวันที่อยู่ในคุก อยู่ใน
สถานบำบัดที่ปิด

ร้อยละของจำนวนวันดื่มหนัก เท่ากับ
จำนวนวันที่ดื่มหนัก คูณ 100 หารด้วยจำนวนวันที่
มีโอกาสดื่ม ซึ่งจะตัดวันที่อยู่ในคุก อยู่ใน
สถานบำบัดที่ปิด

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

ผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1.การตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย

1.1.โปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนา
ตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน ของ พิชัย แสงชาญ
ชัยและคณะ (2552) หลังจากการดัดแปลงแล้ว
ผู้วิจัยนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตาม
เนื้อหาจำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้มีประสบการณ์และ
เชี่ยวชาญในการใช้โปรแกรมและปรับปรุงแก้ไข
ตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

1.2.ปฏิทินบันทึกปริมาณและความถี่การดื่ม
สุรา (Time line follow back, TLFB) ผู้วิจัยไม่ได้
ดัดแปลงใดๆ จึงไม่ได้หาความตรงตามเนื้อหาซ้ำ

2.การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือวิจัย

2.1.ผู้วิจัยนำโปรแกรมการสนับสนุนให้
พัฒนาตนเองตามหลักการ 12 ขั้นตอนที่ดัดแปลง
ของ พิชัย แสงชาญชัยและคณะ (2552) ไปทดลอง
ใช้จริงกับผู้ป่วยสุราจำนวน 1 กลุ่ม เพื่อทดสอบ

ความเป็นไปได้ ภาษาที่ใช้และความเข้าใจของ
เนื้อหา

2.2 ปฏิทินบันทึกปริมาณและความถี่การ
ดื่มสุรา เป็นแบบบันทึกที่ใช้ในการปฏิบัติงานใน
ดูแลผู้ติดสุราในโรงพยาบาลอยู่แล้ว จึงไม่ได้หาค่า
ความเชื่อมั่น

การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่างโดย
โครงการวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจาก
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน โรงพยาบาล
สวนปรุงเลขที่ 9 / 2562 ลงวันที่ 20 มีนาคม 2562
โดยมีเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับอาสาสมัคร
ผู้รับการวิจัยและเอกสารแสดงคำยินยอมเข้าร่วม
ในโครงการวิจัยให้ผู้ติดสุราได้อ่านคำชี้แจงเพื่อ
ตัดสินใจ โดยหากผู้ติดสุราตัดสินใจเข้าร่วม
โครงการ ผู้วิจัยจะขอให้ผู้ติดสุราลงนามในเอกสาร
แสดงคำยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยโดยจะ
สามารถยุติการเข้าร่วมโครงการโดยไม่จำเป็นต้อง
บอกเหตุผลได้ตลอดเวลาส่วนผู้ติดสุราที่ไม่เข้าร่วม
โครงการวิจัยจะได้รับการดูแลตามปกติของการ
บำบัดในโรงพยาบาลโดยไม่เสียสิทธิในการรักษาใด
ใด ข้อมูลที่จะนำไปแสดงผลการศึกษาจะเสนอเป็น
ภาพรวมโดยจะไม่ระบุเป็นรายบุคคล

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ดำเนินการดังนี้

1. ข้อมูลส่วนบุคคลประกอบด้วยเพศ อายุ
ระดับการศึกษาสูงสุด อาชีพ สถานภาพสมรส การ
วินิจฉัยโรค ครั้ง ที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล
ประวัติการดื่มสุรา นำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิง
พรรณนา คือค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของจำนวน
วันหยุดเต็มและร้อยละของจำนวนวันดื่มหนัก
ทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วย Kolmogorov
Smirnov test พบว่าไม่ใช่โค้งปกติ ข้อมูลก่อนและ

หลังเข้าโปรแกรมใช้สถิติใช้ Wilcoxon Matched – Pairs Signed – Ranks test และข้อมูลระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมใช้สถิติ Mann Whitney U Test

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ส่วนที่1.ลักษณะส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวน 60 คนแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 30 คนพบว่าอายุเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกันกลุ่มทดลองมีอายุเฉลี่ย 41.10 ปี (S.D = 8.36) และกลุ่มควบคุมมีอายุเฉลี่ย 38.70 ปี (S.D = 7.04) กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 53.33 และ 60.00 ตามลำดับ ส่วนใหญ่ว่างงานร้อยละ 46.67 และ 60.00 ตามลำดับ สถานภาพสมรสส่วนใหญ่มีคู่สมรสคิดเป็นร้อยละ 56.67 เท่ากันทั้งสองกลุ่ม การวินิจฉัยโรคของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่คือกลุ่มอาการติดสุราร้อยละ 53.33 และ 60.00 ตามลำดับ จำนวนครั้งที่เข้ารับการรักษานในโรงพยาบาลกลุ่มทดลองมีจำนวนครั้งเฉลี่ย 10.50 ครั้ง (S.D = 4.59) และกลุ่มควบคุมมีจำนวนครั้งเฉลี่ย 9.07 ครั้ง (S.D = 3.82)

ประวัติการดื่มสุราของกลุ่มทดลองมีอายุเฉลี่ยเมื่อดื่มครั้งแรก 18.17ปี (SD=2.41) และกลุ่มควบคุมมีอายุเฉลี่ยเมื่อดื่มครั้งแรก 18.140ปี (SD=3.29) และสาเหตุที่ดื่มสุราส่วนใหญ่คือเพื่อนชวน ร้อยละ60 และ66.67ตามลำดับ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดื่มเหล้าขาวเป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ83.33และ16.67ตามลำดับ ระยะเวลาที่ติดสุราส่วนใหญ่อยู่ในช่วง6-10ปี คิดเป็นร้อยละ 53.33และ50.00ตามลำดับ ส่วนใหญ่เคยหยุดดื่มสุราได้น้อยกว่า6เดือนร้อยละ53.33และ60.00ตามลำดับ

ส่วนที่2 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์

1) ภายหลังจากสิ้นสุดการได้รับโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยของร้อยละจำนวนวันหยุดดื่มภายหลังจากทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .001 และมีค่าเฉลี่ยของร้อยละจำนวนวันดื่มหนักภายหลังจากทดลองต่ำกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .001 ซึ่งอธิบายได้ว่า การบำบัดทางจิตสังคมเป็นขั้นตอนสำคัญในการบำบัดรักษาผู้ติดสุรา สามารถช่วยให้ผู้ป่วยโรคติดสุรามีอาการดีขึ้น สามารถลดปริมาณการดื่ม ลดอันตรายและผลกระทบจากการดื่ม มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นรวมทั้งป้องกันการกลับไปดื่มซ้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (พิชัย แสงชาญชัย, 2553) ประเด็นสำคัญพบว่าการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนเป็นการบำบัดที่ประหยัดต้นทุนการรักษา (Matching Alcoholism Treatments to Client Heterogeneity, 1993) และการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนช่วยลดร้อยละจำนวนวันดื่มหนักและมีร้อยละของจำนวนวันหยุดดื่มมากขึ้น (David, Brandon, Smith & Kelly, 2017); Manning, et al, 2012)

2) ภายหลังจากทดลองผู้ป่วยติดสุราในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยของร้อยละจำนวนวันหยุดดื่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .162 และมีค่าเฉลี่ยของร้อยละจำนวนวันดื่มหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .856 ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาเปรียบเทียบการบำบัดทางจิตสังคมสำหรับผู้ติดสุรา 3 ชนิดคือ การบำบัดเพื่อปรับเปลี่ยนความคิดและพฤติกรรม การสัมภาษณ์และการบำบัดเพื่อเสริมสร้างแรงจูงใจ และการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน พบว่าการบำบัดทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพ

ไม่แตกต่างกัน (Matching Alcoholism Treatments to Client Heterogeneity, 1993) อาจเนื่องจาก การบำบัดตามโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน และการบำบัดตามปกติด้วยการเสริมสร้างแรงจูงใจในการเลิกดื่มสุรา มีองค์ประกอบของการบำบัดที่คล้ายคลึงกัน ในประเด็นการบำบัดโดยยึดผู้รับการบำบัดเป็นศูนย์กลาง การส่งเสริมกระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจให้เลิกดื่มสุราโดยการเปิดโอกาสให้ผู้ติดสุรามีการทบทวนพฤติกรรมของตนเอง ในช่วงที่ดื่มสุราการสะท้อนข้อมูลผลกระทบจากการดื่มสุรา และการให้ความสำคัญกับสัมพันธภาพระหว่างผู้บำบัดและผู้รับการบำบัดได้ (พิชัย แสงชาญชัย, 2553) ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของโปรเจกต์แมทช์ (Matching Alcoholism Treatments to Client Heterogeneity Project MATCH.) โดยสถาบันแห่งชาติด้านการบำบัดผู้ติดสุรา (National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism: NIAAA) ที่พบว่าการสัมภาษณ์และการบำบัดเพื่อเสริมสร้างแรงจูงใจและการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน ในช่วง 10 ปี ให้ผลลัพธ์การบำบัดในเรื่องการหยุดดื่มและการดื่มหนักของผู้ติดสุราไม่แตกต่างกัน อีกทั้งยังอาจมีตัวแปรภายนอกอื่นที่ไม่สามารถควบคุมได้ในขณะวิจัย เช่นการที่ผู้ป่วยอยู่หอผู้ป่วยด้วยกันเข้าร่วมกลุ่มกิจกรรมอื่นด้วยกันอาจมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันได้

การสรุปผลและข้อเสนอแนะ

การบำบัดด้วยการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการบำบัดทางจิตสังคมสำหรับผู้ติดสุรา ซึ่งได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิภาพในการช่วยเพิ่มจำนวนวันหยุดดื่มและลดจำนวนวันดื่มหนัก ในผู้ติดสุราชาย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ด้านบริหารการพยาบาล จัดทำข้อเสนอเชิงนโยบายแก่คณะกรรมการดูแลผู้ป่วยโรคติดสุราของโรงพยาบาลสวนปรุง เพื่อบรรจุโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน และผลักดันให้เป็นการบำบัดทางจิตสังคมอีกชนิดหนึ่งของโรงพยาบาล

2. ด้านการปฏิบัติการพยาบาล เสนอต่อผู้บริหารทางการแพทย์ในการส่งเสริมให้บุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านการดูแลผู้ติดสุรามีความรู้ความเข้าใจโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนซึ่งเป็นการพัฒนาจากรากฐานแนวคิดของผู้ติดสุราโดยตรง เป็นการเข้าถึงความคิดความรู้สึกของผู้ติดสุราและสามารถประยุกต์ใช้ในการดูแลผู้ติดสุราให้มีประสิทธิภาพ

3. ด้านการวิจัย ผลักดันและเสนอต่อกลุ่มงานวิจัยให้พยาบาลและนักวิจัย สามารถนำโปรแกรมการบำบัดด้วยการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน ไปต่อยอดหรือศึกษาในกลุ่มผู้รับบริการเฉพาะกลุ่มต่อไป เช่น ผู้ติดสุราหญิง ผู้ติดสุราวัยผู้ใหญ่ รวมถึงผู้ใช้สารเสพติดอื่น รวมถึงควรขยายผลไปใช้ในโรงพยาบาลชุมชน และศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนของการบำบัดแต่ละชนิดต่อไป

4. ด้านการศึกษา เสนอผ่านการสัมมนาหลักสูตรการผลิตบุคลากรสุขภาพให้บรรจุแนวคิดหลัก 12 ขั้นตอน โปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนและกลุ่มผู้ติดสุราในนาม ในแผนการเรียนการสอนทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานการดูแลผู้ป่วยโรคติดสุราสำหรับนักศึกษาพยาบาล

ข้อเสนอแนะในการทำศึกษาค้างต่อไป

1. ผลของโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน ต่อผู้ติดสุรา

เฉพาะกลุ่ม เช่น ผู้ติดสุราหญิง ผู้ติดสุรายายต่าง ๆ ผู้ติดสุราที่มีโรคร่วมทางจิตเวช เป็นต้น

2. ลักษณะหรือรูปแบบของโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนที่เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างที่เฉพาะมากยิ่งขึ้น

3. ศึกษาเปรียบเทียบผลของโปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอนแบบรายกลุ่มกับรายบุคคล แบบผู้ป่วยนอกกับผู้ป่วยใน

4. ศึกษาการใช้โปรแกรมการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน ในโรงพยาบาลชุมชนหรือในหน่วยบริการสาธารณสุขระดับต่าง

5. ศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนทางตรงและทางอ้อม ของการบำบัดทางจิตสังคมสำหรับผู้ติดสุราแต่ละชนิด เช่น การบำบัดเพื่อเสริมสร้างแรงจูงใจในการเลิกดื่มสุรา การบำบัดทางความคิดและพฤติกรรมและการการสนับสนุนให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน

เอกสารอ้างอิง

ปริทรรศ ศิลปกิจ วนิดา พุ่มไพศาลชัย และพันธ์ุภา กิตติรัตน์ไพบูลย์. (2542). **ความชุกและสุขภาพจิตของคนไทยที่ติดสุรา** (รายงานผลการวิจัย). เชียงใหม่: โรงพยาบาลสวนปรุง

พิชัย แสงชาญชัยและคณะ. (2552). **คู่มือการส่งเสริมให้พัฒนาตนเองตามหลัก 12 ขั้นตอน**. กรุงเทพฯ: โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า.

พิชัย แสงชาญชัยและคณะ. (2553). **การทบทวนองค์ความรู้เรื่องกลุ่มผู้ติดสุราเรื้อรังนิรนาม(เอเอ)** เชียงใหม่: วนิตการพิมพ์.

วนิดา รัตนสุมาวงศ์ ธวัชชัย สืพหานาจ พิชัย แสงชาญชัยและ พลังสันต์ จงรักษ์. (2555). **การศึกษาระสิทธิผลของการบำบัดเพื่อเสริมให้ พัฒนาตามหลัก 12 ขั้นตอน สำหรับผู้ป่วยในที่ติดสุรา** โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า.

วิชัย โปษยะจินดา และอาภา ศิริวงศ์ ณ อยุธยา. (บ.ก.). (2545). **สุราในสังคมไทย โครงการศึกษาปัญหาที่กับการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เพื่อหามาตรการทางเลือกป้องกันและแก้ไข**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สาวิตรี อัมณงค์กรชัย (บ.ก.). (2562a). **รายงานสถานการณ์การบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในสังคมไทย ประจำปี 2560**. กรุงเทพฯ: สหมิตรพัฒนาการพิมพ์.

สาวิตรี อัมณงค์กรชัย และสุวรรณ อรุณพงษ์ไพศาล. (2557). **ปัญหาและความผิดปกติจากการดื่มสุรา ความสำคัญและการดูแลรักษาในประเทศไทย**. สงขลา: คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุนทรี ศรีโกไสย ลัดดาวัลย์ พิบูลย์ศรี วงเดือน สุนันตา เขมา ตั้งใจมั่น อังคณา สารคำ และอรอุมา ภูโสภ. (2551). **ประสิทธิผลของการบำบัดเพื่อเสริมสร้างแรงจูงใจต่อการลดปัญหาการดื่มสุราของผู้ป่วยโรคติดสุราที่ได้รับการติดตามทุก 2 และทุก 4 สัปดาห์** (รายงานการวิจัย). เชียงใหม่: โรงพยาบาลสวนปรุง.

- อธิป ตันอารีย์ และพลเทพ วิจิตรคุณากร. (2562). สถานการณ์การบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และดัชนีความเสี่ยงต่อปัญหาแอลกอฮอล์ของจังหวัดในประเทศไทย: ข้อมูลสำรวจ พ.ศ. 2560. **วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข**. 13(4): 353-367.
- โรงพยาบาลสวนปรุง. (2563). **สถิติผู้รับบริการโรงพยาบาลสวนปรุงปีงบประมาณ 2561 - 2563**. เชียงใหม่: กลุ่มงานเทคโนโลยีและสารสนเทศ.
- American Psychiatric Association. (2018). **APA Releases New Practice Guideline on Treatment of Alcohol Use Disorder**. Retrieved Jan 10, 2021, from <https://www.psychiatry.org/newsroom/news-releases>.
- David, J. D., Brandon, B. G., Smith, D. C., & Kelly, J. F (2017). Testing a Matching Hypothesis for Emerging Adults in Project MATCH: During-Treatment and One-Year Outcomes. **Journal Study Alcohol Drugs**, 78(1): 140-145.
- Kelly, J.F, Abry, A, Ferri, M., & Humphreys, K. (2020). Alcoholics Anonymous and other 12-step programs for alcohol use disorder. **Cochrane Database Syst Rev**, 11(3): 1-12.
- Kuria, W.M., Ndeti, M.D., Obit, S.I, Khasakhala, I.L., Bagaka, M.B., & Kamau, J. (2014). The association between alcohol dependence and depression before and after treatment for alcohol dependence. **International Scholarly Research Network**, 1-6. doi:10.5402/2012/482802.
- Magura, S., Cleland, C.M., & Tonigan, J.S. (2013) Evaluating Alcoholics Anonymous Effect on Drinking in Project MATCH Using Cross-Lagged Regression Panel Analysis, **Journal Study Alcohol Drugs**, 74: 378–385.
- Project MATCH Research Group (1993). Project MATCH: Rationale and methods for a multisite clinical trial matching alcoholism patients to treatment. **Alcoholism: Clinical Experimental Research**, 17: 1130-1145.
- World Health Organization. (2013). **Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020**. Geneva: World Health Organization; 65-70.

ขอเชิญส่งบทความ (Call for Paper)

คณะกรรมการจัดทำวารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) มีความยินดีที่จะรับผลงานทางวิชาการเพื่อนำเสนอและเผยแพร่ในวารสารวิชาการ โดยเปิดรับบทความสายวิทยาศาสตร์/เทคโนโลยี ในสาขาต่อไปนี้

1. สาขาวิชาพยาบาลศาสตร์
2. สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์
3. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
4. สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ
5. สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
6. สาขาวิทยาศาสตร์การแพทย์
7. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
8. สาขาวิชาการเกษตร
9. สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์
10. สาขาวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ประเภทของผลงานทางวิชาการ

1. บทความวิจัย หมายถึง เป็นการนำเสนอผลการวิจัยอย่างเป็นระบบ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ การดำเนินการวิจัย สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) เอกสารอ้างอิง
2. บทความวิชาการ หมายถึง งานเขียนซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เป็นความรู้ใหม่ กล่าวถึงความเป็นมาของปัญหา วัตถุประสงค์ แนวทางการแก้ปัญหา มีการใช้แนวคิดทฤษฎี ผลงานวิจัยจากแหล่งข้อมูล สรุป เช่น หนังสือ วารสารวิชาการ ฐานข้อมูล Online ประกอบการวิเคราะห์วิจารณ์ เสนอแนวทางการแก้ไข

องค์ประกอบบทความ

บทความวิจัย (Research Article)

1. ชื่อเรื่อง ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
2. ชื่อผู้พิมพ์ พร้อมทั้งตำแหน่งทางวิชาการและสังกัด
3. บทคัดย่อทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษไม่เกิน 15 บรรทัด หรือ 200 คำ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ รูปแบบการวิจัย กลุ่มตัวอย่าง ช่วงเวลาทำวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัยและสรุปผลการวิจัย ระบุคำสำคัญของเรื่อง (Keywords) จำนวนไม่เกิน 5 คำ
4. เนื้อหาของบทความประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้
 - 4.1 ความสำคัญของปัญหาการวิจัย
 - 4.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย
 - 4.3 ขอบเขตการวิจัย
 - 4.4 สมมติฐานการวิจัย
 - 4.5 การทบทวนวรรณกรรม และแนวคิด
 - 4.6 วิธีดำเนินการวิจัย (ระบุวิธีการเก็บข้อมูล ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ปี พ.ศ. ที่ทำการวิจัย วิธีวิเคราะห์ข้อมูล)
 - 4.7 ผลการวิจัยโดยอาจมีรูปภาพ ตารางและแผนภูมิประกอบเท่าที่จำเป็น
 - 4.8 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

(ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย ข้อเสนอแนะสำหรับปฏิบัติ และข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยต่อไป)

4.9 เอกสารอ้างอิง ต้องอ้างอิงในระบบ APA ตลอดเรื่อง

4.10 บทความที่สรุปมาจาก วิทยานิพนธ์ ดุษฎีนิพนธ์ ให้ใส่ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา พร้อมตำแหน่งวิชาการ และสังกัด หลังชื่อผู้นิพนธ์ รายงานการวิจัย หรือบทความวิชาการที่ปฏิบัติตามคำแนะนำ จะได้รับ พิจารณาดำเนินการโดยทันที

บทความวิชาการ (Academic Article)

บทความวิชาการเป็นการนำเสนอเรื่องทางวิชาการที่อยู่ในความสนใจของบุคคลทั่วไปในปัจจุบัน ประกอบด้วย

1. ชื่อเรื่อง ชื่อผู้นิพนธ์ ที่อยู่ผู้นิพนธ์ ผู้นิพนธ์สำหรับติดต่อ (Corresponding author) และบทสรุป (Conclusion) เพื่อเป็นการสรุปเรื่องโดยย่อ พร้อมระบุความสำคัญของเรื่อง (Keywords) จำนวนไม่เกิน 5 คำ
2. เนื้อหาของบทความ ประกอบด้วย
 - 2.1 บทนำ (Introduction) เพื่อกล่าวถึงความน่าสนใจของเรื่องที่น่าสนใจ
 - 2.2 เนื้อหาเป็นการแสดงรายละเอียดของเรื่องที่เขียนในแต่ละประเด็น
 - 2.3 บทสรุป (Conclusion) ของเรื่องที่เขียนเพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจ
 - 2.4 ข้อเสนอแนะจากผู้นิพนธ์เกี่ยวกับเรื่องที่เขียนในประเด็นที่น่าสนใจ

ทั้งนี้ ผู้นิพนธ์ควรตรวจสอบเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับบทความที่น่าสนใจอย่างละเอียด บทความวิชาการต้องนำเสนอ พัฒนาการของเรื่องที่น่าสนใจ ข้อมูลที่น่าสนใจจะต้องนำเสนอในวงกว้าง โดยให้ผู้อ่านในต่างสาขาทั้งอาจารย์และ นักศึกษา สามารถเข้าใจได้

กระบวนการพิจารณาบทความ

บทความที่จะได้รับการพิจารณาลงตีพิมพ์จะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ไหนมาก่อน โดยบทความ จะต้องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของวารสาร และผ่านการพิจารณาจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง ไม่น้อยกว่า 2 ท่าน และผู้ทรงคุณวุฒิจะไม่สามารถทราบข้อมูลของผู้ส่งบทความ (double-blind peer review)

รายละเอียดวิธีการเขียนบทความ

1. บทความมีความยาวไม่เกิน 15 หน้า กระดาษ A4 (รวมบทคัดย่อภาษาไทย ภาษาอังกฤษและเอกสารอ้างอิง)
2. การตั้งค่านำกระดาษ ให้กำหนดขอบบน 1 นิ้ว ขอบล่าง 1 นิ้ว ขอบซ้าย 1 นิ้ว และขอบขวา 1 นิ้ว
3. ตัวอักษรให้ใช้ TH SarabunPSK โดยกำหนดขนาด ดังนี้
 - 3.1 ชื่อเรื่องภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาด 20 point ตัวหนา ชิดซ้าย
 - 3.2 ชื่อผู้เขียนภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาด 16 point ตัวหนา
 - 3.3 สถานที่ทำงาน และ E-mail address ของผู้เขียน ขนาด 15 point ตัวธรรมดา
 - 3.4 หัวข้อเรื่อง ขนาด 16 point ตัวหนา ชิดซ้าย
 - 3.5 รายละเอียด/เนื้อเรื่อง ขนาด 16 point ตัวธรรมดา ชิดซ้าย
4. ตาราง ให้วางตารางใกล้ตำแหน่งที่อ้างถึงในเนื้อหา พิมพ์ลำดับของตารางและชื่อตารางเหนือตาราง และ พิมพ์ที่มาของตารางใต้ตาราง
5. ภาพประกอบ ให้วางภาพประกอบใกล้ตำแหน่งที่อ้างถึงในเนื้อหา พิมพ์ลำดับของภาพและชื่อภาพ และพิมพ์ ที่มาของภาพไว้ใต้ภาพ

6. เนื้อเรื่องแบ่งออกเป็น 2 คอลัมน์/ ตาราง และภาพประกอบให้แทรกในเนื้อเรื่อง โดยจัดเป็น 1 คอลัมน์
7. ส่วนประกอบหลักในหัวข้อประเด็นต่างๆ ประกอบด้วย

บทความวิจัย	บทความวิชาการ
- ชื่อเรื่องภาษาไทย และภาษาอังกฤษ - ข้อมูลผู้เขียน (ชื่อ-นามสกุล/สังกัด/E-mail) - บทคัดย่อ/ABSTRACT - คำสำคัญ/KEYWORDS - บทนำ - วัตถุประสงค์ - สมมติฐาน (ถ้ามี) - ประโยชน์ที่ได้รับ - วิธีดำเนินการวิจัย (ประชากรตัวอย่าง/เครื่องมือ/การวิเคราะห์ข้อมูล) - สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล - ข้อเสนอแนะ - กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) - เอกสารอ้างอิง	- ชื่อเรื่องภาษาไทย และภาษาอังกฤษ - ข้อมูลผู้เขียน (ชื่อ-นามสกุล/สังกัด/E-mail) - บทคัดย่อ/ABSTRACT - คำสำคัญ/KEYWORDS - บทนำ - บทสรุป - ข้อเสนอแนะ - เอกสารอ้างอิง

8. การอ้างอิงในเนื้อหาให้ใช้วิธีการอ้างอิงแบบนามปี (author-date in-text citation) โดยจะจัดวางไว้ข้างหน้าหรือข้างหลังข้อความที่ต้องการอ้าง เพื่อบอกแหล่งที่มาของข้อความนั้น
9. ให้รวบรวมรายการเอกสารทั้งหมดที่ผู้เขียนได้ใช้อ้างอิงในเนื้อหา รวมถึงข้อมูลในตาราง และภาพประกอบ จัดเรียงรายการตามลำดับอักษร กรณีภาษาไทย เรียงตามอักษรชื่อผู้แต่ง กรณีภาษาอังกฤษ เรียงตามอักษรนามสกุลผู้แต่ง โดยใช้รูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิงแบบ APA (American Psychological Association)

รูปแบบ (Template) การเขียนบทความ

ชื่อเรื่องภาษาไทย ขนาด 20 point ตัวหนา ชิดซ้าย

ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ขนาด 20 point ตัวหนา ชิดซ้าย

ชื่อ-นามสกุล¹ , ชื่อ-นามสกุล² (ขนาด 16 point ตัวหนา)

สถานที่ทำงาน¹ , สถานที่ทำงาน² (ของผู้เขียน ขนาด 15 point ธรรมดา)

Firstname Lastname¹, Firstname Lastname² (ขนาด 16 point ตัวหนา)

Affiliations¹, Affiliations² (ของผู้เขียน ขนาด 15 point ธรรมดา)

E-mail:¹ (ผู้เขียนคนที่ 1 ขนาด 15 point ธรรมดา)

E-mail:² (ผู้เขียนคนที่ 2 ขนาด 15 point ธรรมดา)

บทคัดย่อ ขนาด 16 point ตัวหนา ชิดซ้าย

บทความวิจัยและบทความวิชาการมีรูปแบบเดียวกัน และจะต้องเขียนตามข้อกำหนดการเตรียมบทความข้างล่างนี้ เพื่อความชัดเจนของบทความ ส่วนแรกของบทความคือบทคัดย่อ ความยาวหนึ่งย่อหน้า ความยาวของบทคัดย่อควรอยู่ระหว่าง 200 ถึง 300 คำ และไม่ควรมีการอ้างอิงเอกสารอ้างอิง ขนาด 16 point ตัวธรรมดา ชิดซ้าย

คำสำคัญ: โปรดระบุคำสำคัญ ไม่เกิน 5 คำ ไม่ต้องมีเครื่องหมายคั่นระหว่างคำ ขนาด 16 point ตัวธรรมดา ชิดซ้าย

ABSTRACT ขนาด 16 point ตัวหนา ชิดซ้าย

The first section of the manuscript is to be a short single paragraph abstract outlining the aims, scope, methods, results and conclusion of the paper. Authors should aim for an abstract length of between 200 and 300 words. Abstract should not refer to the references.

KEYWORDS: โปรดระบุ KEYWORDS ไม่เกิน 5 คำ เป็นภาษาอังกฤษ ตัวธรรมดา อักษรแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค “,” ขนาด 16 point ตัวธรรมดา ชิดซ้าย

หมายเหตุ ดาวน์โหลดแบบฟอร์มได้ที่หน้าเว็บไซต์

1. รายละเอียดทั่วไป

กำหนดให้บทความมีความยาวไม่เกิน 15 หน้า ของกระดาษ A4 (รวมบทคัดย่อภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และเอกสารอ้างอิง) โดยให้ตั้งค่าน้ำหนักกระดาษ ขอบบน 1 นิ้ว ขอบล่าง 1 นิ้ว ขอบซ้าย 1 นิ้ว และขอบขวา 1 นิ้ว

2. การเขียนตาราง

ให้วางตารางใกล้ตำแหน่งที่อ้างถึงในเนื้อหา โดยลำดับเลขของตาราง (ตัวหนา) และชื่อตาราง (ตัวธรรมดา) เหนือตารางและขีดซ้าย เช่น “ตารางที่ 1 ...” และระบุแหล่ง “ที่มา: ...” ไว้ใต้ตาราง พร้อมคำอธิบายเพิ่มเติมในเนื้อหาใต้ตาราง เช่น “ดังตารางที่ 1”

ตารางที่ 1 ขนาดและลักษณะของตัวอักษรที่ใช้ในการพิมพ์บทความ

รายการ	ขนาดตัวอักษร (point)	ลักษณะตัวอักษร
ชื่อบทความ	20	ตัวหนา ขีดซ้าย
ชื่อผู้เขียน	16	ตัวหนา ขีดซ้าย
สถานที่ติดต่อผู้เขียน/Email	15	ธรรมดา ขีดซ้าย
หัวข้อเรื่อง	16	ตัวหนา ขีดซ้าย
เนื้อเรื่อง/เนื้อความทั่วไป	16	ตัวธรรมดา ขีดซ้าย

ที่มา: ...ระบุที่มาของตาราง....

3. ภาพประกอบ

ให้วางภาพประกอบใกล้ตำแหน่งที่อ้างถึงในเนื้อหา โดยลำดับเลขของภาพ (ตัวหนา) และพิมพ์ชื่อภาพ (ตัวธรรมดา) “ภาพที่ 1” และระบุแหล่ง “ที่มา: ...” ไว้ใต้ภาพ พร้อมคำอธิบายเพิ่มเติมในเนื้อหาใต้ภาพ เช่น “ดังภาพที่ 1”



ภาพที่ 1 โลโก้สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์
สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (สสอท.)
ที่มา: สสอท. (2561)

4. การอ้างอิงในเนื้อหา

การอ้างอิงในเนื้อหาให้ใช้วิธีการอ้างอิงในเนื้อหาแบบนามปี (author-date in-text citation) โดยจะจัดวางไว้ข้างหน้าหรือข้างหลังข้อความที่ต้องการอ้าง เพื่อบอกแหล่งที่มาของข้อความนั้น

4.1 ผู้เขียนมีคนเดียวหรือ 2 คน

กรณีภาษาไทย ใช้ชื่อ-นามสกุลผู้แต่งทุกคน ตามด้วยปีที่พิมพ์ พ.ศ. เช่น กุฑริรงค์ จุฑาพฤตกร และ อันธิกา สวัสดิ์ศรี (2556) หรือ (กุฑริรงค์ จุฑาพฤตกร และ อันธิกา สวัสดิ์ศรี, 2556)

กรณีภาษาอังกฤษ ใช้นามสกุลทุกคน ตามด้วยปีที่พิมพ์ ค.ศ. เช่น Holder and Matter (2008) หรือ (Holder & Matter, 2008)

4.2 ผู้เขียนมี 3 ถึง 5 คน

กรณีภาษาไทย - ครั้งแรก ใช้ชื่อ-นามสกุลผู้แต่งทุกคน ตามด้วยปีที่พิมพ์ พ.ศ. เช่น ชินวัฒน์ ศาสนนันท์, สัญญา สัญญาวิวัฒน์, และ โกมล ไพศาล (2556) หรือ (ชินวัฒน์ ศาสนนันท์, สัญญา สัญญาวิวัฒน์, และ โกมล ไพศาล, 2556)

- ครั้งต่อไป ใช้ชื่อ-นามสกุลผู้แต่งคนแรกตามด้วย “และคณะ” ตามด้วยปีที่พิมพ์ พ.ศ. เช่น ชินวัฒน์ ศาสนนันท์ และคณะ (2556) หรือ (ชินวัฒน์ ศาสนนันท์ และคณะ, 2556)

กรณีภาษาอังกฤษ - ครั้งแรก ใช้นามสกุลทุกคน ตามด้วยปีที่พิมพ์ ค.ศ. เช่น Martin-Consuegra, Molina, and Esteban (2007) หรือ (Martin-Consuegra, Molina, & Esteban, 2007)

- ครั้งต่อไป ใช้นามสกุลคนแรกตามด้วย “et al.” ตามด้วยปีที่พิมพ์ ค.ศ. เช่น Martin-Consuegra et al. (2007) หรือ (Martin-Consuegra et al., 2007)

4.3 ผู้เขียนมีตั้งแต่ 6 คนขึ้นไป

กรณีภาษาไทย ใช้ชื่อ-นามสกุลคนแรก ตามด้วยปีที่พิมพ์ พ.ศ. เช่น มารยาท โยทองยศ และคณะ (2560)

กรณีภาษาอังกฤษ ใช้นามสกุลคนแรกตามด้วย “et al.” ตามด้วยปีที่พิมพ์ ค.ศ. เช่น Harris et al. (2001) หรือ (Harris et al., 2001)

4.4 การอ้างอิงจาก 2 แหล่ง

กรณีภาษาไทย เรียงรายการเอกสารตามตัวอักษรและค้นเอกสารออกด้วยเครื่องหมาย (;) เช่น (ชินวัฒน์ ศาสนนันท์, สัญญา สัญญาวิวัฒน์, และ โกมล ไพศาล, 2556; มารยาท โยทองยศ และคณะ 2560) หรือ (Harris et al., 2001; Martin-Consuegra, Molina, & Esteban, 2007)

5. เอกสารอ้างอิง

ให้รวบรวมรายการเอกสารทั้งหมดที่ผู้เขียนได้ใช้อ้างอิงในเนื้อหา รวมถึงข้อมูลในตาราง และภาพประกอบ จัดเรียงรายการตามลำดับอักษร กรณีภาษาไทย เรียงตามอักษรชื่อผู้แต่ง กรณีภาษาอังกฤษ เรียงตามอักษรนามสกุลผู้แต่ง โดยใช้รูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิงแบบ APA (American Psychological Association) ตัวอย่างการเขียนเอกสารอ้างอิงมีดังนี้

5.1 หนังสือ

รูปแบบ: ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง (ฉบับพิมพ์). สถานที่พิมพ์: ผู้จัดพิมพ์.
ตัวอย่าง: ประม ะตะเวทิน. (2546). *หลักนิเทศศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

5.2 บทในหนังสือ

รูปแบบ: ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. ใน ชื่อบรรณาธิการ (บรรณาธิการ), ชื่อเรื่อง (ฉบับพิมพ์, หน้าที่ปรากฏในบทความ). สถานที่พิมพ์: ผู้จัดพิมพ์.
ตัวอย่าง: เสรี ลีลาภัย. (2542). เศรษฐกิจชาตินิยมในประเทศไทยกำลังพัฒนาและสถานการณ์ในประเทศไทย. ใน ณรงค์ เพ็ชรประเสริฐ (บรรณาธิการ), *1999 จุดเปลี่ยนแห่งยุคสมัย* (น. 90-141). กรุงเทพฯ: ศูนย์ศึกษาศาสตร์การเมือง คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

5.3 บทความในวารสาร

รูปแบบ: ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร, ปีที่(ฉบับที่), เลขหน้าที่ปรากฏในบทความ.

ตัวอย่าง: ฤทธิรงค์ จุฑาพถุมิตร, และ อันธิกา สวัสดิ์ศรี. (2556). การจัดการน้ำท่วมด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นในชุมชนรายได้น้อย. *วารสารนักบริหาร*, 33(4), 72-85.

5.4 วิทยานิพนธ์

รูปแบบ: ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อวิทยานิพนธ์ (ระดับวิทยานิพนธ์หรือปริญญาโทหรือปริญญาเอก, ชื่อมหาวิทยาลัย).

ตัวอย่าง: เบญจรัช เวชวิรัช. (2541). การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อมูลค่าการให้สินเชื่อเพื่อการส่งออก และนำเข้าของสถาบันการเงินไทย (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

5.5 แหล่งสารสนเทศบนอินเทอร์เน็ต

รูปแบบ: ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง. สืบค้นเมื่อวันที่ เดือน ปี, จากแหล่งที่อยู่บนอินเทอร์เน็ต

ตัวอย่าง: Holder, B. J., & Matter, G. (2008). The innovative organization. Retrieved December 11, 2016, from <http://www.geocities.com/CollegePark/Library/1048/innova.html>

5.6 เอกสารการประชุมวิชาการ

รูปแบบ: ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. ใน การประชุมวิชาการเรื่อง..... (หน้าที่ปรากฏ). สถานที่พิมพ์: ผู้จัดพิมพ์.

ตัวอย่าง: จีระเดช มโนสร้อย, สุดา เสาวคนธ์, และ อภิญา มโนสร้อย. (2543). หล้าหวาน ใน การสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพเกษตรกรรมครั้งที่ 2 เรื่องการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการแพทย์แผนไทย (น. 42-50). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยและพัฒนาวัตถุชีวเคมีเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.