

การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือด้วยการปรับปรุงขั้นตอน
วิธีการปัญญาารวมหมู่เพื่อประยุกต์ใช้สำหรับการพยากรณ์โรคใบไหม้ในข้าว
Parameter Optimization of Fuzzy Logic System with Adaptive Swarm Intelligence
Applied for Rice Blast Prediction

เดช ธรรมศิริ¹ อติศักดิ์ แสงส่องฟ้า²

¹สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

E-mail: Dechit@msn.com

²สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

E-mail: adisak.sangsongfa@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัญหาสำคัญของข้อมูลที่อยู่ในยุคเทคโนโลยีสารสนเทศคือ ข้อมูลที่มีความคลุมเครือซับซ้อนและไม่แน่นอน ระบบที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีความคลุมเครือซับซ้อนและไม่แน่นอน คือระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 ปัญหาของการใช้ระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 คือ การหาค่าพารามิเตอร์ของระบบ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพัฒนาขั้นตอนวิธีการแบบผสมผสานเชิงสามัญสำนึกแบบใหม่ที่ใช้ขั้นตอนวิธีการของปัญญาารวมหมู่คือ ขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุวิศวกรรมกับการปรับค่าของขั้นตอนวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของการเคลื่อนที่ของกลุ่มนกนางแอ่นเพื่อใช้ในการปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 ให้ได้ค่าที่เหมาะสมใช้การจัดข้อมูลด้วยขั้นตอนวิธีการฟัซซีซีมีน ผลการวิจัยใช้กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนของอำเภอสวนผึ้งจำนวน 50 ปี ค่าความคลาดเคลื่อนของรากล้างสองเฉลี่ยของชุดฝึกฝนคือ 0.07280 ค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 96 และชุดทดสอบได้ค่าความคลาดเคลื่อนของรากล้างสองเฉลี่ยคือ 0.00447 ค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 96 และข้อมูลปริมาณน้ำฝนของอำเภอบ้านคา จำนวน 32 ปี ค่าความคลาดเคลื่อนของรากล้างสองเฉลี่ยของชุดฝึกฝนคือ 0.00606 ค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 96 และชุดทดสอบได้ค่าความคลาดเคลื่อนของรากล้างสองเฉลี่ยคือ 0.00303 ค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 96

คำสำคัญ: ระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 / การผสมผสานเชิงสามัญสำนึก /
ขั้นตอนวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของการเคลื่อนที่ของกลุ่มนกนางแอ่น /
ขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุวิศวกรรม

Abstract

A significant problem of the digital data in the information technology era is to deal with the data ambiguity, complexity and uncertainty. Interval Type-2 Fuzzy Logic System, a well-known system applicable to handle with the problem, is employed in the study. However, the system has a constraint regarding its parameter optimization, such as linguistic variables, membership functions and rules. Therefore, the study aims to develop a new hybrid heuristic algorithm focusing on the output with the following features: the hybrid between genetic algorithm, the fuzzy adaptive swallow swarm optimization algorithm, and the fuzzy c-mean clustering algorithm, in order to determine the feasibility of a fuzzy rule base of a data set. The new developed hybrid heuristic algorithm is then implemented with two datasets. The findings showed that the first dataset of the rain fall data collected from 50 consecutive years of Suan Phueng district consisted of the training data set with RMSE of 0.07280, and 96 % reliability, and the testing data set with RMSE of 0.00447, and 96 % reliability. The second data set is the rain fall data collected from 32 consecutive years of Ban Kha district consisting of the training package with 0.00606, and 96 % reliability, and the test package with RMSE of 0.00303, and 96 % reliability.

Keywords: Interval-2 fuzzy logic system / Hybrid heuristic algorithm / Fuzzy adaptive swallow swarm optimization algorithm / Genetic algorithm

บทนำ

ข้าวเป็นธัญพืชและเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อคนไทยทั้งในด้านเศรษฐกิจการบริโภคและด้านสังคม รัฐบาลทุกยุคทุกสมัยต่างก็ให้ความสำคัญทั้งในด้านงานวิจัย ส่งเสริมกระบวนการปลูก กระบวนการผลิต การแก้ปัญหาการเกิดโรคต่าง ๆ ในข้าวเพราะข้าวเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของไทยและมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง นำมาซึ่งรายได้เข้าประเทศปีละประมาณ 30-50 พันล้านบาท โดยเฉพาะในปี 2541 ไทยมีส่วนแบ่งการตลาดข้าวถึงร้อยละ 25.17 แต่ในปัจจุบันการค้าข้าวในตลาดโลกมีการแข่งขันสูง ทั้งจากในชาติอาเซียนกันเอง เช่น เวียดนาม พม่า ลาว และนอกอาเซียน เช่น ปากีสถาน จีน เป็นต้น ดังนั้นทางออกที่ดีของไทยคือ การส่งเสริมการผลิตข้าวให้ได้คุณภาพดี ปราศจากโรค หรือข้าวคุณภาพสูงที่มีสภาวะการแข่งขันน้อยลง

ข้าวที่มีคุณภาพดีและเป็นเอกลักษณ์ของข้าวไทยในตลาดโลกมีความต้องการสูง คือ ข้าวหอมมะลิ โดยที่ข้าวหอมมะลิในประเทศไทยมีมากกว่า 50 พันธุ์ แต่ที่นิยมปลูกและบริโภคกันมากคือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ข้าวดอกมะลิ หรือข้าวหอมมะลิ) ผลผลิตข้าวหอมมะลิประมาณร้อยละ 60 ใช้เพื่อบริโภคในประเทศทั้งในรูปบริโภคโดยตรง ใช้ทำพันธุ์และใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์ (ศูนย์สารสนเทศ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2541) ส่วนในด้านการส่งออกนั้น ข้าวหอมมะลิเป็นที่ต้องการอย่างมากในตลาดโลก โดยเฉพาะในแถบเอเชียและตะวันออกกลาง ได้แก่ ประเทศสิงคโปร์ ฮองกง จีนและอิหร่าน ซึ่งความต้องการบริโภคข้าวหอมมะลินั้นมีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง คิดเป็นร้อยละ 1.2 ของการค้าข้าวทั้งหมดของโลก (กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตร. 2540)

โรคใบไหม้ในข้าว (Rice blast) มีสาเหตุจากเชื้อรา *Pyricularia Oryze* นั้นเป็นโรคข้าวที่สร้างความเสียหายให้กับเกษตรกรอยู่เสมอโดยเฉพาะเมื่อเกิดอากาศเย็นและมีฝนตกติดต่อกันหลายวันมีความชื้นสูง ในปี 2535 มีการระบาดมาก พื้นที่เสียหายประมาณ 1,250,525 ไร่ ซึ่งกว่าร้อยละ 70 ของพื้นที่อยู่ในเขตภาคเหนือ โดยมีการระบาดมากในข้าวพันธุ์ กข.6 กข.8 กข.10 ข้าวเหนียวอุบลและข้าวเหนียวสันป่าตอง และต่อมามีการระบาดรุนแรง ในปี 2538 ในพื้นที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ พะเยา ลำปาง และลำพูน ซึ่งไม่แต่เฉพาะในเขตภาคเหนือเท่านั้นในเขตภาคกลางก็ปรากฏโรคนี้ในข้าวเช่นเดียวกัน ถึงจะไม่ระบาดรุนแรงเท่ากับในเขตภาคเหนือก็ตาม (สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร. 2558) โรคไหม้ในข้าว นับเป็นโรคที่สำคัญที่สามารถลุกลามแพร่กระจายไปได้ทั่วทุกภาค นำความเสียหายมาสู่เกษตรกรในวงกว้างซึ่งพบมีการระบาดทุกปี สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเกิดโรคนี้คือ ช่วงที่มีเมฆปกคลุมเป็นระยะเวลายาวนานติดต่อกันหลายวันมีฝนตกปรอย ๆ เป็นประจำ ใบข้าวเปียกนานมากกว่า 10 ชั่วโมง อุณหภูมิกลางวันค่อนข้างเย็น (20-30 องศาเซลเซียส) โดยเฉพาะพื้นที่นาข้าวที่ไม่มีน้ำท่วมขัง ทำให้มีโอกาสดินน้ำค้างในช่วงกลางคืนเป็นระยะเวลายาวนาน และมีอีกหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคนี้ ซึ่งยากต่อการที่จะพยากรณ์ได้ว่าจะเกิดโรคนี้หรือไม่เรียกว่าระบบที่มีความคลุมเครือ (Gray system) หมายความว่าการศึกษาประเด็นที่ยังไม่ชัดเจนที่ทำให้เกิดโรคนี้ (Gray residual: GM (1,1)) และเป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับการพยากรณ์กันอย่างกว้างขวาง

การพยากรณ์โรคใบไหม้ในข้าว นั้นปัจจัยหลักของข้อมูลที่จะนำมาพยากรณ์คือ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความเร็วลม โดยข้อมูลเหล่านี้มักจะเป็นข้อมูลที่มีปริมาณมากมีความซับซ้อน ดังนั้นขั้นตอนวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์คือระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 โดยแอลเอ ซาเดห์ (Zadeh. 1975) ได้คิดค้นขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1965 และทฤษฎีนี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในงานวิจัยหลายเรื่อง เช่น การตัดสินใจ (Decision making) แกริบอลดี และโอเซน (Garibaldi & Ozen. 2007) การพยากรณ์อนุกรมเวลา (Time-series

forecasting) เคสติโลและเมลิน (Castillo & Melin. 2007) การประมาณการตัวแปรภาษา (Linguistic approximation) เมนเดล (Mendel. 2007) การรู้จำแบบ (Pattern recognition) มิทเชล (Mitchell. 2005) และในด้านอื่น ๆ อีกมากมายแต่ปัญหาที่สำคัญคือการเลือกขั้นตอนวิธีการที่เหมาะสมสามารถนำมาปรับระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครืออย่างไร จากปัญหาที่พบทำให้มีหลายงานวิจัยที่เสนอแนวคิดการสร้างขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่จะเข้ามาช่วยในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือเพื่อให้ได้ค่านำออกที่สามารถวัดค่าความถูกต้องได้ (Accuracy performance) เช่น ขั้นตอนวิธีการแบบระบบผสมโครงข่ายประสาทเทียมฟัซซี (ANFIS) (Jang et al.. 1997) ขั้นตอนวิธีการเชิงสามัญสำนึก และขั้นตอนวิธีการปัญญารวมหมู่ เป็นต้น และในงานวิจัยนี้ใช้ขั้นตอนวิธีการของปัญญารวมหมู่เพื่อการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือ เพราะปัญญารวมหมู่คือ ความฉลาดแบบรวมกันเป็นกลุ่มเป็นแขนงหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ และขั้นตอนวิธีการปัญญารวมหมู่ที่ใช้สำหรับปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือคือขั้นตอนวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่น (Swallow swarm optimization algorithm: SSA) เพราะว่านกนางแอ่นมีการรวมกลุ่มและการเคลื่อนที่ไปพร้อมกันนั้นนับว่าเป็นความฉลาดของฝูงเพราะธรรมชาติของนกนางแอ่นเป็นนกตัวไม่ใหญ่ เมื่อรวมกลุ่มกันเป็นฝูงขนาดใหญ่ทำให้สามารถป้องกันการโจมตีจากนกชนิดอื่นที่ตัวใหญ่กว่าได้และในการหาอาหารนกนางแอ่นจะบินไปเป็นคู่ ๆ ทำให้สามารถหาแหล่งอาหารได้เป็นบริเวณกว้างและเมื่อพบแหล่งอาหารแล้วนกทั้งฝูงจะบินไปในทิศทางที่มีแหล่งอาหารนั้นเพื่อกินอาหารร่วมกันทำให้เปอร์เซ็นต์การค้นพบแหล่งอาหารมีเปอร์เซ็นต์สูง จากที่กล่าวมานี้แสดงให้เห็นว่านกนางแอ่นเป็นนกที่มีความฉลาดบินได้เร็วมีความเข้มแข็งในการรวมกลุ่มและปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน (Paul & Salmon. 1994)

เพราะฉะนั้นในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาขั้นตอนวิธีการของปัญญารวมหมู่ด้วยการปรับพฤติกรรมเคลื่อนที่ของขั้นตอนวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่น เพื่อใช้ในการปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือสำหรับประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์สำหรับโรคใบไหม้ในข้าว เพราะข้าวโดยเฉพาะข้าวหอมมะลิเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ (ศูนย์สารสนเทศ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2541; กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตร.2540; สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร. 2558) และทำการวัดประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการ (Algorithm) จากผลการทดลองด้วยการวัดค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square error : RMSE) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean absolute error: MAE) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean absolute percentage error: MAPE)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อนำเสนอขั้นตอนวิธีการแบบใหม่ด้วยการพัฒนาขั้นตอนวิธีการของปัญหารวมหมู่ด้วยการปรับพฤติกรรมเคลื่อนที่ของขั้นตอนวิธีการผสมผสานเชิงสามัญสำนึกหาค่าเหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่น (Adaptive hybrid swallow swarm optimization algorithm: AHSSA) สำหรับทำการปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือ เพื่อนำขั้นตอนวิธีการแบบใหม่ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์โรคใบไหม้ในข้าว

2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์โรคใบไหม้ในข้าว จากการใช้ระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือที่ถูกปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยขั้นตอนวิธีการปรับพฤติกรรมเคลื่อนที่ของขั้นตอนวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่นที่ได้พัฒนาขึ้น

ขอบเขตการวิจัย

1. ขั้นตอนวิธีการที่พัฒนาเป็นแบบการปรับพฤติกรรมเคลื่อนที่ของขั้นตอนวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่นผสมผสานกับขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุวิศวกรรม

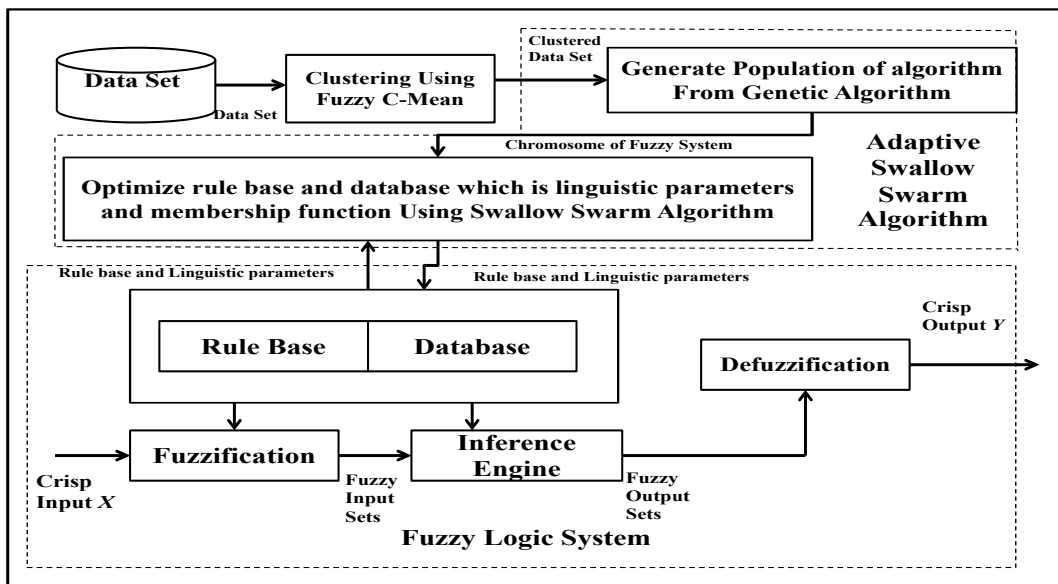
2. ระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือที่ใช้เป็นระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 และค่าที่ต้องการหาค่าความถูกต้องแม่นยำคือ ค่าของพารามิเตอร์ในฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Parameter membership function) และกฎฟัซซี่ภายใต้ข้อจำกัดของจำนวนกฎฟัซซีน้อย ตัวแปรภาษาจำนวนน้อย (Linguistic variable) และค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์โรคใบไหม้ในข้าวน้อย

3. ใช้ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square error: RMSE) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean absolute error: MAE) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean absolute percentage error: MAPE) สำหรับใช้วัดค่าประสิทธิภาพของการพยากรณ์โรคใบไหม้ในข้าว

4. ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบระบบในกลุ่มของการพยากรณ์โรคใบไหม้ในข้าวคือ ข้อมูลและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคใบไหม้ในข้าว ในเขตจังหวัดภาคกลาง โดยเฉพาะในเขตจังหวัดราชบุรี โดยทำการจัดกลุ่มของข้อมูล (Clustering) ด้วยวิธีการของขั้นตอนวิธีฟัซซี่มีน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบโครงสร้างของงานวิจัย



ภาพที่ 1 ภาพรวมการออกแบบโครงสร้างของการพัฒนาขั้นตอนวิธีการผสมผสานเชิงพันธุวิศวกรรม และการปรับปรุงในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกกางแอน

2. การเตรียมข้อมูล

กลุ่มข้อมูลที่เป็นปริมาณน้ำฝนรายเดือนคิดเป็นมิลลิเมตรของตำบลบ้านบ่อซึ่งเป็น ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ย จากสถานี 470161 อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ตั้งแต่ปี 2510-2559 โดย นำข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม จำนวน 50 ปี และกลุ่มข้อมูลที่เป็นปริมาณน้ำฝน รายเดือน คิดเป็นมิลลิเมตรของตำบลบ้านบึง ซึ่งเป็นปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยจากสถานี 470271 อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี ตั้งแต่ปี 2527-2559 โดยนำข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึง เดือนตุลาคม จำนวน 32 ปี อุณหภูมิสูงสุดและความชื้นสัมพัทธ์ของเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน เพื่อใช้ในการพยากรณ์ถึงแนวโน้มในการเกิดโรคไข้ในข้าวของเขตจังหวัดราชบุรี ซึ่งข้อมูลที่ได้ เป็นข้อมูลที่เปิดเผยต่อสาธารณะ (สำนักงานกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดราชบุรี. 2558)

ขั้นตอนวิธีผสมผสานเชิงสามัญสำนึกแบบนี้ใช้ขั้นตอนวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของ กลุ่มนกกางแอนสำหรับการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือ ชนิดที่ 2 จากลักษณะเฉพาะตัวของนกกางแอนนั้นมีการเคลื่อนที่ที่ว่องไวและแข็งแรง สามารถที่จะ หาอาหารได้รวดเร็วจึงมีแนวโน้มในการหาค่าที่เหมาะสมได้อย่างรวดเร็ว ในขั้นตอนวิธีการนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนด้วยกัน ดังแสดงภาพการไหลของข้อมูลในภาพที่ 3-2 และมีรายละเอียดแต่ละ ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : เริ่มจากการนำข้อมูลเข้า จัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟิชชีซีนเพื่อประมาณการจำนวนกฎหรือเป็นการลดจำนวนกฎในระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 : การกำหนดค่าของกลุ่มประชากรและการสร้างกลุ่มประชากรที่ฉลาดแข็งแรงเพื่อใช้ในขั้นตอนวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่น ในขั้นตอนนี้ใช้ขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุวิศวกรรมในการสร้างกลุ่มประชากรที่แบ่งเป็นขั้นตอนย่อยได้ดังนี้

1) เริ่มต้นด้วยการกำหนดรูปแบบของโครโมโซมของกลุ่มประชากรให้เป็นระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 ประกอบด้วย จำนวนตัวแปรภาษาชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกและกฎ

2) ทำการประเมินค่าของกลุ่มประชากรตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์

3) ตรวจสอบว่าได้ค่าที่เหมาะสมตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์หรือไม่ ถ้าได้จะส่งไปทำในขั้นตอนที่ 3 ถ้าไม่ได้จะถูกส่งไปทำในขั้นตอนของการกระทำของกลไกทางพันธุวิศวกรรม

4) ขั้นตอนนี้ใช้การกระทำทางด้านกลไกทางพันธุวิศวกรรมคือ การทำการผสมยีน (Crossover) และทำการกลายพันธุ์ (Mutation) เพื่อให้ได้ประชากรรุ่นใหม่ แล้วส่งไปทำการประเมินประชากรใหม่จนกว่าประชากรที่ได้จะตรงตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่ 3 : ขั้นตอนการหาประชากรที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 มีขั้นตอนย่อยดังนี้

1) ทำการเตรียมกลุ่มประชากรเพื่อใช้สำหรับขั้นตอนวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่นด้วยการสุ่มประชากรใหม่ในสัดส่วนร้อยละ 80 และใช้กลุ่มประชากรที่ได้จากในขั้นตอนที่ 2 จำนวนร้อยละ 20

2) กำหนดค่าเริ่มต้นของประชากรนกนางแอ่นที่มีค่าตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ดีที่สุด (e_best) และนกผู้นำฝูงมีค่าตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ดีที่สุดในฝูง (HL)

3) ปรับปรุงความเร็วและตำแหน่งของกลุ่มนกนางแอ่น แบ่งเป็นนกนางแอ่นผู้นำกลุ่ม (LL) นกนางแอ่นผู้นำฝูง จากสมการของขั้นตอนวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่น

4) ทำการคำนวณหาตำแหน่งและความเร็วใหม่ของนกนางแอ่นทั้งหมดประกอบด้วยนกผู้นำฝูง นกผู้นำกลุ่มและนกที่สั่นหวั่ง เพื่อหานกผู้นำฝูงใหม่ส่งต่อในขั้นตอนที่ 4

5) ใช้กลไกทางพันธุวิศวกรรมคือ การทำการผสมยีน (Crossover) และทำการกลายพันธุ์ (Mutation) เพื่อให้ได้ประชากรรุ่นใหม่ จากนั้นตรวจสอบผลที่ได้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ ถ้าไม่เป็นไปตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ส่งกลับไปทำในขั้นตอนที่ 3 ใหม่ แต่ถ้าเป็นไปตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์แสดงว่าจะได้ในข้อที่ 6

6) ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่อไป

โดยในแต่ละขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นสามารถเขียนเป็นขั้นตอนวิธีการด้วยคำสั่งเทียมได้ดังนี้

```

• Load Rain Falldataset
• Initialize the centering of data and rule base from data clustering using Fuzzy C-mean
• Create a random initial population (Chrom)
[iter=0]
Repeat
    • Evaluate each individual in the population using the fitness (Eq. 1, 2)
    • Order the population
    • Select two chromosome better fitness for crossover 50% and mutation 1%
    • Acceptation place new offspring and replace use new generated population
Until(iter ≥ maximum number of generation)
    • Create particle from best individual from GA 20% and random particle 80%
    • Calculate fitness (Eq.1, 2) for each particle
    • HL is gbest ,LL is pbest and O is aimless
    •  $e_{best}=e_{max}$  , HL= $e_{max}$ 
[iter=0]
Repeat
    If ( $e_{best} < e_i$ )  $e_{best}=e_i$  Endif
    Search (nearest LLi to  $e_i$ ) Update parameter of velocity HL ( $\alpha, \beta$ ) (Eq.7 and 8)
    Calculate velocity of HL (Eq.9) Update parameter of velocity LL ( $\alpha, \beta$ ) (Eq.10 and 11)
    Calculate velocity of LL (Eq.12) Evaluate velocity (Eq.13) Evaluate position (Eq.14)
    Evaluate aimless (Eq.15)
    If ( $f(O_{i+1}) > f(HL_i)$ )  $e_{nearest}=O_{i+1}$  Endif
    Select two chromosome better fitness for crossover 50% and mutation 3%
Until(iter ≥ maximum number of generation)
    • Best individual minimum fitness (Eq.1, 2)
    
```

ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนคำสั่งเทียมของขั้นตอนวิธีการ AHSSA

โดยที่สมการที่ใช้ในการปรับค่าของการปรับพฤติกรรมเคลื่อนที่ของขั้นตอนวิธีการผสมผสานเชิงสามัญสำนึกหาค่าเหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่น (Adaptive hybrid swallow swarm optimization algorithm : AHSSA) ประกอบด้วย

ค่าความถูกต้อง

$$Acc = \frac{\text{Number of Correct Classification}}{\text{Total Number of Training Data}} \quad (1)$$

วัดค่าความคลาดเคลื่อนของรากกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error (RMSE))

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{obs,i} - x_{model,i})^2}{N}} \quad (2)$$

สมการความเร็วและสมการแสดงทิศทางของขั้นตอนวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดของกลุ่มอนุภาค

$$V_{i,(t+1)} = wV_{i,(t)} + c_1\gamma_1(P_i - x_{i,(t)}) + c_2\gamma_2(P_g - x_{i,(t)}) \quad (3)$$

$$x_{i,(t+1)} = x_{i,(t)} + V_{i,(t+1)} \quad (4)$$

โดยที่ P_i คือ $pbest$, P_g คือ $gbest$, c_1 และ c_2 คือ ค่าคงที่ของอัตราเร่ง ในช่วงของ $[0..2]$ γ_1 และ γ_2 คือ ตัวเลขสุ่มที่อยู่ในช่วง $[0..1]$ และ w คือ ค่าที่ใช่วงน้ำหนักของความเฉื่อย โดยใช้ค่าจากสมการ Chaotic inertia weight ตามที่จะได้แสดงดังนี้

$$z = 4 \times z \times (1 - z) \quad (5)$$

$$w = (w_1 - w_2) \times \frac{MAXiter - iter}{Maxiter} + w_2 \times z \quad (6)$$

โดย $w_1 = 0.9$, $w_2 = 0.4$ และ z คือตัวเลขที่ได้จากการสุ่มในช่วง $[0..1]$.

$$\alpha_{HL} = \{if(e_i = 0 || e_{best} = 0) \rightarrow 1.5 \quad (7)$$

$$\alpha_{HL} = \begin{cases} if(e_i < e_{best}) \&\& (e_i < HL_i) \rightarrow Eq. 2 \text{ and } Eq. 3 \\ if(e_i < e_{best}) \&\& (e_i > HL_i) \rightarrow \frac{2rand() \cdot e_i}{\frac{1}{2 \cdot e_i}} e_i \neq 0 \\ if(e_i > e_{best}) \rightarrow \frac{2rand() \cdot e_i}{\frac{1}{2 \cdot e_i}} e_i \neq 0 \end{cases}$$

$$\beta_{HL} = \{if(e_i = 0 || e_{best} = 0) \rightarrow 1.5 \quad (8)$$

$$\beta_{HL} = \begin{cases} if(e_i < e_{best}) \&\& (e_i < HL_i) \rightarrow \frac{rand() \cdot e_i}{e_i \cdot HL_i} e_i, HL_i \neq 0 \\ if(e_i < e_{best}) \&\& (e_i < HL_i) \rightarrow \frac{2rand() \cdot HL_i}{\frac{1}{2 \cdot e_i}} e_i \neq 0 \\ if(e_i > e_{best}) \rightarrow \frac{HL_i}{\frac{1}{2 \cdot rand_i}} e_i \neq 0 \end{cases}$$

$$V_{HL_{i+1}} = V_{HL_i} + \alpha_{HL}rand()(e_{best} - e_i) + \beta_{HL}rand()(HL_i - e_i) \quad (9)$$

$$\alpha_{LL} = \{if(e_i = 0 || e_{best} = 0) \rightarrow 2 \quad (10)$$

$$\alpha_{LL} = \begin{cases} if(e_i < e_{best}) \&\& (e_i < LL_i) \rightarrow \frac{rand() \cdot e_i}{e_i \cdot e_{best}} e_i, e_{best} \neq 0 \\ if(e_i < e_{best}) \&\& (e_i < LL_i) \rightarrow \frac{2rand() \cdot e_i}{\frac{1}{2 \cdot e_i}} e_i \neq 0 \\ if(e_i > e_{best}) \rightarrow \frac{2rand() \cdot e_i}{\frac{1}{2 \cdot e_i}} e_i \neq 0 \end{cases}$$

$$\beta_{LL} = \{if(e_i = 0 || e_{best} = 0) \rightarrow 2 \quad (11)$$

$$\beta_{LL} = \begin{cases} \text{if}(e_i < e_{best}) \&\& (e_i < LL_i) \rightarrow \text{Eq. 2 and Eq. 3} \\ \text{if}(e_i < e_{best}) \&\& (e_i < LL_i) \rightarrow \frac{2 \cdot \text{rand}() \cdot LL_i}{1} e_i \neq 0 \\ \text{if}(e_i > e_{best}) \rightarrow \frac{LL_i}{1} e_i \neq 0 \end{cases}$$

$$V_{LLi+1} = V_{LLi} + \alpha_{LL} \text{rand}() (e_{best} - e_i) + \beta_{LL} \text{rand}() (LL_i - e_i) \quad (12)$$

$$V_{i+1} = V_{HLi+1} + V_{LLi+1} \quad (13)$$

$$e_{i+1} = e_i + V_{i+1} \quad (14)$$

$$o_{i+1} = o_i + \left[\text{rand}(\{-1,1\}) \times \frac{\text{rand}(\text{min}_s, \text{max}_s)}{1 + \text{rand}()} \right]$$

(15)

3. การวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์โรคใบไหม้ในข้าว

ใช้การวัดค่าความคลาดเคลื่อนของรากกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square error (RMSE)) เพื่อวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์โรคใบไหม้ในข้าว ดังแสดงในสมการที่ (16) และหาค่าความถูกต้องในสมการที่ (17)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{model,i})^2}{N}} \quad (16)$$

เมื่อ x_{obs} คือ ค่าที่ได้จากการสังเกต
 $x_{model,i}$ คือ ค่าที่ได้จากแม่แบบในเวลา i
 N คือ จำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งหมด

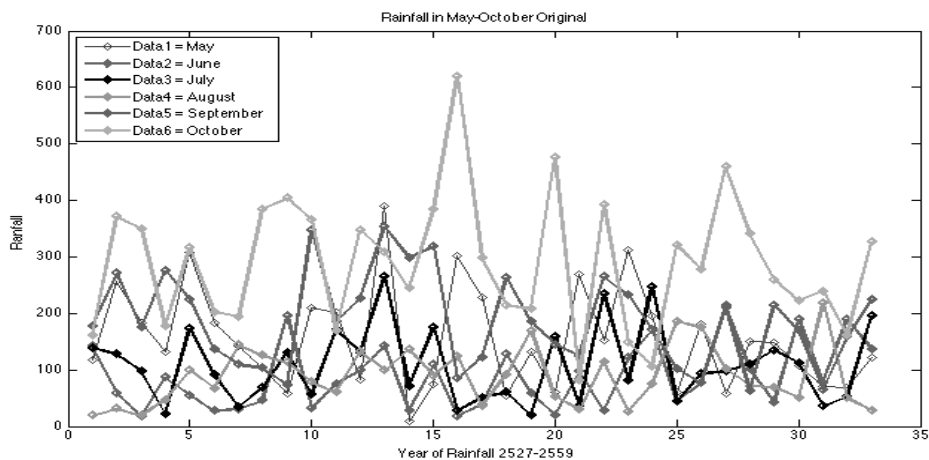
$$Accuracy = \frac{TP+TN}{N} \quad (17)$$

เมื่อ N คือ จำนวนตัวอย่างทดสอบทั้งหมด
 TP คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกว่าเป็นคลาสที่กำลังสนใจอยู่
 TN คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกว่าเป็นคลาสซึ่งไม่ได้สนใจอยู่

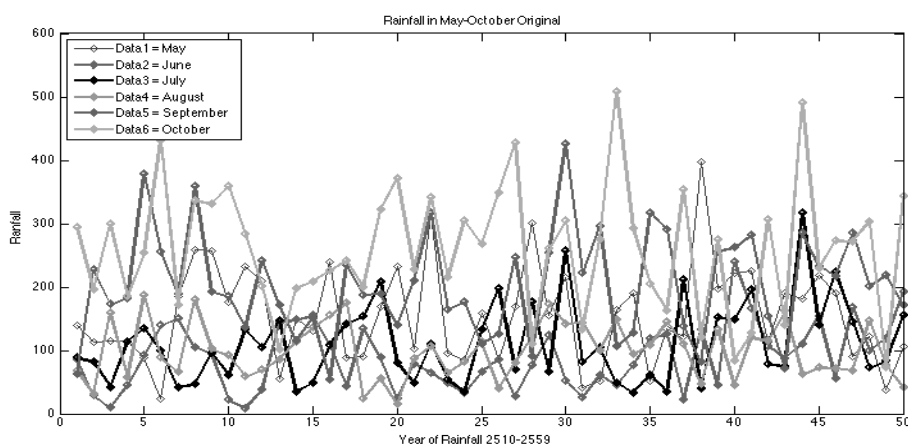
ผลการวิจัย

เพื่อให้การพัฒนาขั้นตอนวิธีการแบบผสมผสานเชิงสามัญสำนึกระหว่างขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุวิศวกรรมกับการปรับปรุงขั้นตอนวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่นได้ค่าที่น่าพอใจที่สุด จึงได้ทำการพัฒนาภายใต้ข้อจำกัดกฎที่น้อย ค่าความถูกต้องมากในกลุ่มข้อมูลที่มีความซับซ้อน คือ การพยากรณ์โรคใบไหม้ในข้าวในเขตจังหวัดราชบุรี โดยเลือกใช้กลุ่มข้อมูลที่เป็นปริมาณน้ำฝนรายเดือนคิดเป็นมิลลิเมตรของตำบลบ้านบ่อซึ่งเป็นปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ย จากสถานี

470161 อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ตั้งแต่นั้นปี 2510-2559 โดยนำข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมเป็นจำนวน 50 ปี และกลุ่มข้อมูลที่เป็นปริมาณน้ำฝนรายเดือน คิดเป็นมิลลิเมตรของตำบลบ้านบึง ซึ่งเป็นปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ย จากสถานี 470271 อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี ตั้งแต่นั้นปี 2527-2559 โดยนำข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมเป็นจำนวน 32 ปี อุณหภูมิสูงสุดและความชื้นสัมพัทธ์ของเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายนเพื่อใช้ในการพยากรณ์ถึงแนวโน้มในการเกิดโรคใบไหม้ในข้าวของเขตจังหวัดราชบุรี ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่เปิดเผยต่อสาธารณะ ดังแสดงในภาพที่ 3 ถึง 4

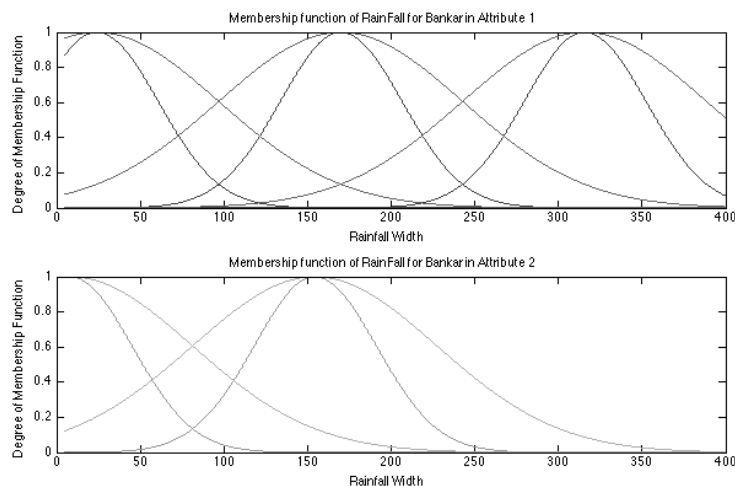


ภาพที่ 3 กลุ่มข้อมูลที่เป็นจำนวนปริมาณน้ำฝนคิดเป็นมิลลิเมตรตั้งแต่เดือนพฤษภาคม – ตุลาคม ปี 2510-2559 ของตำบลบ้านบึง อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี

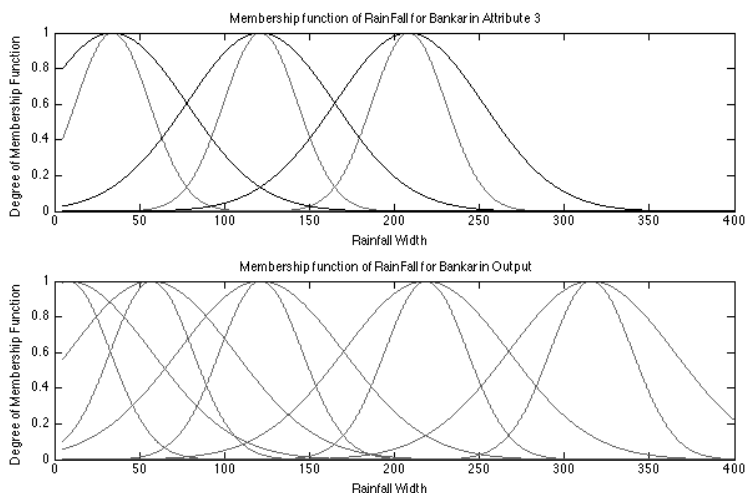


ภาพที่ 4 กลุ่มข้อมูลที่เป็นจำนวนปริมาณน้ำฝนคิดเป็นมิลลิเมตรตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม ปี 2527-2559 ของตำบลบ้านบึง อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี

ภาพที่ 5 และ 6 จะแสดงให้เห็นถึงการปรับค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกที่เป็นแบบเกาส์เซียน ด้วยขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุวิศวกรรมกับการปรับปรุงขั้นตอนวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่น ซึ่งทำให้การพยากรณ์โรคใบไหม้ในข้าวได้ค่านำออกที่เหมาะสมที่สุด คือค่าความถูกต้องมีค่าที่สูงและค่าความคลาดเคลื่อนของรากกำลังสองเฉลี่ยมีค่าที่ต่ำ ซึ่งการปรับค่าพารามิเตอร์เป็นไปแบบอัตโนมัติ ด้วยการคำนวณจากข้อมูลที่นำเข้า

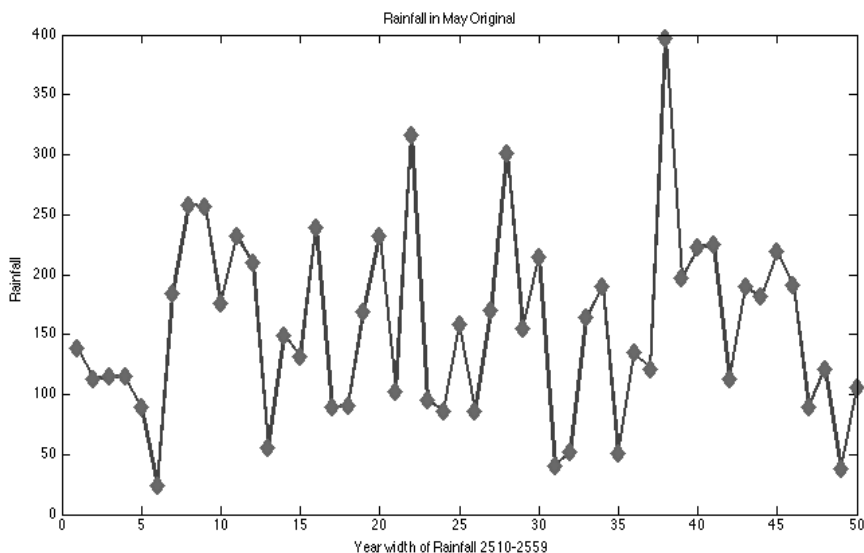


ภาพที่ 5 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 ที่ได้จากการปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุวิศวกรรมกับการปรับปรุงขั้นตอนวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่นเพื่อใช้ในการพยากรณ์โรคใบไหม้ในข้าว

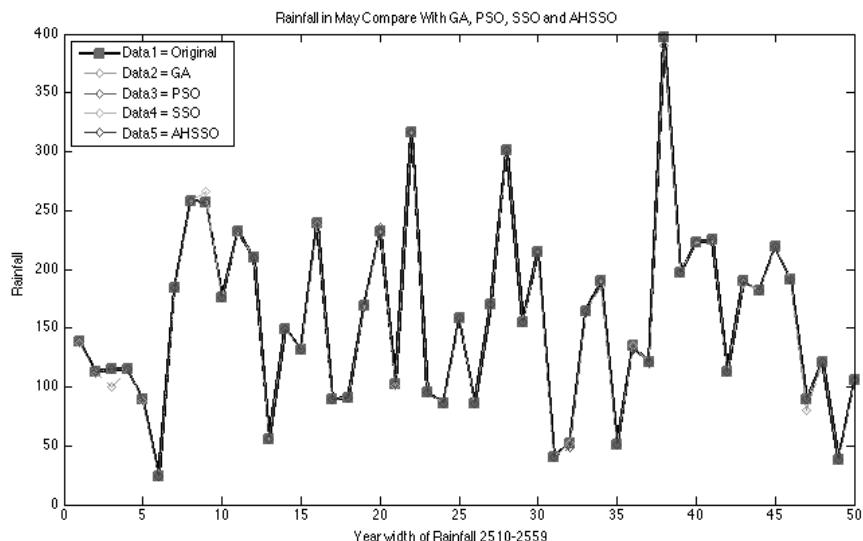


ภาพที่ 6 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 ที่ได้จากการปรับค่าพารามิเตอร์ ด้วยขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุวิศวกรรมกับการปรับปรุงขั้นตอนวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่นเพื่อใช้ในการพยากรณ์โรคใบไหม้ในข้าว

ในการพยากรณ์การเกิดโรคใบไหม้ในข้าวด้วยขั้นตอนวิธีการที่พัฒนาขึ้นนั้นจะเริ่มจากการฝึกหัดให้ขั้นตอนวิธีการทำนายข้อมูลที่นำเข้าและดูค่านำออกที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำเอาระบบที่ได้จากการใช้ขั้นตอนวิธีการ มาทำการทดสอบค่านำเข้า ซึ่งจะทำได้ผลการพยากรณ์ที่ตรงมีค่าความถูกต้องที่สูง ค่าผิดพลาดที่น้อยลง ซึ่งการฝึกหัดนั้นจะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตกในเขตตำบลบ้านบึง อำเภอบ้านคาตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2510-2559 และทำการทดสอบด้วยข้อมูลนำเข้าที่เป็นปริมาณน้ำฝนในตำบลเดียวกันตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2510-2559 ดังแสดงในภาพที่ 8 ถึง 9 ซึ่งในภาพจะแสดงการฝึกหัดโดยเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีการต่าง ๆ ประกอบด้วย ขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุวิศวกรรม (GA) ขั้นตอนวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยกลุ่มอนุภาค (PSO) ขั้นตอนวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่น และขั้นตอนวิธีการที่ทำการพัฒนาขึ้น (AHSSA)



ภาพที่ 7 กราฟแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนของเดือนพฤษภาคม ของอำเภอบ้านคา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510-2559



ภาพที่ 8 กราฟแสดงการฝึกหัดของทั้ง 4 ขั้นตอนวิธีการ ประกอบด้วย GA, PSO, SSO และ AHSSA ข้อมูลปริมาณน้ำฝนของเดือนพฤษภาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510-2559 ของอำเภอบ้านคา

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของรากำลังสองเฉลี่ยจากการปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 ด้วยขั้นตอนวิธีการแบบผสมผสานเชิงสามัญสำนึกแบบที่ 2 กับขั้นตอนวิธีการแบบอื่น ๆ จากกลุ่มข้อมูลของ Mackey and Glass

Algorithm	RMSE
IT2FLS (TSK) (Almaraash et al., 2010)	0.00230
ANFIS (Almaraash et al., 2010)	0.02640
TSK Simulated Annealing (Almaraash et al., 2010)	0.00649
Back-Propagation (Mendel et al., 2002)	0.02000
One-Pass Method (Mendel et al., 2002)	0.04000
Gradient Descent (Mendel et al., 2002)	0.21000
งานวิจัยนี้โดยใช้ค่าจากการทดสอบ	0.00303

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของราคากำลังสองเฉลี่ยจากการปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 ด้วยขั้นตอนวิธีการแบบผสมผสานเชิงสามัญสำนึกแบบที่ 2 กับขั้นตอนวิธีการแบบอื่น ๆ จากกลุ่มข้อมูลของการซื้อขายหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

Algorithm	RMSE
(1-1) ES (Sutheebanjard et al., 2009)	7.44916
Meesad and Srikhacha (Meesad et al., 2006)	4.04165
BPNN (Esfahanipour et al., 2011)	15.61025
ANFIS Type 1	0.02371
งานวิจัยนี้โดยใช้ค่าจากการทดสอบ	0.00303

สรุปผลการวิจัย

จากตารางที่ 2 และ 3 ได้แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีการที่เกิดจากการพัฒนาได้ผลของค่าส่งออกเป็นที่น่าพอใจ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพกับขั้นตอนวิธีการอื่น ๆ ค่าที่วัดได้จากการคำนวณค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เช่น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีการแบบ ANFIS จากกลุ่มข้อมูลของ Mackey and Glass ค่าจาก ANFIS ได้ 0.02640 ค่าจากขั้นตอนวิธีการผสมผสานเชิงสามัญสำนึกแบบที่พัฒนาได้ 0.00303 จะเห็นว่าได้ค่าที่น้อยกว่าและจากกลุ่มข้อมูลของการซื้อขายหุ้นในตลาดหลักทรัพย์ค่าของ ANFIS ใช้ร่วมกันกับระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 1 ได้ 0.02371 ขั้นตอนวิธีการผสมผสานเชิงสามัญสำนึกแบบที่พัฒนาได้ 0.00303 ซึ่งดีกว่า แต่กลุ่มข้อมูลของตลาดหลักทรัพย์นั้นมีความผันผวนไม่เท่ากันในแต่ละช่วงเวลาซึ่งถ้านำไปเปรียบเทียบกับความผันผวนของปริมาณน้ำฝนยังมีความผันผวนน้อยกว่า ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าที่ได้จากการพยากรณ์มีค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยได้ค่าที่ดีกว่า สาเหตุสำคัญของโรคไข้ในข้าวหรือสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมคือ ช่วงที่มีเมฆปกคลุมเป็นระยะเวลายาวนานติดต่อกันหลายวัน มีฝนตกปรอย ๆ เป็นประจำ ความชื้นสัมพัทธ์สูงใบข้าวเปียกนานมากกว่า 10 ชม. อุณหภูมิกลางวันค่อนข้างเย็น (20-30 องศาเซลเซียส) โดยเฉพาะพื้นที่นาข้าวที่ไม่มีน้ำท่วมขังทำให้มีโอกาสเกิดน้ำค้างในช่วงกลางคืนเป็นระยะเวลายาวนานซึ่งถ้ามีการพยากรณ์ที่แม่นยำว่าในแต่ละเดือนจะมีปริมาณน้ำฝนมาก เพราะถ้ามีน้ำฝนมากความชื้นสัมพัทธ์ก็จะค่อนข้างสูง โอกาสที่จะทำให้เกิดโรคนี้ก็จะสูงตามไปด้วย

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอนวัตกรรมใหม่คือ การพัฒนาขั้นตอนวิธีการแบบผสมผสานเชิงสามัญสำนึกด้วยขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุวิศวกรรมกับขั้นตอนวิธีการปรับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่นโดยใช้ขั้นตอนวิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้ในการปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์อนุกรมเวลา ซึ่งเป็นปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี เป็นสาเหตุหลักของการเกิดโรคใบไหม้ในข้าว ซึ่งถ้าปริมาณน้ำฝนมีปริมาณมากก็จะทำให้มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงอุณหภูมิลดต่ำลงยิ่งรวมกับกระแสลมที่พัดแรงก็มีโอกาสที่จะเกิดโรคสูงตามมา ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาขั้นตอนวิธีการในการที่จะพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนว่าในปีนี้ปริมาณน้ำฝนจะมีแนวโน้มเป็นอย่างไรโดยใช้การฝึกฝนตั้งแต่เริ่มต้นฤดูฝน เพื่อทำการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนแต่ทั้งนี้ปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้เกิดฝนตกหนักยังไม่ได้นำมาคิดเพราะปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่เกิดขึ้นทันทีทันใดยากจะคาดเดาได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตั้งสมมุติฐานที่เกี่ยวกับการพยากรณ์ไว้ดังนี้คือ ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square error : RMSE) ของการพยากรณ์โรคใบไหม้ในข้าวต้องมีค่าน้อยที่สุด ค่าความเชื่อมั่นต้องมีค่ามากที่สุด และผลลัพธ์ที่ได้ก็เป็นไปตามสมมุติฐานงานวิจัยที่ได้ตั้งไว้ จำนวนกฎที่ได้ก็มีขนาดกฏน้อยและการผสมผสานก็เป็นการผสมผสานที่น่าเอาข้อดีของความเร็วของการหาค่าที่เหมาะสมของกลุ่มอนุภาคเอามาใช้ปรับค่าความเร็วของการหาค่าที่เหมาะสมของกลุ่มนกนางแอ่นทำให้ได้ค่าน่าออกเป็นที่น่าพอใจ ดังนั้นถ้านักวิชาการการเกษตรหรือเกษตรกรทั่วไป มีการนำเอาขั้นตอนวิธีการที่ทำการพัฒนาขึ้นนี้ไปทำการปรับใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศรวมถึงอุณหภูมิก็จะทำให้สามารถที่จะทราบว่าในปีนี้น้ำฝนจะเกิดโรคอะไรบ้างที่ปริมาณน้ำฝนเป็นต้นเหตุซึ่งจะทำให้สามารถป้องกันการเกิดโรคได้อย่างทันท่วงทีอันจะทำให้ผลผลิตไม่เกิดความเสียหายและเป็นการสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลที่ให้นำนวัตกรรมและการใช้ข้อมูลด้านสารสนเทศมาช่วยในการทำการเกษตรยุคใหม่ อันจะเป็นสมาร์ฟฟาร์มเมอร์เพื่อการเข้าสู่ไทยแลนด์ 4.0

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

ในการพัฒนาขั้นตอนวิธีการผสมผสานเชิงสามัญสำนึกนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงเป็นอันดับแรกคือ การสร้างกลุ่มประชากรเริ่มต้นที่มีคุณภาพ ขั้นตอนต่อมาคือการเลือกวิธีการที่จะนำมาผสมผสานกันให้เหมาะสมสอดคล้องกันเพื่อการผสมผสานที่ลงตัว ก็จะได้ขั้นตอนวิธีการผสมผสานที่มีประสิทธิภาพเกิดเป็นนวัตกรรมใหม่ ยิ่งไปกว่านั้นถ้าเป็นการเลือกผสมผสานที่มีสมการค่าความเร็วของกลุ่มประชากรควรมีการปรับปรุงค่าความเร็วขึ้นๆ ให้สอดคล้องกับกลุ่มข้อมูลที่ใช้และในการได้มาซึ่งประชากรรุ่นใหม่ของขั้นตอนวิธีการ ควรที่จะได้คำนึงถึงทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วิน เพื่อให้ได้ประชากรรุ่นใหม่ที่มีคุณภาพและประชากรที่ไม่ได้คุณภาพควรจะต้องคัดทิ้งออกไป

จากสิ่งที่ได้กล่าวมาในข้างต้นงานวิจัยที่จะพัฒนาต่อไปคือ การเลือกใช้การผสมผสานเชิงสามัญสำนึกที่เหมาะสมกันในแบบอื่น เช่น ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองในเบื้องต้นคือ การผสมผสานกันระหว่างขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุวิศวกรรมกับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มนกนางแอ่นเป็นการคำนึงถึงธรรมชาติของนกนางแอ่นที่มีการเคลื่อนที่ในการหาอาหารได้อย่างรวดเร็วและมีความแข็งแรง ต่อจากนั้นจะทำการทดลองปรับค่าความเร็วและความเฉื่อยของกลุ่มนกนางแอ่นเพื่อนำไปใช้สำหรับการปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 1 กับกลุ่มข้อมูลที่มีความซับซ้อนยากจะคาดการณ์ได้ เพื่อที่จะได้เปรียบเทียบค่านำออกกับขั้นตอนวิธีการแบบผสมผสานเชิงสามัญสำนึกชนิดที่ 2 เพื่อใช้ในการปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 ตามที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้กับกลุ่มข้อมูลเดียวกัน ซึ่งถ้าผลค่านำออกที่ได้ดีกว่าหรือเท่ากัน ก็จะทำให้สามารถแก้ปัญหาเรื่องค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปในการทำงานจากระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 ได้ และทำให้แนวความคิดการใช้ระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 กับกลุ่มข้อมูลที่มีความซับซ้อนและไม่แน่นอนไม่จำเป็นต้องใช้เสมอไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตร. (2540). **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2540-2544**. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ศูนย์สารสนเทศ. (2541). **สถานการณ์ข้าว**. กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร. (2558). **กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์**. สืบค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2558, จาก <http://www.agriqua.doe.go.th>.
- สำนักงานกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดราชบุรี. (2558). **สถิติอากาศราชบุรี**. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2560, จาก https://www.tmd.go.th/province_weather_stat.php?StationNumber=48464.
- Almaraash, M., Jhon, R., Coupland, S., and Hopgood, A. (2010). Time series forecasting using TSK fuzzy system tuned with simulated annealing. In *Processing of IEEE International Conference on Digital Object Identifier*, (n.p.): 1-6.
- Castillo, O., Melin, P. (2007). Comparison of hybrid Intelligent systems, Neural Networks and Interval Type-2 fuzzy logic for time series prediction. *Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks*, 12-17.
- Garibaldi, J. M., and Ozen, T. (2007). Uncertain fuzzy reasoning: A case study in modeling expert decision making. *IEEE Trans. Fuzzy Syst*, (15)1: 16-30.

- Jang S.R., Sun C.T. and Mizutani, E. (1997). Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine. **IEEE Transactions on Automatic Control**, (42)10: 13-22.
- Mendel, J. M. (2007). A vector similarity measure for linguistic approximation: Interval type-2 and type-1 fuzzy sets. **Inform. Sci.**: 36-47.
- Mitchell, H. B. (2005). Pattern recognition using type-2 fuzzy sets. **Inform. Sci.**, (170) : 409-418.
- Paul G. W., and Salmon, T.P.(1994). Swallows, prevention and control of wild life Damage. **Inform.Sci.**: 234-240.