รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ค้นหารูปแบบการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมโดยใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว

Nitrogen Fertilizer Optimization Using Rice Growth Simulation Model

รศ.ดร.วรพจน์ กรีสุระเดช

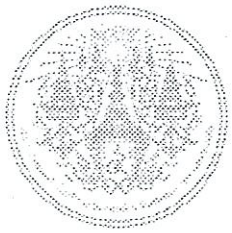
นายปัณณวิชญ์ อริยธนะกตวงศ์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ค้นหารูปแบบการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมโดยใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว

Nitrogen Fertilizer Optimization Using Rice Growth Simulation Model

รศ.ดร.วรพจน์ กรีสุระเดช

นายปัณณวิชญ์ อริยธนะกตวงศ์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ค้นหารูปแบบการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมโดยใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว

Nitrogen Fertilizer Optimization Using Rice Growth Simulation Model

รศ.ดร.วรพจน์ กรีสุระเดช

นายปัณณวิชญ์ อริยธนะกตวงศ์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH

วล5ค

2558

สาขหมู่.....

เลขทะเบียน 142913

วัน.เดือน.ปี - 6 มิ.ย. 2559

b. 12784163

i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การค้นหารูปแบบการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมโดยใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว
แหล่งเงิน (เงินรายได้)
ประจำปีงบประมาณ 2558 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 40,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ต.ค. 2557 ถึง 30 ก.ย. 2558
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัยพร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด
รศ.ดร.วรพจน์ กรีสุระเดช และนายปัณณวิชญ์ อริยธนะกตวงศ์ เทคโนโลยีสารสนเทศ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการเกษตรเป็นเรื่องที่ถูกกล่าวถึงอย่างมากเนื่องจากประปัญหาทั้งสภาพภูมิอากาศและต้นทุนการผลิตสูงซึ่งถ้ามีเพียงแต่เป็นเครื่องมือหรือแนวทางการแก้ไขแบบดั้งเดิมนั้นไม่เพียงพอต่อการเพิ่มผลกำไรให้สูงขึ้นได้ ดังนั้นแนวทางการลดต้นทุนจึงเป็นประเด็นหลักที่จะกล่าวถึงในบทความนี้ บทความนี้ได้ศึกษาแนวทางการลดต้นทุนการผลิตเฉพาะในส่วนที่มีเปอร์เซนต์ต้นทุนสูงสุดคือปุ๋ย ดังนั้นจึงได้ศึกษาระบบการลดต้นทุนแบบดั้งเดิมเปรียบเทียบกับแนวทางการลดต้นทุนแบบใหม่โดยอาศัยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อช่วยค้นหารูปแบบการจัดการที่ทำให้มีต้นทุนการจัดการต่ำสุดและมีกำไรจากการผลิตสูงสุด ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านไอทีกลายเป็นเครื่องมือที่มีบทบาทสำคัญในการสร้างเครื่องมือที่จะช่วยในการตัดสินใจเลือกบริหารจัดการสภาพแวดล้อมเพื่อให้ตอบสนองต่อการเพิ่มผลผลิตที่สูงขึ้นดังนั้นบทความวิชาการนี้ได้เปรียบเทียบเทคนิคดั้งเดิม และเทคนิคการพัฒนาแบบจำลองการใส่ปุ๋ยด้วยเจเนติกอัลกอริทึมกับฐานความรู้ซึ่งถูกประเมินโดยผลผลิตโดยแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวในแบบจำลองการค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยที่พัฒนาขึ้นพบว่าเทคนิคการพัฒนาแบบจำลองการค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยเพื่อลดต้นทุนการผลิตข้าวดังกล่าวสามารถเป็นทางเลือกในการแนะนำการใส่ปุ๋ยเพื่อลดต้นทุนการผลิตข้าวลงได้เมื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาการจัดการแบบดั้งเดิม และงานวิจัยอื่นที่มีการนำเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมมาค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ย อีกทั้งเพื่อเป็นแบบจำลองการใส่ปุ๋ยต้นแบบกรณีศึกษาปุ๋ยไนโตรเจนซึ่งเทคนิคการสร้างรูปแบบและพัฒนาทางเลือกของคำตอบสามารถส่งผลต่อแนวทางการผลิตข้าวที่ให้ผลผลิตสูงและต้นทุนในการจัดการต่ำให้กับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวได้

คำสำคัญ : Genetic algorithm, Fertilizer simulation model, Decision support, Cost Reduction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Nitrogen Fertilizer Optimization Using Rice Growth Simulation Model
Researcher: Worapoj Kreesuradej and Panavich Ariyakatawong
Faculty: Information Technology

ABSTRACT

This research proposes nitrogen usage efficiency simulation developed by genetic algorithm technique. A nitrogen fertilizer is one of the important nutritional elements for the productivity of rice crops. Optimizing an application rate of nitrogen fertilizer is a key factor for both increasing high yields and reducing growing costs. This research proposes simulation optimization using a genetic algorithm with a nitrogen fertilizer nutritional knowledge base for rice crops to search for an optimum application rate of nitrogen fertilizer. The proposed technique can search for an optimum application rate of a nitrogen fertilizer faster than typical genetic algorithms. In order to be profitable, farmers need to consider not only the rice crop yield but also cost of Nitrogen fertilizer and the labor cost of applying Nitrogen fertilizer. Therefore, the optimization strategy in this paper also considers the cost of nitrogen fertilizer and the labor cost of applying nitrogen fertilizer. The discovered optimum pattern from this research may useful for practice. The simulation results suggest that the purposed technique is a promising technique for optimizing an application rate of a nitrogen fertilizer.

Keywords: Genetic algorithm, Fertilizer simulation model, Decision support, Cost Reduction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน (เงินรายได้) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558

รศ.ดร.วรพจน์ กรีสุระเดช
นายปัณณวิชญ์ อริยธนะกตวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง-จ
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 2
1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย 3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 16
3.1 อุปกรณ์การทดลอง 16
3.2 แนวทางการทดสอบแบบจำลอง 16
3.3 การวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง 16

บทที่ 4 ผลการวิจัย 18
4.1 สภาพแวดล้อมการทดลองและผลการทดลอง 18
4.2 ผลการทดลอง และวัดประสิทธิภาพการค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยด้วยเจเนติกอัลกอริทึม 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน 25

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 28

5.1 สรุปผลการวิจัย 28

5.2 ข้อเสนอแนะ 28

บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย 29

6.1 ชื่อบทความ วารสารคณะ การประยุกต์ใช้ฐานความรู้การใส่ปุ๋ยร่วมกับ Genectic Algorithm (GA) เพื่อค้นหารปแบบการใส่ปุ๋ยและลดต้นทุนการผลิตข้าว

บรรณานุกรม เอกสารอ้างอิง 30

ภาคผนวก 33

ภาคผนวก ก ส่วนติดต่อผู้ใช้งานแบบจำลอง

ภาคผนวก ข ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

ประวัตินักวิจัย 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตัวอย่างโครโมโซม $f(x) = x^2$ 8

4.1 แสดงผลลัพธ์รุ่นสุดท้ายของโครโมโซมที่ได้จากการค้นหาด้วยเจเนติกอัลกอริทึมแบบสนใจเงื่อนไขจากรันโปรแกรมอิสระโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น100 19

4.2 แสดงต้นทุน (cost) กำไร (profit) และค่าเฉลี่ย (μ) จากการใช้แบบจำลองค้นหารูปแบบการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน (N) ด้วยเจเนติกอัลกอริทึมโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 100 19

4.3 แสดงผลลัพธ์รุ่นสุดท้ายของโครโมโซมที่ได้จากการค้นหาด้วยเจเนติกอัลกอริทึมแบบสนใจเงื่อนไขจากรันโปรแกรมอิสระโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 500 21

4.4 แสดงต้นทุน(cost) กำไร(profit) และค่าเฉลี่ย(μ) จากการใช้แบบจำลองค้นหารูปแบบการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน(N) ด้วยเจเนติกอัลกอริทึมโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 500 21

4.5 แสดงผลลัพธ์รุ่นสุดท้ายของโครโมโซมที่ได้จากการค้นหาด้วยเจเนติกอัลกอริทึมแบบสนใจเงื่อนไขจากรันโปรแกรมอิสระโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 1000 21

4.6 แสดงต้นทุน(cost) กำไร(profit) และค่าเฉลี่ย(μ) จากการใช้แบบจำลองค้นหารูปแบบการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน(N) ด้วยเจเนติกอัลกอริทึมโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 1000 21

4.7 แสดงค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจต่อการจัดโครงงานวิจัย 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ผู้มีส่วนร่วมในโครงการวิจัย	4
2.1 การผสมยีนแบบจุดเดียว (ปรับปรุงใหม่)	9
4.1 การลู่เข้าหากำไรสูงสุดด้วยเจเนติกอัลกอริทึมมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 100	20
4.2 การลู่เข้าหาต้นทุนต่ำสุดด้วยเจเนติกอัลกอริทึมมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 100	20
4.3 การลู่เข้าหากำไรสูงสุดด้วยเจเนติกอัลกอริทึมมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 500	22
4.4 การลู่เข้าหาต้นทุนต่ำสุดด้วยเจเนติกอัลกอริทึมมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 500	22
4.5 การลู่เข้าหากำไรสูงสุดด้วยเจเนติกอัลกอริทึมมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 1000	24
4.6 การลู่เข้าหาต้นทุนต่ำสุดด้วยเจเนติกอัลกอริทึมมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 1000	24
4.7 ประชุมเกษตรกรเพื่อคัดเลือกเกษตรกรที่ร่วมการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน	25
4.8 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน ณ ตำบลเทพราช อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในทุกภาคส่วน เช่นการศึกษา การท่องเที่ยว ภาพยนต์ และอุตรสาหกรรม เป็นต้น โดยเฉพาะอุตรสาหกรรมการเกษตร ในสถาบันการศึกษาได้มีบทบาทช่วยพัฒนาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ วิจัย เพื่อสร้างความเข้าใจการเจริญเติบโตในพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด มันสัมปะหลัง อ้อยเป็นต้น และพัฒนาผลผลิตให้มีปริมาณผลผลิตที่สูงขึ้น ในทศวรรษที่ผ่านมาประเทศไทยได้นำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้แต่ยังอยู่ในเพียงบางกลุ่มเท่านั้นซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในสถาบันการศึกษาที่เน้นการวิจัยทางด้านเกษตรเป็นหลัก ดังนั้นซอฟต์แวร์หรือระบบที่พัฒนาขึ้นมานั้นยังไม่สามารถตอบสนองการใช้งานของเกษตรกรได้ และโปรแกรมส่วนใหญ่ต้องอาศัยความชำนาญทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการเกษตรอย่างลึกซึ่ง แม้แต่ในสถาบันวิจัยข้าวของประเทศยังต้องเชื่อมต่อกับระบบโปรแกรมของต่างประเทศ เช่น WTGROWS(Aggarwal et al.,1994), SUSCROS (van Laar et al.,1997),DSSAT Ceres-Rice(GY. Tsuji et al.,1994),APSIM(R.L. McCown et al.,1996),GMDSSCM(Cao Weixing et al.,),Stella(ศักดิ์ดา,2548),Oryza1(Kropff et al.,1994) และ Oryza2000(BAM.Bouman et al.,2000) เป็นต้น กลุ่มผู้พัฒนาส่วนใหญ่ต้องอาศัยความชำนาญเกี่ยวกับการพัฒนาซอฟต์แวร์ พร้อมทั้งมีความรู้ความชำนาญทางด้านเกษตรกรมโดยตรง แต่ระบบยังไม่สามารถเข้าถึง และตรงกับความต้องการของเกษตรระดับท้องถิ่น นั้นเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยกับพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมโดยการพัฒนาใช้เทคนิค SDLC ในการพัฒนาระบบรูปแบบใหม่ (Satzinger, 2012) ร่วมกับงานวิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม(PAR) กับเกษตรกรระดับท้องถิ่นซึ่งใช้เทคนิคทางด้านวิทยาศาสตร์สารสนเทศช่วยในการค้นหา (Pattern search) ความเหมาะสมการใส่ปุ๋ย ซึ่งมีต้นทุนสูงสุดในการดูแลรักษาข้าว อีกทั้งเป็นจุดเริ่มต้นให้เกษตรกรระดับท้องถิ่นได้เข้าถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีด้านการเกษตร และลดต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม ความคาดหวังการศึกษาและพัฒนาระบบนั้นเพื่อให้มีการสร้างองค์ความรู้ใหม่ระหว่างภาคการเกษตรร่วมกับผู้พัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ให้เกิดประโยชน์กับชุมชน โดยเฉพาะระบบที่ช่วยเกษตรกรในการเลือกรูปแบบการการใส่ปุ๋ยที่ลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีให้เหมาะสมกับพันธุ์ข้าว ผลผลิตสูง และกำไรสูง ซึ่งจะเป็นประโยชน์กับเศษฐกิจภาคครัวเรือนของประเทศต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมด้วยเทคนิคทางเทคโนโลยีสารสนเทศ
2. เพื่อเป็นเครื่องมือต้นแบบการใส่ปุ๋ยแบบประหยัดและเวลาเหมาะสมกับพันธุ์ข้าวและให้ผลผลิตสูงต้นทุนต่ำให้กับเกษตรกร

1.3 ความสำคัญและขอบเขตงานวิจัย

1. เป็นการทดลองวัดประสิทธิภาพผลกำไรจากรูปแบบการใส่ปุ๋ยโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์Oryza2000 และได้ทดสอบรูปแบบการใส่ปุ๋ยที่ได้จากเจเนติกกับผลการทดลองการปลูกข้าวด้วยปุ๋ยไนโตเจนในหลายๆระดับและโปรแกรม DSSAT V4.5 เท่านั้นซึ่งเป็นแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ใช้ทดสอบการปลูกข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดลองดังกล่าวได้ใช้ข้อมูลลักษณะพันธุ์ข้าว IR72 ที่มีการสอบเทียบ (Calibration) ในสภาพแวดล้อมการปลูกข้าวในประเทศฟิลิปปินส์โดยข้อมูลพื้นฐานการเจริญเติบโตของข้าวIR72 จากสถาบันข้าว IRRI เพื่อใช้ในการทดสอบการค้นหารูปแบบการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน

3. ทดสอบปลูกข้าวในสภาพแปลงนาเกษตรกรและเลือกโครโมโซมรูปแบบการใส่ปุ๋ยที่ได้จากแบบจำลองแนะนำรุ่นสุดท้ายโดยเลือกโครโมโซมที่มีการใส่ปุ๋ยหนึ่งครั้ง และใส่ปุ๋ยสองครั้งทดสอบกับพันธุ์ กข49 ที่อยู่ในประเภทสายพันธุ์ Indica กลุ่มเดียวกับ IR72 โดยใช้พื้นที่นาชลประทาน ณ ที่ตำบลเทพราช อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา

4. ได้ใช้ค่าเฉลี่ยของภูมิอากาศของจังหวัดในพื้นที่ภาคกลางประกอบด้วย จังหวัดชัยนาท ฉะเชิงเทรา อยุธยา และสุพรรณบุรี เพื่อใช้เป็นตัวแปรร่วมการค้นหารูปแบบการจัดการน้ำที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพรูปแบบการปุ๋ยที่เหมาะสมจากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมในการค้นหารูปแบบที่มีกำไรสูงสุด

5. ได้ทดสอบแบบจำลองค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยร่วมกับการการจัดการปริมาณน้ำร่วมกับข้าวพันธุ์ กข 41 และกข 49 เพื่อยืนยันประสิทธิภาพการค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยที่ยังส่งผลกำไรที่สูง

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการค้นหาคำตอบเฉพาะถิ่นด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมและการประยุกต์ใช้งานร่วมกับฐานความรู้(Knowledge Base) จากระบบผู้เชี่ยวชาญ(Expert System)ด้านการผลิตข้าว โดยเฉพาะการจัดการปุ๋ยไนโตเจนในนาข้าว ศึกษาแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวซึ่งงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Oryza2000 ทำงานร่วมกับแบบจำลองการค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมพัฒนาด้วย MATLAB Version 2012bโดยผู้วิจัยและมีการสอบเทียบผลผลิตข้าวกับผลผลิตข้าวจากโปรแกรม DSSAT v4.5 ซึ่งใช้การวัดประสิทธิภาพรูปแบบการใส่ปุ๋ยที่ได้จากแบบจำลองด้วยค่าทางสถิติและกราฟด้วยรายงานของแบบจำลองทั้งสอง

2. ออกแบบและพัฒนาระบบการค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมแบบดั้งเดิมและศึกษาปรับปรุงการค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม(Genetic Algorithm) ร่วมกับการใช้ฐานความรู้จากผู้เชี่ยวชาญด้านเกษตร (Nutritional Knowledge Base) เป็นเงื่อนไขร่วมการค้นหารูปแบบการจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมในนาข้าว โดยทำงานร่วมกับแบบจำลองการเจริญเติบโตข้าว Oryza2000 ด้วยระบบอัตโนมัติ

3. ทดลองโดยใช้การแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นใหม่เพื่อทำการค้นหารูปแบบการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนและน้ำในนาข้าวที่มีกำไรจากการผลิตสูงโดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการร่วมค้นหาจนครบเงื่อนไขการหยุดที่ 100 500 และ 1000 รอบ จากนั้นบันทึกคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละรุ่น และบันทึกรูปแบบที่มีกำไรสูงสุด

4. ทดสอบประสิทธิภาพของรูปแบบการใส่ปุ๋ยจากการใช้เทคนิคการค้นหาคำตอบที่เป็นไปได้ด้วยเงื่อนไขปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวร่วมกับพารามิเตอร์ของพันธุ์ข้าว กข49

5. เปรียบเทียบและสรุปผลการทดลองด้วยค่าทางสถิตและกราฟ เพื่อประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองระยะเวลาในการค้นหาคำตอบ และเปรียบเทียบรุ่นการลู่เข้าหาคำตอบที่มีกำไรสูงสุดด้วยการใช้เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมแบบดั้งเดิมกับเจเนติกแบบปรับปรุงด้วยฐานความรู้การใส่ปุ๋ยในนาข้าว(Nutritional Knowledge Base of Rice Crops) และโดยการจัดการน้ำในนาข้าว (Water Knowledge Base of Rice Crops) ใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เรียบเรียงเอกสารประกอบโครงงานวิจัยโดยทำการเรียบเรียงเนื้อหาตามรูปแบบของทางคณะกำหนดโดยการเรียงลำดับจากบทที่ 1 จนถึงบทที่ 5 อีกทั้งจัดเตรียมเอกสารประชุมวิชาการเพื่อใช้เป็นหลักฐานการนำเสนอผลงานวิชาการระดับนานาชาติ

1.5 ขั้นตอนการศึกษาหัวข้อโครงการวิจัย

การพัฒนาแบบจำลองการค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมให้กับพันธุ์ข้าว เพื่อตอบโจทย์แผนพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติ โดยเฉพาะการให้สร้างเครื่องมือทางด้านเทคโนโลยีเพื่อแนะนำให้เกษตรกรมีแนวทางการลดต้นทุนการผลิตข้าวที่ต่ำลง โครงการนี้จึงได้มีหน่วยงานระดับท้องถิ่นเข้าร่วมและเป็นผู้นำไปใช้ประโยชน์ในระดับท้องถิ่น ดังนั้นระเบียบวิธีจึงมีส่วนงานที่เกี่ยวข้องหลายส่วนงานในท้องถิ่นดังภาพต่อไปนี้

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นจากฐานข้อมูลวิจัย เช่น Science Direct, IEEE เป็นต้น เพื่อตรวจสอบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกับพัฒนาระบบแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวและแบบจำลองการใส่ปุ๋ย

2. ศึกษาและวิเคราะห์แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว และการใส่ปุ๋ยในโปรแกรมเช่น Oryza2000 จากสถาบัน IRRI และ Ceres-Rice เป็นต้น ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ

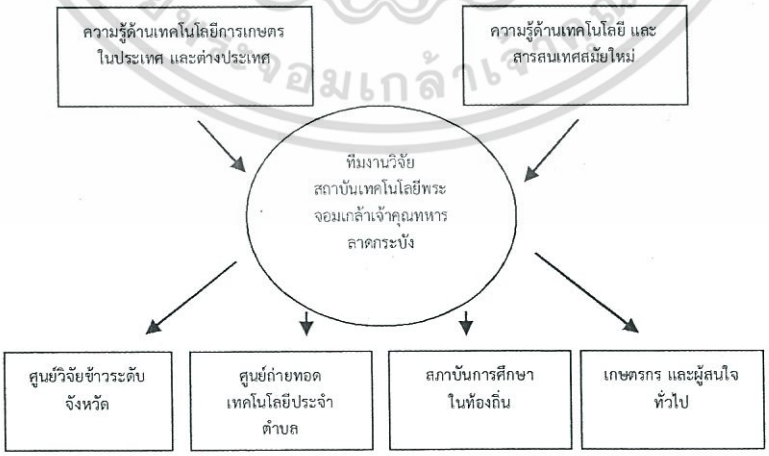
3. จัดเวทีทดสอบระบบโดยกลุ่มผู้จัยและหน่วยงานที่เกษตรที่เกี่ยวข้องในท้องถิ่น และศูนย์วิจัยข้าว พร้อมประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับแบบจำลอง

4. วิเคราะห์ และปรับปรุง ตามข้อเสนอของเกษตรกรในพื้นที่ประยุกต์ร่วมกับความรู้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5. ทำการทดลองใช้แบบจำลองจากกลุ่มบุคคลดังภาพ ภาพที่ 1 เพื่อประเมินความพึงพอใจ และประสิทธิภาพแบบจำลอง

6. จัดทำสื่อทางอิเล็คทรอนิคและสื่อสิ่งพิมพ์เพื่อให้ผู้สนใจเข้าถึงและนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. สรุปผล และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ท้องถิ่นกับผู้มีส่วนร่วมโครงการ ดังภาพ ภาพที่ 1



ภาพที่ 1.1 ผู้มีส่วนร่วมในโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. โปรแกรมต้นแบบการจำลองการค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมกับพันธุ์ข้าว

2. ใช้เทคนิคทางด้าน Simulation Optimization ร่วมกับ Pattern Search ในการค้นหารูปแบบปุ๋ยที่เหมาะสมกับพันธ์ข้าวในต้นทุนต่ำและให้ผลผลิตสูง

3. ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับศึกษารูปแบบการใส่ปุ๋ยแบบประหยัดต้นทุนและเวลาที่ใส่เหมาะสมกับพันธุ์ข้าวให้เกษตรกร

4. สร้างความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยกับท้องถิ่นด้วยงานวิจัยที่สามารถนำไปสู่การใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1.1 แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว (rice growth simulation model)

จากทั้งสามระยะได้ศึกษาค้นคว้าแบบจำลองที่มีความใกล้เคียงกับตัวแทนพารามิเตอร์ที่ต้องการศึกษา โดยมีรายละเอียดแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวดังนี้

2.1.2 การพัฒนาลำต้นและใบ (Development)

ตัวแปรที่ส่งผลต่อการพัฒนาลำต้นและใบ ประกอบด้วยอุณหภูมิ และความยาวแสงในแต่ละวัน ซึ่งมีความเป็นอิสระในการพัฒนาลำต้นโดยพิจารณาตั้งแต่ระยะต้นกล้า(Seedling stage) ถึงระยะแตกกอ (tillering stage) ดังสมการนี้

$$\int_{s1}^{s2} dM = \sum_{j=1}^{n} \exp(k) * \left(\frac{Tj-TL}{Tu-To}\right)^{p} * \left(\frac{Tj-TL}{Tu-To}\right)^{q} * \exp[G(Dj - D')] \quad (2.1)$$

2.1.3 การพัฒนาพื้นที่ใบ (Leaf area dynamics)

คืออัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูกโดยทำการวัดเป็นกลุ่มในกรณีที่ทราบพื้นที่เพาะปลูกอย่างแน่นอนซึ่งสามารถหาจากพืชต้นเดียวแล้วคูณด้วยความหนาแน่นของพืชในพื้นที่ก็ได้โดยการวัดนั้นเริ่มนับจากวันที่ 5 หลังจากการปลูกข้าวเป็นต้นไปโดยพิจารณาเริ่มใบที่ 5 เป็นต้นไป $(n \geq 5)$

$$\Delta LAI1i = CLi * \Delta BIMi * SLAi \quad (2.2)$$

2.1.4 การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis)

พิจารณาการสังเคราะห์แสงของพืชในแต่ละวันโดยการพิจารณาการสะท้อนแสงของทรงพุ่มของต้นข้าว แต่ละพันธุ์ดังนี้

$$\Delta PHOTO = TFi * \frac{B}{k*A} * Ln\left[\frac{1+0.44A*I_{0*(1-al)}}{1+0.44A*I_0*(1-al)*\exp(k*LAI_i}\right] * Di \quad (2.3)$$

2.1.5 การหายใจของพืช (Respiration)

การหายใจของพืชได้ถูกกำหนดไว้ว่ามีส่วนที่ใช้สร้างชีวมวลและในส่วนที่จะนำไปใช้ซ่อมแซมการหายใจของพืชซึ่งมีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$RG \text{ (Respiration growth)} = R_g * \Delta PHOTO \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{RM (Respiration maintenance)} = \left(R_m * Q_{10}^{\frac{Ti-25}{10}} * BIM_{i-1}\right)(0.68 * 0.85) \quad (2.5)$$

2.1.6 การสะสมชีวมวลของพืช (Biomass accumulation)

มีการพิจารณาออกเป็นสองส่วน ส่วนที่ 1 การสร้างชีวมวลของพืชที่ไม่มีการนำปุ๋ยเข้ามาเกี่ยวข้อง

$$\Delta BIM_0 = 0.68 * 0.85 * (\Delta PHOTO - R) \quad (2.6)$$

และส่วนที่ 2 มีการนำปุ๋ยเข้ามาพิจารณาในโมเดลร่วมด้วย

$$F_i = NF_i * PF_i * KF_i \quad (2.7)$$

$$BIM_i = BIM_{i-1} + F_i * \Delta BIM_0 \quad (2.8)$$

2.1.7 การแตกกอหรือการสร้างลำต้น (Tillering Dynamics)

การแตกอกนั้นพิจารณาจากจำนวนต้นต่อกอสูงสุดในระยะข้าวแตกกอโดยพิจารณาจากโมเดลดังนี้

$$kTL1_i = kTL_0 * FN_i * FT_i * FS_i * FW_i \quad (2.9)$$

$$\Delta TIL_i = kTL1_i * TIL_{i-1} * \left(\frac{TILM - TIL_{i-1}}{TILM}\right) \quad (2.10)$$

จาก (9) ได้พิจารณาอัตราการสร้างลำต้นประกอบด้วยตัวแปร ปุ๋ย อุณหภูมิ แสง และน้ำ ที่ส่งผลต่อการแตกกอ และ (10) ดูการเปลี่ยนแปลงของจำนวนต้นต่อกอ

2.1.8 การสร้างเมล็ดข้าว (Grain yield formation)

เมล็ดข้าวเป็นตัวชี้วัดปริมาณและคุณภาพของข้าวนั้นคือเมล็ดข้าวซึ่งเริ่มตั้งแต่การสร้างดอกซึ่งอุณภูมิมีผลกระทบสามารถแสดงได้ดังสัมการนี้

$$GY1_i = GY1_{i-1} + kT_i * \left(k_1 * \frac{BIM_h}{L} + k_2 * \Delta BIMi\right) \quad (2.11)$$

จากการ 11 สมการข้างต้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลองของผลผลิตข้าวทั้งหมดขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ ว่าอยู่ในสภาพเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวสูงสุดหรือไม่ ซึ่งเป็นที่มาสำหรับการศึกษาพฤติกรรมการเจริญเติบโตของข้าวโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังใช้คอมพิวเตอร์ในการเรียนรู้พฤติกรรมของตัวแปรภายในและภายนอกที่ส่งผลต่อผลผลิตได้หลายรูปแบบเพื่อนำไปใช้ตัดสินใจในการปลูกข้าว ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.9 เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) และการประยุกต์ใช้งาน กระบวนการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เป็นการเลียนแบบกระบวนการวิวัฒนาการและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ โดยเริ่มต้นจากการกำหนดปัญหาในรูปของยีนและโครโมโซม และการกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในกระบวนการวิวัฒนาการชุดคำตอบ จากนั้นจะกำหนดชุดคำตอบชุดแรก (Initial Generation) ในรูปของโครโมโซมด้วยการสุ่ม และนำชุดคำตอบนั้นเข้าสู่กระบวนการวิวัฒนาการ ซึ่งเป็นกระบวนการต่อเนื่องที่ประกอบด้วยตัวดำเนินการ (Operator) ได้แก่ การสืบพันธุ์ (Reproduction) การผสมยีน (Crossover) กับการกลายพันธุ์ (Mutation) และนำไปประเมินความเหมาะสมด้วยฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.9.1. การกำหนดยีนและโครโมโซมในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม มักกำหนดในรูปของแถวของอักขระ (String of Alphabet) หรือแถวของเลขฐานสอง (Bit string) เทียบเท่ากับแถวโครโมโซมที่ประกอบด้วยยีนย่อยๆ ในลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ การกำหนดโครโมโซมอย่างง่ายในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมักกำหนดเป็นเซ็ตของยีนที่เป็นเลขฐานสอง เช่น {100101} โดยตำแหน่งของยีนแต่ละยีนในโครโมโซมจะแทนลักษณะขององค์ประกอบย่อยของชุดคำตอบของปัญหา ซึ่งโครงสร้างของโครโมโซม และชุดคำตอบที่ถอดรหัสจากโครโมโซมมาแล้ว จะเทียบได้กับ Genotype และ Phenotype ตามลำดับตามทฤษฎีของ Mendel อย่างไรก็ดี การกำหนดยีนและโครโมโซม สามารถกำหนดในรูปแบบอื่นได้ ขึ้นอยู่กับโครงสร้างขององค์ประกอบย่อยของคำตอบและลักษณะของปัญหาที่ต้องการแก้ ตัวอย่างเช่น อาจกำหนดโครโมโซมเป็นเซ็ตของยีนที่เป็นเลขฐานสิบ หรืออาจกำหนดโครงสร้างของโครโมโซมเป็น Matrix ของยีนที่เป็นตัวเลขหรือตัวอักษร ตามความต้องการและลักษณะของปัญหาตัวอย่างของการกำหนดยีนและโครโมโซมเพื่อใช้แสดงค่าของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ ในช่วงจำนวนเต็ม $x = [0,31]$ สามารถแสดงได้โดยโครโมโซมที่เป็นเซ็ตของยีนที่เป็นเลขฐานสองจำนวน 5 หลัก ตามตัวอย่างดังนี้

ตารางที่ 2.1 โครโมโซม $f(x) = x^2$

01101	11000	01000	10011	01100	11001	11011	10000
169	576	64	361	144	625	729	256

2.1.9.2. ตัวเนินการ (Operator) ที่ใช้ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมประกอบด้วยตัวดำเนินการหลัก ได้แก่ การสืบพันธุ์ (Reproduction) การผสมยีน (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) โดยมีลำดับการนำไปใช้ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ตาม Pseudo Code ดังนี้

```
1:  Begin
2:  Set generation g=0;
3:  Initialize population;
4:  While termination condition is not met, do
5:      Begin
6:      Evaluate fitness;
7:      Select most fit individuals for reproduction;
```

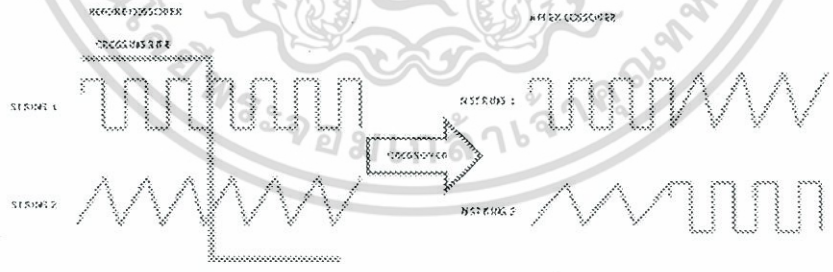
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8: Crossover genes from selected individuals;
9: Mutation based on probability;
10: Replace weak candidates with better offspring;
11: Set generation g=g+1;
12: End

ที่มา: K.Leelawong, ICCS 451 Lecture Note, March 2009

การสืบพันธุ์ (Reproduction) เป็นการสร้างประชากรใหม่ด้วยการสำเนาซ้ำจากการคัดเลือกประชากรชุดเดิม ด้วยการใช้ความน่าจะเป็นตามคะแนนความเหมาะสมที่ได้จากการประเมินด้วยฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) ซึ่งเป็นการเลียนแบบกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Natural Selection) โดยสายพันธุ์ตามธรรมชาติที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมมากกว่าจะมีโอกาสในการอยู่รอดและสืบทอดสายพันธุ์ได้มากกว่า วิธีการทั่วไปที่ใช้สำหรับการคัดเลือกประชากรในกระบวนการสืบพันธุ์ของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมได้แก่การคัดเลือกแบบ Roulette Wheel คือการสุ่มเลือกด้วยการกำหนดความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกตามสัดส่วนของคะแนนความเหมาะสมของประชากรจากผลรวมคะแนนทั้งหมดการคัดเลือกแบบ Tournament คือการสุ่มจับคู่เปรียบเทียบจากกลุ่มประชากรและคัดเลือกผู้ชนะจากการเปรียบเทียบนั้น และการคัดเลือกแบบ Linear Ranking คือการจัดอันดับคะแนนความเหมาะสมของประชากรและกำหนดความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกตามการจัดอันดับนั้น

การผสมยีน (Crossover) เป็นการนำเอาโครโมโซมในประชากรที่ได้จากการสืบพันธุ์มาจับคู่และผสมยีนระหว่างกันให้ได้โครโมโซมใหม่เพื่อหาลักษณะทางพันธุกรรมใหม่ที่มีความเหมาะสมดีกว่า วิธีการผสมยีนที่นิยมใช้คือการผสมยีนแบบจุดเดียว (Single-Point Crossover) คือการสุ่มเลือกจุดผสมยีนเพียงจุดเดียว และสลับยีนระหว่างคู่โครโมโซมพ่อแม่เพื่อให้ได้โครโมโซมลูก ตามภาพที่ 12 นอกจากนี้ยังมีวิธีการอื่นในการผสมยีน เช่นการผสมยีนแบบสองจุด (Two-Point Crossover) และการผสมยีนแบบสม่ำเสมอ (Uniform Crossover) เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 การผสมยีนแบบจุดเดียว (ปรับปรุงใหม่)
ที่มา: Goldberg, D.E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning

การกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นกระบวนการที่ช่วยเสริมความสมบูรณ์ของการสืบพันธุ์และการผสมยีน เนื่องจากการคัดเลือกโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีในกระบวนการสืบพันธุ์และผสมแลกเปลี่ยนยีนจะสามารถสร้างโครโมโซมใหม่ที่มีค่าความเหมาะสมดีขึ้นกว่าเดิมได้ แต่กระบวนการดังกล่าวเป็นการอาศัยข้อมูลจากโครโมโซมเดิมที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่แล้ว อาจจะไม่สามารถค้นพบโครโมโซมที่ดีกว่าภายนอกข้อมูลในกลุ่มประชากรของโครโมโซมเดิม ซึ่งการกลายพันธุ์จะช่วยให้สามารถค้นพบคำตอบที่อาจไม่มีข้อมูลอยู่ในกลุ่มประชากรของโครโมโซมเดิมได้ด้วยการสุ่มเปลี่ยนค่ายีนในโครโมโซมในอัตราความน่าจะเป็น(P*m*)ที่ค่อนข้างต่ำ

2.1.9.3. การกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) เป็นการกำหนดเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมของโครโมโซม ฟังก์ชันความเหมาะสมอยู่ในรูปแบบที่สามารถคำนวณได้ด้วยคอมพิวเตอร์เช่น ฟังก์ชันเชิงเส้น หรือฟังก์ชันเมทริกส์ โดยใช้ข้อมูลจากโครโมโซม ได้แก่ ยีนและตำแหน่งของยีนในโครโมโซมเป็นตัวแปรนำเข้า นอกจากนี้ฟังก์ชันความเหมาะสมยังสามารถรวมข้อจำกัด (Constraints) ให้เหมาะสมกับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้เช่น ค่าใช้จ่ายและทรัพยากรอื่นที่จำเป็น

จากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเบื้องต้น เป็นแนวคิดพื้นฐานเพื่อใช้ในการสร้างแนวทางแก้ไขปัญหาแบบใหม่ (Novel Approach) เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาและค้นหาคำตอบด้วยการเลียนแบบกระบวนการทางธรรมชาติ ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างการค้นหาแบบสุ่มกับการเปรียบเทียบคำตอบที่ได้คล้ายค้นหาแบบ Hill Climbing Technique แต่ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมต่างจาก Hill Climbing Technique ตรงที่ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมใช้การผสมชุดคำตอบที่มีความเหมาะสมและคัดเลือกคำตอบที่ดีกว่าเพื่อสร้างชุดคำตอบที่ดียิ่งขึ้น แทนการเปรียบเทียบคำตอบข้างเคียงเพื่อปรับทิศทางการค้นหา ทำให้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมีจุดแข็งที่สามารถใช้ค้นหาคำตอบจากชุดข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่องได้ และการใช้ชุดคำตอบจำนวนหนึ่งแทนการเปรียบเทียบระหว่างคำตอบแต่ละคำตอบทำให้การค้นหาด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด (Global Minima Global Maxima) ได้โดยไม่ติดอยู่กับคำตอบที่ดีเฉพาะที่ (Local Minima Local Maxima) อย่างไรก็ดี ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีที่ใช้การคำนวณค่อนข้างมากและใช้เวลานาน จึงทำให้เป็นวิธีการที่ไม่สามารถใช้งานได้โดยตรงแต่เหมาะสำหรับใช้เรียนรู้และแก้ไขปัญหาแต่ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันทำให้สามารถลดเวลาในการดำเนินการตามกระบวนการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมได้เป็นอย่างมาก จนเป็นที่สนใจของนักวิจัยในปัจจุบันเช่นเดียวกับรายงานในเล่มนี้ที่นำเจเนติกอัลกอริทึมช่วยค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยไนโตเจน(N)ที่มีต้นทุนต่ำในนาข้าว

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ได้ศึกษาโปรแกรมแบบจำลองการเจริญเติบโตข้าวทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาดังตัวอย่างงานวิจัยที่ได้ค้นคว้าและศึกษาดังนี้

โปรแกรม โพสพ 10. เป็นโปรแกรมระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว ซึ่งมีฐานข้อมูลในเชิงพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเขตภาคเหนือ ซึ่งทำงานร่วมกับโปรแกรม แบบจำลองข้าว CERES Rice ซึ่งมีความสามารถในการประมาณค่าผลผลิตประโยชน์สามารถนำไปตรวจสอบศักยภาพและปัญหาของพื้นที่ในการผลิตข้าวพันธุ์ต่างๆช่วยในการเสนอแนะพื้นที่เป้าหมายเพื่อขยายพื้นที่เพาะปลูกข้าวพันธุ์ที่ต้องการส่งเสริมช่วยลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบพันธุ์ข้าวหรือการจัดการปุ๋ยในบริเวณกว้างระดับจังหวัดระบบนี้สามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบการพยากรณ์ผลผลิตข้าวเพื่อเป็นประโยชน์ในการกำหนดนโยบายการผลิตและการตลาดในอนาคตได้ (เมธี, 2545) ซึ่งระบบมีข้อจำกัดเฉพาะฐานข้อมูลในพื้นที่จำกัด และมีเฉพาะเวอร์ชั่นภาษาไทย อีกทั้งโปรแกรมยังไม่มีความยืดหยุ่นในการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกในพื้นที่อื่นๆ รวมทั้งการทดสอบในสภาพภูมิอากาศที่อุณหภูมิต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลง จากการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมยังมีข้อจำกัดในการทำงานร่วมกันในหลายๆ ส่วนซึ่งมีความยุ่งยากต่อการใช้งานและการระบุเงื่อนไขทุกครั้งก่อนการคำนวณ

โปรแกรม MRB-rice เป็นโปรแกรมสำหรับการเรียน-สอน-วิจัย และฝึกอบรม ในการแสดงประเด็นที่เกี่ยวกับการผลิตข้าวในการจัดการแบบต่าง ๆ และสภาพภูมิอากาศ ที่หลากหลาย โปรแกรม MRB-rice มี User Interface ที่ง่ายต่อการใช้งาน ต้องการข้อมูลไม่มากนัก มีการแสดงผลการคำนวณแบบรูปภาพและมีความแม่นยำพอสมควรซึ่งใช้แบบจำลองข้าว CERES-Rice ในการคำนวณพลวัตของแต่ละ Simulation Mapping Unit (SMU) ซึ่งมีการคำนวณพัฒนาการ (Phenology) และการเจริญเติบโตของพืช (Growth) และพลวัตของน้ำและไนโตรเจนในพืช-ดิน ที่มีต่อการจัดการที่แตกต่างกัน เช่นพันธุ์ข้าว วันปลูก ระยะปลูก การจัดการปุ๋ยเคมีไนโตรเจน อัตราการใส่และการใช้ปุ๋ยพืชสด และ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ สภาพภูมิอากาศข้อมูลดิน ระบบการผลิตพืช โปรแกรม MRB-Rice สามารถแสดงผลแบบรูปภาพได้อย่างรวดเร็วของแต่ละ SMU (อรรถชัย,2543)

งานวิจัยชื่อ Decision Support System for Nitrogen Fertilizer Optimization Using Rice Growth Simulation Model เป็นงานวิจัยการพัฒนาแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว (Nelder,1965) ภายใต้เงื่อนไขการการใส่ปุ๋ยให้กับข้าวเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงที่สุด ซึ่งโปรแกรมนั้นจะให้ผลลัพธ์ปริมาณและเวลาในการวางแผนการใส่ปุ๋ยเพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ผู้ใช้โปรแกรมวางแผนไว้ โดยโปรแกรมประกอบไปด้วย โปรแกรมย่อยที่จัดการใส่ไนโตรเจน และการบริหารจัดการน้ำแบบพลวัต ซึ่งโปรแกรมนี้จะแสดงลักษณะทางสรีระทางกายภาพของต้นข้าว รวมทั้งการเจริญเติบโตของต้นข้าวตั้งแต่ปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว ตลอดช่วงการเจริญเติบโต ซึ่งมีการประเมินประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์จากการปลูกข้าวตามคำแนะนำของโปรแกรมดังกล่าวซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองโดยเปรียบเทียบวันที่ออกดอก , จำนวนเมล็ด และชีวมวลของต้นข้าว (Ri-Xian,2003) ซึ่งเป็นที่ยอมรับได้

งานวิจัยชื่อ A Software Package for Optimizing Rice Production Management Based on Growth simulation and Feedback Control เป็นงานวิจัยที่พัฒนาระบบการตรวจสอบการผลิตข้าว และใช้ในการตัดสินใจ ในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง โดยพิจารณาจากลักษณะของทรงพุ่ม สภาพภูมิอากาศ ดิน ปุ๋ย และการจัดการน้ำ ซึ่งการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้พลวัตของสภาพแวดล้อมจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจก่อนที่จะบริหารจัดการสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูกโดยใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวเหมาะสำหรับนักวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรให้สูงภายใต้การลงทุนที่ต่ำ ซึ่งเน้นในเรื่องการจัดการพื้นที่ปลูกข้าวภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง โดยโปรแกรมมีการทำนายการเจริญเติบโตของข้าว โดยใช้เทคนิคจากแบบจำลองประกอบด้วย การเจริญเติบโตของชีวมวลต่อวัน ขนาดของพื้นที่ใบ การสั่งเคราะห์แสง การหายใจของพืช การพัฒนาชีวมวลภายใต้เงื่อนไขของการใส่ปุ๋ย การสร้างเมล็ดข้าว การแตกกอ เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในงานของ National Natural Science Foundation of Chaina และ Agriculture Ministry of Chaina. (Yao et al, 1995)

โปแกรมแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว Oryza2000 ถูกพัฒนาขึ้นโดยสถาบันวิจัยข้าว IRRI (International Rice Research Institute) ในประเทศฟิลิปปินส์ ได้ร่วมกับมหาวิทยาลัย Wagenigen University and Research Center (WUR) ของประเทศเนเธอแลนด์ โดย Boumanและกลุ่มผู้วิจัยตั้งแต่ปี 2001 ผลิตด้วยภาษา FORTRAN ซึ่งเวอชั่นล่าสุด 2.11 เติ่มตั้งแต่ปี 2004 ขึ้นดีของโปรแกรมแบบจำลองนี้เป็น Open Source ซึ่งเหมาะสำหรับนักศึกษา และนักวิจัยใหม่ เพื่อใช้ในการศึกษาการเจริญเติบโตของข้าว รวมทั้งเรียนรู้สภาพแวดล้อม การดูแลรักษา เป็นต้น ซึ่งจะสามารถเข้าใจได้รวดเร็ว Source Code เป็น FORTRAN สามารถเข้าเข้าไปเรียนรู้ ปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลง Source Code เพื่อให้ตรงกับความต้องการในการใช้งาน หรือทดลองให้เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ได้ (Bouman et.al 2001) ซึ่งแหล่งข้อมูลสามารถศึกษาผ่านเว็บไซต์ของสถาบัน IRRI ได้ โดยแบบจำลองประกอบด้วย Simulation of Growth Model เช่น Initial Conditions, Rate Calculations, Phenological Development, Dry Matter Partitioning และ Crop Growth Rate เป็นต้น และยังมีในส่วนการเรียนรู้ด้าน Water Stress ซึ่งโปรแกรมได้จัดทำรูปแบบการเตียมข้อมูลก่อนการป้อนให้กับโปรแกรมทำงาน โดยเน้นด้านการบริหารจัดการน้ำ(Water Balancing) และการจัดการธาตุอาหารในดิน (Nutrient) โดยเฉพาะไนโตรเจนซึ่งโปรแกรมได้แยกส่วนการพิจารณาไนโตรเจนที่อยู่ในดิน ในส่วนต่างๆของพืช ใบ ลำต้น รวงและเมล็ด เพื่อการวางแผนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม และได้ผลผลิตที่สูงขึ้นจากการตรวจสอบทางสรีระของพืช

งานวิจัยด้านการประยุกต์ใช้ Oryza2000 Deficit irrigation management for rice using crop growth simulation model in an optimization framework ซึ่งเป็นงานวิจัยที่มีการใช้ประยุกต์ใช้โปรแกรม Oryza2000 ในการตรวจสอบผลผลิตจากการบริหารจัดการน้ำให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าว ภายใต้น้ำมีจำนวนจำกัด ซึ่งพบว่าการใช้แบบจำลองดังกล่าวร่วมกับเทคนิคการใช้จีนเนติก อัลกอริธึม(GA) ในการหารูปแบบการใช้น้ำที่มีประสิทธิภาพที่สุดปรากฏว่าโปรแกรม Oryza2000 สามารถประยุกต์ใช้กับโปรแกรมอื่นๆ ด้วยการเชื่อมต่อกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลทำให้ทราบแนวทางการจัดการน้ำเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในพื้นที่เพาะปลูกข้าวอย่างไร (B. Soundharajan,2009) โปรแกรม Oryza2000 ยังมีข้อดีในเรื่องของการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร Input หรือพารามิเตอร์ที่ปรับแต่งเข้าไปกับผลลัพธ์ทางด้านสรีระของพืชในส่วนต่างๆ อย่างเห็นได้ชัด เช่น ตรวจสอบผลจากการใส่ปุ๋นไนโตรเจนในอัตรา 180 และ 255 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์(hectar) ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวอย่างไร เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมสามารถวิเคราะห์ได้เร็ว และมีความแม่นยำในระดับหนึ่ง เหมาะสำหรับนำไปใช้วิเคราะห์ปัญหาล่วงหน้าที่จะเกิดขึ้นจากการวางแผนการผลิตข้าวในรูปแบบของผู้ใช้งานกำหนด เป็นต้น โดยโปรแกรมจะคำนวณทางด้านสรีระของพืชรายวันทำให้ทราบปัญหาที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้ารายวันสามารถนำไปปรับแก้ไขการปลูกพืชในแปลงทดลองจริงได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการปรับปรุงข้อมูลดังกล่าวยังเป็นเรื่องยากสำหรับเกษตรกรผู้ที่ไม่มีความเข้าใจทางด้านคอมพิวเตอร์เนื่องจากการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขต่างๆ เป็นลักษณะเท็กไฟล์ (text file) ต้องเป็นผู้มีความชำนาญหรือเข้าใจภาษาการเขียนโปรแกรมเท่านั้น ซึ่งมีงานวิจัยบางส่วนได้ใช้นำไปวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงทางด้านสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบกับการเจริญเติบโตของข้าวอย่างไร(Yoshida,, 2010) เปรียบเทียบโปรแกรมแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวระหว่าง Oryza2000 กับ Ceres-Rice ได้มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง Oryza2000 กับ Ceress-Rice โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครประฐม ประเทศไทย ภายใต้เงื่อนไขการใช้พารามิเตอร์เดียวกัน โดยใช้ข้อมูลจากแปลงทดลองในปี 2007 และ 2008 ในการเปรียบเทียบค่าทางสถิติพบว่าสามารถทำนายการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบ วันออกดอก และผลผลิตทางเมล็ดมีความแตกต่างไม่เกิน 12% ซึ่งสามารถใช้แบบจำลองทั้งสองได้ (C.Wikarmpapreharm, 2010)

ศักดิ์ดา,2013 การพัฒนาดชนีชี้วัดระดับไนโตรในใบข้าวที่สัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและผลผลิต การทดลองได้วัดระดับไนโตรเจนในใบข้าวระยะการพัฒนาข้าวด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ทดลองปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 0 25 50 75 100 และ 125 ต่อไร่กับข้าวดอกมะลิ 105 และข้าวสะเมิงเป็นพันธุ์ข้าวไร่ หรือนาปี พบว่า สีของใบข้าวสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนซึ่งใช้ในการจัดการไนโตรเจนในการเพาะปลูกได้ ซึงจาการทดลองมีการตรวจสอบความสัมพันธ์ของระดับปริมาณไนโตรเจนสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวในระยะแตกกอโดย % ไนโตรเจนขาวทั้งสองพันธ์ที่ส่งผลต่อการผลิตสูงสุดอยู่ที่ 23.47 36.36 ต่อต้น ตามลำดับถ้ามีประมาณต่ำกว่านี้จะส่งผลต่อการแตกกอที่ลดลง และผลผลิตที่ลดลงจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองพบว่าระยะแตกกอมีไนโตรเจนที่ 4.49% ให้ผลผลิตสูงสุด 18.25 กรัมต่อต้น และระยะกำเนิดช่อปริมาณไนโตรเจนที่ 3.30 % ให้ผลผลิตสูงสุด 33.36 กรัมต่อต้น การงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นความสำพันธุ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนกับผลผลิตข้าว

ศักดิ์ดา,2541 การทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice ภายใต้การจัดการน้ำ และระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกันการทดลองใช้ข้าวพันธุ์ไทย 4 พันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 ชัยนาท 1 เหนี่ยวสันป่าตอง และ ก.วก.1 โดยทดลองกับแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice (Ritchie et al.,1986) ทดสอบที่ภาคเหนือของประเทศไทย (จิรวัฒน์ และคณะ,2543) โดยทดลองที่ระดับไนโตรเจน 0 45 90 135 กรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ และ 0 70 140 210 ใช้วิธีปักดำสุ่มวัดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักต้น น้ำหนักใบ น้ำหนักรวง ของข้าวในระยะข้าวแตกกอ ระยะกำเนิดช่อรวง ระยะออกดอก และระยะสุกแก่สุมวัด 2 กอทุกๆ สองสัปดาห์และนับจำนวนหน่อจำนวนรวงต่อต้นโดยทดลองนาชลปะทานและนาน้ำผนพบว่านาชลประทานให้ผลผลิตสูงกว่านาน้ำฝน ปริมาณไนโตรเจนสูงมีผลต่อจำนวนรวงต่อพื้นที่สูงโดยเฉพาะนาชลประทาน ซึ่งน้ำหนัก 100 เมล็ด อัตราปุ๋ยไนโตรเจนประมาณ 140 ถึง 210 กับนาชลประทานให้ผลผลิตสูง ซึ่งตรงข้ามกับนาน้ำฝน จำนวนเมล็ดดีต่อรวงปริมาณปุ๋ยที่ให้ผลผลิตสูงสุดปริมาณไนโตรเจนระดับ 140 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์กับนาชลประทาน ซึ่งการทดลองมีการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองกับการปลูกในพื้นที่เพราะปลูกจริงพบว่าผลผลิตจากการทดลองนาชลประทานมีผลผลิตต่ำกว่ากว่า 6,000 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ในนาน้ำฝนค่าสังเกตสูงถึง 9,000 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์แต่การทดลองจริงไม่เกิน 5,000 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์จากการทดลองจะพบว่าปริมาณที่ข้าวต้องการไนโตรเจนตั้งแต่วันที่ 20 หลังจากการปลูกเป็นต้นไปจนถึงวันที่ประมาณ 40-50 วันก็จะหยุดการใช้ไนโตรเจน ซึ่งการทดลองมีการเปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์ IR ที่มีอยู่ในโปรแกรมแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว

M.E.Shibu, 2010 LINTUL3, a simulation model for nitrogen-limited situations: Application to rice LINTUL3 เป็นแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวซึ่งสามารถจัดการเรื่องน้ำ และปริมาณธาตุอาหารได้ด้วย ซึ่งการทดลองนี้สนใจเฉพาะปริมาณไนโตรเจนในแปลงนา ซึ่งการทดลองไม่การใช้ปริมาณไนโตรเจนตั้งแต่ 0-400 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ โดยทำการเปรียบเทียบการทดสอบกับตัวควบคุมพบว่ามีความคาดเคลื่อน 26% ต่ำกว่าค่าปกติ 41% ซึ่งโปรแกรมแสดงการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนเป็นอย่างดี ซึ่งการทดลองมีการกำหนดการใส่ไนโตรเจนแบบแบ่งใส่ซึ่งตัวทวนสอบ(Calibration) มีการทดลองร่วมกับข้าวพันธ์ IRI91(นาชลประทาน) IRI92(นาน้ำฝน) CRRI90(นาน้ำฝน) ใช้ปุ๋ยปริมาณ 0 80 110, 0 180 255 และ 0 50 100 150ซึ่งการทดสอบใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณ 0 80 80 80, 0 100 400 และ 0 100 100 200 ซึ่งการใส่มีการแยกใส่ต่อครั้งโดย ใส่ 0, 50 30, 30 30 20 30, 0, 120 60,60 60 60 45,0, 25 12.5 12.5,50 25 25,75 37.5 37.5 และตัวทดสอบ 0, 80, 40 40, 27 27 27,0,14.3 จำนวน 7 ครั้ง, 57.1 จำนวน 7 ครั้ง,0,100,100 และ100 100 โดยการทดสอบมีการตรวจสอบไนโตรเจนในปริมาณพื้นที่ทรงพุ่ม ลำต้น ราก ใบ ช่อดอก และพื้นที่ใบจากการทดลองพบว่า ข้าวพันธุ์ IRI93 และ IRI92 นาปีใช้ปริมาณไนโตรเจนระดับ 100 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์มีค่าเฉลี่ยไนโตเจนสูงสุดถึงร้อยละ 71 และ46 % ตามลำดับ ซึ่งมีการใส่ 7 ครั้ง และ 1 ครั้งตามลำดับ และการทดลองแสดงการเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ปริมาณ 80 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์แต่ใส่ 2 และ 3 ครั้งพบว่า ปริมาณพื้นที่ทรงพุ่มการทดลองปลูกในแปลงทดลอง(Testing)มีการเก็บปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าค่าทวนสอบ(Calibration) ซึ่งให้เหตุผลว่าการใส่ปุ๋ยแม้จะปริมาณมากแต่ข้าวต้องการไนโตรเจน ตั้งแต่วันที่ 20 ถึงวันที่ 50 หลังจาการปลูกข้าว จากการทดลองดังกล่าวเป็นเรื่องยากในการสร้างการทดลองเพื่อให้ได้คำตอบการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมกับพันธุ์ข้าว ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่าย และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรัพยากรในการทดลองสูงมากกว่าจะได้คำตอบว่าปริมาณธาตุไนโตรเจนปริมาณเท่าไหร่ และใส่วันที่เท่าไหร่ และใส่กี่ครั้งถึงจะเหมาะสมกับพันธุ์ข้าวนั้นซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรณ์ในการทดลองเป็นอย่างยิ่ง

Yun-Guan Xi, 2007 The application and analysis of rice-growth model for organic rice fertilization management เป็นการทดสอบการใช้ปุ๋ยกับพันธ์ข้าวปลอดสารพิษว่าควรใช้ปริมาณไนโตรเจนเท่าไหร่ถึงจะเหมาะสมโดยการทดลองมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราซึ่งมีการทำนายผลผลิตจากการใช้ปุ๋ยดังนี้ 151.63 183.08 214.45 245.9 และ 277.09 โดยการแบ่งใส่ 2 ครั้งหลังจากย้ายต้นกล้า 10 วัน พบว่าข้าวให้ผลผลิต 6,420 6,780 7,125 7,470 และ7,830กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ผลจากการทดลองพบว่าได้ผลผลิตผลิต 7,386.8 7,771.5 7,619.3 7,510.7 และ8,276.2 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับจากการทดลองดังกล่าวต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการหาค่าความเหมาะสมของการใส่ปุ๋ยเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุดค่อนข้างสูงเนื่องจากต้องทำ 5 การทดลอง

Wendel P. Cropper et al.,2004 Optimizing simulated fertilizer additions using a genetic algorithm with a nutrient uptake model เป็นการพัฒนาแบบจำลองการใส่ปุ๋ยด้วยเทคนิค GAสำหรับสับปะรด โดยการศึกษาปริมาณความต้องการปุ๋ยฟอสเฟอรัสโดยการตรวจสอบการเจริญเติบโตของรากต่อเฮกตาร์โดยฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ตรวสอบ ซึ่งพบว่าโปรแกรมมีการประเมินความต้องการฟอสเฟอรัสน้อยกว่า 1-2 กิโลกรัมฟอสเฟอรัสต่อเฮกตาร์ซึ่งจากการวิจัยดังกล่าวมีการใช้เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์มาเรียนรู้ในเรื่องของการใส่ปุ๋ยกับสับปะรด โดยใช้ GA มาสุ่มรูปแบบการใส่ปุ๋ย 250 รูปแบบ และใส่ปุ๋ย 0-45 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์โดยใส่ตั้งแต่วันที่ 5-1460 เป็นเวลา 4 ปี โดยพบว่าค่าที่เหมาะสมอยู่ที่ 32 กิโลกรัมฟอสเฟอรัสต่อเฮกตาร์ใส่ ณ วันที่ 239 หลังการปลูก จากการใช้เทคนิคการสุ่ม(Stochastic) GA พบว่า การหาคำตอบที่เหมาะสมโดยใช้ โดยเงื่อนไขของ GA ซึ่งเงื่อนไขการทดสอบ GA ในการหาคำตอบ 6 รูปแบบ ใส่ 2 ครั้ง โดยสุ่มปริมาณฟอสเฟอรัสระหว่าง 10-35 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ โดยแบบจำลอง SSAND สามารถหาคำตอบทั้งวันที่และปริมาณได้เร็ว ซึ่งจากงานวิจัยดังกล่าวจะใช้เป็นแนวทางในการใช้เทคนิค GA หารูปแบบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในข้าว โดยใช้เทคนิค Optimization เพื่อให้คำตอบของโปรแกรมตอบสนองปุ๋ยของข้าวพันธุ์ที่ใช้ทดลองได้ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

การทดลองมีทั้งหมด 3 ครั้ง โดยทั้งสามครั้งใช้เครื่องคอมพิวเตอร์พีซี Intel coreTM i7 CPU 2.9 GHZ RAM 3 GB ร่วมกับ โปรแกรม MATLAB version 2012b และบนเครื่อง Notebook Samsung CPU AMD E-450 APU RAM 4 GB

3.2 แนวทางการทดสอบแบบจำลอง

โดยการทดลองเบื้องต้นได้ทดสอบการรันแบบอิสระโดยมีเงื่อนไขการหยุดทุกๆ 100 และเพิ่มที่ละ 100 จนถึง 1000 รุ่น รวมรัน 10 ครั้ง เนื่องทดสอบรันเบื้องต้นเพื่อหารอบการลู่เข้าหาคำตอบ พบว่าไม่เกิน 100 รุ่น (Convergence of Generation)ดังนั้นการทดสอบครั้งที่ 2 และ 3 โดยทำการรันแบบอิสระจำนวน 10 ครั้ง มีเงื่อนไขการหยุดรุ่นที่ 100 500 และ1000

3.3 การวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง

การตรวจสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมและเปรียบเทียบผลการทดลองได้จาก 1. กำไรสูงสุด (Maximum profit) 2.ต้นทุนต่ำสุด (Minimum cost) 3.การลู่เข้าหาคำตอบหลังจากกำหนดขอบเขตและปรับปรุงเงื่อนไขการค้นหา (Convergence) และ 4.เวลาในการทำงาน (Run Times)

3.3.1. วัดจากเวลาในการทำงานทั้งหมด (Execution Time)

วัดเวลาในการทำงานทั้งหมด เรียกว่า Execution time คือตั้งแต่การเริ่มรันโปรแกรมจนกว่าจะพบเงื่อนไขข้อที่ 3.6 โดยมีสมการการวัดดังนี้

$$RunTime = EndTime - StartTime \quad (3.1)$$

โดยRunTimeคือเวลาที่ใช้ในการรันโปรแกรมทั้งหมดจนพบเงื่อนไขการหยุดบน CPU (ms)StartTimeคือเวลาที่เริ่มต้นรันโปรแกรมและEndTimeคือเวลาสิ้นสุดรันโปรแกรม

3.3.2. แสดงการรุ่นที่ลู่เข้าหาคำตอบที่ส่งผลต่อกำไรสูงสุด (Convergence) เก็บค่าแต่ละรุ่นดังนี้

$$Max(I) = Max_{i\text{-}n}\,(profit_{1\text{-}10}); \quad (3.2)$$

โดยMax(I) คือ ค่ากำไรสูงสุดจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์$Max_{i\text{-}n}$ คือ กำไรสูงสุดในแต่ละเจเนอเรชัน (Generation)และ$profit_{1\text{-}10}$คือ กำไรตั้งแต่โครโมโซมชุดที่ 1 - โครโมโซมชุดที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3. เปรียบเทียบผลกำไร จากรูปแบบการค้นหาการใส่ปุ๋ยด้วยแบบจำลอง

3.3.4 เปรียบเทียบต้นทุนและผลผลิตข้าวจากแบบจำลองการใส่ปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์การทดลอง

4.1 สภาพแวดล้อมการทดลองและผลการทดลอง

ทำการทดลองก่อนและหลังจากได้ปรับปรุงแบบเจเนติกอัลกอริทึมโดยตรวจสอบคำตอบในรุ่นสุดท้าย ต้นทุนการจัดการ รุ่นของการลู่เข้าหาคำตอบรวมทั้งระยะเวลาในการคำนวณ โดยใช้เงื่อนไขการหยุดโดยรันโปรแกรมรุ่นที่100 500 และ 1,000 เพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมพบว่าการทดลองก่อนการปรับปรุง เฉลี่ยรุ่นที่ลู่เข้าหากำไรสูงสุดที่รุ่น 85 ซึ่งใช้เวลาเฉลี่ย 2.40 ชัวโมง ซึ่งกรณีการรันที่มีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 1,000 ก่อนการปรับปรุงใช้เวลาการทำงานเฉลี่ย10 ชั่วโมง

และได้ทดลองเพิ่มรูปแบบการจัดการน้ำหลังจากมีการพิจารณากับรูปแบบการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวที่เหมาะสม โดยการปรับปรุงฟังก์ชันวัตถุประสงค์(objective function) และเงื่อนไขการค้นหาให้มีการพิจารณาความเหมาะสมรูปแบบการจัดการปริมาณปุ๋ยในนาข้าวที่ทำให้ผลผลิตข้าวยังคงมีกำไรสูงสุดโดยสร้างจากฐานความรู้การจัดการปุ๋ยในนาข้าวอีกทั้งการทดลองในครั้งนี้ได้ทดสอบพันธ์ข้าวที่ปลูกในเขตพื้นที่ภาคกลางเขตนาชลประทานร่วมกับพันธุ์ กข 49 การทดลองในครั้งนี้ใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณฝน ความเร็วลมอุณหภูมิสูง-ต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์ ปี 2555-2556 จากอุตุนิยมวิทยา 3 สถานีฉะเชิงเทรา ชลบุรี กรุงเทพมหานคร โดยเงื่อนไขการค้นหาคำตอบหยุดรุ่นที่100พบว่าแบบจำลองสามารถค้นพบรูปแบบการจัดการปุ๋ยและน้ำที่ยังคงมีกำไรสูง และไม่ทำให้รูปแบบการใส่ปุ๋ยที่ดีเสียหาย

เนื่องจากการทดสอบแบบจำลองการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวมีการบันทึกข้อมูลลง Text File ตลอดการค้นหา ดังนั้นปริมาณหน่วยความจำและพื้นที่ฮาร์ดดิสจำเป็นต้องมีพื้นที่และประสิทธิภาพการประมวลผลสูงกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์พีซีแต่ในการทดลองครั้งนี้ได้ทดลองในเครื่องคอมพิวเตอร์และโน๊ตบุคที่มีหน่วยความจำจำกัด จึงได้ลดจำนวนรุ่นของการหยุดค้นหาคำตอบที่เป็นไปได้แค่ 100 รุ่นโดยจุดประสงค์เพื่อทดสอบค้นหาคำตอบรูปแบบการจัดการน้ำและปุ๋ยที่เป็นไปได้เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองและประสิทธิภาพการทดลองก่อนการปรับปรุงเจเนติกอัลกอริทึม

4.2.1 ผลของคำตอบต้นทุนการจัดการปุ๋ยก่อนการปรับปรุงโดยมีเงื่อนไขการหยุดรุ่นที่ 100

ตารางที่ 4.1 แสดงผลลัพธ์รุ่นสุดท้ายของโครโมโซมที่ได้จากการค้นหาด้วยเจเนติกอัลกอริทึมแบบสนใจเงื่อนไขจากรันโปรแกรมอิสระโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น100

แบบที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
รูปแบบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน	10., 49., 28., 0., 29., 59., 50., 0., 54., 18., 68., 0., 69., 49., 79., 0., 97., 0., 100., 0., 366., 0..	.5., 0., 12., 61., 44., 4., 64., 40., 66., 75., 77., 0., 87., 0., 88., 0., 96., 0., 106.,0., 366.,0.	9., 26., 10., 55., 18., 11., 27., 16., 51., 0., 52., 0., 62., 53., 95., 0., 106., 0., 115., 0., 366., 0.	9., 20., 10., 108., 18., 22., 51., 31., 52., 0., 62., 0., 92., 0., 97., 0., 102., 0., 106., 0., 366., 0.	41., 19., 44., 56., 62., 26., 64., 12., 68., 0., 72., 0., 75., 0., 94., 0., 101., 0., 108., 0., 366., 0.	14., 58., 26., 33., 31., 32., 35., 14., 37., 30., 49., 38., 59., 0., 69., 0., 70., 0., 82., 0., 366., 0.	5., 0., 12., 45., 16., 31., 31., 29., 39., 55., 79., 0., 83., 0., 92., 0., 102.,0., 106.,0., 366., 0.	11., 43., 22., 15., 44., 29., 52., 39., 57., 50., 70., 0., 75., 0., 77., 4., 82., 0., 87., 0., 366., 0.	7., 58., 20., 56., 45., 0., 46., 45., 48., 17., 61., 26., 73., 0., 76., 0., 93., 0., 96., 0., 366., 0.	7., 56., 20., 54., 45., 0., 48., 44., 61., 17., 70., 9., 73., 0., 76., 0., 82., 0., 93., 0., 366., 0.
ความถี่	4	4	5	4	4	6	4	5	5	5
ผลรวม	175	181	161	181	113	205	160	176	202	171

ตารางที่ 4.2 แสดงต้นทุน(cost) กำไร(profit) และค่าเฉลี่ย(μ) จากการใช้แบบจำลองค้นหารูปแบบการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน(N) ด้วยเจเนติกอัลกอริทึมโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น100

จำนวนครั้งในการรัน (Replication)	เงื่อนไขการหยุดที่ 100 รุ่น				ลำดับรุ่นที่ลู่เข้าหาคำตอบ (Convergence)	เวลา (Run Time)
	ต้นทุน(Cost)			กำไร (Profit)		
	แรงงาน	ปุ๋ย	รวม			
1	276.00	2,156.00	2,432.00	76,928.18	77.00	2.18
2	228.00	2,408.80	2,636.80	68,841.91	90.00	1.70
3	246.00	2,301.20	2,547.20	68,949.51	86.00	2.03
เฉลี่ย (μ)	250.00	2,288.67	2,538.67	71,573.20	84.33	1.97
S.D.	24.25	126.87	151.11	4,637.86	6.66	0.25

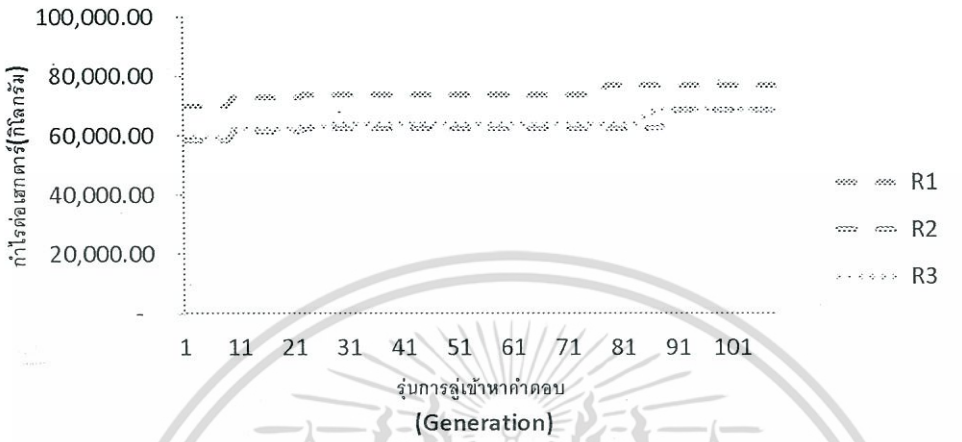
จากตาราง 4.1 และ 2.2 พบว่าผลของการค้นหาการใส่ปุ๋ยมีต้นทุนการจัดการปุ๋ย เฉลี่ย 2,538.67 บาท และกำไรเฉลี่ย 71,257.20 บาทโดยมีการลู่เข้าหาคำตอบที่มีกำไรสูงสุดเฉลี่ยรุ่นที่ 84.33 และใช้เวลาเฉลี่ย 1.97 ชั่วโมง และสามารถแสดงผลการค้นหาคำตอบด้วยกราฟ ภาพที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

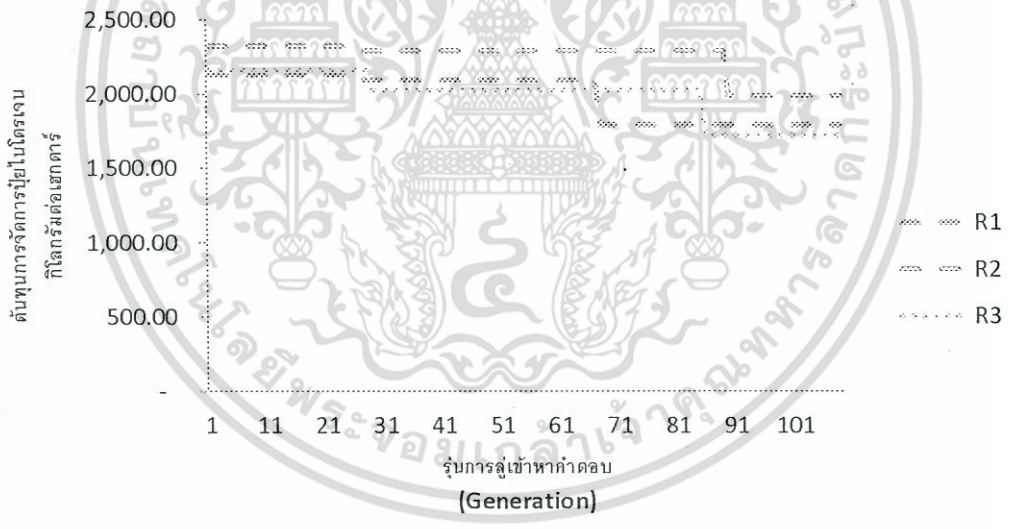
142913

4.2.2 ผลการลู่เข้าหาคำตอบ (Convergence) ก่อนการปรับปรุงโดยมีเงื่อนไขการหยุดรุ่นที่100

ได้เปรียบเทียบการลู่เข้าหาคำตอบด้วยกราฟเส้นโดยใช้การเก็บค่าสูงสุด(Maximization) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับการค้นหากำไรสูงสุดโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 100 ผลดังนี้



ภาพที่ 4.1 การลู่เข้าหากำไรสูงสุดด้วยเจเนติกอัลกอริทึมมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น100



ภาพที่ 4.2 การลู่เข้าหาต้นทุนต่ำสุดด้วยเจเนติกอัลกอริทึมมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลของคำตอบต้นทุนการจัดการปุ๋ยก่อนการปรับปรุงโดยมีเงื่อนไขการหยุดรุ่นที่ 500

ตารางที่ 4.3 แสดงผลลัพธ์รุ่นสุดท้ายของโครโมโซมที่ได้จากการค้นหาด้วยเจเนติกอัลกอริทึมแบบสนใจเงื่อน จากรันโปรแกรมอิสระโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 500

แบบที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
รูปแบบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน	9., 0., 38., 60., 54., 34., 62., 38., 82., 0., 93., 0., 95., 0., 96., 0., 107., 0., 110., 0., 366., 0.	27., 56., 30., 28., 40., 0., 41., 37., 53., 77., 68., 0., 76., 0., 89., 0., 100., 0., 110., 0., 366., 0.	13., 0., 20., 51., 37., 27., 64., 45., 84., 0., 86., 0., 87., 0., 97., 0., 104., 0., 114., 0., 366., 0.	4., 0., 7., 0., 12., 0., 23., 0., 76., 0., 79., 0., 89., 0., 95., 0., 103., 0., 114., 0., 366., 0.	19., 76., 26., 57., 33., 45., 45., 25., 71., 0., 90., 0., 99., 0., 100., 0., 106., 0., 110., 0., 366., 0.	23., 57., 24., 67., 70., 0., 82., 0., 90., 0., 93., 0., 94., 0., 95., 0., 99., 0., 115., 0., 366., 0.	7., 0., 16., 93., 45., 25., 48., 62., 49., 90., 71., 0., 81., 0., 84., 0., 100., 0., 103., 0., 366., 0.	24., 49., 34., 23., 41., 28., 42., 61., 71., 0., 84., 0., 89., 0., 99., 0., 110., 0., 111., 0., 366., 0.	5., 0., 20., 60., 27., 0., 29., 85., 42., 0., 63., 0., 72., 0., 76., 0., 96., 0., 112., 0., 366., 0.	6., 0., 20., 82., 39., 86., 46., 0., 53., 45., 67., 0., 81., 0., 84., 0., 88., 0., 106., 0., 366., 0.
ความถี่	3	4	3	0	4	2	4	4	2	3
ผลรวม	132	198	123	0	203	124	270	161	145	213

ตารางที่ 4.4 แสดงต้นทุน(cost) กำไร(profit) และค่าเฉลี่ย(μ) จากการใช้แบบจำลองค้นหารูปแบบการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน(N) ด้วยเจเนติกอัลกอริทึมโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 500

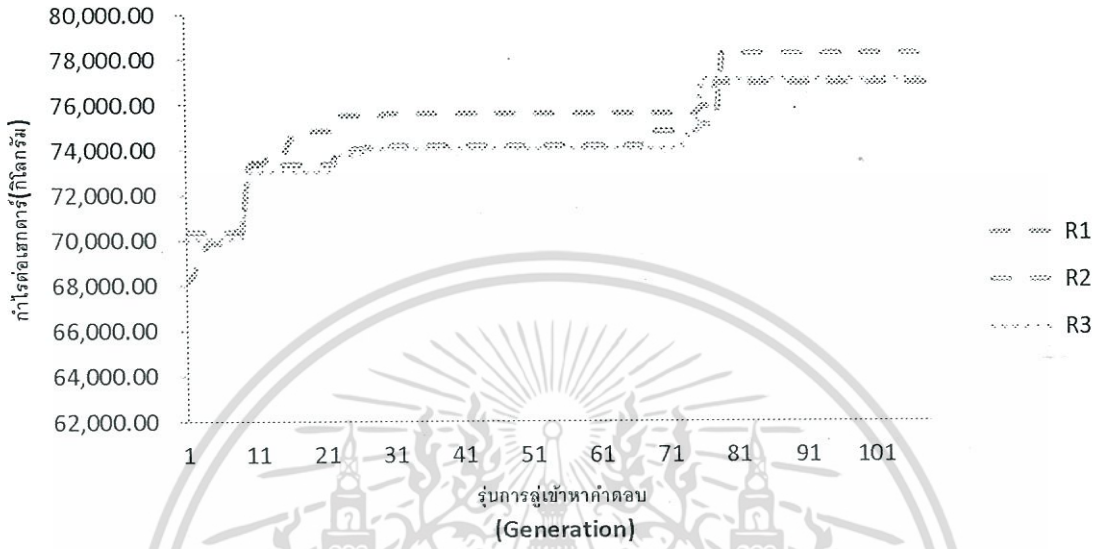
จำนวนครั้งในการรัน (Replication)	เงื่อนไขการหยุดที่ 500 รุ่น				ลำดับรุ่นที่ลู่เข้าหาคำตอบ (Convergence)	เวลา (Run Time)
	ต้นทุน(Cost)			กำไร (Profit)		
	แรงงาน	ปุ๋ย	รวม			
1	174.00	2,510.40	2,684.40	76,928.18	78.00	4.71
2	156.00	2,153.60	2,309.60	78,265.00	67.00	6.30
3	132.00	2,153.60	2,285.60	77,120.00	73.00	4.65
เฉลี่ย (μ)	154.00	2,272.53	2,426.53	77,437.73	72.67	5.22
S.D.	21.07	206.00	227.07	722.83	5.51	0.94

จากตาราง 4.3 และ 4.4 พบว่าผลของการค้นหาการใส่ปุ๋ยมีต้นทุนการจัดการปุ๋ย เฉลี่ย 2,426.53 บาท และกำไรเฉลี่ย 77,437.73 บาทโดยมีการลู่เข้าหาคำตอบที่มีกำไรสูงสุดเฉลี่ยรุ่นที่ 72.67 และใช้เวลาเฉลี่ย 5.22 ชั่วโมง และสามารถแสดงผลการค้นหาคำตอบด้วยกราฟ ภาพที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

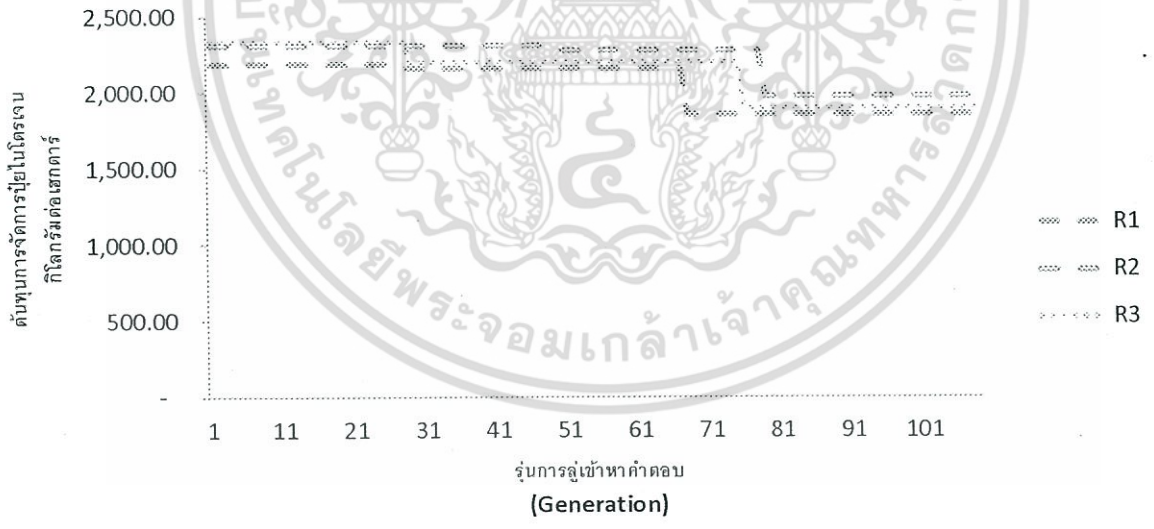
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ผลการลู่เข้าหาคำตอบ(Convergence)ก่อนการปรับปรุงโดยมีเงื่อนไขการหยุดรุ่นที่ 500

ได้เปรียบเทียบการลู่เข้าหาคำตอบด้วยกราฟเส้นโดยใช้การเก็บค่าสูงสุด(Maximization) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับการค้นหากำไรสูงสุดโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 500 ผลดังนี้



ภาพที่ 4.3 การลู่เข้าหารูปแบบการใส่ปุ๋ยต้นทุนต่ำสุดด้วยเจเนติกอัลกอริทึมมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 500



ภาพที่ 4.4 การลู่เข้าหารูปแบบการใส่ปุ๋ยผลกำไรสูงด้วยเจเนติกอัลกอริทึมมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ผลของคำตอบต้นทุนการจัดการปุ๋ยก่อนการปรับปรุงโดยมีเงื่อนไขการหยุดรุ่นที่ 1000

ตารางที่ 4.5 แสดงผลลัพธ์รุ่นสุดท้ายของโครโมโซมที่ได้จากการค้นหาด้วยเจเนติกอัลกอริทึม แบบสนใจเงื่อน จากรันโปรแกรมอิสระโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 1000

แบบที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
รูปแบบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน	20., 55., 22., 0., 38., 0., 44., 51., 52., 65., 57., 0., 58., 0., 82., 0., 102., 0., 113., 0., 366., 0.	4., 45., 20., 0., 28., 69., 55., 11., 65., 56., 75., 0., 82., 0., 87., 0., 89., 0., 92., 0., 366., 0.	9., 26., 10., 55., 18., 0., 27., 0., 51., 0., 52., 0., 62., 53., 95., 0., 106., 0., 115., 0., 366., 0.	33., 0., 41., 103., 44., 9., 60., 69., 61., 0., 64., 0., 73., 0., 76., 0., 93., 0., 96., 0., 366., 0.	41., 0., 44., 56., 62., 0., 64., 0., 68., 0., 72., 0., 75., 0., 94., 0., 101., 0., 108., 0., 366., 0.	10., 1., 18., 74., 35., 0., 37., 0., 49., 0., 59., 50., 69., 55., 70., 0., 81., 0., 82., 0., 366., 0.	5., 0., 12., 45., 16., 0., 31., 0., 39., 55., 79., 0., 83., 0., 92., 0., 102., 0., 106., 0., 366., 0.	7., 0., 12., 167., 16., 0., 28., 0., 45., 0., 47., 0., 55., 0., 67., 0., 109., 0., 110., 0., 366., 0.	7., 58., 20., 56., 45., 0., 46., 45., 48., 0., 61., 0., 73., 0., 76., 0., 93., 0., 96., 0., 366., 0.	3., 0., 7., 167., 45., 0., 46., 0., 48., 13., 61., 0., 73., 0., 76., 0., 101., 0., 108., 0., 366., 0.
ความถี่	3	4	3	2	1	4	2	1	3	2
ผลรวม	171	181	134	181	56	180	100	167	159	180

ตารางที่ 4.6 แสดงต้นทุน(cost) กำไร(profit) และค่าเฉลี่ย(μ) จากการใช้แบบจำลองค้นหารูปแบบการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน(N) ด้วยเจเนติกอัลกอริทึมโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น1000

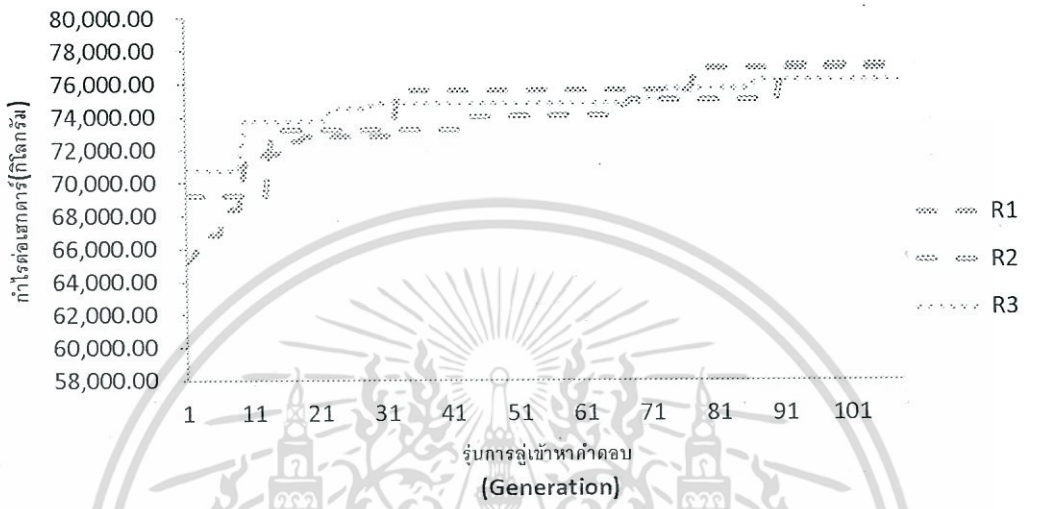
จำนวนครั้งในการรัน (Replication)	เงื่อนไขการหยุดที่ 1000 รุ่น				ลำดับรุ่นที่ลู่เข้าหาคำตอบ (Convergence)	เวลา (Run Time)
	ต้นทุน(Cost)			กำไร (Profit)		
	แรงงาน	ปุ๋ย	รวม			
1	138.00	2,256.00	2,394.00	76,928.18	77.00	10.05
2	132.00	2,208.00	2,340.00	77,120.00	67.00	7.80
3	150.00	2,414.40	2,564.40	76,201.00	71.00	9.40
เฉลี่ย (μ)	140.00	2,292.80	2,432.80	76,749.73	71.67	9.08
S.D.	9.17	108.01	117.17	484.79	5.03	1.16

จากตาราง 4.5 และ 4.6 พบว่าผลของการค้นหาการใส่ปุ๋ยมีต้นทุนการจัดการปุ๋ย เฉลี่ย 2,432.80 บาท และกำไรเฉลี่ย 76,749.73 บาทโดยมีการลู่เข้าหาคำตอบที่มีกำไรสูงสุดเฉลี่ยรุ่นที่ 71.67 และใช้เวลาเฉลี่ย 9.08 ชั่วโมง และสามารถแสดงผลการค้นหาคำตอบด้วยกราฟ ภาพที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

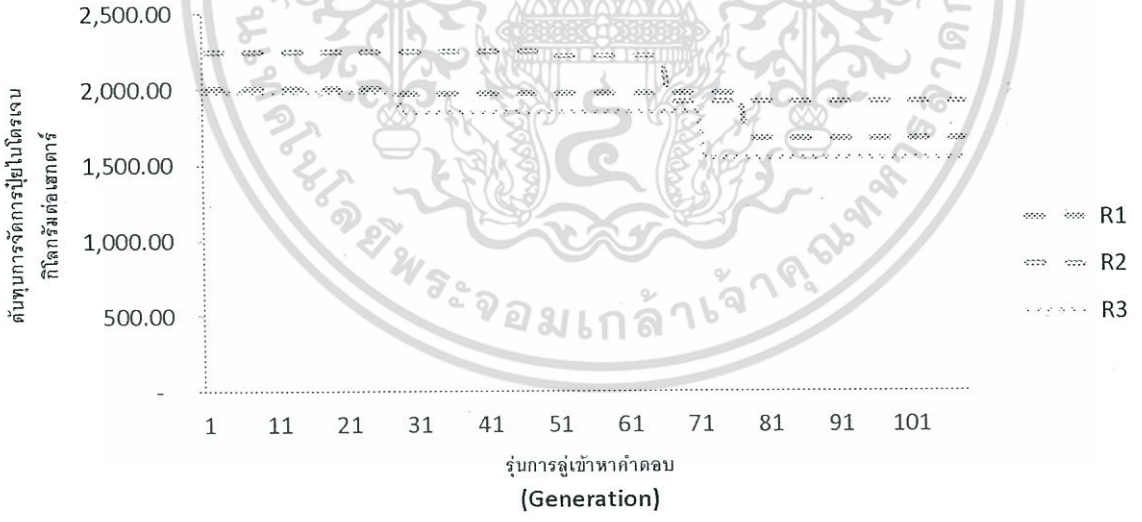
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.6 ผลการลู่เข้าหาคำตอบ(Convergence) ก่อนการปรับปรุงโดยมีเงื่อนไขการหยุดรุ่นที่1000

ได้เปรียบเทียบการลู่เข้าหาคำตอบด้วยกราฟเส้นโดยใช้การเก็บค่าสูงสุด(Maximization) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับการค้นหากำไรสูงสุดโดยมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 1000 ผลดังนี้



ภาพที่ 4.5 การลู่เข้าหารูปแบบการใส่ปุ๋ยต้นทุนต่ำสุดด้วยเจเนติกอัลกอริทึมมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 1000



ภาพที่ 4.6 การลู่เข้าหารูปแบบการใส่ปุ๋ยผลกำไรสูงด้วยเจเนติกอัลกอริทึมมีเงื่อนไขการหยุดที่รุ่น 1000

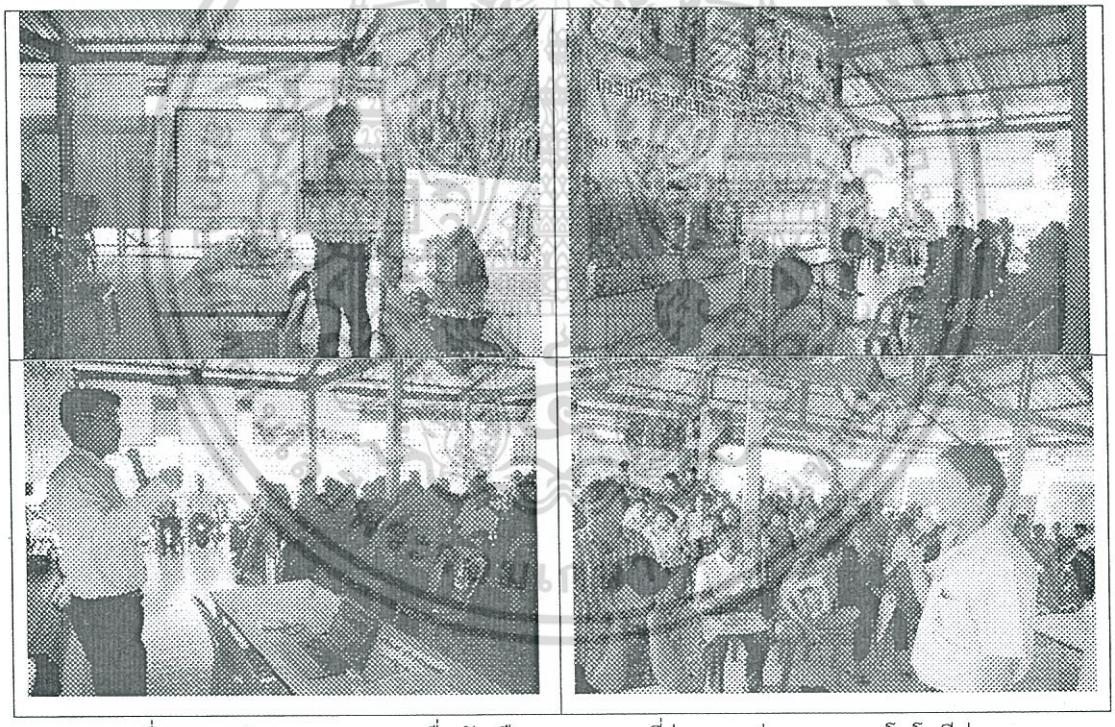
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

5.3.1กิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

ก. กิจกรรมการถ่ายทอด ณ ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีประจำตำบลเทพราช อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา

ประชุมเกษตรกรเพื่อคัดเลือกเกษตรกรที่ร่วมทดสอบรูปแบบการจัดการปุ๋ยจากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นและประเมินความพึงพอใจด้วยแบบสอบถามปัญหาการผลิตข้าวและสำรวจเพื่อเชิญชวนเข้าร่วมโครงการทดลองใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำของแบบจำลองใส่ปุ๋ยแบบประหยัด และการยอมรับเทคโนโลยีแบบแม่นยำ ซึ่งใช้กรณีศึกษา อำเภอบ้านโพธิ์ อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทราผู้เข้ารวม 1. เกษตรกร 5 ตำบล เกาะไร่ เทพราช พิมพา เป็นต้น 2. ศูนย์ข้าวฉะเชิงเทรา 3. สำนักงานที่ดินจังหวัดฉะเชิงเทรา 4. สำนักงานเกษตรอำเภอบ้านโพธิ์ 5. สำนักงานเกษตรตำบล 6. องค์การบริหารส่วนตำบลเทพราช 7. ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีประจำตำบลเทพราช 8. โครงงานวิจัย"พัฒนาระบบแนะนำใส่ปุ๋ยแบบประหยัดด้วยเทคนิคอัลกอริทึมเพื่อลดต้นทุนการผลิตข้าว : อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา" 5 ไฟล์แนบ



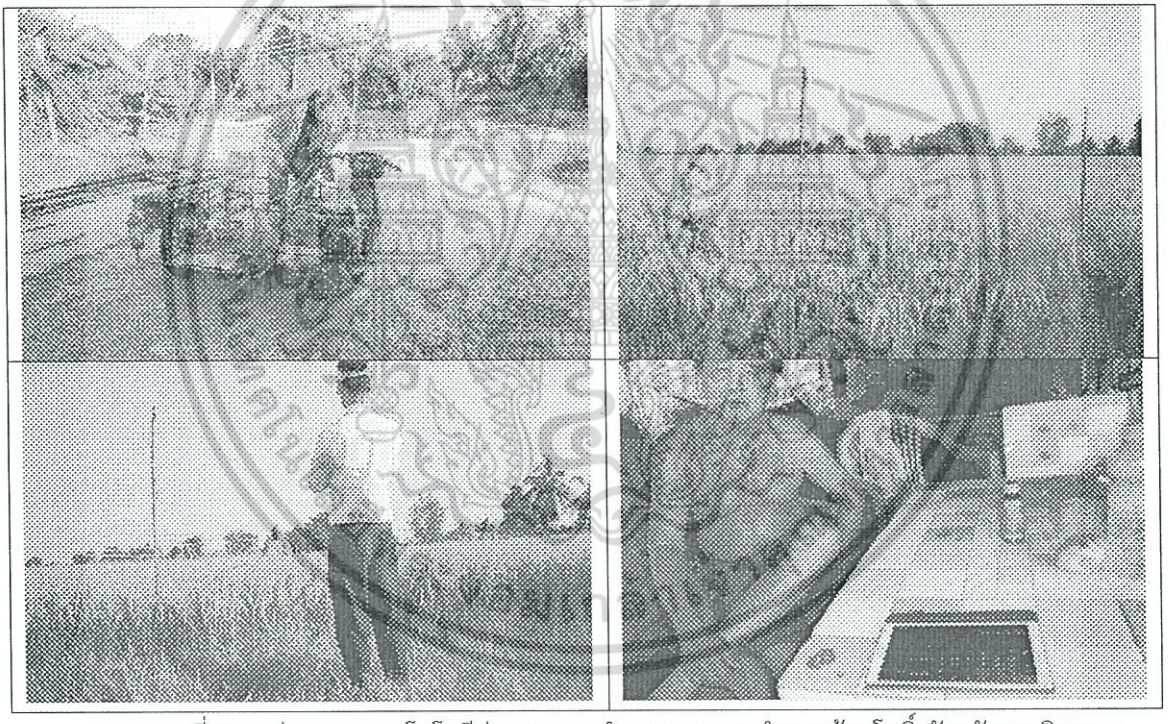
ภาพที่ 4.7 : ประชุมเกษตรกรเพื่อคัดเลือกเกษตรกรที่ร่วมการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน ณ ตำบลเทพราช อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. กิจกรรมในการทดลองปลูกข้าวในแปลงนา

ได้นำรูปแบบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ดีที่สุดจากการแนะนำของแบบจำลองการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนได้ทดสอบในแปลงนา หมู่ 3 ตำบลเทพราช อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยใช้ ใช้ข้าวเปลือกแช่น้ำ 2 คืน 3 วัน

1. หว่านในกระถางจำนวนกระถางละ 15 เมล็ด
2. ใส่ปุ๋ยยูเรีย(46-0-0) กับข้าวไม่ไหวแสง(ข้าว Indicaพันธุ์ กข41)ในอัตรา
3. Treatment 1: ไม่ใส่ปุ๋ย Treatment 2: ใส่ 84 กก เฮกตาร์(6.25 ไร่)โดยได้จากแบบจำลองการค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยรุ่นสุดท้ายในวันที่ 28 หลังจากการหว่าน หรือ 13.44 กก ไร่Treatment 3: ระยะต้นเล็ก : ใส่ 56.25 กก เฮกตาร์(6.25 ไร่) ในวันที่ 15-20 หลังจากการหว่าน หรือ 9 กก ไร่ ระยะแตกกอ : ใส่ 56.25 กก เฮกตาร์(6.25 ไร่) ในวันที่ 50 หลังจากการหว่าน หรือ 9 กก ไร่ระยะรวงอ่อน: ใส่ 56.25 กก เฮกตาร์(6.25 ไร่) ในวันที่ 70 หลังจากการหว่าน หรือ 9 กก ไร่



ภาพที่ 4.8 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน ณ ตำบลเทพราช อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 ผลวิเคราะห์ความพึงพอใจในโครงงานวิจัย

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจต่อการจัดโครงงานวิจัย

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
1.ด้านความรู้ที่ได้รับ			
1.1 เหมาะสม ชัดเจน	4.50	0.28	มาก
1.2 ทันสมัย	4.36	0.36	มาก
1.3 เป็นประโยชน์	4.34	0.30	มาก
2.ด้านวิทยากร			
2.1 วิทยากรให้ความรู้ชัดเจนและครอบคลุม	4.42	0.29	มาก
2.2 วิทยากรสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้เป็นกันเอง	3.98	0.27	มาก
2.3 วิทยากรเปิดโอกาสให้ซักถาม แสดงความคิดเห็น	4.38	0.29	มาก
3. ด้านทั่วไป			
3.1 ระยะเวลาที่เหมาะสมเพียงพอ	4.39	0.30	มาก
3.2 ความเหมาะสมเรื่องสถานที่	4.22	0.29	มาก
3.3 ท่านคิดว่าประโยชน์จากการอบรมครั้งนี้	4.48	0.28	มาก

ผลจากการประเมินพบว่าผู้ตอบแบบประเมินโครงการบริการวิชาการโดยการบูรณาการโครงการวิจัยร่วมกับเกษตรกรและณวัดเทพราชอำเภอบ้านโพธิ์จังหวัดฉะเชิงเทราโดยพบว่าระดับความพึงพอใจต่อการจัดโครงการนี้อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.33) เมื่อพิจารณาแยกตามรายการประเมินพบว่าผู้ตอบแบบประเมินได้รับความรู้ที่เป็นประโยชน์ วิทยากรสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ที่เป็นกันเองและประโยชน์จากการอบรมอยู่ในระดับมากโดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.34 3.98 และ 4.48 ตามลำดับส่วนความเหมาะสม ความชัดเจนครอบคลุมเรื่องความรู้ความเหมาะสมสถานที่และการเปิดโอกาสให้ซักถามพบว่าอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ย 4.50 4.42 4.22 และ4.38 ซึ่งพบว่าวิทยากรสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้เป็นกันเองอยู่ในระดับที่ต้องปรับปรุงเนื่องจากมีคะแนนที่มีลักษณะแนวโน้มใกล้เคียงระดับปานกลางโดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 3.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการทดลองและประสิทธิภาพแบบจำลองก่อนการปรับปรุงเจเนติกอัลกอริทึม ข้อดีหลังจากได้ใช้ความรู้ในการใส่ปุ๋ยจากผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตข้าวและผู้วิจัยพบว่าสามารถพบรูปแบบการใส่ปุ๋ยที่ให้ผลกำไรสูงสุด โดยมีรูปแบบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจำนวน 2 ครั้ง และมีรูปแบบที่ให้ผลกำไรปานกลางคือรูปแบบการใส่ปุ๋ย 1 และ 3 ครั้ง ซึ่งการใส่ปุ๋ยมากกว่า 4 ครั้งทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายซึ่งทำให้กำไรต่อหนึ่งฤดูกาลผลิตต่ำ

ข้อเสียรูปแบบหลังจากสิ้นสุดขบวนการเจเนติกอัลกอริทึมแล้วพบว่ามีรูปแบบการใส่ปุ๋ยบางส่วนไม่เป็นไปตามกฎฐานความรู้การใส่ปุ๋ยนาข้าวหรือรูปแบบเสียหายเช่นการใส่ปุ๋ย 0 ครั้ง หรือมากกว่า 4 ครั้ง ซึ่งถือว่ารูปแบบดังกล่าวไม่ได้อยู่ในกฎการใช้ฐานความรู้การใส่ปุ๋ยหรือรูปแบบไม่เหมาะสม ทำให้สิ้นเปลืองเวลาในการเริ่มต้นค้นหารูปแบบที่ดีใหม่ซึ่งเสียงต่อการทำงานไม่รู้จบในลูปการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึม และยังส่งผลต่อข้าวตายก่อนการเจริญเติบโตทางสรีระหรือผลผลิตข้าวเสียหายจากรูปแบบการใส่ปุ๋ยดังกล่าว และสรุปเป็นข้อๆ ดังนี้

ปัญหาคำตอบ(Solution) ที่เกิดจากการใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนพบว่าไม่สามารถรันแบบจำลองได้ดังนี้ โครโมโซมใหม่เมื่อผ่านขบวนการเจเนติกอัลกอริทึมแล้วรูปแบบไม่อยู่ในกฎระยะห่างวันที่ใส่ปุ๋ยอยู่ในช่วงต่ำกว่า 15วันปริมาณการใส่ปุ๋ยไม่อยู่ในช่วงปริมาณการใส่ปุ๋ยจำนวน 50 - 180 กิโลกรัมความถี่ในการใส่ปุ๋ยไม่อยู่ในช่วง 1-3 ครั้งต่อหนึ่งฤดูการผลิต โครโมโซมเมื่อผ่านขั้นตอนเจเนติกแล้ววันที่ใส่ปุ๋ยซ้ำทำให้รูปแบบไม่สามารถนำไปใช้ในแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว Oryza2000กำไรที่เกิดจากการสร้างโครโมโซมด้วยวิธีดังกล่าวแตกต่างจากรูปแบบเดิมจากเห็ตุผลดังกล่าวทำให้ต้นทุนในการจัดการสูงและส่งผลต่อกำไรที่ต่ำซึ่งไม่คุ้มทุนเมื่อนำรูปแบบดังกล่าวไปใช้จัดการรูปแบบการใส่ปุ๋ยในแปลงนาจริง

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากเกษตรกรที่เข้าร่วมอบรมได้เสนอแนะสองประเด็นหนึ่งระบบใช้งานได้เฉพาะผู้ที่มีความรู้แต่เกษตรกรร้อยละ 90 เป็นผู้สูงอายุอยากให้ระบบง่ายกว่านี้ เช่นผ่านมือถือ และสองอยากให้หน่วยงานสถาบันการศึกษาได้เข้ามาถ่ายทอดองค์ความรู้ในการแก้ไขปัญหาท้องถิ่นอย่างจริงจัง และแบบยั่งยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตงานวิจัย

ตีพิมพ์งานวิจัยในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ International Symposium on Artificial Life and Robotics 2015(AROB 20TH 2015) ระหว่างวันที่ 21-23 มกราคม 2558 ที่ประเทศญี่ปุ่น

A.Pannavich and K.Worapoj, Simulation Optimization Using A Genetic Algorithm With A Nitrogen Fertilizer Nutritional Knowlwdge B ase for Rice Crops,Conference of The Twentiesth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2015(AROB 20TH 2015),January 21-23 2015,Beppu, Oita,Japan,2015.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เมธี เอกะสิงห์, ถาวร อ่อนประไพ, พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์ และคณะฯ. 2543. ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสนับสนุนการ ตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 2 โครงการวิจัย ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการ ผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ.ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตรคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์, อรรถชัย จินตะเวช และเมธี เอกะสิงห์. 2543. โครงสร้างของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว:โพสพ 1.0. หน้า 213-237. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรนาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบันสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัย ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Amiri, E and M. Rezaei. 2009. Testing the modeling capability of ORYZA2000 under water-nitrogen limit condition in Northern Iran. World Applied Science journal 6: 1113-1122.B.

Soundharajan, K.P.Sudheer.2009. Deficit irrigation management for rice using crop growth simulation model in an optimization framework.Paddy water Environ(2009) 7. Springer-Verlag: 135-149.

Bouman, B.A.M., Kropff,M.J.,Tuong,T.P., Wopereis,M.C.S., TenBerge, H.F.M., Van Laar, H.H.,2001.ORYZA2000:Modeling Lowland Rice. International Rice Research Institue.

Bouman, B.A.M., Van Laar,H.H.,2006.Description and evaluation of the rice growth model ORYZA2OOO under nitrogen-limited conditions.Agric.Syst.87,249-273.

Bouman, B.A.M., Van Keulen, H.,VanLaar, H.H., Rabbinge, R., 1996. The 'School of de Wit crop growth simulation models: pedigree and historical overview.Agricultural Systems 52, 171-198.

C.Wikarmpapraharn and E.Kositsakulchai.2010. Evaluation of Oryza2000 and Ceres-Rice Model under Potential Growth Condition in the Central Plain of Thailand. Department of Irrigation Engineering.Kasetsart University.NakhonPathom. Thai Journal of Agricultural Science,43(1): 17-29 p.

Drenth, H., Ten Berge, H.F.M., Riethoven, J.J.M., 1994. ORYZA simulation modules for potential and nitrogen limited rice production, In: SARP research Proceedings, IRRI AB-DLO, Wageningen, Netherland,p.223.Fageria NK.2003.Plant tissue test for determination of optimum concentration and uptake of nitrogen at defferenct growth stages in lowland rice.Communicatons in Soil Science and Plant Analysis.34,259-270.

Gao, L.Z., Jin, Z.Q. & Li, L. 1987. Photo-thermal models of rice growth duration for various varietal types in Chaina. Agric.For.Meteorol., 39,205-213 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gao, L.Z., Jin,Z. Q.,Huang.Y. & Zhang, L.Z.1992.Rice clock model a computer model to simulate rice development. Agric. For. Meteorol., 60,1-16 p.

Graf, B., O.Rakotobe, P.Zahner, V. Delucchi and A.P.Gutiierrez.1990.Simulation Model for the Dynamics of Rice Growth and Development: Part I-The carbon Balance.Agric.Syst. 32:314-365.

Hiroe Yoshida, Takeshi Horie.2010.A model for simulating plant N accumulation, growth and yield of diverse rice genotypes grown under different soil and climatic conditions. National Agriculture and Food Research organization, Kannondai 3-1-1,Tsukuba 305-8517, Ibaraki, Japan.Field Crops Research 177(2010): 122-130.

Huang, Y., Gao,L.Z. & Jin,Z.Q.1990.A dynamic computer model for simulating photosynthetic production of rice canopies. Agrometeorology, 11(1), 10-15 (in Chinese).

Hudetz, W. J.1975.Sensitivity analysis applied to ecosystem models. In Progress in Cybernetics and Systems Research, ed. R. Trappl& F. R. Pichler. Hemisphere Publishing Corporation, Washington, DC, 213-237 p.

Jing, Q.,B.A.M. Bouman, H.Hengsdijk, H. van Keulen and W. Cao. 2007.Exploring options to combine high yields with high nitrogen use efficiencies in irrigated rice in Chaina.Eur.J.Agron. 26: 166-177.

Jintrawet, A. 1995.A Decision support system for rapid assessment of lowland rice-based cropping alternatives in Thailand.Agric.Syst. 47:245-258.

John W.Satzinger Robert B.Jackson Stephen D. Burd,2012, Introduction to System Analysis and Design: An Agile,Interative Approach, 6th edition, Course technology Cengage Leaning, Microsoft Corporation in the UnitedStates.

Kobayashi, K. 1994. A very Simple Model of crop Growth : Derivation and Application. JICA short-term expert report to ADRC in northest Thailand.ADRC.KhonKaen, Thailand.

Nelder, J.A. and R. Mead.1965.A simplex method for function optimization.ComputerJour.7:308-313

Qi, C. H.1986. Cultivational Pattern for Rice High Yielding.Jiangxi Science and Technical Publishing House,Nanchang,Chinese.25-117 p.

Raju KS, Kumar DN.2004. Irrigation Planning using Genetic Algorithms. Water Resour Mange 18:163 -176.

Ri-Xian Cui,AnhT.Nguyen, Min-Ho Kim et. al.,2003, Decision Support System for Nitrogen Fertilizer Optimization using Rice Growth Simulation Model. School of Plant Science, Seoul National University, Suwon 441-744,Korea.

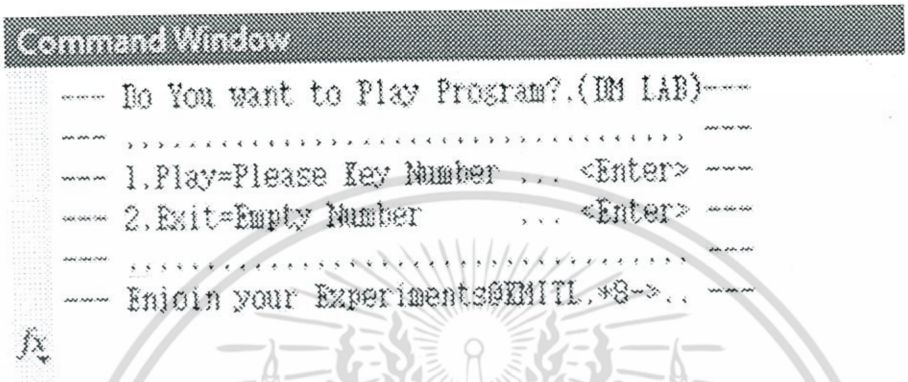
Yao Huang et., al. 1995. A Software Package for Optimizing Rice Production Management Based on Growth Simulation and Feedback Control. Institute of Agricultural Modernization. Chaina.Agricultural Systems 50(1996).335-354 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

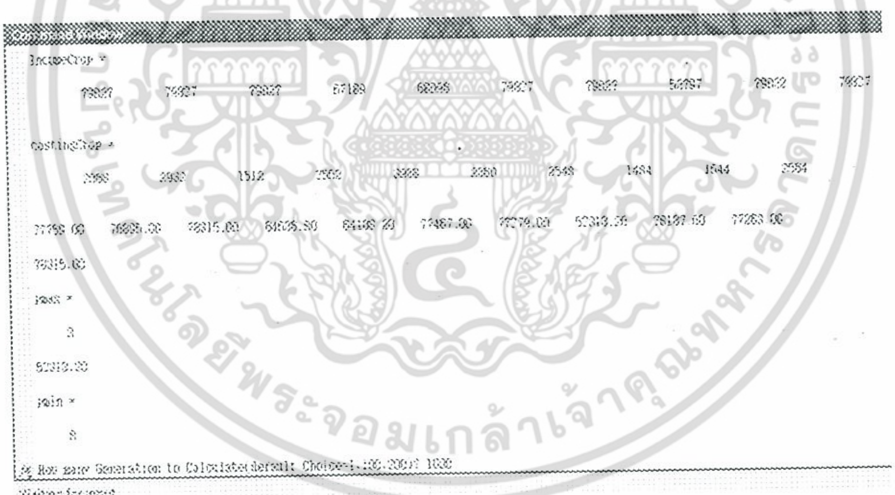
ภาคผนวก ก

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

ส่วนประกอบของการการทำงานแบบจำลองการค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยด้วยเจเนติกอักลอริทึม

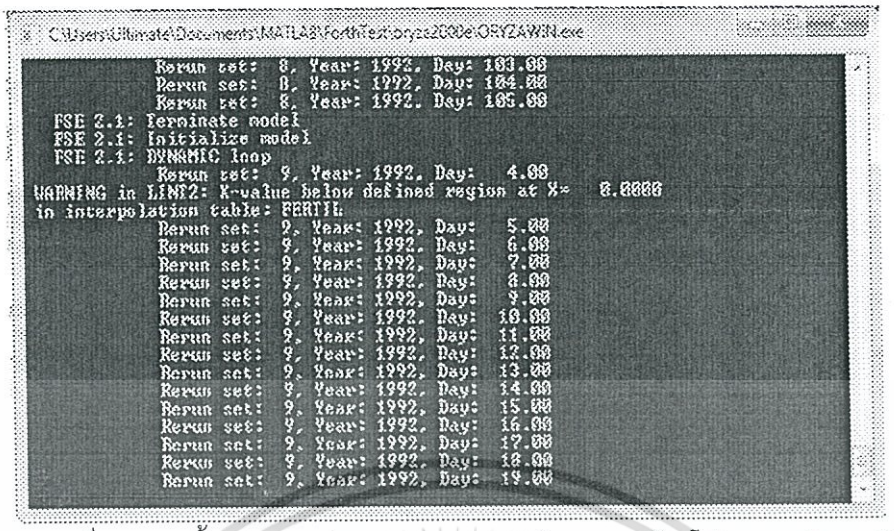


ภาพผนวกที่ 1 แสดงหน้าจอเหล็กการใช้งานแบบจำลอง

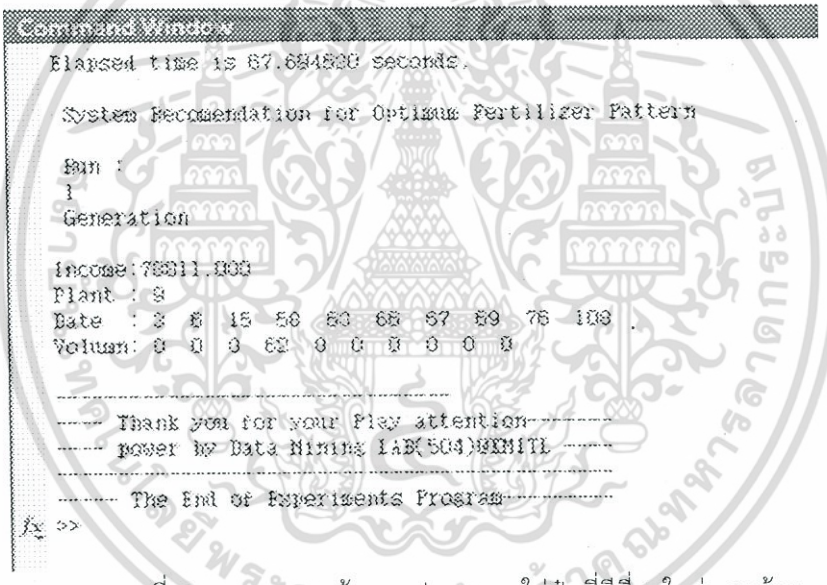


ภาพผนวกที่ 2 แสดงขั้นตอนการประมวลผลของแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 3 แสดงขั้นตอนการประมวลผลของแบบจำลองรวมกับ โปรแกรม Oryza2000

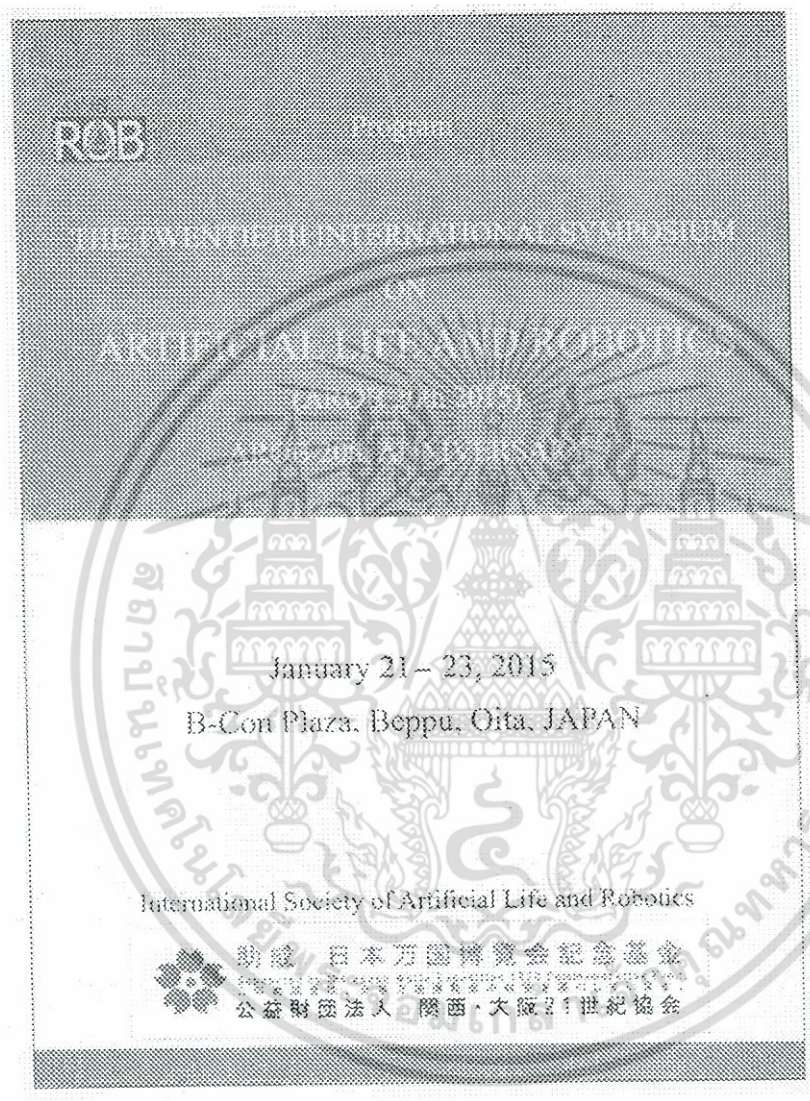


ภาพผนวกที่ 4 แสดงผลการค้นหารูปแบบการใส่ปุ๋ยที่ดีที่สุดในรุ่นสุดท้าย

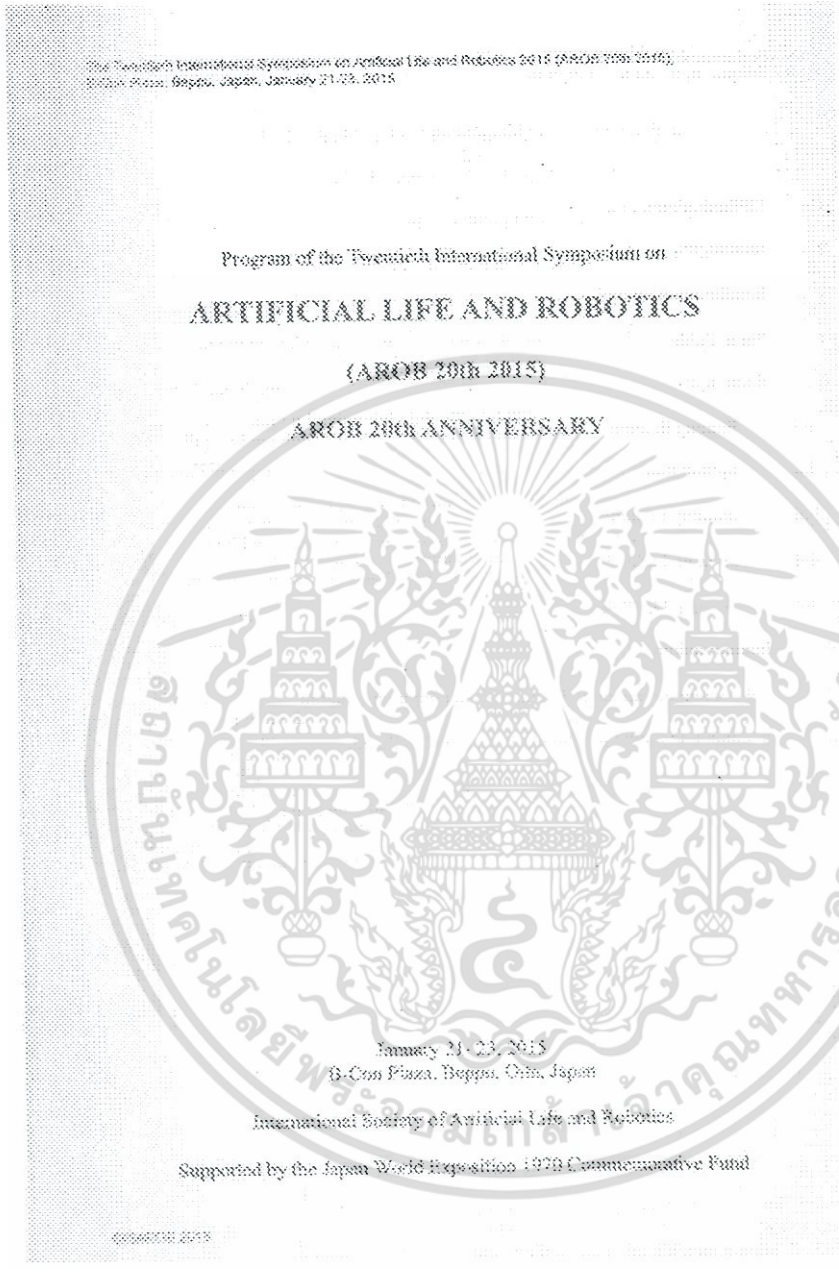
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Simulation Optimization Using A Genetic Algorithm With A Nitrogen Fertilizer Nutritional Knowledge Base for Rice Crops

Pannavich Ariyatanakatawong[1] and Worapoj Kreesuradej[2]
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
(Tel: +66(0) 2727 3490)

[1]pannavich@gmail.com, [2]worapoj@it.kmitl.ac.th

Abstract: A nitrogen fertilizer is one of the important nutritional elements for the productivity of rice crops. Optimizing an application rate of nitrogen fertilizer is a key factor for both increasing high yields and reducing growing costs. This research proposes simulation optimization using a genetic algorithm with a nitrogen fertilizer nutritional knowledge base for the crops to search for an optimum application rate of nitrogen fertilizer. The proposed technique can search for an optimum application rate of a nitrogen fertilizer faster than typical genetic algorithms. In order to be profitable, farmers need to consider not only the rice crop yield but also cost of Nitrogen fertilizer and the labor cost of applying Nitrogen fertilizer. Therefore, the optimization strategy in this paper also considers the cost of nitrogen fertilizer and the labor cost of applying nitrogen fertilizer. The discovered optimum pattern from this research may assist the growers. The simulation results suggest that the proposed technique is a promising technique for optimizing an application rate of a nitrogen fertilizer.

Keywords: Genetic Simulation, Nutritional Knowledge-Based, Rice Growth Simulation, Optimization.

1 INTRODUCTION

Rice is the most important food crop. [illegible] Consequently, [illegible] rice will be a staple food for more than 4.5 billion people as of 2010 [1]. In addition, rice is also the grain in [illegible] of the world cultivated area [2]. This will increase fertilizer consumption to 50 % percent [3].

Recently, several researchers of the rice crop production are focused on nitrogen fertilizer management. Nitrogen is one of the important inputs and elements for the productivity of rice crops and a major factor that limits agricultural yields. The amount of a nitrogen fertilizer needed to produce high yields depends largely on several factors such as rice varieties, soil texture, N fertilizer application, and else. Therefore, the optimal amount of nitrogen [4] and the optimal schedules of applying nitrogen to crops [illegible] and laborsaving time.

Here, a genetic optimization and rice growth simulation model are applied for searching optimal fertilizer schedules and an optimal amount of nitrogen (N) for rice crops. This study also proposes a novel technique to enhance a genetic algorithm for finding an optimal solution, i.e., optimal Nitrogen pattern for rice crops, more quickly than typical genetic algorithm.

The proposed technique incorporates practical rice crop knowledge of nitrogen fertilizer and crop characteristics of nitrogen fertilizer into the evolutionary process of a genetic algorithm. The proposed technique prevents only the chromosomes or nitrogen patterns for rice crops, that satisfy practical rice crop knowledge, to reproduce offspring. This will reduce undesirable chromosomes, i.e., infeasible nitrogen patterns for rice crops, in the evolutionary process of a genetic algorithm. As a result, the proposed technique can find an optimal solution more quickly than a typical genetic algorithm.

2 OPTIMIZATION OF NITROGENFERTILIZER APPLICATION

Currently, the most popular strategy of N fertilizer application is applying N fertilizer in fixed rate and timings for growing rice crops. Several traditional agricultural researches on this strategy, such as [4], [5], and [6], focus on finding the optimal pattern of nitrogen fertilizer applications to improve the efficiency. The experiments of those researches use agricultural field experiments that are conducted at particular points in time and space. These experiments are time consuming and expensive.

Recently, a crop growth simulation model plays a crucial role in agricultural researches. A crop growth simulation model can contribute to a better understanding the factors that influent the performance of the crop under varying conditions. A crop growth simulation model can reduce time and cost in doing agricultural researches because researchers can study and work on some environments with the simulation model before conducting field experiments.

Several researches has been utilized a rice crop growth simulation model to study in nitrogen fertilizer applications for rice crops. Boonsri and et.al [4] use Oryza2000 as a rice crop growth simulation model to study rice crop growth under nitrogen-limited. Boonsri and et.al [3] manually generate some patterns of Nitrogen fertilizer application. Then, Oryza2000 uses these patterns as input to estimate the yield of rice crops. Only three promising patterns of Nitrogen fertilizer application are selected to validate the results from rice crop simulation model in field experiments. Similarly, Shilo [6] also uses LINTUL-3 as a rice crop growth simulation model to study rice crop growth under nitrogen-limited. Both researches only verify that simulated results from a rice crop growth simulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

model effectively represent the results from field experiments.

Cui and et al [7] proposed a decision support system for nitrogen fertilizer optimization using rice growth simulation model. This research is based on Nelder and Mead simplex method, i.e., an optimization method, and a rice growth simulation model to find an optimal pattern of a nitrogen fertilizer. The simulation results are verified by the results from field experiments.

The optimization strategy of their research is based on the conditions that nitrogen fertilizers are applied in four splits and the objective function focuses only on rice yields. When the optimization strategy is strict with the four splits pattern of nitrogen fertilizers, this may limit the possibility of the optimization method to discover the best application pattern of nitrogen fertilizers. In addition, the optimization strategy is a lack of considering the cost of a nitrogen fertilizer and the labor cost of applying a nitrogen fertilizer. Therefore, the discovered optimum pattern from this research may not useful for practice.

According to Pham N. and et al [8], Nelder and Mead simplex method can only find local optimal solution. As a result, the optimal pattern of nitrogen fertilizers obtained by using Nelder and Mead simplex method may not be a global optimum pattern of nitrogen fertilizers.

Panichit and et al [9] propose to utilize a genetic algorithm as an optimization method and oryza2000 as a rice growth simulation model for nitrogen fertilizer optimization. The simulation results are promising. However, this work is lack of considering the cost of a nitrogen fertilizer and the labor cost of applying a nitrogen fertilizer.

This paper is the extension of Panichit and et al [9]. This paper proposes to utilize a knowledge base to guide the learning process of a genetic algorithm. This technique will help a genetic algorithm to find optimal solution more quickly than typical genetic algorithms. In addition, the optimization strategy in this paper also considers the cost of a nitrogen fertilizer and the labor cost of applying a nitrogen fertilizer. Therefore, the discovered optimum pattern from this research may useful for practice.

2 SIMULATION OPTIMIZATION USING A GENETIC ALGORITHM WITH A NITROGEN FERTILIZER NUTRITIONAL KNOWLEDGE BASE FOR RICE CROPS

A flowchart of the proposed simulation-optimization is presented in Fig.1. The optimization framework consists of oryza2000 as a rice growth simulation model and a genetic algorithm with a nitrogen fertilizer nutritional knowledge to guide the learning process of a genetic algorithm. The objective function of the optimization scheme considers not only the yield of rice crops but also the cost of a nitrogen fertilizer and the labor cost of applying a nitrogen fertilizer.

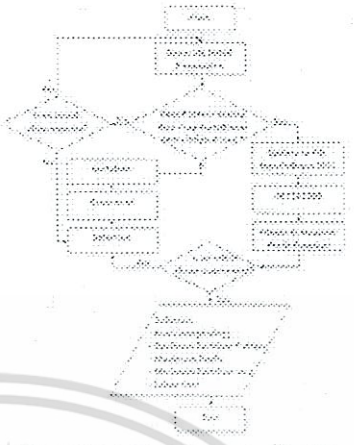


Fig. 1. Framework of Simulation Optimization Using A Genetic Algorithm With A Nitrogen Fertilizer Nutritional Knowledge Base for Rice Crops

2.1 A Nitrogen Fertilizer Nutritional Knowledge Base for Rice Crops

A genetic algorithm is a well-known heuristic search algorithm. The algorithm is usually applied for searching a solution in an optimization problem. For an optimization problem, the algorithm is required to represent a solution of the problem by a chromosome. Initially, a set of candidate chromosomes, i.e. called population, is randomly generated. The population of candidate solutions is evolved toward better solutions iteratively. The population in each iteration is called a generation. In each generation, the fitness of every chromosome is evaluated. The more fit chromosomes have better chance to be selected from the population. These selected chromosomes go through a combination of genetic operators, i.e. crossover and mutation, to form a new generation. The algorithm terminates when either a maximum number of generations has been produced, or a satisfactory fitness level has been reached.

In Panichit and et al [9], a genetic algorithm and oryza2000 are used to find an optimum nitrogen fertilizer application for rice crops. In the process of searching for the optimum solution, populations in each generation are probabilistically generated by typical genetic algorithms. Some chromosomes in each generation are not feasible to be an optimum solution. This may cause the optimization process take a longer time to reach a satisfactory fitness level.

Unlike the previous work, this paper proposed a new technique to help a genetic algorithm generate only feasible chromosomes. The proposed technique incorporates prior

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

leaf rice crop nutritional recommendations. According to rice crop nutritional recommendations of Yoshida [16] and K.Dass [13], this work incorporates 5 rice crop nutrient recommendations as following:

1. Nitrogen fertilizer applications should be applied between 5th to 65th days after seeding.
2. It should be allowed at least 20 days between each fertilizer application.
3. The application rate for each nitrogen application should be between 15 kg/ha and 180 kg/ha.
4. The frequency of nitrogen applications should between 1 and 3.

These practical rice crop nutritional recommendation are encoded as rules. These rules are used to filter out some infeasible chromosomes. As shown in figure 1, these rules are used to filter out some infeasible chromosomes at the stage of the initial generating chromosomes and the stage of generating new chromosomes for the next generation. As a result, the proposed genetic algorithm can reach a satisfactory fitness level faster than typical genetic algorithms.

2.2 Profit Function

In order to be profitable, it is very important that farmers need to consider not only the rice crop yield but also cost of nitrogen fertilizers and the labor cost of applying nitrogen fertilizers. In Cao and et al. [7], the objective of the optimization is to find amount of nitrogen fertilizers that maximizes rice crop yields. This optimization strategy is a lack of considering the cost of nitrogen fertilizers and the labor cost of applying nitrogen fertilizers. Therefore, the discovered optimum pattern from this research may be invalid in practice.

Unlike the previous works, a new objective in this work is to find amount of nitrogen fertilizers that maximizes a profit. Here, the profit is calculated by the difference between the costs of fertilizers and the returns you get from your yield. The proposed objective function is shown in (1).

$$\text{Maximize } PF = ((Y \times M) \times S) - ((F \times C) \times (SF \times SR)) \quad (1)$$

, Where

PF = profit,
GM = the number of seedsper kilogram,
Y = the number of seeds per hectare,
S = price of rice per kilogram,
F = Nitrogen fertilizer application rates (Kg per hectare),
C = Nitrogen fertilizer prices per kilogram,
SF = the frequency of nitrogen fertilizer applications and
SR = the labor cost of applying nitrogen fertilizers per an application.

3 EXPERIMENT

To evaluate the proposed technique, experiments are conducted to find the optimum amount of nitrogen fertilizers for a IR72 rice variety. First, ORYZA2000 software is calibrated using phenological data of IR72 from International Rice Research Institute (IRRI). This data was collected in the 1993 wet season and from field experiments at Makati city, Philippines. Then, Genetic algorithm with the knowledge base, i.e. the proposed technique, is applied to determine the optimum amount of nitrogen fertilizers. The simulation parameters for the genetic algorithm and ORYZA2000 simulation model are shown in table 5 and table 6 respectively.

Table 1. The Genetic Algorithm Parameters

Parameter	Values
Maximum Generations	1000
Crossover Rate	0.85
Crossover Type	Single Point
Mutation Rate	0.05
Mate Pool 2 Replace	1
Group Of Initial pattern	30
Nitrogen Fertilizer Cost (USD/kg)	0.88
Labor Cost (USD/Labor)	1.88
Times of Fertilizer Before (kg/ha)	15
Upper of Fertilizer Volume (Kg/ha)	180
Frequency of Nitrogen Applications	1-3
Nitrogen Applied (days after seeding)	5th-65th
At least day between of each fertilizer application	20

Table 2. The Parameters of ORYZA2000 Simulation Model

Parameter Value	Detail
[CO2]=[CO2]_ref	CO2 ref
[CO2]=[CO2]_experiment	ORYZA experiment parameter
[CO2]=[CO2]_user	Experiment
WATBAL = PADDY	PADDY water balance (for lowland soils)
NPUBAL = NOTOTC	Nitrogen and P balance (for lowland soils)
IPEVAP = PENMAN	Penman-based (Van Kraalingen & Stol 1997)
CROP = WHEAT	Weather-driven crop growth (for wheat)
IPDORM = DORMNO	Simulation of dormancy (for rice)
NSLOS = NSL1	Number of phenological development
IPSOIL = SOIL1	Soil type
IPNOX = NOX1	Type of NOx emission (NO)

Fig. 2. shows the best profit in each generation of the proposed technique. For comparison purpose, an experiment is conducted by using a typical genetic algorithm to find the optimum amount of nitrogen fertilizers for the IR72 rice variety. The simulation parameters for the typical genetic algorithm and the ORYZA2000 simulation model are the same as that of the proposed technique. The best profit in each generation of the typical Genetic algorithm is shown in Fig. 3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

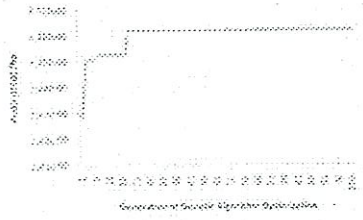


Fig. 2. the best profit in each generation of the Genetic simulation Optimization with Rice Crop Nutritional Knowledge Based

Fig. 3. the best profit in each generation of the typical genetic algorithm

According to figure 2 and 3, the typical genetic algorithm can discover the optimum profit at the 60th generation, whereas the proposed technique can discover the optimum profit at the 19th generation. Therefore, the proposed technique can discover the optimum profit faster than the typical genetic algorithm. This is the case because the knowledge base can successfully guide the evolution process of the proposed technique to find the optimum profit.

Table 3 shows Nitrogen fertilizer schedule obtained from the proposed technique, the typical Genetic algorithm and IRRI recommendation schedule. For the IR72 rice variety, IRRI recommends to applied Nitrogen fertilizer at 15th, 35th and 65th day after seeding with each 46 kg/ha. To compare with IRRI recommended schedule, the experiments also conduct simulations for the cases that nitrogen fertilizer is not applied and nitrogen fertilizer is applied with IRRI recommendation schedule. According to table 3, the nitrogen fertilizer schedule obtained from the proposed technique can give the most profit. This is the case because the nitrogen fertilizer schedule obtained from the proposed technique has the least nitrogen application rate, i.e. 84 kg/ha, and the least frequency of Nitrogen application. Grain yields and nitrogen fertilizer cost for each schedule are shown in table 4.

Table 3. Nitrogen Fertilizer Schedule Obtained from Simulation Optimization Using A Genetic Algorithm With A Nitrogen Fertilizer Nutritional Knowledge Base for Rice

Table 4. Costing of Nitrogen Fertilizer Schedule Obtained from Simulation Optimization Using A Genetic Algorithm With A Nitrogen Fertilizer Nutritional Knowledge Base for Rice Crops

Yield Name	Nitrogen Recommended			Cost (Baht)		Yield (kg)
	Kg/ha	Time (day after seeding)	Nitrogen Cost (Baht)	Kg/ha	Income (Baht)	
IR72	0	0	0	5,483.00	5,668.50	3,543
	180	3	277.20	5,760.20	5,949.92	3,718.70
IRRI	276	15	185.25	5,668.25	5,855.99	3,659.99
	84	1	43.56	5,542.56	5,726.32	3,579.07

4 CONCLUSION

To search for an optimum application rate of a nitrogen fertilizer, this research proposes simulation optimization using a genetic algorithm with a nitrogen fertilizer nutritional knowledge base for rice crops. According to rice crop nutritional recommendations of Yoshida [10] and K.Ikeda [11], this work incorporates 3 rice crop nutritional recommendations as the knowledge base. In order to be profitable, farmers need to consider not only the rice crop yield but also cost of Nitrogen fertilizer and the labor cost of applying Nitrogen fertilizer. Therefore, the optimization strategy in this paper also considers the cost of nitrogen fertilizer and the labor cost of applying nitrogen fertilizer. The experiments are conducted to find the optimum amount of a nitrogen fertilizer for an IR72 rice variety. The simulation results show that the proposed technique can discover the best profit faster than the typical genetic algorithm. In the future, this optimum application rate of a nitrogen fertilizer will be validated in field experiments.

ACKNOWLEDGMENT

We acknowledge for Information Technology Department of King Mongkut's Institute of Technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ladkrabang, Thailand and grateful to Ph.D Associate Professor Wenepoj Kieosaradej for inspirational suggestions instead of permission to use environment of education. We acknowledge for SAHP(Simulation and Systems Analysis for Rice Production) team, IRRI and Wageningen University for permission to use their data in rice simulation study. And ISSAT group of knowledge grateful to Dr.Niwayt Pagamas, and Caroline of conceptual for agricultural of technology adoption to Dr.Pattayamon Artiyasakdawong.

REFERENCES

[1] Asad Naeem and et al.,2009,Opportunities for Global Rice Research in a Changing World, International Food Policy Research Institute(IFPRI),International Rice Research Institute Los Banos, Philippines.

[2] Kenneth G. Cassman and et al.,2001,Agroecosystems, Nitrogen-use Efficiency, and Nitrogen Management" (2002). Agronomy & Horticulture -Faculty Publications. Paper 356, http://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/356.

[3] M.A.Setter and et al.,2003,Our Nations world, Prepared by the Global Partnership on Nutrient Management in collaboration with the International Plant Nutrition Institute, Center for Science and Technology (CAST), Chairman and Co-Chair of the Global Partnership on Nutrient Management (GPNM) and the International Plant Nutrition Institute (IPNI), ISBN 978-1-930851-01-1.

[4] Boonsiri K.A.M.Ardsiri and Chaiyong W.Rod, Organizing Model for Irrigated Rice in the Bicol Peninsula, Philippines, Irrigation Engineering(IRE) and Wageningen University.

[5] S.A.M. Bouman and et al.,2006,Description and evaluation of the rice growth model ORYZA2000 under nitrogen-limited conditions, Agricultural Systems 87 (2006) 249–273 p.

[6] M.J. Kropff,P.S.Teng,P.K.Aggarwal, a simulation model for crop-weed competition, Application to rice, Eur. J. Agron. [Volume 2, Issue 2, 1993, Pages 97-105, ISSN 1161-0301, http://dx.doi.org/10.1016/S1161-0301(14)80116-1.

(http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030114801161)

epa.2010.01.002

[7] Ki Kim, A Decision Support System for Irrigation of Rice Considering Long Rice Growth Simulation Model Output, Dept. of Plant Science,Seoul National University,Korea

[8] Pierreval, C. Lebeau and et., a,2004, Optimization by Direct Search: New Perspectives on Some Classical and Modern Methods, Model Rev.(SIAM), Vol. 46, No. 3, pp. 443–473.

[9] Pham Van Kham and Kyuma Kazuo,2013, A Simulation and Optimization Procedure for Optimizing Nitrogen Fertilization for Rice Crop, The Asian Institute of Technology School of Environment, Resources and Development, Thailand.

[10] Shamsudin Ya-Ghfar,1981,Fundamentals of Rice Crop Sciences, The International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.

[11] Singh, U., Jon Hoer, Prof. Principles and Practices of Rice Production, The International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines 1991, ISBN 971-10-1041-1, pp. 1-14, 164.

[12] Stroosnijder L., Jon Penning de Vries, Richtsma J. M., 1994 ORYZA simulation studies for potential and nitrogen limited rice production, Soil C&F project Proceedings, 1993, 4:19-24, Wageningen, Netherlands, p. 157

[13] Eric J. Wailes and Eddie C. Chavez,2012, World Rice Outlook, International Rice Baseline with Deterministic and Stochastic Projections, 2012-2021. ttt1.Codes: C07, F01, F13, F17, Q17, Q18, R11.

[14] C.Lin and J.J Moré,1999,Newton's method for large bound-constrained optimization problems SIAM Journal on Optimization,1191-1137 p.

[15] Michel C.Fu, 2002, Optimization for Simulation: Theory vs. Practice, Robert H.Smith School of Business and Institute for Systems Research, University of Maryland, College Park, Maryland, USA, INFORMS Journal on Computing Vol. 14, No.3, Summer 2002

[16] Russell R. Barton 2009, Simulation Optimization Metamodels, Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference M. D. Rossetti, R. R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin and R.G. Ingalls, eds

[17] Ramesh Kumar Singh and et al.,2009,Performance of Extending Bacterial Foraging Algorithm with Accelerated Operator for Objective Optimization Problems, IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติคณะผู้วิจัย ก

ประวัติ

ชื่อ-สกุล รศ.ดร.วรพจน์ กรีสุระเดช

หน้าที่การงานปัจจุบัน(อาจารย์ เจ้าหน้าที่ นักวิจัย นักศึกษาระดับ..... อื่นๆ)

ตำแหน่ง.....

เปอร์เซนที่รับผิดชอบ 50 %

ประวัติการศึกษาสูงสุด

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
Doctor of Philosophy (Ph.D.) (Electrical Engineering)		Texas Tech University, Texas, U.S.A.	2539
Master of Science in Electrical Engineering (MSEE), ,		Texas Tech University, Texas, U.S.A.	2536
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยม)	วิศวกรรมอิเล็คทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2532

สถานที่ติดต่อ.....

.....

.....

ประสบการณ์วิจัยหรือสาขาที่ชำนาญ.....

.....

๑๒.๑ ผลงาน

ผลงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์ในวารสารต่างประเทศและการประชุมระดับนานาชาติ

- Suksean S. and Kreesuradej W., "A 2-Dimension for Incremental Association Rule Discovery" The Proceedings of The International Conference on Machine Learning and Computing, Singapore, February 2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Amornchewin R. and Kreesuradej W., "Mining dynamic Database Using Probability-Based Incremental Association Rule Discovery Algorithm," Journal of Universal Computer Science, vol. 15, no. 12, 2009.
- Amornchewin R. and Kreesuradej W., "False Positive Item Set Algorithm for Incremental Association Rule Discovery," The International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, vol. 4, no. 2, April 2009.
- Panita M. and Kreesuradej W., "Fuzzy Similarity for Item-Based Top-N Recommendation" The Proceedings of The International Technical Conference on Circuits Systems, Computers and Communications, Jeju, Korea, July 2009.
- Chatsettakul S. and Kreesuradej W., "Hybrid-Dimension Fast Update Algorithm" The Proceedings of The International Technical Conference on Circuits Systems, Computers and Communications, Jeju, Korea, July 2009.
- Kreesuradej W. and Leardtharatat N., "A New Synthesizing Cluster Labels Algorithm for Thai Web Search Results" The Proceedings of The International Technical Conference on Circuits Systems, Computers and Communications, Yamaguchi., Japan, July 2008.
- Amornchewin R. and Kreesuradej W., "Probability-based incremental association rule discovery algorithm," The International Symposium on Computer Science and ITS Applications 2008 (CSA 2008), Hobart, Australia, October 2008.
- Amornchewin R. and Kreesuradej W., "Incremental Association Rule Mining Using Promising Frequent Itemset Algorithm," The Sixth International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS 2007), Singapore, December 2007.
- Jitpakdee P. and Kreesuradej W., "Dimensionality Reduction of Features for Text Categorization," The IASTED International Conference on Advances in Computer Science and Technology (ACST), Phuket, Thailand, April 2007.
- Amonchanchaigul T. and Kreesurade W.," Feature Selection Using Binary Particle Swarm Optimization," International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation Jointly with International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce, Sydney, Australia, November 2006.
- Janruang J. and Kreesurade W.," A New Web Search Result Clustering based on True Common Phrase Label," International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation Jointly with International Conference on

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce, Sydney, Australia, November 2006.

- Kreesuradej W. and Suwanlamai A. "Document Clustering with Pairwise Constraints," The International Journal on Pattern Recognition and Artificial Intelligence, V.20, n.2, 2006, pp 241-254.
- Buddeewong S. and Kreesuradej W. "A New Association Rule-Based Text Classifier Algorithm" To be published in The Proceedings of The 17th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI), Langham Palace Hotel, Hong Kong, November 2005.
- จุฑามาสฉอเรืองวิวัฒน์ และ วรพจน์ กรีสุระเดช "ยูนิฟายอะแดปทีพเรโซเน้นเทียรี่สำหรับข้อมูลเชิงตัวเลขและข้อมูลข้อความ,"จะถูกตีพิมพ์ใน The Proceedings of The 8th National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC) กรุงเทพประเทศไทยตุลาคม 2548
- พวงผกา คุณาสิทธิ์ และ วรพจน์ กรีสุระเดช "การจำแนกประเภทเอกสารโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบเท็กซิมพลิไฟด์อาร์ทแม็พ,"จะถูกตีพิมพ์ใน The Proceedings of The 8th National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC) กรุงเทพประเทศไทยตุลาคม 2548
- สุภาภรณ์ บุตรดีวงษ์ และ วรพจน์ กรีสุระเดช "อัลกอริทึมใหม่สำหรับการจำแนกประเภทเอกสารโดยใช้กฎความสัมพันธ์,"จะถูกตีพิมพ์ใน The Proceedings of The 8th National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC) กรุงเทพประเทศไทยตุลาคม 2548
- Kreesuradej W. and Suwanlamai A. "Document Clustering with Pairwise Constraints" The Proceedings of The International Conference on Intelligent Computing (ICIC), Hefei, China, August 2005, pp. 1381-1390.
- วรพจน์ กรีสุระเดช และ อภิญญา สุวรรณละมัย "เท็กโปรเซสซิ่งโคโฮเนนนิวรอลเน็ตเวิร์คโดยการใช้กฎระหว่างสองข้อมูล" The Proceedings of The 1st Northeastern Computer Science and Engineering Conference ขอนแก่นประเทศไทยเมษายน 2548 หน้า 277-282
- Kreesuradej W. and Kunasit P. "Text Processing Simplified ARTMAP Neural Network," The WSEAS Trans. On Information Science and Application, V.2, I.2, February 2005, pp. 116-120.
- Kreesuradej W. and Thipmoud B. "A New Algorithm for Web Sequential Pattern Discovery" The Proceedings of The International Technical Conference on Circuits Systems, Computers and Communications, Miyagi-Pref., Japan, July 2004.
- Thipmoud B. and Kreesuradej W. "A New Sequential Pattern Discovery Algorithm for Web Usage Mining," The WSEAS Trans. On Computers, V.3, I.3, July. 2004, pp. 801-806.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Kreesuradej W., Chantasut N. and Kruklai W., "Clustering Text Data Using Text ART Neural Network,"The WSEAS Trans. On Systems, V.3, I.1, January. 2004, pp. 200-205.
- Kreesuradej W.,Saensanor S., Chutipongpattanakul S. and Kruaklai W.," A Text Processing Competitive Learning Neural Network," The Proceedings of The Third International Symposium on Communications and Information Technology, Songkhla, Thailand, September. 2003, pp. 617-620.
- Kreesuradej W.,Chutipongpattanakul S. and Kruklai W., "A Text Processing Kohonen Neural Network," The Proceedings of IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation, Kobe, Japan, July 2003, pp. 36-39.
- Kreesuradej W., and Chantasut N., "Text Processing Adaptive Resonance Theory Neural Network,"Intelligent Engineering Systems ThroughArtificialNeuralNetworks, V.12, November. 2002, pp. 625-630.
- Kreesuradej W., andBunyarodol D., "A FastAdaptiveFuzzyAutoregressiveModel," ArtificialNeuralNetworksinEngineeringConference, Missouri, U.S.A., November 1999, pp. 581-586.
- Kreesuradej W., andWiwattanakantang C., "FuzzyNARMAmodel," The Proceedings of IEEEInternationalSymposiumonIntelligentSignalProcessingandCommunicationSystems, Phuket, Thailand, December 1999, pp. 67-72.
- Kreesuradej W., andBunyarodol D., "A Multi-CriteriaRuleAdaptiveAlgorithmforFuzzySystems," The Proceedings of IEEEInternationalSymposiumonIntelligentSignalProcessingandCommunicationSystems, Phuket, Thailand, December 1999, pp. 61-63.
- Kreesuradej W., andBunyarodol D., "AnOn-lineRuleAdaptiveLearningforFuzzySystems," The Proceedings of InternationalTechnicalConferenceonCircuits Systems, ComputersandCommunications, Niigata, Japan, July 1999, pp. 363-365.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติคณะผู้วิจัย ข

ผู้ร่วมวิจัย

(ภาษาไทย) นายปัณณวิชญ์อริยธนะกตวงศ์

(ภาษาอังกฤษ)Mr.PannavichAriyatanakatawong

ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์พิเศษและผู้ช่วยนักวิจัย

ภาควิชา วิทยาศาสตร์สารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

โทรศัพท์ 02-723-4968 โทรสาร 02-723-4910 E-mailapannavich@gmail.com

ระบุขอบเขตงานที่รับผิดชอบในโครงการนี้ผู้ช่วยนักวิจัย

เปอร์เซนที่รับผิดชอบ 50 %

ประวัติการศึกษาสูงสุด

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปี
Computer Science	Computer Science	The University of The Thai Chamber of Commerce	2539

ผลงานผู้ร่วมวิจัยโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้องและผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

พ.ศ.2556 A Simulation and Genetic Optimization Framework for Optimizing Nitrogen Fertilization for Rice Crop

พ.ศ.2556 การศึกษาความหลากหลายของพันธุ์ข้าวพื้นเมืองและพันธุ์ข้าวปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจังหวัดฉะเชิงเทรา.

พ.ศ.2556 การพัฒนาการผลิตข้าวชีวภาพโดยใช้เทคนิคการหว่านสำรวยเพื่อลดภาวะโลกร้อนและถ่ายทอดเทคโนโลยี. สู่ชุมชน

พ.ศ. 2555 การศึกษาความหลากหลายและคุณภาพน้ำมันของพันธุ์ปาล์มที่ปลูกใน ดินเปรี้ยวเพื่อผลิตไบโอดีเซชุมชน: จังหวัดฉะเชิงเทรา

พ.ศ. 2555 การพัฒนาไบโอดีเซลชุมชนจากปาล์มน้ำมันในเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี

พ.ศ. 2554 การพัฒนาและจัดทำแปลงสาธิตการผลิตข้าวชีวภาพ ในสภาพดินกรดเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

พ.ศ. 2553 การศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อผลผลิตข้าวในพื้นที่ดินเค็ม

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ2549-2552 บริษัท โซนี่ อิเล็คทริกส์(ประเทศไทย) จำกัดตำแหน่ง IT Specialist (SP2) วิเคราะห์งาน และพัฒนาซอฟต์แวร์ส่วนวางแผนการผลิต และจัดหาวัตถุดิบ

พ.ศ.2545-2549 บริษัท โตไก อิสเทิร์น รับเบอร์ (ประเทศไทย) จำกัดผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ บริษัทโตโยต้า จำกัด ตำแหน่ง IT Supervisor วิเคราะห์และพัฒนาระบบอุตสาหกรรมการผลิต และระบบบัญชี

พ.ศ. 2542-2544 บริษัท บิซิเนส คอมพิวเตอร์ เซอร์วิส เซนเตอร์ จำกัด (ซอฟแวร์เฮาส์) ตำแหน่ง Programmer Database Developer ระบบลูกหนี้ เจ้าหนี้ และสินทรัพย์ประจำที่ธนาคารสแตนดาร์ด ชาตเตอร์ จำกัด สำนักงานใหญ่

พ.ศ. 2539-2541 ผู้ช่วยอาจารย์สอนภาษาคอมพิวเตอร์ Basic ,C ,COBOL, RPG, Foxproมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วุฒิบัตรทางด้านคอมพิวเตอร์

-Linux RedHat v.6 Server Install and Administrator management by NECTECT

-Crystal Report Design I,II V.9 Course by Sahasedsiri International Ltd.

-Auto CAD 2D,3D by ECC

-Web Design and Web site Development by Net Design School

-Implementing a MS Windows Server 2003 Network Infrastructure: Network Hosts by Microsoft Certified Technical Education Center

-MSOC Certification Microsoft Exccel2000, Microsoft Word 2000, PowerPoint 2000 by Microsoft Office Specialist Official

-Core Java I, II Certificate by APTECH Worldwide (Education Center)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T142913

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้