การหาค่าที่เหมาะสมและการประยุกต์

OPTIMIZATION AND ITS APPLICATION

พิมพ์ครั้งที่ 2

คมกฤต เล็กสกุล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติและผลงาน

รศ.ดร.คมกฤต เล็กสกุล

ประวัติการศึกษา

Doctor of Engineering	Asian Institute of Technology, Thailand (Industrial Engineering) ปี 2548
Master of Engineering	Asian Institute of Technology, Thailand (Industrial Engineering) ปี 2541
Bachelor of Engineering (1st Honor)	Chiang Mai University, Thailand (Industrial Engineering) ปี 2539

ประวัติการทำงานสายวิชาการ

ดำรงตำแหน่งอาจารย์	ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 - 2549
ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์	ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 - 2555
ดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์	ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 – ปัจจุบัน
ดำรงตำแหน่งรองผู้อำนวยการภาระกิจจัดสรรงบประมาณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม	ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 - ปัจจุบัน
ดำรงตำแหน่งประธานหลักสูตรดุษฎีบัณฑิตสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ	ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 – ปัจจุบัน
ดำรงตำแหน่งรองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย	ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 - 2562
ดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการศูนย์บริหารงานวิจัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 – 2561
ดำรงตำแหน่งบรรณาธิการวารสารระดับนานาชาติ (Chiang Mai University Journal of Natural Sciences)	ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 – 2561

ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยคณบดีฝ่ายประกันคุณภาพการศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ดำรงตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายพัฒนาคุณภาพนักศึกษาและประกันคุณภาพการศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติการทำงานสายวิชาชีพ

ภาคีวิศวกรสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ	ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 – 2555
สามัญวิศวกรสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ	ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 – 2560
วุฒิวิศวกรสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ	ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 – ปัจจุบัน

ประวัติการรับเครื่องราชอิสริยาภรณ์

จัตุรถาภรณ์ช้างเผือก	ปีที่ได้รับ พ.ศ. 2544
ทวีติยาภรณ์มงกุฎไทย	ปีที่ได้รับ พ.ศ. 2551
ทวีติยาภรณ์ช้างเผือก	ปีที่ได้รับ พ.ศ. 2556
ประถมาภรณ์มงกุฎไทย	ปีที่ได้รับ พ.ศ. 2560

ความเชี่ยวชาญ

Mathematic Optimization
Inventory Optimization
Plant Layout and Design
Logistic and Supply Chain Mathematic Modeling
Micro Electro Mechanical System (MEMs)
Plasma Technology

ตำแหน่งในหน่วยงานเอกชน

ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการโรงงานแป้งมันชัยศิริ จังหวัดกาฬสินธุ์ ปี พ.ศ. 2540 – 2542
ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการโรงงานแป้งมันชัยเจริญ จังหวัดมหาสารคาม ปี พ.ศ. 2540 – 2542

การหาค่าที่เหมาะสม และการประยุกต์

OPTIMIZATION AND ITS APPLICATION

พิมพ์ครั้งที่ 2

คมกฤต เล็กสกุล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การหาค่าที่เหมาะสมและการประยุกต์ พิมพ์ครั้งที่ 2
(Optimization and Its Application)
ISBN: 978-616-398-495-1
ผู้แต่ง: คมกฤต เล็กสกุล
เจ้าของและผู้จัดพิมพ์: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สำนักงานบริหารงานวิจัย สำนักงานมหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์: 0 5394 3603-4
โทรสาร: 0 5394 3600
https://cmupress.cmu.ac.th
E-mail: cmupress.th@gmail.com

พิมพ์ครั้งที่ 1: กันยายน 2560
พิมพ์ครั้งที่ 2: ตุลาคม 2563
ราคา: 750 บาท

ข้อมูลทางบรรณานุกรม

คมกฤต เล็กสกุล.
การหาค่าที่เหมาะสมและการประยุกต์.-- พิมพ์ครั้งที่ 2.-- เชียงใหม่ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำนักงานบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2563.
622 หน้า.
1. การหาค่าเหมาะที่สุดเชิงคณิตศาสตร์. 2. คณิตศาสตร์วิศวกรรม. I. ชื่อเรื่อง.
519.6

ISBN 978-616-398-495-1

ออกแบบและพิมพ์: สมสิบ คราฟท์
©สงวนลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ห้ามลอกเลียนแบบ ทำซ้ำ ดัดแปลง ส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ รวมทั้งการจัดเก็บถ่ายทอดไม่ว่ารูปแบบหรือวิธีการใดๆ ด้วยกระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ การถ่ายภาพ การบันทึกหรือวิธีการอื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาต

กรณีต้องการสั่งซื้อเป็นจำนวนมาก กรุณาติดต่อสำนักงานบริหารงานวิจัย สำนักงานมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
โทรศัพท์: 0 5394 3605 โทรสาร: 0 5394 3600
https://cmupress.cmu.ac.th, E-mail: cmupress.th@gmail.com

คำนิยม

ผมได้มีโอกาสรู้จัก รศ.ดร.คมกฤต เล็กสกุล จากการที่เป็นกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โดยเฉพาะอย่างยิ่งได้มีโอกาสทำงานอย่างต่อเนื่องด้วยกันในโครงการ Multi-Mentoring System และการเป็นกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิในคณะกรรมการอำนวยการ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.) จากที่ผ่านมาผมได้เห็นถึงความมุ่งมั่นและความตั้งใจในการทำงานของ อ.คมกฤต ในการทำหน้าที่เป็นผู้บริหารของ สกว. และ สกสว. ตลอดระยะเวลา 3 ปี นอกจากนั้นยังได้เห็นความก้าวหน้าในเชิงวิชาการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาตัวเองในการทำวิจัยอย่างต่อเนื่อง โดยมีผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นแบบอย่างที่ดีให้กับผู้บริหารและนักวิจัยอื่น ๆ

สำหรับหนังสือเรื่อง การหาค่าที่เหมาะสมและการประยุกต์ (Optimization and Its Application) ซึ่งแต่งโดย รศ. ดร.คมกฤต เล็กสกุล เล่มนี้ ได้นำเสนอ ความรู้ในการหาค่าที่เหมาะสมทั้งตัวแบบเชิงเส้นขนาดใหญ่ (Large Scale Linear Model) ตัวแบบเชิงจำนวนเต็ม (Integer Model) ตัวแบบไม่เชิงเส้น (Non-linear Model) การหาค่าที่เหมาะสมทั้งในแบบแม่นตรง (Exact Solution Approach) และแบบสามัญสำนึก (Heuristic Approach) ตลอดจนการประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมและงานบริการ ซึ่งเป็นแบบอย่างที่ดีที่ได้มีการนำเอาองค์ความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาจริง ซึ่งส่งผลกระทบต่อการลดต้นทุนในสถานประกอบการ โดยมีงานวิจัยและผลงานตีพิมพ์ในระดับนานาชาติที่ดำเนินการเองเป็นส่วนประกอบในหนังสือ ผมเห็นว่าหนังสือเล่มนี้เป็นหนังสือที่ดีมากเล่มหนึ่งที่เหมาะสำหรับ นิสิต นักศึกษา นักวิจัย และประชาชนทั่วไปเพื่อใช้ประกอบการเรียนและการดำเนินงานของตนเองต่อไป

สมชาย วงศ์วิเศษ

ศาสตราจารย์ ดร. สมชาย วงศ์วิเศษ

ศาสตราจารย์วิจัยดีเด่น และ เมธีวิจัยอาวุโส สกว.

กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ในคณะกรรมการอำนวยการ สกสว.

คำนิยม

หนังสือ “การหาค่าที่เหมาะสมและประยุกต์ใช้” โดย รองศาสตราจารย์ ดร.คมกฤต เล็กสกุล ถือเป็นเรื่องที่ตรงต่อยุคสมัยปัจจุบันที่เป็นสังคมฐานความรู้ การแก้ปัญหาและพัฒนา ควรมีการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ และใช้หลักความรู้เป็นฐาน

เรื่อง Optimization ในแง่พื้นฐาน คือ การพัฒนารูปแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาพื้นฐานต่าง ๆ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันพบว่าถูกนำมาใช้ประโยชน์มากขึ้นในหลากหลายวงการ ตั้งแต่การประยุกต์ใช้ทางวิศวกรรมในสาขาต่าง ๆ วิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีทางการเกษตร ไปจนถึงการประเมินเพื่อให้ได้ข้อสรุปจากผลการวิจัย หรือการคาดคะเนอย่างมีหลักการทางเศรษฐศาสตร์ หรือแม้แต่การประยุกต์ใช้ในงานทางด้านสาธารณสุขและการแพทย์

เนื้อหาในหนังสือนี้ได้เขียนขึ้นอย่างเป็นลำดับขั้น ที่ทำให้ผู้อ่านทำความเข้าใจได้ง่าย เรียนรู้และติดตามได้อย่างดี มีการรวมรูปแบบของสมการต่าง ๆอย่างเหมาะสม และมีความครบถ้วนในด้านเนื้อหา ซึ่งเชื่อมั่นว่าผู้ศึกษาสามารถนำเอาหลักการ และความรู้ไปประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ ด้านได้เป็นอย่างดี

นอกจากนั้นรองศาสตราจารย์ ดร.คมกฤต เล็กสกุล ยังได้นำเอาความรู้และผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยในเรื่องนี้มาถ่ายทอด เพื่อให้เกิดความมั่นใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้นด้วย

ศาสตราจารย์กิตติคุณ นพ.สุทธิพร จิตต์มิตรภาพ

ประธานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

คำนำ พิมพ์ครั้งที่ 1

หนังสือการหาค่าที่ดีที่สุดและการประยุกต์ เป็นหนังสือที่รวมรวบเอาความรู้ของผู้เขียนที่ได้สะสมมาตั้งแต่การเรียนระดับปริญญาโท ปริญญาเอก การสอน การเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และดุษฎีนิพนธ์ รวมถึงการวิจัยที่ผู้เขียนเป็นผู้ดำเนินงาน โดยหนังสือได้นำเสนอการจำแนกตัวแบบชนิดต่าง ๆ การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่ดีที่สุดโดยวิธีตรงผ่านโปรแกรมการคำนวณ การแก้ปัญหาโดยวิธีฮิวรีสติกส์ อาทิเช่น โครงข่ายประสาท วิธีการฟัซซี วิธีทางพันธุกรรม วิธีอาณานิคมมด วิธีอาณานิคมผึ้ง และวิธีกลุ่มอนุภาค โดยการพัฒนาโปรแกรมตามวิธีการเหล่านั้น หนังสือเล่มนี้ได้รับความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักศึกษาทั้งระดับปริญญาโทสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ปริญญาโทสาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ ระดับปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ และเจ้าหน้าที่ของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้เขียนต้องขอบคุณครอบครัว เพื่อนร่วมงาน ที่ให้กำลังใจเพื่อให้ผ่านพ้นช่วงเวลาที่ลำบากอีกช่วงหนึ่งของชีวิต หนังสือทุกเล่มย่อมมีความผิดพลาดซึ่งผู้เขียนได้ใช้ความพยายามอย่างมากในการตรวจทานแก้ไขเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์มากที่สุด อย่างไรก็ตามหนังสือเล่มนี้น่าจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่ตั้งใจศึกษา ซึ่งความดีที่จะได้ทั้งหมดจากหนังสือเล่มนี้ผู้เขียนขออุทิศให้บิดาของผู้เขียนที่ได้ล่วงลับไปแล้ว มารดา ภรรยา สมาชิกในครอบครัวทุกคน รวมถึง ครู อาจารย์ นักศึกษาและเจ้าหน้าที่ที่มีส่วนร่วมให้มีความสุขและมีสุขภาพที่ดีตลอดไป

สุดท้ายผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะได้สะท้อนให้เห็นถึงความตั้งใจ ความพยายาม ความมุ่งมั่น ความเพียรและความอดทน แด่ ลูก ลูกศิษย์และลูกน้อง ของผู้เขียน เพื่อจะได้นำพาให้เขาเหล่านั้นจะได้ประสพความสำเร็จดังที่ได้ตั้งใจไว้ต่อไป

คมกฤต เล็กสกุล

คำนำ พิมพ์ครั้งที่ 2

หนังสือการหาค่าที่ดีที่สุดและการประยุกต์ ในการพิมพ์ครั้งที่ 2 ได้ปรับแก้ไขข้อผิดพลาดจากการพิมพ์ในครั้งแรก โดยยังคงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในระดับบัณฑิตศึกษา ดุษฎีบัณฑิต และงานวิจัยที่ได้ดำเนินงานวิจัยร่วมกับนักศึกษาทั้งระดับปริญญาโทและปริญญาเอกของกระผม งานวิจัยส่วนใหญ่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารที่เป็นที่ยอมรับระดับนานาชาติ ผู้เขียนต้องขอบคุณทีมงานของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ได้อำนวยความสะดวกในการจัดพิมพ์ทั้งสองครั้ง ศูนย์หนังสือต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เป็นช่องทางในการนำเสนอหนังสือเล่มนี้ต่อนิสิต นักศึกษา และนักวิจัย ที่มีความสนใจในศาสตร์ทางด้านการหาค่าที่ดีที่สุดอีกครั้งหนึ่ง ผู้เขียนขอขอบคุณครอบครัว เพื่อนร่วมงาน ตลอดจนนักศึกษาที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ประโยชน์อันใดที่จะเกิดขึ้นจากองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาหนังสือเล่มนี้ผู้เขียนขออุทิศให้แด่บิดาที่ได้ล่วงลับไปแล้ว มารดา ภรรยา สมาชิกในครอบครัว ครู อาจารย์ นักศึกษาและเจ้าหน้าที่ที่มีส่วนร่วมให้ประสพแต่สิ่งดี ๆ และ มีสุขภาพที่แข็งแรงตลอดไป

คมกฤต เล็กสกุล

สารบัญ

คำนิยม

คำนำ III

สารบัญ IV

สารบัญภาพ X

สารบัญตาราง XVI

บทที่ 1 การหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization) 1

1.1 บทนำ 2
1.2 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) 3
แบบฝึกหัดท้ายบท 6
เอกสารอ้างอิง 7

บทที่ 2 ตัวแบบเชิงเส้นตรง (Linear Modeling) 9

2.1 บทนำ 10
2.2 การสร้างตัวแบบเชิงเส้นตรงสำหรับปัญหาการจัดการการผลิต (Production Management) 10
2.3 การสร้างตัวแบบเชิงเส้นตรงสำหรับปัญหาโภชนาการ (Nutritional Problem) 12
2.4 การสร้างตัวแบบเชิงเส้นตรงสำหรับการจัดกำลังคน (Manpower Allocation) 15
2.5 การสร้างตัวแบบเชิงเส้นตรงสำหรับการจัดการการลงทุน (Portfolio Management) 18
2.6 การสร้างตัวแบบเชิงเส้นตรงสำหรับปัญหาการผสม (Blinding Problem) 19
2.7 การสร้างตัวแบบเชิงเส้นตรงสำหรับปัญหาหลายคาบเวลา (Multi-Periods Problem) 28
2.8 การสร้างตัวแบบเชิงเส้นตรงสำหรับปัญหาการขนส่งและการขนส่งที่มีการถ่ายสินค้า (Transportation and Transhipment Problem) 36
2.9 การสร้างตัวแบบเชิงเส้นตรงสำหรับปัญหาการตัด (Stock-Slitting Problem) 40
2.10 การแก้ปัญหาตัวแบบเชิงเส้นตรงด้วยโปรแกรม Lingo 42
แบบฝึกหัดท้ายบท 47
เอกสารอ้างอิง 53

บทที่ 3 ตัวแบบจำนวนเต็ม (Integer Modeling) 55

3.1 บทนำ 56
3.2 การสร้างตัวแบบจำนวนเต็มเชิงเส้นตรงสำหรับปัญหาการจัดการการผลิต (Production Management) 56
3.3 การสร้างตัวแบบจำนวนเต็มเชิงเส้นตรงสำหรับการจัดการการลงทุน (Portfolio Management) 57
3.4 การสร้างตัวแบบจำนวนเต็มเชิงเส้นตรงสำหรับการกำหนดงาน (Assignment Problem) 60
3.5 การสร้างตัวแบบจำนวนเต็มเชิงเส้นตรงสำหรับการเก็บค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Charge Problem) 63
3.6 การสร้างตัวแบบจำนวนเต็มเชิงเส้นตรงสำหรับปัญหาครอบคลุม (Set Covering Problem) 68
3.7 การสร้างตัวแบบจำนวนเต็มเชิงเส้นตรงสำหรับปัญหาที่ต้องตอบสนองเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่ง (Either-Or Constraints Problem) 70
3.8 การสร้างตัวแบบจำนวนเต็มเชิงเส้นตรงสำหรับปัญหาเงื่อนไขถ้า-แล้ว (If-Then Constraints Problem) 73
3.9 การสร้างตัวแบบจำนวนเต็มเชิงเส้นตรงสำหรับปัญหาฟังก์ชันเส้นตรงเป็นช่วง ๆ (Piecewise Linear Functions) 74
3.10 การแก้ปัญหาตัวแบบจำนวนเต็มบริสุทธิ์ด้วยวิธีขั้นตอนขยายและจำกัดเขต (Branch and Bound Method for Solving Pure Integer Programming Problems) 76
3.11 การแก้ปัญหาตัวแบบ Knapsack Problem ด้วยวิธีขั้นตอนขยายและจำกัดเขต (Branch and Bound Method for Solving Knapsack Problems) 92
3.12 การแก้ปัญหาตัวแบบเชิงการจัดด้วยวิธีขั้นตอนขยายและจำกัดเขตสำหรับปัญหาการจัด (Branch and Bound Method for Solving Combinatorial Problems) 94
3.13 การแก้ปัญหาตัวแบบจำนวนเต็มบริสุทธิ์ด้วยวิธีระนาบตัด (Cutting Plane Method for Solving Pure Integer Programming Problems) 104

แบบฝึกหัดท้ายบท 107
เอกสารอ้างอิง 110

บทที่ 4 ตัวแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear Modeling) 113

4.1 บทนำ 114
4.2 ฟังก์ชันนูน (Convex Function) และ ฟังก์ชันเว้า (Concave Function) 115
4.3 เงื่อนไข Karush-Kuhn-Tucker (KKT Condition) 120
4.4 การแก้ปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับตัวแบบตัวแปรเดียวที่ไม่มีเงื่อนไข (Univariate Function Unconstrained Optimization) 121
4.5 การแก้ปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับตัวแบบหลายตัวแปรที่ไม่อาศัยอนุพันธ์ (Multidimensional Search Without Using Derivatives) 127
4.6 การแก้ปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับตัวแบบหลายตัวแปรที่อาศัยอนุพันธ์ (Multidimensional Search Using Derivatives) 133

4.7 ฟังก์ชันการปรับและกีดกัน (Penalty and Barrier Function) 139
4.8 การแก้ปัญหาตัวแบบไม่เชิงเส้นที่มีเงื่อนไขโดยวิธี Zoutendijk 141
4.9 การแก้ปัญหาตัวแบบไม่เชิงเส้นที่มีเงื่อนไขโดยวิธี Topkis-Veinott 148
แบบฝึกหัดท้ายบท 150
เอกสารอ้างอิง 153

บทที่ 5 โครงข่ายประสาท (Neural Networks: NNs) 161

5.1 บทนำ 162
5.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Back-Propagation Neural Networks) 167
5.3 การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์ 170
5.4 การพัฒนาตัวแบบสำหรับการพยากรณ์อุปทานของลำไยนอกฤดู 176
5.5 ระบบโครงข่ายประสาทคลุมเครือ (Neuro – Fuzzy Systems) 210
5.6 การประยุกต์โครงข่ายประสาทฟัซซีสำหรับองค์กรสมัยใหม่ 216
5.7 การพยากรณ์ระบบการวัดประสิทธิภาพสำหรับอุตสาหกรรมค้าปลีก ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทฟัซซี (Predictive Performance Measurement System for Retail Industry using Neuro-Fuzzy System) 222
5.8 การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทกับปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุด (Application of Neural Network to Optimization Problems) 246
5.9 วิธีหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับฟังก์ชันที่ไม่มีเงื่อนไข (Optimization Methods for Unconstrained Function) 252
แบบฝึกหัดท้ายบท 283
เอกสารอ้างอิง 288

บทที่ 6 วิธีเชิงพันธุกรรม 293

6.1 บทนำ 294
6.2 การเข้ารหัสโครโมโซม (Chromosome Encoding) 294
6.3 การกำหนดประชากรเริ่มต้น (Initial Population) 295
6.4 ฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness Function) 295
6.5 การครอสโอเวอร์ (Crossover) 296
6.6 การมิวเทชั่น (Mutation) 296
6.7 การเลือก (Selection) 297
6.8 การแทนที่ (Replacement) 297
6.9 โครงสร้างการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรม 298
6.10 การประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในระบบการทำงานและกระบวนการต่าง ๆ 299
6.11 การประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรม ในการแก้ปัญหาการสับเปลี่ยนหม้อแปลงจำหน่าย 302
6.12 การจัดตารางเวรพยาบาลโดยการใช้วิธีการค้นหาเชิงพันธุกรรม 316
แบบฝึกหัดท้ายบท 336
เอกสารอ้างอิง 338

บทที่ 7 ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) 343

7.1 บทนำ 344
7.2 ทฤษฎีฟัซซี (Fuzzy Set Theory) 344
7.3 ตัวแบบฟัซซีเชิงเส้นตรง (Fuzzy Linear Programming Model) 355
7.4 การเปรียบเทียบตัวแบบเชิงเส้นตรงสโตแคสติกและตัวแบบเชิงเส้นตรงฟัซซี (Comparison of Stochastic and Fuzzy Linear Programming) 362
7.5 การประยุกต์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ฟัซซี ในกระบวนการตัดแต่งพิเศษเนื้อไก่ 365
7.6 การประยุกต์ใช้ทางฟัซซีลอจิกในปัญหาการตัดสินใจบนพื้นฐานหลายวัตถุประสงค์ 386
7.7 การประยุกต์ใช้ทางฟัซซีลอจิกในปัญหาการจัดการหลักทรัพย์เพื่อการลงทุน 396
แบบฝึกหัดท้ายบท 429
เอกสารอ้างอิง 434

บทที่ 8 วิธีการแบบอาณาจักรมด (Ant Colony Optimization : ACO) 439

8.1 บทนำ 440
8.2 ขั้นตอนการทำงาน 441
8.3 ปัญหาการจัดเส้นทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem : TSP) 446
8.4 การแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่มีความไม่แน่นอนของเวลาเดินทางโดยวิธีการหาค่าที่ดีที่สุดแบบอาณาจักรมด (Stochastic Traveling Salesman Problem Solving Using Ant Colony Optimization) 451
8.5 การประยุกต์ใช้วิธีการแบบอาณาจักรมดในการบริการขนส่งรถบัสสำหรับพนักงานของโรงงานขนาดใหญ่ 460
แบบฝึกหัดท้ายบท 478
เอกสารอ้างอิง 482

บทที่ 9 วิธีการแบบอาณาจักรผึ้ง (Bee Colony) 485

9.1 บทนำ 486
9.2 ขั้นตอนและการทำงานของวิธีอาณานิคมผึ้งเทียม (Artificial Bee Colony Algorithm) 487
9.3 การประยุกต์ใช้วิธีอาณานิคมผึ้งเทียม (Artificial Bee Colony Algorithm) กับปัญหาแนปแซก (Knapsack Problem) 488
9.4 การประยุกต์ใช้วิธีอาณานิคมผึ้งเทียม (ArtificialBee Colony Algorithm) กับปัญหาการจัดสินค้าในตู้คอนเทนเนอร์ 492
9.5 การดัดแปลงวิธีอาณานิคมผึ้งเทียมด้วยวิธีพื้นฐานพาเรโตในการแก้ปัญหาแนปแซกแบบสามมิติหลายวัตถุประสงค์ (A Modified Artificial Bee Colony Algorithm with Pareto Based for Solving Multi-objectives Three Dimensional Knapsack Problem) 501
แบบฝึกหัดท้ายบท 521
เอกสารอ้างอิง 525

บทที่ 10 วิธีพาติคอลสวอมออปติมัยเซชั่น (Particle Swarm Optimization) 527

10.1 บทนำ 528
10.2 วิธีพาติคอลสวอมออปติมัยเซชั่น (PSO) 528
10.3 การหาค่าคำตอบด้วยวิธีพาติคอลสวอมออปติมัยเซชั่น (PSO) 530
10.4 การประยุกต์ใช้วิธีพาติคอลสวอมออปติมัยเซชั่น (PSO) ในการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบสโตแคศติกภายใต้ข้อจำกัดกรอบเวลาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 533
10.5 การประยุกต์ใช้วิธีพาติคอลสวอมออปติมัยเซชั่น (PSO) ในการจัดเส้นทางเฮลิคอปเตอร์สำหรับตรวจสายส่งไฟฟ้าแรงสูง 558
แบบฝึกหัดท้ายบท 571
เอกสารอ้างอิง 578

ดัชนี 585

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1	แสดงรูปแบบการขนส่งสินค้า (Classical Transportation Problem)	36
รูปที่ 2.2	แสดงรูปแบบการการขนส่งที่มีการถ่ายสินค้า (Transhipment Problem)	38
รูปที่ 2.3	แสดงผลลัพธ์จากการ Run โปรแกรม	42
รูปที่ 3.1	แสดงการแก้ปัญหาย่อยที่ 1 ด้วยกราฟ	77
รูปที่ 3.2	แสดงการแก้ปัญหาย่อยที่ 2 ด้วยกราฟ	78
รูปที่ 3.3	แสดงการแก้ปัญหาย่อยที่ 4 ด้วยกราฟ	79
รูปที่ 3.4	แสดงการแก้ปัญหาย่อยที่ 5 ด้วยกราฟ	80
รูปที่ 3.5	แสดงการแก้ปัญหาย่อยที่ 6 ด้วยกราฟ	81
รูปที่ 3.6	แสดงการแก้ปัญหาย่อยที่ 7 ด้วยกราฟ	83
รูปที่ 3.7	แสดงการแก้ปัญหาย่อยที่ 3 ด้วยกราฟ	84
รูปที่ 3.8	แสดงการแก้ปัญหาย่อยที่ 8 ด้วยกราฟ	85
รูปที่ 3.9	แสดงการแก้ปัญหาย่อยที่ 9 ด้วยกราฟ	87
รูปที่ 3.10	แสดงขั้นตอนขยายและจำกัดเขตสำหรับปัญหาย่อยที่ 1	88
รูปที่ 3.11	แสดงคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาย่อยที่ 2 ซึ่งเป็นตัวแทนคำตอบ (Candidate Solution)	88
รูปที่ 3.12	แสดงขั้นตอนขยายและจำกัดเขตสำหรับปัญหาย่อยที่ 3 และคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาย่อยที่ 3	89
รูปที่ 3.13	แสดงขั้นตอนขยายและจำกัดเขตสำหรับปัญหาย่อยที่ 3 และคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาย่อยที่ 4	90
รูปที่ 3.14	แสดงการแก้ปัญหาตัวแบบ Knapsack Problem (ปัญหาที่ 3.11) ด้วยวิธีขั้นตอนขยายและจำกัดเขต	93
รูปที่ 3.15	แสดงวิธีการในการแก้ปัญหาการจัดลำดับงานด้วยวิธีขั้นตอนขยาย และจำกัดเขตของปัญหาที่ 3.12	95
รูปที่ 3.16	แสดงวิธีการในการแก้ปัญหาการจัดลำดับงานด้วยวิธีขั้นตอนขยาย และจำกัดเขตและคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาย่อยที่ 1	97
รูปที่ 3.17	แสดงคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาย่อยที่ 2	98
รูปที่ 3.18	แสดงวิธีการในการแก้ปัญหาการจัดลำดับงานด้วยวิธีขั้นตอนขยาย และจำกัดเขตของปัญหาย่อยที่ 2 และคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาย่อยที่ 4	99
รูปที่ 3.19	แสดงคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาย่อยที่ 5	100
รูปที่ 3.20	แสดงคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาย่อยที่ 3	101
รูปที่ 3.21	แสดงวิธีการในการแก้ปัญหาการจัดลำดับงานด้วยวิธีขั้นตอนขยายและจำกัดเขต ของปัญหาย่อยที่ 3 และคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาย่อยที่ 6	102
รูปที่ 3.22	แสดงคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาย่อยที่ 7	103
รูปที่ 3.23	แสดงการหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีกราฟของปัญหา 3.14 ในกรณีผ่อนคลาย	106
รูปที่ 3.24	แสดงการหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีกราฟของปัญหา 3.14 เมื่อมีการเพิ่มระนาบตัด	106

รูปที่ 4.1	กราฟและค่าที่ดีที่สุดของตัวแบบไม่เชิงเส้น	114
รูปที่ 4.2	แสดงตัวอย่างของฟังก์ชันนูน ฟังก์ชันเว้า และฟังก์ชันที่ไม่ใช่ฟังก์นั่นนูนและเว้า	116
รูปที่ 4.3	แสดงการหาคำตอบที่ต่ำที่สุดด้วยวิธีการค้นหาแบบมีรูปแบบ	121
รูปที่ 4.4	แสดงการค้นหาแบบวิธีฮุกและจีป	127
รูปที่ 5.1	เซลล์ระบบประสาทของสิ่งมีชีวิตและโครงข่ายประสาทเทียม	162
รูปที่ 5.2	แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	162
รูปที่ 5.3	สถาปัตยกรรมพื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวและหลายชั้น	164
รูปที่ 5.4	โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น	164
รูปที่ 5.5	ฟังก์ชันถ่ายโอน	165
รูปที่ 5.6	สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ	167
รูปที่ 5.7	การพยากรณ์ปริมาณการส่งออกข้าว	170
รูปที่ 5.8	การพยากรณ์ความต้องการสินค้าในซุปเปอร์มาร์เก็ต	172
รูปที่ 5.9	การพยากรณ์ยอดขายแหวน	173
รูปที่ 5.10	แสดงโครงสร้างการพัฒนาตัวแบบ	177
รูปที่ 5.11	สถาปัตยกรรมของระบบโครงข่ายประสาทความคลุมเครือ (Fuzzy Neural Network System)	181
รูปที่ 5.12	กราฟเส้นตรงของข้อมูลอุณหภูมิในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี	181
รูปที่ 5.13	ฮีสโตแกรมของข้อมูลอุณหภูมิในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี	182
รูปที่ 5.14	กราฟเส้นตรงของข้อมูลความชื้นในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี	182
รูปที่ 5.15	ฮีสโตแกรมของข้อมูลความชื้นในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี	183
รูปที่ 5.16	กราฟเส้นตรงของข้อมูลความเร็วลมในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี	183
รูปที่ 5.17	ฮีสโตแกรมของข้อมูลความเร็วลมในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี	183
รูปที่ 5.18	กราฟเส้นตรงของข้อมูลปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี	184
รูปที่ 5.19	ฮีโตแกรมของข้อมูลปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี	184
รูปที่ 5.20	แสดงสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบเต็ม	185
รูปที่ 5.21	ความสัมพันธ์ระหว่างรอบของการสอน การตรวจสอบความถูกต้อง และการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบเต็มกับค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง	186
รูปที่ 5.22	ความสัมพันธ์ของการสอน การตรวจสอบความถูกต้องและการทดสอบ ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบเต็มเทียบกับค่าเป้าหมาย	187
รูปที่ 5.23	แสดงสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบย่อ	191
รูปที่ 5.24	ความสัมพันธ์ระหว่างรอบของการสอน การตรวจสอบความถูกต้อง และการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบย่อกับค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง	193
รูปที่ 5.25	ความสัมพันธ์ของการสอน การตรวจสอบความถูกต้องและการทดสอบ ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบย่อเทียบกับค่าเป้าหมาย	191
รูปที่ 5.26	แสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของปัจจัยทั้ง 4 ในช่วงเดือน เม.ย.-พ.ค.	196
รูปที่ 5.27	แสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของปัจจัยทั้ง 4 ในช่วงเดือน ก.ค.-ส.ค.	196
รูปที่ 5.28	แสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของปัจจัยทั้ง 4 ในช่วงเดือน พ.ย.-ธ.ค.	197
รูปที่ 5.29	แสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของปัจจัยทั้ง 4 ในช่วงเดือน ม.ค.-มี.ค.	197
รูปที่ 5.30	แสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของปริมาณผลผลิต	198

รูปที่ 5.31	แสดงสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบความคลุมเครือ	198
รูปที่ 5.32	แสดงข้อมูลของปัจจัยที่คลุมเครือและผลการ Defuzzyification	201
รูปที่ 5.33	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบของการสอน การตรวจสอบความถูกต้องและการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบความคลุมเครือกับค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง	203
รูปที่ 5.34	ความสัมพันธ์ของการสอน การตรวจสอบความถูกต้องและการทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบความคลุมเครือเทียบกับค่าเป้าหมาย	204
รูปที่ 5.35	แสดงการปรับของ PSO ของตำแหน่งและความเร็วของอนุภาค	215
รูปที่ 5.36	แผนการเรียนรู้แบบโครงข่ายประสาทฟัซซี่ (Neuro-Fuzzy Symbolic Network)	217
รูปที่ 5.37	สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทฟัซซี	226
รูปที่ 5.38	วิธีดำเนินการของ ANFIS-PSO สำหรับ PPMS	228
รูปที่ 5.39	รูปแบบระบบการพยากรณ์ประสิทธิภาพ	229
รูปที่ 5.40	โครงข่ายประสาทที่ประกอบด้วยข้อมูลขาเข้า 4 โหนดและข้อมูลขาออกเป็นยอดขายเดือนถัดไป	231
รูปที่ 5.41	สถาปัตยกรรมของชุดอนุภาค (Array $swarm)	231
รูปที่ 5.42	กระบวนการในการสร้างตัวแบบ ANFIS-PSO	232
รูปที่ 5.43	แนวคิดในกระบวนการทำงานแบบขนาน (Parallel Processing)	233
รูปที่ 5.44	ฟังก์ชันสามเหลี่ยมที่ดีที่สุดซึ่งเป็นข้อมูลขาเข้า	234
รูปที่ 5.45	ผลลัพธ์ของระบบการพยากรณ์ประสิทธิภาพการวัดเชิงเดียว	235
รูปที่ 5.46	กราฟแสดงรูปแบบการลู่เข้าของตัวแบบ ANFIS-PSO	236
รูปที่ 5.47	MAPE และระยะเวลาในการคำนวณในแต่ละชุดคำนวณ	236
รูปที่ 5.48	ผลลัพธ์ของการวัดประสิทธิภาพสำหรับแต่ละตัวแบบ	239
รูปที่ 5.49	ฟังก์ชันสมาชิกชนิดสามเหลี่ยมสำหรับยอดขายในเดือนถัดไป	240
รูปที่ 5.50	ฟังก์ชันสมาชิกชนิดสามเหลี่ยมสำหรับค่าใช้จ่ายในเดือนถัดไป	240
รูปที่ 5.51	ค่า MAPE จากข้อมูลที่ไม่ได้ใช้มาก่อน	241
รูปที่ 5.52	ผลลัพธ์ที่ได้จาก composite PPMS	242
รูปที่ 5.53	สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทสำหรับตัวแบบที่ 1 เพื่อลดความล่าช้ารวม	259
รูปที่ 5.54	สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทสำหรับตัวแบบที่ 3 เพื่อลดค่าความล่าช้าสูงสุด	261
รูปที่ 5.55	สถาปัตยกรรมโครงข่ายสประสาทสำหรับตัวแบบที่ 5 เพื่อลดจำนวนงานที่ล่าช้า	263
รูปที่ 5.56	สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทสำหรับคำนวณค่า T	268
รูปที่ 5.57	สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทสำหรับคำนวณค่า $Z_{1,k}$	269
รูปที่ 5.58	สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทสำหรับคำนวณค่า $Z_{2,k}$	269
รูปที่ 5.59	สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทสำหรับคำนวณค่า Z_3	270
รูปที่ 5.60	สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทสำหรับคำนวณค่า Z_4	270
รูปที่ 5.61	สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทสำหรับคำนวณค่า $Z_{5,k}$	271
รูปที่ 5.62	สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทสำหรับคำนวณค่า v_{ij}	272
รูปที่ 6.1	ตัวอย่างการครอสโอเวอร์แบบจุดเดียว	296
รูปที่ 6.2	ตัวอย่างการมิวเทชั่นแบบกลับบิท (Bit Flipping Mutation)	297
รูปที่ 6.3	โครงสร้างการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรม	298
รูปที่ 6.4	แสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของปริมาณฟัซซี่รูปสี่เหลี่ยมคางหมู	307

รูปที่ 6.5	ตัวอย่างการเข้ารหัสของโครโมโซม	308
รูปที่ 6.6	แสดงตัวอย่างรูปแบบการครอสโอเวอร์แบบจุดเดียว	308
รูปที่ 6.7	แสดงตัวอย่างรูปแบบการครอสโอเวอร์แบบวงรอบ	309
รูปที่ 6.8	แสดงตัวอย่างรูปแบบการมิวเทชั่นที่ใช้ในงานวิจัย	310
รูปที่ 6.9	กราฟผลการทดสอบของต้นทุนรวมของการสับเปลี่ยนหม้อแปลงจำหน่าย	311
รูปที่ 6.10	กราฟผลการทดสอบของต้นทุนค่าอุปกรณ์-ค่าแรง	312
รูปที่ 6.11	กราฟผลการทดสอบของต้นทุนค่าขนส่ง	312
รูปที่ 6.12	กราฟผลการทดสอบของต้นทุนพลังงานไฟฟ้าสูงเสียในขดลวด	313
รูปที่ 6.13	แสดงเส้นทางการสับเปลี่ยนหม้อแปลงจำหน่าย	315
รูปที่ 6.14	แบบจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมอาร์พา	322
รูปที่ 6.15	รูปแบบการสร้างรหัสโครโมโซม	326
รูปที่ 6.16	แสดงให้เห็นว่าข้อมูลถูกกระจายอย่างต่อเนื่องเป็นปกติปราศจากการโน้มเอียงและสามารถใช้ทำนายผลภายหน้าได้	326
รูปที่ 6.17	แสดงโครงแบบของผลตอบ	329
รูปที่ 6.18	แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ผลตอบที่ดีที่สุดของสมการเป้าหมาย	330
รูปที่ 7.1	บูลีนลอจิก (Boolean Logic) กับฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic)	344
รูปที่ 7.2	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในเซตของวัยรุ่นแบบดั้งเดิม	345
รูปที่ 7.3	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในเซตของวัยรุ่นแบบฟัซซีเซต	345
รูปที่ 7.4	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเซตแบบดั้งเดิมและเซตแบบฟัซซี	345
รูปที่ 7.5	ยูเนียนของฟัซซีเซต A และ B	347
รูปที่ 7.6	อินเตอร์เซ็กชันเซตของฟัซซีเซต A และ B	348
รูปที่ 7.7	คอมพลีเมนต์ของฟัซซีเซต A และ B	349
รูปที่ 7.8	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม	351
รูปที่ 7.9	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสี่เหลี่ยมคางหมู	351
รูปที่ 7.10	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบเกาส์เซียน	352
รูปที่ 7.11	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบระฆังคว่ำ	352
รูปที่ 7.12	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบตัวเอส	353
รูปที่ 7.13	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบตัวแซด	354
รูปที่ 7.14	ฟังก์ชันสมาชิกสำหรับชั่วโมงแรงงานและวัตถุดิบในตัวอย่าง	356
รูปที่ 7.15	ขั้นตอนหลักของโรงฆ่าสัตว์	365
รูปที่ 7.16	ชิ้นส่วนหลักของไก่ที่ถูกหั่นแล้ว	366
รูปที่ 7.17	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ตัดแต่งพิเศษ	367
รูปที่ 7.18	ความสัมพันธ์แบบสามเหลี่ยมของปริมาณความต้องการ	373
รูปที่ 7.19	ความสัมพันธ์ของชั่วโมงการทำงานสำหรับแต่ละสายการผลิต	374
รูปที่ 7.20	ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของการมอบหมายงานให้กะทำงานของ k = 1 ในสัปดาห์แรก	376
รูปที่ 7.21	แผนภาพตัวแบบดั้งเดิมของการมอบหมายงานให้กะทำงานของ k = 1 ในสัปดาห์แรก	377
รูปที่ 7.22	แผนภาพตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของการมอบหมายงานให้กะทำงานของ k = 2 ในสัปดาห์แรก	377
รูปที่ 7.23	แผนภาพตัวแบบการตัดสินใจโดยมนุษย์ของการมอบหมายงานให้กะทำงานของ k = 2 ในสัปดาห์แรก	378

รูปที่ 7.24	แผนภูมิแสดงผลกรทบหลังต่อรายได้รวมในสัปดาห์ที่ 3	383
รูปที่ 7.25	แผนภูมิแสดงประมาณการปัจจัยที่มีผลกระทบต่อรายได้รวมในสัปดาห์ที่ 3	383
รูปที่ 7.26	กราฟพื้นผิวตอบสนองของรายได้รวมสำหรับ θ และ γ ในสัปดาห์ที่ 3	384
รูปที่ 7.27	กราฟโครงร่างของรายได้รวมสำหรับ θ และ γ ในสัปดาห์ที่ 3	385
รูปที่ 7.28	โครงสร้างลำดับขั้นของการคัดเลือกเส้นทางการขนส่ง จากตอนเหนือของประเทศไทย ไปยังตอนใต้ของประเทศจีน	387
รูปที่ 7.29	ขั้นตอนการหาค่า $\mathrm{OFM}_{\mathrm{i}}$	388
รูปที่ 7.30	ขั้นตอนการหาค่า $\mathrm{SFM}_{\mathrm{i}}$	388
รูปที่ 7.31	ขั้นตอนการหาค่า $\mathrm{RSI}_{\mathrm{i}}$	389
รูปที่ 7.32	เปรียบเทียบค่า RSI ของแต่ละทางเลือกสำหรับ Model 1	390
รูปที่ 7.33	เปรียบเทียบค่า RSI ของแต่ละทางเลือกสำหรับ Model 2	392
รูปที่ 7.34	เปรียบเทียบค่า RSI ของแต่ละทางเลือกสำหรับ Model 3	393
รูปที่ 7.35	เปรียบเทียบค่า RSI ของแต่ละทางเลือกสำหรับ Model 4	395
รูปที่ 8.1	แสดงธรรมชาติการเดินของมด	440
รูปที่ 8.2	แผนผังลักษณะของโปรแกรมตามอัลกอริทึมของวิธีการหาคำตอบแบบอาณานิคมมด	445
รูปที่ 8.3	แสดงลักษณะของปัญหาในรูปแบบของระยะเวลาเดินทาง (กรณี 3 สถานี)	452
รูปที่ 8.4	แผนผังลักษณะของโปรแกรมตามอัลกอริทึมของวิธีการหาค่าที่ดีที่สุดแบบอาณาจักรมด	457
รูปที่ 8.5	แผนผังแสดงการเลือกตำแหน่งจุดจอดรถบัสรับ-ส่ง ที่เหมาะสม	468
รูปที่ 8.6	พิกัดที่อยู่อาศัยของพนักงานในระบบ GPS	472
รูปที่ 8.7	แสดงอัตราการเรียนรู้ของวิธีการเรียนรู้แบบแข่งขันกับระยะทางรวมทั้งหมด	472
รูปที่ 8.8	ผลการหาจำนวนจุดจอดรับ-ส่ง ด้วยวิธี AI ทั้ง 6 วิธี	473
รูปที่ 8.9	แสดง 21 เส้นทาง กรณีศึกษาซึ่งคลอบคลุม 400 จุดจอดรถรับ-ส่ง	477
รูปที่ 9.1	การหาคำตอบที่ดีที่สุดของการตัดแบบของชิ้นส่วน p_i ชิ้น ในปัญหาแนปแซกสองมิติ	489
รูปที่ 9.2	แนปแซกและการวางสิ่งของในระบบสามมิติ	489
รูปที่ 9.3	แสดงเซตกลุ่มคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Pareto Optimal Set) ของวิธีพื้นฐานพาเรโต (Pareto-Based Approach)	492
รูปที่ 9.4	แสดงลักษณะการหมุนกล่องที่พิจารณา	493
รูปที่ 9.5	แสดงลักษณะการหมุนกล่องที่ไม่พิจารณา	493
รูปที่ 9.6	แสดงตัวแปรของ Knapsack หรือตู้คอนเทนเนอร์	494
รูปที่ 9.7	แสดงตัวแปรของกล่องชนิดที่ i	495
รูปที่ 9.8	แสดงขนาดของกล่อง i ตาม Dimension δ เมื่อกล่องหมุนด้วยการหมุน r	495
รูปที่ 9.9	แสดงขนาดของ Knapsack ตามแนวแกน δ	495
รูปที่ 9.10	แสดงตำแหน่งของ γ_{ir}^{δ}	495
รูปที่ 9.11	แสดงตำแหน่งของจุด χ_i^{δ}	496
รูปที่ 9.12	3 Dimensions	496
รูปที่ 9.13	ลักษณะการวางกล่องใน knapsack	499
รูปที่ 9.14	แสดงขั้นตอนการทำงานของวิธีการอาณานิคมผึ้งเทียมแบบมาตรฐาน โดย	502
รูปที่ 9.15	แสดงขั้นตอนการดัดแปลงวิธีอาณานิคมผึ้งเทียมด้วยวิธีพื้นฐานพาเรโต (A Modified Artificial Bee Colony Algorithm with Pareto Based)	504

รูปที่ 9.16	แสดงลักษณะของโปรแกรม Matlab version R2013	506
รูปที่ 9.17	แสดงการพัฒนาโปรแกรม Matlab version R2013 เพื่อแก้ปัญหาแนปแซกสามมิติหลายวัตถุประสงค์	506
รูปที่ 9.18	แสดงกำไร (Profit) และพื้นที่ว่าง (Broken Space) ที่ได้จากการหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยจำนวนฝูงผึ้ง(Colony Size) ที่แตกต่างกัน ในกรณีศึกษาที่ 4	508
รูปที่ 9.19	แสดงกำไร (Profit) และพื้นที่ว่าง (Broken Space) ที่ได้จากการหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยจำนวนฝูงผึ้ง(Colony Size) ที่แตกต่างกัน ในกรณีศึกษาที่ 5	509
รูปที่ 9.20	แสดงกำไร (Profit) และพื้นที่ว่าง (Broken Space) ที่ได้จากการหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยจำนวนฝูงผึ้ง(Colony Size) ที่แตกต่างกัน ในกรณีศึกษาที่ 6	510
รูปที่ 9.21	แสดงกำไร (Profit) และพื้นที่ว่าง (Broken Space) ที่ได้จากการหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยจำนวนฝูงผึ้ง(Colony Size) ที่แตกต่างกัน ในกรณีศึกษาที่ 7	511
รูปที่ 9.22	แสดงค่าที่เหมาะสม (Profit) ที่ได้จากการทดสอบเปลี่ยนจำนวนวนรอบ (Loop) ในกรณีศึกษาจาก Knapsack Library : P07	513
รูปที่ 10.1	แสดงแผนผังการทำงานของ PSO	531
รูปที่ 10.2	แสดงการคำนวณการเคลื่อนที่แต่ละอนุภาค	533
รูปที่ 10.3	แสดงแนวคิดเชิงยุทธศาสตร์สำหรับการจัดทำแผนหลักการพัฒนาระบบขนส่งและจราจรปี พ.ศ. 2554-2563	534
รูปที่ 10.4	แสดงผลกระทบของการปลดปล่อยก๊าซ CO_2	535
รูปที่ 10.5	แสดงสัดส่วนการปลดปล่อย CO_2 และมลภาวะที่เกี่ยวข้องจากการใช้น้ำมันในภาคส่วนต่าง ๆ	535
รูปที่ 10.6	แสดงสัดส่วนของรูปแบบการขนส่งสินค้าในสหภาพยุโรป	536
รูปที่ 10.7	แสดงความสัมพันธ์ของสมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์และสมการฟังก์ชันเงื่อนไข	541
รูปที่ 10.8	แสดงสร้างเส้นทางการเดินรถ (Candidate Route)	545
รูปที่ 10.9	แสดงการสร้างชุดข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์	545
รูปที่ 10.10	แสดงขั้นตอนของการประยุกต์ใช้วิธี Particle Swarm Optimization ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางแบบสโตแคสติกเพื่อลดมลภาวะและการใช้พลังงานเชื้อเพลิงโดยพิจารณาเงื่อนไขของกรอบเวลาร่วมด้วย	548
รูปที่ 10.11	แสดงกระบวนการ Adding Routes	549
รูปที่ 10.12	แสดงกระบวนการ Adding Remain Routes	550
รูปที่ 10.13	แสดงตัวอย่างการสร้างชุดข้อมูลเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม	553
รูปที่ 10.14	แสดงเส้นทางที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบระหว่างวิธีการของ Lingo Programming และ PSO with time window	557
รูปที่ 10.15	แสดงเส้นทางที่เกิดขึ้นของปัญหา R250 ได้จากวิธีการพาติคอลสวอมออปติมัยเซชั่นแบบมีเงื่อนไขของความไม่แน่นอนของความเร็วและเวลาในการเดินทางโดยคำนึงกรอบเวลาร่วมด้วย เพื่อหาการปลดปล่อยมลภาวะและการใช้เชื้อเพลิงที่น้อยที่สุดโดยอ้างอิงตามการปล่อยมลภาวะที่น้อยที่สุด	558
รูปที่ 10.16	แสดงตัวอย่างการสร้างชุดข้อมูลเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม	563
รูปที่ 10.17	แสดงผลรวมการทดสอบเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ (Parameters) ที่เหมาะสมด้วยโปรแกรม Minitab	564
รูปที่ 10.18	แสดงผลการทดสอบเพื่อหาค่า C_p, C_g ของ Particle = 10000 and Iteration = 10	564

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	แสดงปริมาณสารอาหารในอาหารแต่ละชนิด	13
ตารางที่ 2.2	แสดงจำนวนพนักงานที่ต้องการ	15
ตารางที่ 2.3	แสดงกระแสเงินสดและมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (หน่วย : ล้าน$)	18
ตารางที่ 2.4	แสดงราคาขายน้ำมันใสและต้นทุนค่าน้ำมันดิบ	20
ตารางที่ 2.5	แสดงสัดส่วนค่าออกเทนและค่ากำมะถันของน้ำมันดิบ	20
ตารางที่ 2.6	แสดงข้อมูลของผลิตภัณฑ์สำหรับบริษัทแห่งนี้	24
ตารางที่ 2.7	แสดงข้อมูลของวัตถุดิบ(ขยะ) สำหรับบริษัทแห่งนี้	24
ตารางที่ 2.8	แสดงข้อมูลกำไรและเวลาในแต่ละขั้นตอนในสินค้าทั้ง 7 ชนิด	30
ตารางที่ 2.9	แสดงแผนการซ่อมบำรุงของเครื่องจักรแต่ละชนิดทั้ง 6 เดือนการผลิต	30
ตารางที่ 2.10	แสดงข้อจำกัดด้านการตลาดของสินค้าแต่ละชนิด ในแต่ละเดือน	30
ตารางที่ 2.11	แสดงปริมาณและขนาดตามความต้องการของลูกค้า	41
ตารางที่ 3.1	แสดงกระแสเงินสดและมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (หน่วย : ล้าน$)	57
ตารางที่ 3.2	แสดงปริมาณผ้า ชั่วโมงแรงงาน ค่าใช้จ่ายผันแปร และ ราคาขาย ของเสื้อแต่ละชนิด	63
ตารางที่ 3.3	แสดงระยะเวลาที่บริษัทจะได้รับเงินจากลูกค้าในแต่ละภาคที่ไปใช้บริการในแต่ละเคาน์เตอร์	65
ตารางที่ 3.4	แสดงค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้นถ้าลูกค้า ถูกกำหนดให้ใช้บริการที่เคาน์เตอร์	66
ตารางที่ 3.5	แสดงระยะเวลาในการขับรถจากอำเภอหนึ่งถึงอีกอำเภอหนึ่งในจังหวัด	69
ตารางที่ 3.6	แสดงปริมาณเหล็กกล้าที่ใช้ ชั่วโมงแรงงาน และกำไรต่อหน่วยของรถแต่ละขนาด	71
ตารางที่ 3.7	แสดงตาราง Simplex เริ่มต้นสำหรับการแก้ปัญหาย่อยที่ 1	86
ตารางที่ 3.8	แสดงตาราง Simplex ที่ Optimal Solution สำหรับการแก้ปัญหาย่อยที่ 1	86
ตารางที่ 3.9	แสดงตาราง Simplex เริ่มต้นสำหรับการแก้ปัญหาย่อยที่ 2	87
ตารางที่ 3.10	แสดงตาราง Simplex ที่ Optimal Solution สำหรับการแก้ปัญหาย่อยที่ 2	87
ตารางที่ 3.11	แสดงตาราง Simplex เริ่มต้นสำหรับการแก้ปัญหาย่อยที่ 3	88
ตารางที่ 3.12	แสดงตาราง Simplex ที่ Optimal Solution สำหรับการแก้ปัญหาย่อยที่ 3	88
ตารางที่ 3.13	แสดงตาราง Simplex เริ่มต้นสำหรับการแก้ปัญหาย่อยที่ 4	89
ตารางที่ 3.14	แสดงตาราง Simplex ที่ Optimal Solution สำหรับการแก้ปัญหาย่อยที่ 4	89
ตารางที่ 3.15	แสดงตาราง Simplex เริ่มต้นสำหรับการแก้ปัญหาย่อยที่ 5	90
ตารางที่ 3.16	แสดงตาราง Simplex ที่ Optimal Solution สำหรับการแก้ปัญหาย่อยที่ 5	91
ตารางที่ 3.17	แสดงระยะเวลาในการทำงานและกำหนดส่งงาน	94
ตารางที่ 3.18	แสดงระยะทางระหว่างเมืองทั้ง 5	96
ตารางที่ 3.19	แสดงระยะทางระหว่างเมืองทั้ง 5 และกำหนดให้ $x_{ii} = M$	96
ตารางที่ 3.20	แสดงระยะทางสำหรับปัญหาย่อยที่ 2	97
ตารางที่ 3.21	แสดงระยะทางสำหรับปัญหาย่อยที่ 4	98
ตารางที่ 3.22	แสดงระยะทางสำหรับปัญหาย่อยที่ 5	99
ตารางที่ 3.23	แสดงระยะทางสำหรับปัญหาย่อยที่ 3	100
ตารางที่ 3.24	แสดงระยะทางสำหรับปัญหาย่อยที่ 6	101
ตารางที่ 3.25	แสดงระยะทางสำหรับปัญหาย่อยที่ 7	103

ตารางที่ 3.26	แสดงตารางเริ่มต้นสำหรับวิธี Simplex	104
ตารางที่ 3.27	แสดงตารางสุดท้ายสำหรับวิธี Simplex (Optimal Solution)	104
ตารางที่ 3.28	แสดงวิธี Dual simplex / Adding Cut1	105
ตารางที่ 3.29	แสดงวิธี Dual simplex	105
ตารางที่ 4.1	แสดงการหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบ Golden Section ของตัวอย่างที่ 4.7	124
ตารางที่ 4.2	แสดงการหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบ Fibonacci ของตัวอย่างที่ 4.7	124
ตารางที่ 4.3	แสดงการหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบ การแบ่งครึ่งช่องของตัวอย่างที่ 4.8	126
ตารางที่ 4.4	การค้นหาแบบวิธีพิกัดวงจรสำหรับตัวอย่าง 4.10	130
ตารางที่ 4.5	การค้นหาแบบวิธีฮุกและจีปเชิงเส้นสำหรับตัวอย่างที่ 4.10	130
ตารางที่ 4.6	การค้นหาแบบวิธีฮุกและจีปแบบไม่ต่อเนื่องสำหรับตัวอย่างที่ 4.10	131
ตารางที่ 4.7	การค้นหาแบบการค้นหาแบบวิธีโรเซนบลอกเชิงเส้นสำหรับตัวอย่างที่ 4.10	132
ตารางที่ 4.8	การค้นหาแบบการค้นหาแบบวิธีโรเซนบลอกแบบไม่ต่อเนื่องสำหรับตัวอย่างที่ 4.10	132
ตารางที่ 4.9	การค้นหาแบบการค้นหาแบบวิธี DFP สำหรับตัวอย่างที่ 4.13	137
ตารางที่ 5.1	ตารางสรุปการค้นคว้างานวิจัยที่มีการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม	175
ตารางที่ 5.2	แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน ในเขตอำเภอจอมทอง ในเดือนธันวาคม	179
ตารางที่ 5.3	แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน ในเขตอำเภอพร้าว ในเดือนธันวาคม	180
ตารางที่ 5.4	แสดงฟังก์ชันการกระจายตัวของข้อมูลในช่วงเวลาต่าง ๆ	185
ตารางที่ 5.5	ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยขาเข้าที่สอดคล้องกับโครงข่ายประสาทในชั้นที่ 2	188
ตารางที่ 5.6	ค่าความอคติที่สอดคล้องกับโครงข่ายประสาทในชั้นที่ 2	189
ตารางที่ 5.7	ค่าน้ำหนักของแต่ละโหนดของโครงข่ายประสาทในชั้นที่ 2 ที่สอดคล้องกับ โครงข่ายประสาทชั้นผลลัพธ์	190
ตารางที่ 5.8	แสดงค่าความอคติที่สอดคล้องกับโครงข่ายประสาทชั้นผลลัพธ์	190
ตารางที่ 5.9	แสดงค่าน้ำหนักรวมและลำดับความสำคัญของปัจจัยทั้ง 40 ปัจจัย	191
ตารางที่ 5.10	ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยขาเข้าที่สอดคล้องกับโครงข่ายประสาทในชั้นที่ 2	194
ตารางที่ 5.11	ค่าความอคติที่สอดคล้องกับโครงข่ายประสาทในชั้นที่ 2	194
ตารางที่ 5.12	ค่าน้ำหนักของแต่ละโหนดของโครงข่ายประสาทในชั้นที่ 2 ที่สอดคล้องกับ โครงข่ายประสาทชั้นผลลัพธ์	195
ตารางที่ 5.13	แสดงค่าความอคติที่สอดคล้องกับโครงข่ายประสาทชั้นผลลัพธ์	195
ตารางที่ 5.14	แสดงเงื่อนไขของปัจจัยคลุมเครือทั้ง 54 กรณี พร้อมความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	199
ตารางที่ 5.15	ตารางแสดงค่าของการ Defuzzification ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมสำหรับช่วงเวลาต่าง ๆ	201
ตารางที่ 5.16	แสดงค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยขาเข้าที่สอดคล้องกับ โครงข่ายประสาทแบบความคลุมเครือในชั้นที่ 2	205
ตารางที่ 5.17	แสดงค่าความอคติที่สอดคล้องกับโครงข่ายประสาทแบบความคลุมเครือในชั้นที่ 2	208
ตารางที่ 5.18	แสดงค่าน้ำหนักของแต่ละโหนดของโครงข่ายประสาทแบบความคลุมเครือในชั้นที่ 2 ที่สอดคล้องกับโครงข่ายประสาทชั้นผลลัพธ์	208
ตารางที่ 5.19	แสดงค่าความอคติที่สอดคล้องกับโครงข่ายประสาทแบบความคลุมเครือชั้นผลลัพธ์	209
ตารางที่ 5.20	แสดงค่าน้ำหนักรวมและลำดับความสำคัญของปัจจัยทั้ง 28 ปัจจัย	209
ตารางที่ 5.21	แนวโน้มของการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทฟัซซี่ ในงานวิจัยด้านอุตสาหกรรม	219

ตารางที่ 5.22	การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทฟัซซี ในองค์กรสมัยใหม่	220
ตารางที่ 5.23	การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทฟัซซีระหว่าง ปี 1997 ถึง 2014	224
ตารางที่ 5.24	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบ	234
ตารางที่ 5.25	ANOVA of MAPE VS model	235
ตารางที่ 5.26	อธิบายข้อมูลทางสถิติของข้อมูลการเรียนรู้	238
ตารางที่ 5.27	แสดงปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุดที่ได้ทำการทดลองในโครงข่ายประสาท	247
ตารางที่ 5.28	ผลการคำนวณของปัญหาการจัดลำดับงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความล่าช้ารวม	274
ตารางที่ 5.29	ผลการคำนวณของปัญหาการจัดลำดับงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาในการไหลรวม	275
ตารางที่ 5.30	ผลการคำนวณของปัญหาการจัดลำดับงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความล่าช้าสูงสุด	276
ตารางที่ 5.31	ผลการคำนวณของปัญหาการจัดลำดับงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาในการไหลสูงสุด	277
ตารางที่ 5.32	ผลการคำนวณของปัญหาการจัดลำดับงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนงานล่าช้า	278
ตารางที่ 5.33	ผลการคำนวณของปัญหาการจัดลำดับงานสำหรับปัญหาที่มีโครงสร้างความสำคัญแบบที่ 1	279
ตารางที่ 5.34	ผลการคำนวณของปัญหาการจัดลำดับงานสำหรับปัญหาที่มีโครงสร้างความสำคัญแบบที่ 2	280
ตารางที่ 5.35	ผลการคำนวณของปัญหาการจัดลำดับงานสำหรับปัญหาที่มีโครงสร้างความสำคัญแบบที่ 3	281
ตารางที่ 6.1	การประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในระบบการทำงานด้านต่าง ๆ	301
ตารางที่ 6.2	แสดงจำนวนหม้อแปลงจำหน่ายชนิด 3 เฟสในพื้นที่ กฟน.1 (สถานะ : พฤษภาคม 2552)	303
ตารางที่ 6.3	แสดงจำนวนและอัตราการเพิ่มผู้ใช้ไฟ (Growth Rate; GR) ในระหว่างปี 2548-2551	303
ตารางที่ 6.4	แสดงหน่วยจำหน่ายและหน่วยสูญเสียสำหรับปี 2546-2551 ในพื้นที่รับผิดชอบ กฟน. 1	304
ตารางที่ 6.5	แสดงพารามิเตอร์สำหรับการทดสอบวิธีเชิงพันธุกรรม	310
ตารางที่ 6.6	แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างก่อน-หลังการสับเปลี่ยนหม้อแปลงจำหน่าย	311
ตารางที่ 6.7	แสดงค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์ของหม้อแปลงจำหน่ายแยกตามพื้นที่	313
ตารางที่ 6.8	แสดงพิกัดของหม้อแปลงจำหน่ายแยกตามพื้นที่	314
ตารางที่ 6.9	แสดงระยะทางของเส้นทางการสับเปลี่ยนหม้อแปลงจำหน่าย	314
ตารางที่ 6.10	แสดงความต้องการพยาบาลในแผนกต่าง ๆ	320
ตารางที่ 6.11	แสดงการจัดตารางการทำงานของพยาบาลโดยโปรแกรม Lingo	320
ตารางที่ 6.12	แสดงรูปแบบการกระจายของการมารับบริการของผู้ป่วยและเวลาการให้บริการ	321
ตารางที่ 6.13	แสดงตัวอย่างการปรับจำนวนพยาบาลโดยโปรแกรม Avena	323
ตารางที่ 6.14	แสดงจำนวนของค่าเฉลี่ย และค่า Half - width	323
ตารางที่ 6.15	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างสถานการณ์จริงและการจำลองสถานการณ์	324
ตารางที่ 6.16	แสดงจำนวนความต้องการพยาบาลจากการจำลองสถานการณ์	324
ตารางที่ 6.17	แสดงการถอดรหัสชนิดเลขฐาน 2	325
ตารางที่ 6.18	แสดงปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณและค่าระดับของแต่ละปัจจัย	328
ตารางที่ 6.19	แสดงการออกแบบการทดสอบแบบแฟคตอเรียลเต็มรูปด้วยจุดกลาง 3 จุด	328
ตารางที่ 6.20	แสดงค่าต่าง ๆ จากการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	329
ตารางที่ 6.21	แสดงแนวทางในการกำหนดพารามิเตอร์ สำหรับวิธีเชิงพันธุกรรม	330
ตารางที่ 6.22	แสดงผลการทดลอง ณ. ระดับ/มิวเทชั่น ต่ำสุด	330
ตารางที่ 6.23	แสดงค่า R-square สำหรับ สัมประสิทธิของตัวแปรตัดสินใจ	331
ตารางที่ 6.24	แสดงค่าเป้าหมายที่พยากรณ์ได้จากโปรแกรม Minitab เปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายจริง	331
ตารางที่ 6.25	แสดงผลการคำนวณเมื่อมีการลดจำนวนพยาบาลที่ w = 0.6	331
ตารางที่ 6.26	แสดงผลการคำนวณที่จำนวนพยาบาลเป็น 20 คน	331

ตารางที่ 6.27	แสดงชั่วโมงการเข้างานของพยาบาลทั้ง 20 คน	332
ตารางที่ 6.28	แสดงจำนวนพยาบาลที่ทำงานในแต่ละกะจากพยาบาลทั้ง 20 คน	331
ตารางที่ 6.29	แสดงผลกระทบต่อฟังกชั่นวัตถุประสงค์จากการเปลี่ยนน้ำหนัก	332
ตารางที่ 6.30	แสดงผลการคำนวณโดยวิธีเชิงพันธุกรรมโดยคำนวณ 10 ครั้ง ที่ ครั้งละ 400 รอบ และ 1,500 รอบ	333
ตารางที่ 6.31	ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าสมการเป้าหมายและเวลาในการคำนวณ ระหว่างวิธีเชิงพันธุกรรมกับโปรแกรม Lingo	334
ตารางที่ 6.32	ตารางแสดงจำนวนพยาบาล ค่าใช้จ่ายต่อเดือน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระหว่างวิธีเชิงพันธุกรรมกับวิธีการวัดตารางแบบเดิมสำหรับเครื่อง ม.ค. 2012	334
ตารางที่ 6.33	ตารางแสดงจำนวนพยาบาล ค่าใช้จ่ายต่อเดือน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระหว่างวิธีเชิงพันธุกรรมกับวิธีการวัดตารางแบบเดิมสำหรับเครื่อง ม.ค. 2013	334
ตารางที่ 6.34	แสดงเป้าหมายของสมการวัตถุประสงค์และเวลาในการคำนวณโดยวิธีเชิงพันธุกรรม	334
ตารางที่ 7.1	จำนวนพนักงานสำหรับแต่ละสายการผลิตในแผนกผลิตภัณฑ์พิเศษ	368
ตารางที่ 7.2	การเปรียบเทียบรายได้ ปริมาณผลผลิต และปริมาณสินค้าขาดส่ง ระหว่างดุลยพินิจและตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่เสนอ	379
ตารางที่ 7.3	ผลที่ได้จากการใช้พารามิเตอร์ฟัซซี่ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับสัปดาห์ที่ 1	380
ตารางที่ 7.4	ผลที่ได้จากการใช้พารามิเตอร์ฟัซซี่ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับสัปดาห์ที่ 2	380
ตารางที่ 7.5	ผลที่ได้จากการใช้พารามิเตอร์ฟัซซี่ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับสัปดาห์ที่ 3	381
ตารางที่ 7.6	ผลที่ได้จากการใช้พารามิเตอร์ฟัซซี่ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับสัปดาห์ที่ 4	381
ตารางที่ 7.7	ผลลัพธ์จากการใช้พารามิเตอร์ฟัซซี่ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทดสอบแบบแฟคตอเรียลของสัปดาห์ที่ 3	382
ตารางที่ 7.8	ผลการวิเคราะห์ผลกระทบต่อปัจจัยหลักและประมาณการปัจจัยที่มีผลกระทบด้วยโปรแกรม Minitab ในระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (α = 0.05) ในสัปดาห์ที่ 3	382
ตารางที่ 7.9	ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อรายได้รวมจากการผลิตหลังจากลบผลลัพธ์จากการปฏิสัมพันธ์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (α = 0.05) ในสัปดาห์ที่ 3	384
ตารางที่ 7.10	สรุปผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างพารามิเตอร์คงที่ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์กับตัวแบบดั้งเดิม	385
ตารางที่ 7.11	สรุปผลการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางขนส่งของ Model 1	390
ตารางที่ 7.12	สรุปผลการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางขนส่งของ Model 2	391
ตารางที่ 7.13	สรุปผลการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางขนส่งของ Model 3	393
ตารางที่ 7.14	สรุปผลการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางขนส่งของ Model 4	394
ตารางที่ 7.15	แสดงคำจำกัดความของตัวแปรต่าง ๆ	397
ตารางที่ 7.16	เครื่องหมายของแบบจำลองฟัซซี่โดยตัวดำเนินการค่ามากที่สุด/ค่าน้อยที่สุด	406
ตารางที่ 7.17	แสดงแบบจำลอง 6 ชนิดที่ใช้ฟังก์ชันความเสี่ยงและตัวดำเนินการฟัซซี่ที่แตกต่างกัน	410
ตารางที่ 7.18	ปัญหาที่กำหนดในการทดลองสำหรับการจัดการหลักทรัพย์	411
ตารางที่ 7.19	ข้อมูลสำหรับแบบจำลองที่ไม่ใช่เชิงเส้นของปัญหาที่ 1	411
ตารางที่ 7.20	ผลของแบบจำลองที่ไม่ใช่เชิงเส้นสำหรับปัญหาที่ 1	412
ตารางที่ 7.21	ผลลัพธ์ของความพร้อมด้านทรัพยากรต่อผลตอบแทนโดยรวมสำหรับตัวแบบ NLP สำหรับปัญหาที่ 1	413

ตารางที่ 7.22	ผลลัพธ์ของความพร้อมด้านทรัพยากรต่อผลตอบแทนโดยรวมตาม FNLPM สำหรับปัญหาที่ 1	413
ตารางที่ 7.23	ผลลัพธ์ของการเพิ่มขึ้นในทันทีหรือการลดลงของทรัพยากรทั้งหมดตาม FNLPM สำหรับปัญหาที่ 1	414
ตารางที่ 7.24	ข้อมูลสำหรับแบบจำลองเชิงเส้นของปัญหาที่ 1	414
ตารางที่ 7.25	ผลลัพธ์ของแบบจำลองเชิงเส้นสำหรับปัญหาที่ 1	415
ตารางที่ 7.26	ผลลัพธ์ของความพร้อมด้านทรัพยากรต่อผลตอบแทนโดยรวมสำหรับตัวแบบ LP สำหรับปัญหาที่ 1	416
ตารางที่ 7.27	ผลลัพธ์ของความพร้อมด้านทรัพยากรต่อผลตอบแทนโดยรวมสำหรับตัวแบบ FLPM สำหรับปัญหาที่ 1	416
ตารางที่ 7.28	ผลลัพธ์ของการเพิ่มขึ้นในทันทีหรือการลดลงของทรัพยากรทั้งหมดสำหรับตัวแบบ FLPM สำหรับปัญหาที่ 1	416
ตารางที่ 7.29	ข้อมูลสำหรับแบบจำลองที่ไม่เชิงเส้นของปัญหาที่ 2	417
ตารางที่ 7.30	ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ไม่เชิงเส้นสำหรับปัญหาที่ 2	418
ตารางที่ 7.31	ผลลัพธ์ของความพร้อมด้านทรัพยากรต่อผลตอบแทนโดยรวมสำหรับตัวแบบ NLP สำหรับปัญหาที่ 2	418
ตารางที่ 7.32	ผลลัพธ์ของความพร้อมด้านทรัพยากรต่อผลตอบแทนโดยรวมสำหรับตัวแบบ FNLPM สำหรับปัญหาที่ 2	418
ตารางที่ 7.33	ผลลัพธ์ของการเพิ่มขึ้นในทันทีหรือการลดลงของทรัพยากรทั้งหมดสำหรับตัวแบบ FNLPM สำหรับปัญหาที่ 2	419
ตารางที่ 7.34	ข้อมูลสำหรับแบบจำลองเชิงเส้นของปัญหาที่ 2	419
ตารางที่ 7.35	ผลลัพธ์ของแบบจำลองเชิงเส้นสำหรับปัญหาที่ 2	420
ตารางที่ 7.36	ผลลัพธ์ของความพร้อมด้านทรัพยากรต่อผลตอบแทนโดยรวมสำหรับตัวแบบ LP สำหรับปัญหาที่ 2	420
ตารางที่ 7.37	ผลลัพธ์ของความพร้อมด้านทรัพยากรต่อผลตอบแทนโดยรวมสำหรับตัวแบบ FLPM สำหรับปัญหาที่ 2	420
ตารางที่ 7.38	ผลลัพธ์ของการเพิ่มขึ้นในทันทีหรือการลดลงของทรัพยากรทั้งหมดสำหรับตัวแบบ FLPM สำหรับปัญหาที่ 2	421
ตารางที่ 7.39	ข้อมูลสำหรับแบบจำลองที่ไม่เชิงเส้นของปัญหาที่ 3	421
ตารางที่ 7.40	ผลของแบบจำลองที่ไม่เชิงเส้นสำหรับปัญหาที่ 3	422
ตารางที่ 7.41	ผลลัพธ์ของความพร้อมทรัพยากรต่อผลตอบแทนโดยรวมสำหรับตัวแบบ NLP สำหรับปัญหาที่ 3	422
ตารางที่ 7.42	ผลลัพธ์ของความพร้อมด้านทรัพยากรต่อผลตอบแทนโดยรวมสำหรับตัวแบบ FNLPM สำหรับปัญหาที่ 3	423
ตารางที่ 7.43	ผลลัพธ์ของการเพิ่มขึ้นในทันทีหรือการลดลงของทรัพยากรทั้งหมดสำหรับตัวแบบ FNLPM สำหรับปัญหาที่ 3	423
ตารางที่ 7.44	ข้อมูลสำหรับแบบจำลองซิงเส้นของปัญหาที่ 3	423
ตารางที่ 7.45	ผลลัพธ์ของแบบจำลองเชิงเส้นสำหรับปัญหาที่ 3	424
ตารางที่ 7.46	ผลลัพธ์ของความพร้อมด้านทรัพยากรต่อผลตอบแทนโดยรวมสำหรับตัวแบบ LP สำหรับปัญหาที่ 3	424

ตารางที่ 7.47	ผลลัพธ์ของความพร้อมทรัพยากรต่อผลตอบแทนโดยรวมสำหรับตัวแบบ FLPM สำหรับปัญหาที่ 3	425
ตารางที่ 7.48	ผลลัพธ์ของการเพิ่มขึ้นในทันทีหรือการลดลงของทรัพยากรทั้งหมดสำหรับตัวแบบFLPM สำหรับปัญหาที่ 2	425
ตารางที่ 7.49	การเปรียบเทียบระหว่างความเสี่ยง 2 ประเภท	425
ตารางที่ 7.50	การเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองที่ไม่ใช่ฟัซซี่และแบบจำลองฟัซซี่	426
ตารางที่ 7.51	การเปรียบเทียบระหว่างตัวดำเนินการค่าน้อยที่สุดและตัวดำเนินการค่ามากที่สุด/น้อยที่สุด	426
ตารางที่ 7.52	แสดงความพร้อมด้านทรัพยากรที่มีผลต่อผลตอบแทนโดยรวม	428
ตารางที่ 8.1	สรุปผลที่ได้จากแก้ปัญหาในปัญหาจำนวน 5 10 15 20 และ 25 สถานี ที่มีค่าที่ไม่แน่นอน หรือมีตัวแบบจำลองโอกาส-ข้อจำกัด โดยวิธี EXACT (โปรแกรมหาค่าที่ดีที่สุด)	456
ตารางที่ 8.2	ตารางสรุปค่าพารามิเตอร์ที่ใช้แก้ปัญหาในแต่ละกรณี	458
ตารางที่ 8.3	สรุปผลที่ได้จากแก้ปัญหาในปัญหาจำนวน 5- 100 สถานี ที่มีค่าที่ไม่แน่นอน หรือมีตัวแบบจำลองโอกาส-ข้อจำกัด โดยวิธีการหาค่าที่ดีที่สุดแบบอาณาจักรมด (ACO)	458
ตารางที่ 8.4	ตารางเปรียบเทียบผลต่างของวิธี EXACT และ ACO	459
ตารางที่ 8.5	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ใน ACO	468
ตารางที่ 8.6	ผลการคำนวณของปัญหาจำนวน 112 ปัญหา	469
ตารางที่ 8.7	คำตอบที่ดีที่สุดในการหาตำแหน่งจุดจอดรถรับ-ส่งด้วยวิธี AI ทั้ง 6 วิธี	474
ตารางที่ 8.8	ค่าพารามิเตอร์ของ ACO	474
ตารางที่ 8.9	วิธีการขาออก	475
ตารางที่ 8.10	วิธีการขาเข้า	475
ตารางที่ 8.11	วิธีการขาออกกับการจำกัดจำนวนเส้นทางรถบัส	475
ตารางที่ 9.1	แสดงขนาดกล่อง และผลของโปรแกรม LINGO Ver.5.0 ของกรณีศึกษาที่ 1	499
ตารางที่ 9.2	แสดงขนาดกล่อง และผลของโปรแกรม LINGO Ver.5.0 ของกรณีศึกษาที่ 2	500
ตารางที่ 9.3	แสดงขนาดกล่อง และผลของโปรแกรม LINGO Ver.5.0 ของกรณีศึกษาที่ 3	500
ตารางที่ 9.4	แสดงการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของจำนวนฝูงผึ้ง (Colony Size) เมื่อรันโปรแกรม 5 ครั้ง กรณีศึกษาที่ 4	508
ตารางที่ 9.5	แสดงการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของจำนวนฝูงผึ้ง (Colony Size) เมื่อรันโปรแกรม 5 ครั้ง กรณีศึกษาที่ 5	509
ตารางที่ 9.6	แสดงการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของจำนวนฝูงผึ้ง (Colony Size) เมื่อรันโปรแกรม 5 ครั้ง กรณีศึกษาที่ 6	510
ตารางที่ 9.7	แสดงการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของจำนวนฝูงผึ้ง (Colony Size) เมื่อรันโปรแกรม 5 ครั้ง กรณีศึกษาที่ 7	511
ตารางที่ 9.8	แสดงรายละเอียดของผลเฉลยพาเรโตเหมาะที่สุดที่แท้จริง (True Pareto Optimal Solution) กรณีศึกษาที่ 4 ถึง 7	512
ตารางที่ 9.9	แสดงจำนวนวนรอบ (Loop) ที่เหมาะสมในการหาคำตอบของการดัดแปลงวิธีอาณานิคมผึ้งเทียมด้วยวิธีพื้นฐานพาเรโต	513
ตารางที่ 9.10	แสดงการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีตรง (Exact Method) กับการดัดแปลงวิธีอาณานิคมผึ้งเทียมด้วยวิธีพื้นฐานพาเรโต	514

ตารางที่ 9.11	แสดงลักษณะของปัญหาที่สมมติขนาดกล่องและคอนเทนเนอร์ ทั้งหมด 32 กรณี	516
ตารางที่ 9.12	การหาค่าที่เหมาะสมของการดัดแปลงวิธีอาณานิคมผึ้งเทียมด้วยวิธีพื้นฐานพาเรโต 32 กรณีศึกษา	517
ตารางที่ 9.13	แสดงขนาดและจำนวนของคอนเทนเนอร์ และกล่องสินค้า	519
ตารางที่ 9.14	แสดงการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีตรง (Exact Method) กับการดัดแปลงวิธีอาณานิคมผึ้งเทียมด้วยวิธีพื้นฐานพาเรโต (A Modified Artificial Bee Colony Algorithm with Pareto Based) ในกรณีศึกษาจริง	520
ตารางที่ 10.1	แสดงจำนวนและความต้องการของลูกค้าที่ไม่แน่นอน	528
ตารางที่ 10.2	แสดงการเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางฮิวริสติกส์แบบต่าง ๆ ด้วยต้นทุนของปัญหาการกำหนดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบสโตแคสติก	529
ตารางที่ 10.3	แสดงการเปรียบเทียบค่าที่เหมาะสมระหว่างงานวิจัยของ Jin and Kachitvichyanakul (2009) และ Amico et al.	529
ตารางที่ 10.4	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของมลภาวะที่ปล่อยออกมาขณะเครื่องยนต์ร้อนของยานพาหนะที่มีค่าน้ำหนักบรรทุกรวม 7.5 – 16 ตัน	529
ตารางที่ 10.5	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของมลภาวะที่ปล่อยออกมาขณะเครื่องยนต์เย็นของยานพาหนะที่มีค่าน้ำหนักบรรทุกรวม 7.5 – 16 ตัน	540
ตารางที่ 10.6	แสดงประเภทของข้อมูลที่ใช้ในหาค่าที่เหมาะสม	546
ตารางที่ 10.7	แสดงช่วงความเร็วต่ำสุด (Min Velocity) และช่วงของความเร็วสูงสุด (Max Velocity)	547
ตารางที่ 10.8	แสดง Parameter ที่เกี่ยวข้องและระดับของ Parameter	553
ตารางที่ 10.9	แสดงผลการทดสอบค่าพารามิเตอร์ (Parameters) ที่ดีที่สุด 10 กรณีแรก	554
ตารางที่ 10.10	แสดงผลของค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม	554
ตารางที่ 10.11	แสดงปัจจัยที่ใช้จำแนกประเภทของปัญหาและระดับของปัจจัย	554
ตารางที่ 10.12	แสดงรูปแบบของปัญหาต่าง ๆ ที่สามารถจำแนกได้	555
ตารางที่ 10.13	แสดงค่าคำตอบที่เหมาะสมที่ได้จากวิธีการพาติคอลสวอมออปติมัยเซชั่นที่มีข้อกำจัดเรื่องความไม่แน่นอนของความเร็วและเวลาในการเดินทาง โดยพิจารณากรอบเวลาร่วมด้วย (Particle Swarm Optimization with Time Window) เปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธีตรง (Exact Method) ด้วยโปรแกรม LINGO 5.0	555
ตารางที่ 10.14	แสดงผลการทดสอบค่าพารามิเตอร์ (Parameters) ที่ดีที่สุด 10 กรณีแรก	565
ตารางที่ 10.15	แสดงผลของค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม	565
ตารางที่ 10.16	แสดงปัจจัยที่ใช้จำแนกประเภทของปัญหาและระดับของปัจจัย	565
ตารางที่ 10.17	แสดงรูปแบบของปัญหาต่าง ๆ ที่สามารถจำแนกได้	566
ตารางที่ 10.18	แสดงค่าคำตอบที่เหมาะสมที่ได้จากวิธีการ Particle Swarm Optimization (PSO) เปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธีตรง (Exact Method) ด้วยโปรแกรม LINGO 5.0	566
ตารางที่ 10.19	แสดงจำนวนลานจอดทั้ง 12 ลานจอดที่ใช้ในการพักเครื่องเฮลิคอปเตอร์	568
ตารางที่ 10.20	แสดงรายละเอียดของความยาวสายไฟฟ้าและจำนวนสายส่งไฟฟ้าแรงสูง	569
ตารางที่ 10.21	แสดงคำตอบที่ได้จากวิธีการ ACO PSO และแผนการบินปัจจุบันเปรียบเทียบแผนการบินจริง	570

การหาค่าที่ดีที่สุด
Optimization

01

1.1 บทนำ

การหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization) มีความหมายในภาษาอังกฤษคือ the act of making something as good as possible (Cambridge Dictionary) หรือ Finding an alternative with the most cost effective or highest achievable performance under the given constraints, by maximizing desired factors and minimizing undesired ones (Business Dictionary) การหาค่าที่ดีที่สุดเป็นศาสตร์หนึ่งหรือเป็นส่วนหนึ่งในการวิจัยดำเนินงาน (Operation Research) ซึ่งแนวความคิดของการวิจัยดำเนินงานอาจเกิดขึ้นตั้งแต่สมัยโบราณกาล เมื่อมนุษย์ได้ใช้ความพยายามที่จะดำเนินงานต่าง ๆ ให้เกิดผลลัพธ์ที่เป็นประโยชน์มากที่สุด และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด แต่แนวความคิดของการวิจัยดำเนินงานนี้เริ่มมีหลักฐานปรากฏขึ้นในช่วงสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1 แต่ข้อมูลบางแหล่งกล่าวไว้ว่าแนวความคิดนี้เริ่มขึ้นในช่วงสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งสามารถสรุปสถานการณ์สำคัญได้ดังนี้

ช่วงเวลาและเหตุการณ์	ที่มา
ช่วงสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1 (ค.ศ.1914-1918)	
- Thomas Edison ได้รับมอบหมายจากกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา ให้แก้ปัญหาเส้นทางการเดินเรือขนส่งสินค้า โดยหาเส้นทางที่ปลอดภัยมากที่สุดและเกิดความเสียหายน้อยที่สุด	(คณะวิทยาศาสตร์, 2559) (นัทธปราชญ์, 2559) (Daniel, 2559) (นิกร, 2559)
- F.W. Lancaster ได้รับมอบหมายจากกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา พัฒนาตัวแบบการสรุป ที่จะก่อประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้กำลังที่พอมีอยู่	(Daniel, 2559) (นิกร, 2559)
- เอ เค เออร์ลาง นักคณิตศาสตร์ชาวเดนมาร์ก วิเคราะห์ปัญหาการใช้โทรศัพท์ โดยให้เกิดการรอคอยและใช้อุปกรณ์ของระบบให้น้อยที่สุด (ปี ค.ศ.1917)	(คณะวิทยาศาสตร์, 2559) (นิกร, 2559)

ช่วงเวลาและเหตุการณ์	ที่มา
ช่วงสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 (ค.ศ. 1936-1946) - Horace C. Levenson นักวิทยาศาสตร์ธรรมชาติวิทยา นำเอาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับการ แก้ไขปัญหาการผลิต (ปี ค.ศ. 1937)	(คณะวิทยาศาสตร์, 2559) (นันธปราชญ์, 2559) (MBA, 2559) (โกสินทร์, 2559)
- Robert Watson-Watt ได้รับมอบหมายจากรัฐบาลอังกฤษให้วิเคราะห์ปัญหา การใช้อุปกรณ์เรด้าในการจับเครื่องบิน และเวลาที่เครื่องบินข้าศึกโจมตี เพื่อปรับปรุงหน่วยสถานีเรดาร์ ทั้งหมดของกองทัพอากาศ (ปี ค.ศ. 1937)	(คณะวิทยาศาสตร์, 2559) (นิกร, 2546) (Denis, 2559) (Jayant, 2559) (Russell, 2559) (Saul, 2559) (โกสินทร์ 2559)
- กองทัพอากาศอังกฤษจัดตั้งหน่วยวิจัยขึ้นดำเนินงานทางทหาร (ปี ค.ศ. 1941)	(คณะวิทยาศาสตร์, 2559) (นิกร, 2546) (โกสินทร์, 2559)
- รัฐบาลสหรัฐอเมริกาจัดตั้งหน่วยวิจัยขึ้นดำเนินงาน โดยได้รับคำแนะนำจากอังกฤษ (ปี ค.ศ. 1942)	(คณะวิทยาศาสตร์, 2559) (นิกร, 2546)
- ประเทศอังกฤษนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารงาน ในอุตสาหกรรมทำถ่านหิน	(คณะวิทยาศาสตร์, 2559) (นิกร, 2546)

ต่อมาจึงได้ขยายตัวเข้าไปสู่อุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ ทั้งด้านการขนส่ง เกษตรกรรม รวมไปถึงได้มีการจัดตั้งสมาคม และจัดสอนขึ้นในมหาวิทยาลัยและสถาบันการศึกษาขั้นสูง โดยทั่วไป ส่วนประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทย ได้นำแนวความคิดนี้มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินการพัฒนาด้านสาธารณสุขของประชาชน เช่น โครงการวางแผนครอบครัวแห่งชาติ ในช่วง 20 ปี พ.ศ. 2513 – 2523 ประเทศไทยสามารถลดอัตราการเพิ่มของประชากรจากร้อยละ 3.2 เหลือร้อยละ 1.1 นับเป็นผลสำเร็จอย่างสูง และได้ชื่อว่าเป็นแบบอย่างของความสำเร็จของโครงการอื่นๆ เป็นต้นมา (นิกร, 2546)

1.2 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการหาค่าที่ดีที่สุดมีหลายรูปแบบ ถ้าพิจารณาจากลักษณะของพารามิเตอร์ (Parameters) สามารถแบ่งตัวแบบเป็นกลุ่มใหญ่ได้ 2 กลุ่ม คือ Deterministic Model พารามิเตอร์เป็นค่าคงที่ และ Stochastic Model พารามิเตอร์เป็นตัวแปรสุ่ม ถ้าพิจารณาจากสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) ก็สามารถแบ่งตัวแบบเป็น 2 กลุ่มเช่นเดียวกันคือ Single Objective Model และ Multi-Objectives Model สำหรับตัวแบบที่มีลักษณะเป็น Deterministic Model ยังประกอบไปด้วยตัวแบบต่างๆ อาทิเช่น Linear Programming (LP) Integer Linear Programming (ILP) Binary Linear Programming (BLP) Mixed Linear Programming (MLP) Non-Linear Programming (NLP) Integer Non-Linear Programming (INLP) Binary Non-Linear Programming (BNLP) Mixed Non-Linear Programming (MNLP) และอื่นๆ โครงสร้างของตัวแปรต่างๆ จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ สมการเป้าหมาย (Objective Function) และ สมการข้อจำกัด (Constraints) ในแต่ละสมการเป้าหมายหรือสมการข้อจำกัดจะสร้างจากตัวแปร 2 ลักษณะ ตัวแปรที่เป็นพารามิเตอร์ (Parameters) และตัวแปรที่เป็นตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)