

การพยากรณ์ปริมาณการเติมแอมโมเนียที่เหมาะสมสำหรับการรักษาสภาพ
น้ำยางสดในกระบวนการผลิตยางสกิน โดยใช้การถดถอยเชิงเส้น

Prediction of Optimal Ammonia Dosage for Fresh Latex Preservation
in Skim Rubber Production Using Linear Regression

สนธยา บินห์รีม¹ สุริยา จิรสติสิน^{2*} นาทกานต์ ขุนจันทร์³ และ วนิดา รัตนามณี⁴

¹หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและระบบ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

^{2,4}สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

³อุทยานวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110
E-mail: suriya.j@psu.ac.th*

Sontaya Binreem¹ Suriya Jirasatitsin^{2*} Narttakarn Khunjun³ and Wanida Rattanamane⁴

¹Master of Engineering Program in Industrial and Systems Engineering, Faculty of Engineering,
Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90110

^{2,4}Department of Industrial and Manufacturing Engineering, Faculty of Engineering,
Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90110

³Prince of Songkla University Science Park, Hat Yai, Songkhla, 90110
E-mail: suriya.j@psu.ac.th*

Received 23 Apr 2025; Revised 7 Jun 2025

Accepted 27 Aug 2025; Available online 30 Dec 2025

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตยางสกินมีขั้นตอนสำคัญคือการจับเนื้อยาง โดยปัจจุบันโรงงานผลิตยางสกินใช้กรดซัลฟูริกเพื่อช่วยในการจับเนื้อยาง ซึ่งปริมาณการใช้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสด ดังนั้นการกำหนดปริมาณแอมโมเนียที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนของกระบวนการผลิต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) สำหรับพยากรณ์ปริมาณแอมโมเนียที่เติมในน้ำยางสด ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิตยางสกิน โดยอาศัยข้อมูลนำเข้าที่เก็บรวบรวมจากโรงงานผลิตยางสกิน ประกอบด้วย จำนวนวันที่เก็บรักษาน้ำยางสด (Days) ปริมาณแอมโมเนียเริ่มต้นในน้ำยางสด (NH3 Init) และปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายเริ่มต้นในน้ำยางสด (VFA Init) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณแอมโมเนียที่ต้องเติม การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการโดยใช้โปรแกรม WEKA ผลการวิจัย พบว่า แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นสามารถพยากรณ์ปริมาณแอมโมเนียที่เติมได้อย่างแม่นยำ โดยค่าความถูกต้องของแบบจำลองที่วัดจากค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R2) เท่ากับ 0.980 ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) เท่ากับ 5.170 และค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) เท่ากับ 5.751 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์

เหมาะสมต่อการนำไปพยากรณ์ นอกจากนี้ แบบจำลองการพยากรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถลดการใช้ปริมาณแอมโมเนียได้ประมาณ 9% เมื่อเทียบกับวิธีการเดิมของโรงงาน ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิตยางสกิมให้มีประสิทธิภาพ และลดต้นทุนการใช้สารเคมีได้

คำหลัก: การถดถอยเชิงเส้น ปริมาณแอมโมเนีย การผลิตยางสกิม

Abstract

The most critical process in skim rubber production is rubber coagulation, where sulfuric acid is currently used as a coagulant in manufacturing plants. The amount of sulfuric acid required is directly related to the ammonia content in fresh latex. Figuring out the right amount of ammonia is therefore a key part of increasing production efficiency and lowering costs. This study aims to develop a Linear Regression (LR) model to predict the appropriate amount of ammonia to be added to fresh latex before it enters the skim rubber production process. The input variables included storage duration of fresh latex (Days), initial ammonia content in fresh latex (NH3 Init), and initial volatile fatty acid content (VFA Init), all of which are key factors influencing the required ammonia dosage. Data analysis was conducted using the WEKA software. The model achieved a coefficient of determination (R²) of 0.980, Mean Absolute Error (MAE) of 5.170, and Root Mean Squared Error (RMSE) of 5.751, indicating a satisfactory level of accuracy for practical applications. Additionally, the developed model reduced ammonia usage by 9% compared to the factory's previous method. The findings can serve as a guideline for optimizing the skim rubber production process and reducing chemical costs.

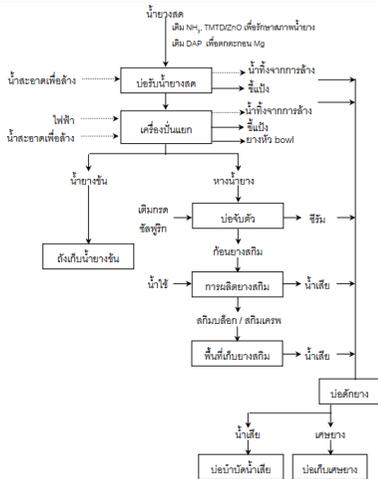
Keywords: Linear regression, Ammonia content, Skim rubber production

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยมีปริมาณผลผลิตในปี พ.ศ. 2566 มากถึง 4.71 ล้านตัน และมีปริมาณการส่งออก 3.50 ล้านตัน สามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับประเทศเป็นอย่างมาก [1] โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางภาคใต้ของประเทศไทยที่มีพื้นที่การปลูกยางคิดเป็นสัดส่วนราว ร้อยละ 57.6 ของพื้นที่เพาะปลูกยางพาราทั้งหมดของประเทศ [2] ปัจจุบันอุตสาหกรรมยาง รวมทั้งผลิตภัณฑ์ยางต่าง ๆ มีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น เนื่องจากการบริโภคภายในประเทศที่มีความต้องการใช้จากอุตสาหกรรมปลายน้ำเกี่ยวกับยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ อุปกรณ์ทางการแพทย์ และถุงมือยางที่ผลิตภายในประเทศ รวมทั้งนโยบายของรัฐบาลที่ส่งเสริมสนับสนุนการใช้ยางพาราภายในประเทศมากขึ้น และอุตสาหกรรมเกี่ยวกับยางพารากลับมาดำเนิน

ธุรกิจได้ตามปกติหลังผ่านพ้นวิกฤติสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 [1]

ยางสกิม (Skim rubber) เป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมยางเช่นเดียวกับน้ำยางข้น แม้ว่ายางสกิมจะมีปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content: DRC) ต่ำกว่า แต่ก็ยังสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตยางล้อ ยางกันกระแทก และผลิตภัณฑ์ยางอื่น ๆ [3] กระบวนการผลิตยางสกิมต้องอาศัยการจับเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid) เป็นตัวตกตะกอนหลัก มีบทบาทสำคัญในการปรับสภาพน้ำยางเพื่อให้สามารถแยกเนื้อยางออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 1 ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสดโดยตรง เนื่องจากแอมโมเนียมีคุณสมบัติเป็นด่าง ซึ่งจะต้องถูกทำให้เป็นกลางด้วยกรดก่อนเข้าสู่กระบวนการตกตะกอน



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตยางสกิน

หากน้ำยางสดมีปริมาณแอมโมเนียสูง จะต้องใช้ปริมาณกรดซัลฟูริกสูงขึ้น และในทางกลับกัน หากปริมาณแอมโมเนียต่ำ การใช้กรดซัลฟูริกก็จะลดลง [4] นอกจากนี้จะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตเนื่องจากการเติมสารแอมโมเนียเกินความจำเป็น สภาพแวดล้อมในการทำงานที่มีกลิ่นฉุนรุนแรงจากสารแอมโมเนียที่มีฤทธิ์ระคายเคืองต่อจมูก ตา และทางเดินหายใจ และการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตเนื่องจากปริมาณกรดซัลฟูริกที่หลงเหลือในน้ำมีปริมาณสูง

จะเห็นว่าปริมาณแอมโมเนียที่เติมในน้ำยางสดมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของยางสกินและต้นทุนการผลิต จึงจำเป็นต้องกำหนดการเติมปริมาณแอมโมเนียที่เหมาะสม โดยต้องพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ จำนวนวันที่เก็บรักษาน้ำยางสด ปริมาณแอมโมเนียเริ่มต้น และปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายเริ่มต้น ซึ่งมีผลต่อเสถียรภาพของน้ำยาง และปริมาณกรดซัลฟูริกที่ต้องใช้ในการตกตะกอน ในอดีตการกำหนดปริมาณแอมโมเนียมักอาศัยประสบการณ์ของผู้ควบคุมการผลิต ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนและทำให้ต้นทุนสูงขึ้น [5] ดังนั้นการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถพยากรณ์ค่าการเติมแอมโมเนียอย่างแม่นยำ จึงนับว่าเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ลดต้นทุนสารเคมี และควบคุมคุณภาพของยางสกินได้

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression: LR) สำหรับใช้ในการพยากรณ์ปริมาณแอมโมเนียที่เติมในน้ำยางสด เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความแม่นยำสูง โดยข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองเป็นข้อมูลที่เก็บจากโรงงานผลิตยางสกิน และถูกแบ่งเป็นกลุ่มข้อมูลฝึกสอน (Training set) และกลุ่มข้อมูลตรวจสอบ (Test set) เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง ผลลัพธ์จากแบบจำลองนี้สามารถนำไปใช้ปรับปรุงกระบวนการผลิตยางสกิน เพิ่มความเสถียรของคุณภาพยาง ลดต้นทุนการใช้สารเคมี และเพิ่มประสิทธิภาพของอุตสาหกรรมยางพาราในประเทศไทย

2. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การใช้แอมโมเนียในการรักษาสภาพน้ำยางสด

แอมโมเนียเป็นสารเคมีที่นิยมใช้รักษาสภาพน้ำยางสด เนื่องจากมีคุณสมบัติช่วยป้องกันการจับตัวของเนื้อยางและยับยั้งการเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้ยางเสื่อมคุณภาพ โดยทั่วไปปริมาณแอมโมเนียที่ใช้รักษาสภาพน้ำยางขึ้นอยู่กับระยะเวลาการเก็บรักษาและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำยาง เช่น ปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid: VFA) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมสภาพของน้ำยาง หากน้ำยางมีปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายสูง แสดงถึงกระบวนการสลายตัวของโปรตีนและกรดอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น ต้องการแอมโมเนียปริมาณที่มากขึ้นเพื่อรักษาความเสถียรของน้ำยาง [5] ดังนั้นการพยากรณ์ปริมาณการเติมแอมโมเนียที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้สามารถควบคุมคุณภาพของน้ำยางสดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดต้นทุนที่ไม่จำเป็น

2.2 กระบวนการผลิตยางสกิน

ยางสกินเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ซึ่งเกิดจากการแยกโปรตีนและสิ่งเจือปนออกจากน้ำยางผ่านกระบวนการตกตะกอน [3] กรดซัลฟูริกเป็นสารที่นิยมใช้ในการตกตะกอนยางสกิน เนื่องจากสามารถปรับค่า pH น้ำยางให้ต่ำลง

จนกระทั่งเกิดการรวมตัวของเนื้อยางและแยกออกจากของเหลว [6] ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสด เนื่องจากแอมโมเนียเป็นสารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง การรักษาสมดุลของสารเคมีจึงมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต การศึกษาที่ผ่านมา พบว่า หากปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสูง จะต้องใช้กรดซัลฟูริกในปริมาณมากขึ้นเพื่อปรับค่า pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม สำหรับการตกตะกอนของเนื้อยาง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และต้นทุนการผลิต [5]

2.3 การถดถอยเชิงเส้นกับการพยากรณ์ค่าทางอุตสาหกรรม

การถดถอยเชิงเส้น เป็นเทคนิคทางสถิติที่ได้รับความนิยมในการพยากรณ์ค่าทางอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถสร้างความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้อย่างชัดเจน [7] การถดถอยเชิงเส้นถูกนำมาใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น การพยากรณ์ค่าการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมเหล็ก [8] และ การพยากรณ์ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตปิโตรเคมี [9] การศึกษาก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าการถดถอยเชิงเส้นเป็นวิธีที่แม่นยำสูงในการพยากรณ์กระบวนการผลิตที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น และสามารถให้ผลการพยากรณ์ที่เข้าใจง่ายกว่าเทคนิคการเรียนรู้อื่น ๆ เช่น โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) ที่เหมาะสมสำหรับกรณีชุดข้อมูลขนาดใหญ่หรือมีปัจจัยแฝงหลายตัว การตีความผลลัพธ์จึงทำได้ยาก เพราะไม่มีสมการที่สามารถนำไปใช้ในการคำนวณโดยตรง หรือตัวแบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่เชิงบูรณาการถดถอยอัตโนมัติ (Auto Regressive Integrated Moving Average: ARIMA) เหมาะสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา (time series) ซึ่งต้องการข้อมูลในอดีตหลายช่วงเวลาเพื่อสร้างแบบจำลองที่แม่นยำ แต่ไม่เหมาะสำหรับกรณีที่ต้องคำนวณค่าตามปัจจัยเชิงสาเหตุโดยตรง เช่น ปริมาณแอมโมเนียที่ต้องเติมในแต่ละรอบการผลิต เป็นต้น [10] การใช้การถดถอยเชิงเส้นในงานวิจัยนี้จึงเหมาะสมต่อการพยากรณ์ปริมาณแอมโมเนีย เนื่องจากสามารถใช้ชุด

ข้อมูลที่มีขนาดจำกัด และมีตัวแปรต้นเพียงไม่กี่ตัว และชุดข้อมูลไม่ได้เป็นอนุกรมเวลา แต่เป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยควบคุมปัจจัยต่าง ๆ จึงสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการกระบวนการผลิตอย่างสก็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยลดต้นทุนการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต

3. วิธีดำเนินงาน

3.1 การเก็บข้อมูลและการเตรียมสร้างแบบจำลอง

ก่อนการสร้างแบบจำลอง มีการเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการเติมแอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพน้ำยางสดจากโรงงานผลิตยางสก็ม ตัวแปรที่ใช้ประกอบด้วย (1) จำนวนวันที่เก็บรักษา น้ำยางสด ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีในน้ำยาง (2) ปริมาณแอมโมเนียเริ่มต้นในน้ำยางสดที่ได้รับจากชาวสวนยาง เป็นค่าตั้งต้นที่มีผลโดยตรงต่อปริมาณกรดซัลฟูริกที่ต้องใช้ในกระบวนการผลิต (3) ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายในน้ำยางสด เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของน้ำยางสด หากมีปริมาณมากแสดงว่าน้ำยางสดเริ่มเสื่อมสภาพ และ (4) ปริมาณการเติมแอมโมเนียที่ใช้จริงในกระบวนการผลิต เป็นค่าที่จะนำไปใช้เป็นตัวแปรเป้าหมายในแบบจำลอง ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจะครอบคลุมช่วงเวลาไม่น้อยกว่า 3 เดือน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่หลากหลายและสะท้อนสภาวะที่เกิดขึ้นจริงในกระบวนการผลิต จากนั้นจะวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เช่น ตรวจสอบค่าผิดปกติ (Outlier detection) ปรับขนาดของข้อมูล (Normalization) และแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลฝึกสอน และชุดข้อมูลทดสอบ โดยกำหนดอัตราส่วน 80:20 เพื่อใช้ในการพัฒนาและประเมินผลแบบจำลองพยากรณ์

3.2 การพยากรณ์ปริมาณการเติมแอมโมเนียในการรักษาสภาพน้ำยางสดโดยใช้การถดถอยเชิงเส้น

ข้อมูลที่ผ่านมาเตรียมแล้วจะถูกนำมาใช้เป็นตัวแปรนำเข้าสำหรับการสร้างแบบจำลองถดถอยเชิงเส้น เพื่อพยากรณ์ปริมาณแอมโมเนียที่ต้องเติมใน

การรักษาสภาพน้ำยางสด แบบจำลองนี้ใช้สมการเชิงเส้นที่กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น ได้แก่ จำนวนวันที่เก็บรักษา น้ำยางสด (Days) ปริมาณแอมโมเนียเริ่มต้นในน้ำยางสด (NH3 Init) และปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายเริ่มต้นในน้ำยางสด (VFA Init) กับตัวแปรตาม คือ ปริมาณแอมโมเนียที่ต้องเติม (NH3 Add)

การพยากรณ์ปริมาณการเติมแอมโมเนียในครั้ง นี้ ใช้โปรแกรม WEKA เนื่องจากชุดข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลที่เก็บจากโรงงานผลิตยางสีกที่มีจำนวนตัวอย่างจำกัด การใช้ WEKA จะมีฟังก์ชันที่ช่วยจัดการกับชุดข้อมูลขนาดเล็กได้ดี และสามารถสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ได้หลากหลาย รวมถึงแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ด้วย นอกจากนี้ WEKA ยังเป็นซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์สที่สามารถใช้งานได้ฟรี ทำให้เป็นเครื่องมือที่คุ้มค่าและเข้าถึงได้ง่าย

กระบวนการสร้างแบบจำลอง ใช้วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระโดยใช้เทคนิคกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares: OLS) เพื่อให้ได้สมการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด แบบจำลองจะปรับค่าน้ำหนักของตัวแปรต้นเพื่อให้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) และค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) อยู่ในระดับต่ำที่สุด ซึ่งหลังจากที่แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นได้รับการฝึกสอนและทดสอบจนมีความแม่นยำเพียงพอ จะได้สมการพยากรณ์ที่สามารถนำไปใช้คำนวณปริมาณแอมโมเนียที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสภาวะของการเก็บรักษา น้ำยางสด

3.3 การตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

สมการพยากรณ์ที่ได้จะต้องถูกทดสอบกับชุดข้อมูล เพื่อวัดความถูกต้องและความแม่นยำของแบบจำลอง โดยใช้ตัวชี้วัด ได้แก่ (1) ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2) เพื่อประเมินว่าตัวแปรนำเข้าสามารถอธิบายค่าผลลัพธ์ได้ดีเพียงใด (2) ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) เพื่อตรวจสอบขนาดของค่าความผิดพลาดที่

เกิดขึ้นในการพยากรณ์ และ (3) ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) เพื่อลดผลกระทบค่าผิดปกติและเพิ่มความแม่นยำในการประเมินของแบบจำลอง

จากนั้นนำแบบจำลองไปทดลองใช้ในโรงงานผลิตยางสีก (การทดลองภาคสนาม) แล้วเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ที่ได้จากสมการกับค่าจริงที่ใช้ในโรงงาน กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของสมการพยากรณ์ (Relative error) ต้องไม่เกิน 5% ของค่าจริง ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในการนำแบบจำลองไปใช้กับกระบวนการผลิตจริง แต่หากสมการพยากรณ์ยังมีความคลาดเคลื่อนเกินกว่าที่กำหนด จำเป็นต้องปรับแต่งโครงสร้างของแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น หรือพิจารณาเพิ่มตัวแปรเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำยิ่งขึ้น และทำการวัดค่าปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายในน้ำยางสด หลังจากการเติมแอมโมเนียในกระบวนการผลิต (VFA Final) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของน้ำยางสด และเป็นที่ยืนยันความถูกต้องของแบบจำลอง

4. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

4.1 สมการพยากรณ์การเติมปริมาณแอมโมเนีย

หลังจากที่การถดถอยเชิงเส้นเรียนรู้จนถึงระดับที่แม่นยำเพียงพอ จะได้สมการพยากรณ์ที่ใช้คำนวณปริมาณแอมโมเนียที่ต้องเติม ดังนี้

$$\text{NH3 Add} = 2.974\text{Days} + (-264.399\text{NH3 Init}) + (-427.995\text{VFA Init}) + 155.113 \quad (1)$$

สมการดังกล่าวสามารถใช้คำนวณปริมาณแอมโมเนียที่ต้องเติมให้เหมาะสมกับเงื่อนไขของน้ำยางสดที่รับมา เพื่อลดต้นทุนสารเคมีและรักษาคุณภาพของน้ำยางให้มีความเสถียร

4.2 ประสิทธิภาพของแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น

การประเมินผลของการถดถอยเชิงเส้นที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ปริมาณการเติมแอมโมเนีย ดำเนินการโดยแบ่งชุดข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลฝึกสอน (Training set) 80% และชุดข้อมูลทดสอบ (Test set) 20% เพื่อวัดค่าความถูกต้องของแบบจำลอง โดยใช้ตัวชี้วัดคือ ค่าสัมประสิทธิ์แสดง

การตัดสินใจ (R^2) ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) และค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ใช้ประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง โดยเน้นลดผลกระทบจากค่าคลาดเคลื่อนที่สูงเกินไป จากการทดสอบ พบว่าแบบจำลองที่พัฒนาได้ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.980, MAE เท่ากับ 5.170 และ RMSE เท่ากับ 5.751 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้สำหรับการนำไปใช้งาน

4.3 การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์กับค่าจริง

ค่าจริงของปริมาณแอมโมเนียที่เติมตามสมการพยากรณ์ สามารถรักษาคุณภาพของน้ำยางสดไว้ได้ตามมาตรฐานของโรงงานผลิตยางสีกิม (VFA Final < 0.09) เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของสมการพยากรณ์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.258% ซึ่งมีค่าไม่เกิน 5% ของค่าจริง ดังนั้นจึงสามารถนำแบบจำลองไปใช้กับกระบวนการผลิตยางสีกิมจริงได้ โดยพบว่าการเติมปริมาณแอมโมเนียตามแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นที่พัฒนาขึ้น สามารถลดการใช้ปริมาณแอมโมเนียจากวิธีการเติมแบบเดิมของโรงงานได้ประมาณ 9% ดังตารางที่ 1

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าพยากรณ์และค่าจริง โดยการทดสอบสมมติฐานเพื่อต้องการทดสอบความเชื่อมั่นของสมมติฐานของค่า NH_3 Add (ค่าพยากรณ์) กับ NH_3 Add A (ค่าจริง) สมมติฐาน

μ_1 : population mean of NH_3 Add (ค่าพยากรณ์)

μ_2 : population mean of NH_3 Add A (ค่าจริง)

Null Hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

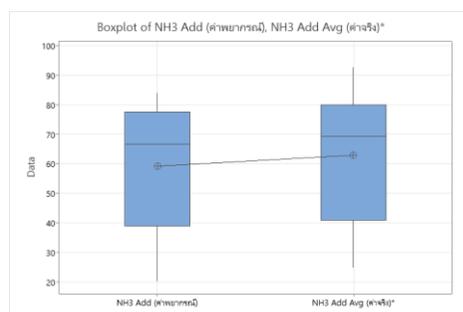
Alternative Hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าสถิติของข้อมูล (ดังรูปที่ 2) คือ

1) NH_3 Add (ค่าพยากรณ์) จำนวน 20 ข้อมูล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.1 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 22.2 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 5

2) NH_3 Add A (ค่าจริง) จำนวน 20 ข้อมูล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 62.8 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 22 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 4.9

และได้ค่าสถิติทดสอบ คือ T-value เท่ากับ -0.53 และ P-value เท่ากับ 0.601



รูปที่ 2 Boxplot ของค่า NH_3 Add (ค่าพยากรณ์) และ NH_3 Add A (ค่าจริง)

จากค่า P-value = 0.601 แสดงให้เห็นว่า ค่า NH_3 Add (ค่าพยากรณ์) กับ NH_3 Add A (ค่าจริง) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $\alpha = 0.05$ หมายความว่า ค่า NH_3 Add A (ค่าจริง) สามารถเชื่อถือได้ นำไปใช้ในกระบวนการผลิตได้จริง

5. สรุป

งานวิจัยนี้พัฒนาแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น เพื่อพยากรณ์ปริมาณการเติมแอมโมเนียที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพน้ำยางสดสำหรับการผลิตยางสีกิม โดยใช้ตัวแปรสำคัญ ได้แก่ ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด ปริมาณแอมโมเนียเริ่มต้น และปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถพยากรณ์ค่าการเติมแอมโมเนียได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.980, MAE เท่ากับ 5.170 และ RMSE เท่ากับ 5.751 อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ และเมื่อเปรียบเทียบค่าพยากรณ์จากสมการกับค่าจริงที่ใช้ในโรงงานผลิตยางสีกิม ได้ค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่ต่ำกว่า 5% สามารถนำแบบจำลองไปใช้ปรับปรุงกระบวนการผลิตการผลิตยางสีกิม ซึ่งช่วยลดปริมาณการใช้แอมโมเนียได้ประมาณ 9% และช่วยลดข้อผิดพลาดของการเติมปริมาณแอมโมเนียจากการอาศัยประสบการณ์ของผู้ควบคุมได้

ตารางที่ 1 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น

No.	Days	NH ₃ Init	VFA Init	NH ₃ Add (ค่าพยากรณ์)	NH ₃ Add (ค่าจริง)*		Relative Error (%)	VFA Final
					A	B		
1.	1	0.27	0.071	56.354	57	64	1.133	0.074
2.	1	0.28	0.055	60.687	61	57	0.514	0.067
3.	1	0.22	0.079	66.065	67	73	1.396	0.081
4.	1	0.23	0.051	75.276	76	78	0.952	0.059
5.	1	0.24	0.064	67.154	68	83	1.244	0.072
6.	1	0.19	0.070	77.720	78	106	0.359	0.075
7.	2	0.41	0.060	27.149	28	51	3.040	0.068
8.	2	0.42	0.069	20.353	21	29	3.079	0.070
9.	2	0.34	0.070	41.034	42	39	2.299	0.075
10.	2	0.31	0.061	53.075	54	59	1.713	0.080
11.	3	0.24	0.059	75.285	76	87	0.941	0.070
12.	3	0.21	0.074	76.882	77	78	0.153	0.078
13.	3	0.22	0.053	83.183	84	94	0.972	0.068
14.	3	0.43	0.063	23.551	24	32	1.871	0.076
15.	4	0.26	0.070	68.520	69	68	0.696	0.077
16.	4	0.21	0.072	80.627	81	64	0.461	0.085
17.	4	0.23	0.054	83.171	84	77	0.987	0.059
18.	5	0.43	0.074	24.748	25	32	1.007	0.083
19.	5	0.24	0.053	83.844	84	101	0.186	0.055
20.	6	0.42	0.056	38.156	39	46	2.165	0.061
Mean				59.141	60	66	1.258	0.072
Reduction in NH ₃ Add					9.33%			

*หมายเหตุ: A คือ ค่าจริงของปริมาณแอมโมเนียที่เติมตามสมการพยากรณ์

B คือ ค่าจริงของปริมาณแอมโมเนียที่เติมตามวิธีการของโรงงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, “สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2567,” กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566.
- [2] วิจัยกรุงศรี, “แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2566-2568: อุตสาหกรรมยางพาราแปรรูป,” จาก: <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/agriculture/rubber/io/>

rubber-2023-2025. (สืบค้นข้อมูล 10 มกราคม 2567).

- [3] วิกิญาตา ทองเนื้อแข็ง, อุษา อันทอง และ นิรมล จันทระชาติ, “การจัดการน้ำเสียและกลิ่นเหม็นจากการผลิตยางแผ่นด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ น้ำหนักจุลินทรีย์ และน้ำหมักก๊าซชีวภาพ,” สงขลา: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ, 2561.

- [4] กรมควบคุมมลพิษ, “แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษ อุตสาหกรรมน้ำยางชั้น,” กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ, 2548.
- [5] ศิริินภา สันติภาณุโสภณ และสอาด ริยะจันทร์, อิทธิพลของปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสดและระยะเวลาเก็บรักษา น้ำยางสดต่อค่าความคงตัวเชิงกล ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ปริมาณเจล ปริมาณฟอสเฟตของน้ำยางชั้น และการจับตัวของน้ำยางสกีม, เอกสารสืบเนื่องจากการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 17-20 มีนาคม 2552, หน้า 178-187.
- [6] กรมโรงงานอุตสาหกรรม, “คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูงกรดซัลฟูริก (Sulfuric acid),” กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553.
- [7] Grzelak M, Borucka A, Guzanek P. Application of linear regression for evaluation of production processes effectiveness. Innovations in Industrial Engineering, ICIENG2021, Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, p. 36-47.
- [8] Al-shaibani WR, Babaqi T, Alsarori A. Power consumption prediction for steel industry. Proceeding of the IISE Annual Conference & Expro 2023. arXiv preprint arXiv:2307.07597. 2023 Jul 14.
- [9] Abouzari M, Pahlavani P, Izaditame F, Bigdeli B. Estimating the chemical oxygen demand of petrochemical wastewater treatment plants using linear and nonlinear statistical models – a case study. Chemosphere. 2021. 270. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129465>
- [10] Kontopoulou VI, Panagopoulos AD, Kakkos I, Matsopoulos GK. A review of ARIMA vs Machine learning approaches for time series forecasting in data driven networks. Future Internet. 2023. 15. 255. <https://doi.org/10.3390/fi15080255>