วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน
Thai Journal of Operations Research

ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2562)

บทความวิจัย

- **การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีกเพื่อแก้ปัญหาสมการแบบต่อเนื่อง** 1
  อโณทัย กล้าการขาย และ ภูพงษ์ พงษ์เจริญ

- **การคัดเลือกหุ้นเพื่อสร้างพอร์ตการลงทุนภายใต้แนวคิด Data Envelopment Analysis** 15
  เอกนรินทร์ แซ่ฉิน และ สุดา ตระการเถลิงศักดิ์

- **การจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของแผนกขนย้ายผู้ป่วย กรณีศึกษา โรงพยาบาลสงขลานครินทร์** 25
  จิราวรรณ จันทร์สุวรรณ นิกร ศิริวงศ์ไพศาล และ วนัฐฌพงษ์ คงแก้ว

สนับสนุนโดย

คณะสถิติประยุกต์
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

เครือข่ายการวิจัยดำเนินงาน
Operations Research Network of Thailand

จัดทำโดย คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ISSN 2287-0210

วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน (Thai Journal of Operations Research)

ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2562)

เจ้าของ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

ผู้รับผิดชอบดำเนินการ เครือข่ายการวิจัยดำเนินงาน

ที่ปรึกษา 1. ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.นราศรี ไววนิชกุล

2. คณบดีคณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

บรรณาธิการ รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจ์นภา อมรัชกุล (สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์)

กองบรรณาธิการ 1. ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.ประชุม สุวัตถี (สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์)

2. ศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

3. ศาสตราจารย์ ดร.วรทัศร์ ขจิตวิชยานุกูล (มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์)

4. รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล (สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์)

5. รองศาสตราจารย์ ดร.พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

6. รองศาสตราจารย์ ดร.วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์ (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)

7. ศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ (มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์)

8. รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา เศรษฐนันท์ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

ผู้ประสานงาน นายบุญชนะ เมฆโต

สำนักงาน คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ เลขที่ 118 ถ.เสรีไทย แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กทม. 10240 โทร.02-7273078 Fax. 02-7274061

e-mail : orjournal.th@gmail.com

website : http://www.orjournal.org

กำหนดออก ปีละ 2 ครั้ง (มกราคม - มิถุนายน และ กรกฎาคม – ธันวาคม)

การเผยแพร่ เป็นวารสารอิเล็คทรอนิกส์ เผยแพร่ผ่านทางเว็บไซต์โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย

การอุดหนุน ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายจ่ายเงินทุนคณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

บรรณาธิการแถลง

วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน (Thai Journal of Operations Research, TJOR) เกิดขึ้นจากความร่วมมือของคณาจารย์ และนักวิจัยในเครือข่ายการวิจัยดำเนินงาน (Operations Research Network of Thailand, OR-NET) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานที่มีคุณภาพในระดับชาติ วารสารไทยการวิจัยดำเนินงานเป็นวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-Journal) ซึ่งมีกรอบเวลาในการออกเล่มปีละ 2 ฉบับ ฉบับแรกระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายนของปี และฉบับที่ 2 ระหว่าง เดือนกรกฎาคม-เดือนธันวาคมของปี ซึ่งวารสารฉบับนี้เป็นวารสารปีที่ 7 ฉบับที่ 1 (เล่มที่ 13) ของวารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน ผู้สนใจสามารถดาวน์โหลดบทความและวารสารฉบับเต็มได้ที่เว็บไซต์ https://tci-thaijo.org/index.php/TJOR/index คณะผู้จัดทำและกองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้วิจัย ผู้สนใจ และผู้เกี่ยวข้องในแวดวงวิชาการต่อไป

หากคุณค่าทางความรู้ที่ผู้อ่านได้รับจากการรวบรวมบทความวิจัยและบทความวิชาการทางด้านการวิจัยดำเนินงานในวารสารเล่มนี้ บรรณาธิการขออุทิศความดีดังกล่าวแด่บรรณาธิการคนแรก คือ รองศาสตราจารย์ ดร.พัชราภรณ์ เนียมมณี ผู้ร่วมก่อตั้งเครือข่ายการวิจัยดำเนินงานและวารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน นอกจากนี้ ทางเครือข่ายการวิจัยดำเนินงานขอร่วมไว้อาลัยกับการจากไปของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์ ซึ่งเป็นหนึ่งในสมาชิกเริ่มต้นและเป็นกำลังสำคัญของเครือข่ายตลอดมา

วารสารไทยการวิจัยดำเนินงานได้รับการจัดกลุ่มวารสารที่ผ่านการรับรองคุณภาพของศูนย์ดัชนีอ้างอิงวารสารไทย(Thai-Journal Citation Index Centre) อยู่ในวารสารกลุ่มที่ 2 ซึ่งจะมีผลตั้งแต่วันที่ 4 พฤษภาคม 2559 ไปจนถึง 31 ธันวาคม 2562

กาญจ์นภา อมรัชกุล

บรรณาธิการ

สารบัญ

หน้า

บรรณาธิการแถลง

บทความวิจัย

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีกเพื่อแก้ปัญหาสมการแบบต่อเนื่อง 1
อโณทัย กล้าการขาย และภูพงษ์ พงษ์เจริญ

การคัดเลือกหุ้นเพื่อสร้างพอร์ตการลงทุนภายใต้แนวคิด Data Envelopment Analysis 15
เอกนรินทร์ แซ่ฉิน และ สุดา ตระการเถลิงศักดิ์

การจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของแผนกขนย้ายผู้ป่วย
: กรณีศึกษา โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ 25
จิราวรรณ จันทร์สุวรรณ นิกร ศิริวงศ์ไพศาล และ วนัฐฌพงษ์ คงแก้ว

คำแนะนำการส่งต้นฉบับบทความ

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีกเพื่อแก้ปัญหาสมการแบบต่อเนื่อง

อโณทัย กล้าการขาย[1] และภูพงษ์ พงษ์เจริญ[2]

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Received: 14 February 2019; Revised: 7 March 2019; Accepted: 14 March 2019

บทคัดย่อ

ภาคอุตสาหกรรมการผลิตและธุรกิจบริการมีความจำเป็นต้องเพิ่มความสามารถการแข่งขันทางธุรกิจตลอดเวลา เครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจทางธุรกิจอย่างหนึ่งคือ วิธีการ (Algorithms) หรือขั้นตอนวิธีการแก้ไขปัญหา และปัญหาทางธุรกิจส่วนใหญ่เป็นปัญหาแบบเอ็นพี-ฮาร์ด (NP-Hard) ดังนั้น บทความนี้มีวัตถุประสงค์คือ ทบทวนวรรณกรรมวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีก (League Championship Algorithm; LCA) ต้องการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง (Benchmark Functions) ที่แตกต่างกัน จำนวน 10 ฟังก์ชัน ออกแบบการทดลองเป็นแบบแฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Experiment) 2^{k-p} และทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) สรุปผลการทดลองพบว่า สมการฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_9(x)$, และ $f_{10}(x)$ มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ค่าพารามิเตอร์ของปัจจัยนั้นส่งผลตอบสนอง (Response) ของการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีกควรกำหนด ดังนี้ $f_1(x)$ กำหนด ค่าสัมประสิทธิ์ตั้งรับ (c_1) เท่ากับ 6 $f_2(x)$ และ $f_{10}(x)$ กำหนด ค่าขนาดลีก (L) x จำนวนฤดูกาล (S) เท่ากับ 56x1 ค่าสัมประสิทธิ์ตั้งรับ (c_1) เท่ากับ 6 ค่าสัมประสิทธิ์การรุก (c_2) เท่ากับ 6 และค่าความน่าจะเป็นของความสำเร็จ (p_c) เท่ากับ 0.99999 และ $f_9(x)$ กำหนด ค่าสัมประสิทธิ์ตั้งรับ (c_1) เท่ากับ 6 ค่าสัมประสิทธิ์การรุก (c_2) เท่ากับ 6 และค่าความน่าจะเป็นของความสำเร็จ (p_c) เท่ากับ 0.99999

คำสำคัญ: วิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีก พารามิเตอร์ที่เหมาะสม การวิเคราะห์ความแปรปรวน การทดลองแบบแฟคทอเรียลบางส่วน

* Corresponding author e-mails: pupongp@nu.ac.th and pupongp@gmail.com

1 นิสิตระดับปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร E-mail: anothaik60@email.nu.ac.th

2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร E-mail: pupongp@nu.ac.th

Appropriate Paremeters Setting of League Championship Algorithm: Continuous Optimization Problems

Anothai Klakankhai[1] and Pupong Pongcharoen[2]

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University

Phitsanulok 65000

Received: 14 February 2019; Revised: 7 March 2019; Accepted: 14 March 2019

Abstract

Manufacturing and service businesses need to increase their competitive always. A business decision making tool is algorithms, and most business problems are NP-Hard. Therefore, the objectives of this article are to review League Championship Algorithm (LCA), to find the optimal parameters of the 10 different Benchmark Functions and to design and analysis of experiments with the fractional factorial experiment (2^{k-p}) and analysis of variance (ANOVA). The results of this experiments show that $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_9(x)$ and $f_{10}(x)$ have a P-value less than 0.05, indicating that the value of the factor responds. So the best parameter of the league championship algorithm should be as follows, for $f_1(x)$ set a retreat coefficient (c_1) to 6, for $f_2(x)$ and $f_{10}(x)$ set the league size (L) x Seasonality (S) to 56x1, the retreat coefficient (c_1) and the approach coefficient (c_2) is 6, and the probability of success (p_c) is 0.99999 and $f_9(x)$ set a retreat coefficient (c_1) to 6, the approach coefficient (c_2) is 6 and the probability of success (p_c) is 0.99999

Keywords: League Championship Algorithm, Optimal Parameters, Numerical Function Optimization, Fractional Factorial Experiment, Analysis of Variance

* Corresponding author e-mails: pupongp@nu.ac.th and pupongp@gmail.com

1 Doctor's degree in Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University

E-mail: anothaik60@email.nu.ac.th

2 Assistant Professor in Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University

E-mail: pupongp@nu.ac.th

1. คำนำ

ปัญหาในงานวิศวกรรมอุตสาหการ **โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีปัญหามีขนาด**ใหญ่เป็นปัญหาประเภทเอ็นพี-ฮาร์ด (NP-Hard) ปัญหาที่นำมาประยุกต์ใช้ด้วยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ เช่น ปัญหาการขนส่ง ปัญหาการออกแบบวางผังโรงงาน ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ ปัญหาการจัดตารางการผลิต ปัญหาการพยากรณ์ ปัญหาการหาค่าคำตอบที่เหมาะสม ฯลฯ ปัจจุบันมีวิธีการหรือขั้นตอนวิธีการแก้ไขปัญหาเหล่านี้มากมายเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ ดังนั้น ภาคอุตสาหกรรมการผลิตและธุรกิจบริการจึงได้นำวิธีการหาค่าคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจ วิธีการแก้ไขปัญหาแบบที่เกิดจากแรงบันดาลใจทางธรรมชาติ [1] ได้แก่ วิธีการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมบนพื้นฐานการสอนและการเรียนรู้ (Teaching-Learning-Based Optimization; TLBO) ขั้นตอนวิธีการถ่ายละอองเรณู (Flower Pollination Algorithm; FPA) วิธีการฝูงกุ้งเคย (Krill Herd Algorithm; KHA) วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยหมาป่าสีเทา Grey Wolf Optimization (GWO) วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยการตามกลิ่นของฉลาม Shark Smell Optimization (SSO) วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยแมลงช้าง (Ant Lion Optimizer; ALO) วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยผีเสื้อกลางคืน (Moth-Flame Optimization; MFO) และวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีก (League Championship Algorithm; LCA)

งานวิจัยนี้สนใจนำวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีก (LCA) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง (Benchmark Functions) ที่แตกต่างกัน จำนวน 10 ฟังก์ชัน

2. การทบทวนวรรณกรรม

2.1 วิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีก (LCA)

วิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีก (League Championship Algorithm; LCA) ซึ่งเป็นวิธีการที่เลียนแบบกระบวนการแข่งขันชิงแชมป์ลีกกีฬา คือ ฟุตบอล และได้ถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 2009 โดย Dr. Ali Husseinzadeh Kashan [2] ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 จนถึง วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2561 ค้นพบงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำนวน 53 บทความ จาก 4 ฐานข้อมูลทางวิชาการที่สำคัญ ได้แก่ SCOPUS, Web of Science, IEEE Xplore และ Google Scholar โดยใช้คำในการค้นหา คือ “League Championship Algorithm” และ “LCA” แสดงดังตารางที่ 1 โดยกำหนดให้ ก คือ ISI ข คือ Scopus, ค คือ IEEE Xplore และ ง คือ Google Scholar

ตารางที่ 1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ LCA จำนวน 53 บทความ

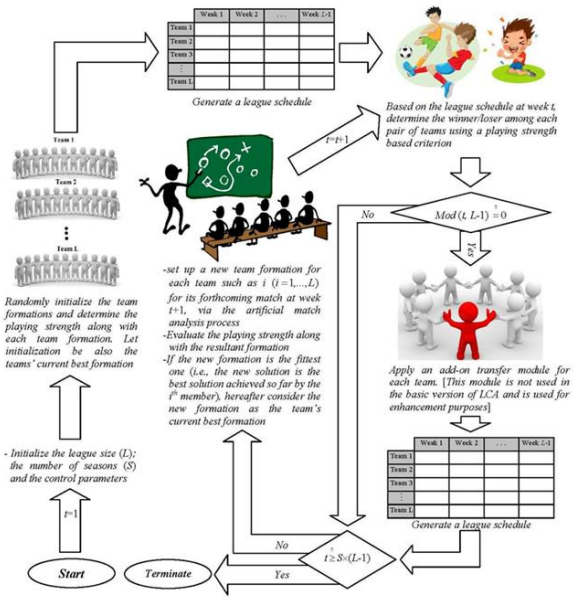
[เลขเอกสารอ้างอิง]	ฐานข้อมูลวิชาการ			
	ก	ข	ค	ง
[2], [3], [4], [5], [6], [7]		✓	✓	✓
[8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26]	✓	✓		✓
[27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38], [39]		✓		✓
[40], [41], [42]	✓			✓
[43], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [50], [51], [52], [53], [54]				✓

จากการทบทวนวรรณกรรมวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีกในตารางที่ 1 สามารถสรุปพารามิเตอร์ที่สำคัญได้ 5 พารามิเตอร์ คือ ขนาดลีก (League; L) ฤดูกาล (Season; S) ค่าสัมประสิทธิ์ตั้งรับ (retreat coefficient; c_1) ค่าสัมประสิทธิ์การรุก (approach coefficient; c_2) และค่าความน่าจะเป็นของความสำเร็จ (The probability of success; p_c) ตารางที่ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ต่ำที่สุดและสูงที่สุดที่ถูกกำหนดไว้ และมีคำศัพท์ที่เกี่ยวกับกีฬา (Sporting terminology) แสดงดังตารางที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานเป็นไปตาม Kashan (2014) ซึ่งประกอบด้วย การสร้างตารางการแข่งขัน (Generating the league schedule) การกำหนดผู้ชนะหรือผู้แพ้ (Determining winner or loser) และการสร้างรูปแบบทีมใหม่ แสดงดังรูปที่ 1

ตารางที่ 3 คำศัพท์ LCA และวิธีการที่มีธรรมชาติเป็นแรงบันดาลใจ

LCA words	Nature-inspired algorithms words
League	Population
Week	Iteration
Team i	i^{th} member of the population
A team formation	Solution
Playing strength	Function or fitness value
Number of Seasons	Maximum iterations
Match analysis	Selection
SWOT matrix	Process of generating new solution



รูปที่1 ผังงานวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีก [12]
รูปที่1 ผังงานอัลกอริทึมการแข่งขันชิงแชมป์ลีก [10]

การสร้างตารางลีกการแข่งขัน (Generating the league schedule) ต้องมีการจับคู่แข่งขันกัน ดังนั้น แต่ละทีมต้องเล่นกับทุกทีมที่เข้าร่วมการแข่งขันในแต่ละฤดูกาล (Seasons) ขนาดของลีกคือ L ตัวอย่างเช่น สมมุติให้ลีกการแข่งขันมีขนาด 4 ทีม (L=4) จะส่งผลให้มีเกมส์การแข่งขันทั้งหมด จำนวน 6 เกมส์ (M=(Lx(L-1))/2) และมีการแข่งขันใน 1 ฤดูกาลเท่ากับ 3 สัปดาห์ (W=(L-1)) โดยแต่ละสัปดาห์จะมีเกมส์การแข่งขัน จำนวน 2 คู่ แสดงดังตารางที่ 4 (ถ้า L เป็นเลขคี่จะมีหนึ่งทีมที่จะไม่ได้ลงแข่งในสัปดาห์นั้น)

ตารางที่ 4 ตัวอย่างตารางการแข่งขันลีก 1 ฤดูกาล (L=4)

สัปดาห์ที่	ตารางการแข่งขันลีก	
	คู่ที่ 1	คู่ที่ 2
1	ทีม 1	ทีม 2
	ทีม 4	ทีม 3
2	ทีม 1	ทีม 4
	ทีม 3	ทีม 2
3	ทีม 1	ทีม 3
	ทีม 2	ทีม 4

จากตารางที่ 4 สัปดาห์ที่ 1 คู่ที่ 1 ทีม 1 แข่งกับทีม 4 คู่ที่ 2 ทีม 2 แข่งกับทีม 3 และสัปดาห์อื่นๆ ตามลำดับ ซึ่งการจัดการแข่งขันในสัปดาห์ที่ 2 จะกำหนดให้ทีมหนึ่งคงที่ โดยเลือกทีม 1 คงที่ และหมุนทีมอื่นๆ ตามเข็มนาฬิกา ในสัปดาห์ที่ 2 ทีมที่ 1 แข่งกับทีม 3 และ ทีม 4 แข่งกับทีม 2 สัปดาห์ที่ 3 กำหนดให้ทีมที่ 1 คงที่เหมือนเดิมและทำการหมุนทีมอื่นๆ ตามเข็มนาฬิกา ดังนั้นสัปดาห์นี้ ทีม 1 แข่งกับทีม 2 และทีม 3 แข่งกับทีม 4 การสร้างตารางลีกการแข่งขันจะดำเนินการตามกระบวนการนี้อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงจุดเริ่มต้น ถ้า L เป็นเลขคี่ทีม dummy จะถูกเพิ่มเข้ามาในแต่ละสัปดาห์ ฝ่ายตรงข้ามทีม dummy จะไม่ได้แข่งขันและได้พักผ่อน

การกำหนดผู้ชนะหรือผู้แพ้ (Determining winner or loser) อันดับแรกต้องคำนึงถึงกฎการแข่งขันที่สำคัญ 6 ข้อ [10] ตัวอย่างการแข่งขันฟุตบอล แต่ละทีมได้ 3 คะแนนสำหรับผลชนะ 0 คะแนนสำหรับผลแพ้ และ 1 คะแนนสำหรับผลเสมอ ไม่คำนึงถึงวิกฤตที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวซึ่งอาจขัดขวางทีมที่ยอดเยี่ยมในความต่อเนื่องของผลสำเร็จ มีแนวโน้มว่า ทีมที่แข็งแรงมากกว่ามีความแข็งแกร่งในการเล่นดีกว่าชนะทีมที่อ่อนกว่า (กฎข้อที่ 1) กำหนดให้สภาพแวดล้อมลีกอุดมคติปราศจากอิทธิพลของผลกระทบที่ไม่ได้รับเชิญ เราสามารถสมมุติความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความแข็งแกร่งการเล่นของทีมและผลลัพธ์ของเกมส์ ดังนั้น สัดส่วนขึ้นอยู่กับความแข็งแกร่งการเล่นของทีม แต่ละทีมอาจจะมีโอกาสชนะ (กฎข้อที่ 2) สมการที่ (1) ตามกฎข้อที่ 1 และข้อที่ 3 สามารถเขียนได้ดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ของวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีก

ผู้แต่ง	ปัญหา	ค่าพารามิเตอร์ของ LCA				
		L	S	c_1	c_2	p_c
Kashan (2009)	Numerical Function Optimization	10	1,000	0.5	0.5	0.01
Kashan and Karimi (2010)	Constrained Optimization	min (8n, 64)	Not defined	1.1	1.1	{0.001, 0.1}
Kashan (2011)	Mechanical engineering design	18	Not defined	(1, 1.25)	(1.1, 1.35)	U(0.1, 0.2)x(n-n_{max})
Kashan et al (2012)	Numerical Function Optimization	12	Not defined	(0, 2)	(0, 2)	0.01
Kashan et al (2013)	The optimal cluster centroids	10	Not defined	0.2	1.0	0.9
Kashan (2014)	Constrained optimization	{30, 60, 90, 120}	Not defined	{0, 0.2, 0.5, 0.7, 1, 2}	{0, 0.2, 0.5, 0.7, 1, 2}	{0.00001, 0.3, 0.5, 0.7, 0.99999}
Sajadi et al (2014)	Permutation flow-shop scheduling	{10, 20}	Not defined	2.0	2.0	{0.1, 0.3, 0.5, 0.9}
Noktehdan et al (2016)	The manufacturing cell formation	30	10	Not defined	Not defined	Not defined
Nedaie and Khoshalhan (2016)	Large-Scale support vector machine	18	{7, 8, 9, 10}	Not defined	Not defined	Not defined
Abdulhamid et al (2016)	Cloud Computing Environment	1,000	Not defined	0.5	0.5	0.01
Bingol and Alatas (2016)	General Optimization	10	50	Not defined	Not defined	Not defined
Jalili et al (2017)	Optimum Design of Pin-Jointed Structures	{10, 20, 30, 40, 50}	Not defined	{1, 1.5, 2}	{1, 1.5, 2}	{0.0001, 0.25, 0.5, 0.9999}
Saraswathi and Srinivasan (2017)	Mammogram Analysis	161	1,000	2.0	2.0	0.7
Alatas (2017)	Global optimization	Not defined	Not defined	0.5	0.5	0.01
Abdulhamid and Latiff (2017)	Cloud scheduling	1,000	Not defined	0.5	0.5	0.01
Ebrahimi et al (2017)	An inverse heat conduction	16	500	Not defined	Not defined	Not defined
Wangchamhan et al (2017)	Numeric, categorical, and mixed-type data clustering	60	Not defined	0.2	1.0	Not defined
Abdulhamid et al (2018)	cloud computing environment	Not defined	Not defined	0.5	0.5	0.01
Xu et al (2018)	production scheduling	30	1,000	[0.5, 2.5]	[0.5, 2.5]	[0.1, 0.9]
Nahr et al (2018)	Closed-loop supply chain (CLSC)	(25, 100, 150, 200)	(20, 26, 32, 40)	(0, 2, 4, 6)	(0, 2, 4, 6)	Not defined
Alimoradi and Kashan (2018)	Stock trading rule extraction process	20	38	Not defined	Not defined	Not defined
(Minimum, Maximum)		**(8, 1,000)**	**(7, 1,000)**	**(0, 6)**	**(0, 6)**	**(0.00001, 0.99999)**

$$p_1^t = \frac{f(x_1^t - \hat{f})}{f(x_2^t) + f(x_1^t) - 2\hat{f}} \quad (1)$$

กำหนดให้ทีม *i* และ *j* แข่งขันกันในสัปดาห์ที่ *t* ด้วยรูปแบบการจัดทีมคือ $\boldsymbol{x_i^t}$ และ $\boldsymbol{x_j^t}$ และความแข็งแกร่งการเล่นคือ $\boldsymbol{f(x_i^t)}$ และ $\boldsymbol{f(x_j^t)}$ ตามลำดับ

การหาผู้ชนะหรือผู้แพ้เป็นการสุ่มตัวเลขในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 [0, 1] ถ้าค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ $\boldsymbol{p_i^t}$ ทีม *i* ชนะ และทีม *j* แพ้ อีกนัยนึงคือ ทีม *j* ชนะและทีม *i* แพ้ ดังนั้น ข้อปฏิบัติสำหรับการกำหนดทีมชนะและทีมแพ้เป็นแบบคงเส้นคงวาด้วยกฎข้อที่ 2 และ กฎข้อที่ 4การสร้างรูปแบบทีมใหม่ (Setting up a new team formation) กลยุทธ์นี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้โดยโค้ชเพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของผู้เล่นจุดแข็ง (Strengths; S) และจุดอ่อน (Weaknesses; W) เป็นปัจจัยภายในเสมอ ขณะที่โอกาส (opportunities; O) และอุปสรรค (Threats; T) เป็นปัจจัยภายนอก การสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์การจับคู่แบบเทียมสำหรับทีม (แต่ละทีม) *i* (จัดทำขึ้นสำหรับการสร้างรูปแบบทีมใหม่สำหรับสัปดาห์ *t*+1) ถ้าได้รับชัยชนะเกมส์สมมุติจากทีม *j* หรือพ่ายแพ้ต่อทีม *j* ในสัปดาห์ที่ *t* แล้วสมมุติให้ความสำเร็จหรือล้มเหลวเป็นผลโดยตรงต่อจุดแข็งหรือจุดอ่อนของทีม *i* หรือขึ้นอยู่กับกฎข้อที่ 5 เป็นผลโดยตรงจากจุดอ่อนหรือจุดแข็งของทีม *j* รูปที่ 2 แสดงการวิเคราะห์การแข่งขันเสมือนจริงภายในและภายนอกของสมมุติฐานสำหรับทีม *i* ในรูปแบบแผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน

การวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับเหตุการณ์สัปดาห์ก่อนหน้า (กฎข้อที่ 6) การกระทำที่เป็นไปได้สำหรับทีม *i* ที่ได้จากการวิเคราะห์การจับคู่แข่งขันแบบเสมือนจริงสามารถสรุปได้ในสมมุติฐานของตารางสวอต (SWOT matrix) แสดงในรูปที่ 3 ได้กำหนดกลยุทธ์พื้นฐาน 4 กลยุทธ์ คือ S / T , S / O , W / T และ W / O [10]

	Adopt S/T strategy *i had won* *I had won* *Focusing on ...*	Adopt S/O strategy *i had won* *I had lost* *Focusing on ...*	Adopt W/T strategy *i had lost* *I had won* *Focusing on ...*	Adopt W/O strategy *i had lost* *I had lost* *Focusing on ...*
S	own strengths (or weaknesses of *j*)	own strengths (or weaknesses of *j*)	–	–
W	–	–	own weaknesses (or strengths of *j*)	own weaknesses (or strengths of *j*)
O	–	weaknesses of *I* (or strengths of *k*)	–	weaknesses of *I* (or strengths of *k*)
T	strengths of *I* (or weaknesses of *k*)	–	strengths of *I* (or weaknesses of *k*)	–

รูปที่ 2 การวิเคราะห์การแข่งขันเสมือนจริงใน LCA ที่มา: [10]



รูปที่ 3 ตารางสวอตที่ได้จากการวิเคราะห์การแข่งขัน ที่มา: [10]

2.2 ฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง (Benchmark functions)

ฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียงที่แตกต่างกัน จำนวน 10 ฟังก์ชัน แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมการทางคณิตศาสตร์และผลลัพธ์ที่ใช้วิธีการ LCA

สมการทางคณิตศาสตร์	ช่วง	$f_{\min}$
$f_1(x) = -50x + x^2$	[0, 50]	-625
$f_2(x) = \sum_{i=1}^{n} \lvert x_i \rvert + \prod_{i=1}^{n} \lvert x_i \rvert$	[-10, 10]	0
$f_3(x) = \sum_{i=1}^{n} \left(\sum_{j=1}^{i} x_j \right)^2$	[-100, 100]	0
$f_4(x) = max_i\{\lvert x_i \rvert, 1 \le i \le n\}$	[-100, 100]	0
$f_5(x) = \sum_{i=1}^{n} (\lvert x_i + 0.5 \rvert)^2$	[-100, 100]	0
$f_6(x) = \sum_{i=1}^{n} i x_i^4 + randm[0,1)$	[-1.28, 1.28]	0
$f_7(x) = \sum_{i=1}^{n} -x_i \sin\left(\sqrt{\lvert x_i \rvert}\right)$	[-500, 500]	-418.98xn
$f_8(x) = \frac{1}{4{,}000} \sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \prod_{i=1}^{n} \cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) + 1$	[-600, 600]	0
$f_9(x) = \frac{\pi}{n}\{10 \sin(\pi y_1) + \sum_{i=1}^{n-1} (y_i - 1)^2 [1 + 10 \sin^2(\pi y_{i+1})] + (y_n - 1)^2\} + \sum_{i=1}^{n} u(x_i, 10, 100, 4)$	[-50, 50]	0
$f_{10}(x, y, z) = \frac{4}{3}(x^2 + y^2 - xy)^{0.75} + z$	[0, 2]	0

3. การประยุกต์ใช้วิธีการ LCA

งานวิจัยนี้ได้ทำการประยุกต์ใช้วิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีก (LCA) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของ

ฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง (Benchmark Functions) ที่แตกต่างกัน จำนวน 10 ฟังก์ชัน และได้กำหนดปัจจัยที่สำคัญ 4 ปัจจัย และทุกปัจจัยมีจำนวน 2 ระดับ ประกอบด้วย ขนาดลีก (L) x จำนวนฤดูกาล (S) ค่าสัมประสิทธิ์ตั้งรับ (retreat coefficient; c_1) ค่าสัมประสิทธิ์การรุก (approach coefficient; c_2) และค่าความน่าจะเป็นของความสำเร็จ (The probability of success; p_c) โดยได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 4 ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การกำหนดระดับปัจจัยที่ศึกษาของวิธีการ LCA

ปัจจัย	ระดับปัจจัย	ค่า
League (L) x Number of seasons (S)	2	8x55, 56x1
Retreat coefficient (c_1)	2	0, 6
Approach coefficient (c_2)	2	0, 6
Probability of success (p_c)	2	0.00001, 0.99999

การออกแบบการทดลอง 2^{4-1} แฟคทอเรียลบางส่วน ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ซึ่งมีจำนวนการทดลองเท่ากับ 2x2x2x5 = 40 การทดลอง ตัวอย่างการออกแบบการทดลอง 1 ซ้ำการทดลอง มีจำนวนการทดลองเท่ากับ 8 แสดงดัง ตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การออกแบบการทดลอง 2^{4-1} แฟคทอเรียลบางส่วน

RunOrder	LxS	c_1	c_2	p_c
1	-1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1	1
3	-1	1	-1	1
4	1	1	-1	-1
5	-1	-1	1	1
6	1	-1	1	-1
7	-1	1	1	-1
8	1	1	1	1

4. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลลัพธ์ที่น้อยที่สุดของวิธีการ LCA จากการทดลองสำหรับสมการฟังก์ชัน $f_1(x)$ ถึง $f_{10}(x)$ แสดงดังตารางที่ 8 ซึ่งการประยุกต์ใช้วิธีการ LCA พบว่า การหาค่าคำตอบที่ต่ำที่สุดของ $f_1(x)$-$f_6(x)$ และ $f_{10}(x)$ ได้คำตอบเท่ากับคำตอบฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง มีเพียง $f_7(x)$, $f_8(x)$ และ $f_9(x)$ ที่ได้คำตอบไม่เท่ากับคำตอบของฟังก์ชันเทียบเคียง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ซึ่งพิจารณาค่า P-Value ของแต่ละปัจจัย พบว่า สมการฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_9(x)$, และ $f_{10}(x)$ มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าพารามิเตอร์ของปัจจัยนั้นส่งผลตอบสนอง (Response) ของการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ แสดงดัง ตารางที่ 9-12 โดยตารางที่ 9 เป็นผลจากสมการฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง $f_1(x)$ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ตั้งรับ (retreat coefficient; c_1) มีค่า P-Value เท่ากับ 0.033 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ค่าสัมประสิทธิ์ตั้งรับส่งผลตอบสนองต่อคำตอบที่ได้รับ และควรกำหนดค่าพารามิเตอร์นี้ มีค่าเป็น +1 คือ ค่าเท่ากับ 6 เพื่อให้ได้คำตอบที่ต่ำที่สุด แสดงดังรูปที่ 4 ผลจากสมการฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง $f_2(x)$ พบว่า ปัจจัยทั้ง 4 มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงดัง ตารางที่ 10 กราฟค่าเฉลี่ยของปัจจัยหลักแสดงดังรูปที่ 5 ผลจากสมการฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง $f_9(x)$ พบว่า 3 ปัจจัย ที่มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงดังตารางที่ 11 กราฟค่าเฉลี่ยของปัจจัยหลักแสดงดังรูปที่ 6

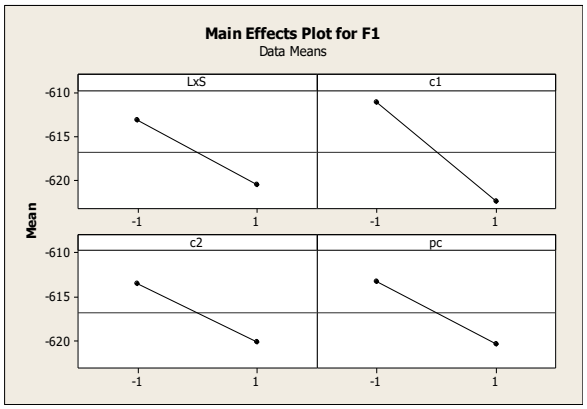
ตารางที่ 8 ผลลัพธ์ที่น้อยที่สุดของวิธี LCA

Function Name	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f_3(x)$	$f_4(x)$	$f_5(x)$
f_{min}	-625	0	0	0	0
Function Name	$f_6(x)$	$f_7(x)$	$f_8(x)$	$f_9(x)$	$f_{10}(x)$
f_{min}	0	-418.92	0.92	5.49	0

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับ $f_1(x)$

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	2748.02	2748.02	687.0	2.69	0.048
LxS	1	530.6	530.56	530.6	2.08	0.159
c_1	1	1259.81	1259.81	1259.8	4.94	0.033
c_2	1	440.5	440.53	440.5	1.73	0.198
p_c	1	517.1	517.12	517.1	2.03	0.164
2-Way Interactions	3	1241.9	1241.86	414.0	1.62	0.203

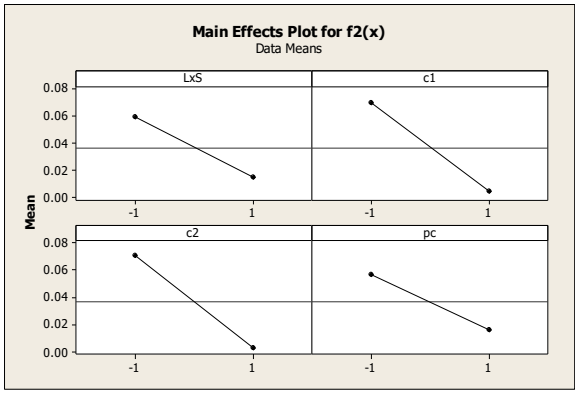
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
LxS*c_1	1	575.7	575.69	575.7	2.26	0.143
LxS*c_2	1	271.6	271.56	271.6	1.06	0.310
LxS*p_c	1	394.6	394.61	394.6	1.55	0.223
Residual Error	32	8161.5	8161.48	255.0		
Pure Error	32	8161.5	8161.48	255.0		
Total	39	12151.4				



รูปที่ 4 กราฟค่าเฉลี่ยของปัจจัยหลัก f_1(x)

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับ f_2(x)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	0.12507	0.12507	0.031267	12.70	0.000
LxS	1	0.01978	0.01978	0.019779	8.03	0.008
c_1	1	0.04188	0.04188	0.041879	17.01	0.000
c_2	1	0.04672	0.04672	0.046719	18.98	0.000
p_c	1	0.01669	0.01669	0.016691	6.78	0.014
2-Way Interactions	3	0.09183	0.09183	0.030609	12.43	0.000
LxS*c_1	1	0.02076	0.02076	0.020759	8.43	0.007
LxS*c_2	1	0.02366	0.02366	0.023661	9.61	0.004
LxS*p_c	1	0.04741	0.04741	0.047406	19.25	0.000
Residual Error	32	0.07879	0.07879	0.002462		
Pure Error	32	0.07879	0.07879	0.002462		
Total	39	0.29568				

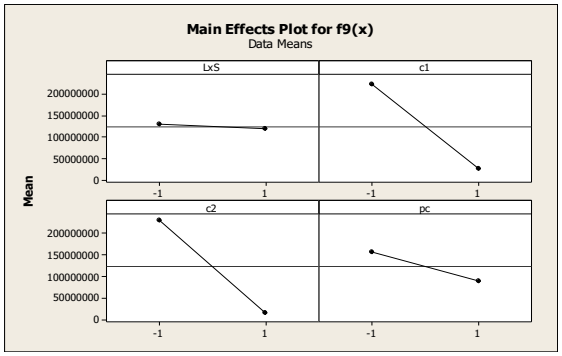


รูปที่ 5 กราฟค่าเฉลี่ยของปัจจัยหลัก f_2(x)

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับ f_9(x)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	9.01E+17	9.01E+17	2.25E+17	96.38	0.000
LxS	1	1.20E+15	1.20E+15	1.20E+15	0.51	0.478
c_1	1	3.86E+17	3.86E+17	3.86E+17	165.32	0.000
c_2	1	4.67E+17	4.67E+17	4.67E+17	200.08	0.000
p_c	1	4.58E+16	4.58E+16	4.58E+16	19.61	0.000
2-Way Interactions	3	4.05E+17	4.05E+17	1.35E+17	57.76	0.000
LxS*c_1	1	2.83E+16	2.83E+16	2.83E+16	12.13	0.001
LxS*c_2	1	1.13E+16	1.13E+16	1.13E+16	4.82	0.035
LxS*p_c	1	3.65E+17	3.65E+17	3.65E+17	156.34	0.000
Residual Error	32	7.48E+16	7.48E+16	2.34E+15		
Pure Error	32	7.48E+16	7.48E+16	2.34E+15		
Total	39	1.38E+18				

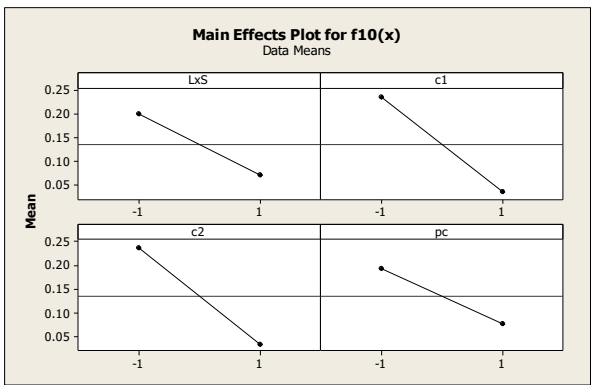
ผลจากสมการฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง f_{10}(x) พบว่า ทั้ง 4 ปัจจัย ที่มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงดัง ตารางที่ 12 กราฟค่าเฉลี่ยของปัจจัยหลักแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 กราฟค่าเฉลี่ยของปัจจัยหลัก $f_9(x)$

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับ $f_{10}(x)$

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	1.1052	1.1052	0.276299	28.28	0.000
LxS	1	0.1634	0.1634	0.163372	16.72	0.000
c_1	1	0.3938	0.3938	0.393820	40.31	0.000
c_2	1	0.4159	0.4159	0.415904	42.57	0.000
p_c	1	0.1321	0.1321	0.132101	13.52	0.001
2-Way Interactions	3	1.0684	1.0684	0.356125	36.45	0.000
LxS*c_1	1	0.2767	0.2767	0.276715	28.32	0.000
LxS*c_2	1	0.2828	0.2828	0.282823	28.95	0.000
LxS*p_c	1	0.5088	0.5088	0.508837	52.08	0.000
Residual Error	32	0.3127	0.3127	0.009770		
Pure Error	32	0.3127	0.3127	0.009770		
Total	39	2.4862				



รูปที่ 7 กราฟค่าเฉลี่ยของปัจจัยหลัก $f_{10}(x)$

จากผลการทดลองสามารถสรุปการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีกในสมการฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_9(x)$, และ $f_{10}(x)$ แสดงดังตารางที่ 13 ส่วนสมการฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียงที่เหลือสามารถกำหนดค่าใดก็ได้

ตารางที่ 13 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการ LCA

สมการที่	ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม			
	LxS	c_1	c_2	p_c
$f_1(x)$	-	6	-	-
$f_2(x)$	56x1	6	6	0.99999
$f_9(x)$	-	6	6	0.99999
$f_{10}(x)$	56x1	6	6	0.99999

ส่วนผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย (Two-Factors or 2-ways Interactions) พบว่า สมการฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง $f_2(x)$, $f_9(x)$ และ $f_{10}(x)$ ทุกปัจจัยร่วมมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ปัจจัยร่วมนั้นส่งผลตอบสนองของการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ

สุดท้ายนี้ งานวิจัยในอนาคตคือ การนำวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีกไปประยุกต์ใช้กับปัญหาภาคอุตสาหกรรมการผลิตและธุรกิจบริการเพื่อเพิ่มความสามารถการแข่งขันให้กับธุรกิจ

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณทุนรัฐบาลกระทรวงวิทยาศาสตร์ ประเภททุนพัฒนาบุคลากรภาครัฐ เพื่อศึกษาวิชาภายในประเทศ

เอกสารอ้างอิง

[1] Bozorg Haddad, O., "Advanced Optimization by Nature-Inspired Algorithms". *Omid Bozorg-Haddad ed*, Vol. 720. 2018: Springer Nature Singapore Pte Ltd, pp.166.

[2] Kashan, A.H, "League Championship Algorithm: A new algorithm for numerical function optimization", in *SoCPaR 2009 - Soft Computing and Pattern Recognition*. 2009.

[3] Kashan, A.H. and B. Karimi, "A new algorithm for constrained optimization inspired by the sport league championships". in *2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence, WCCI 2010 - 2010 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2010*, 2010.

[4] Kashan, A.H., et al, "A modified League Championship Algorithm for numerical function optimization via artificial modeling of the 'between two halves analysis", in *6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems, and 13th International Symposium on Advanced Intelligence Systems, SCIS/ISIS 2012*, 2012.

[5] Yadav, S. and S.J. Nanda, "League Championship Algorithm for clustering". in *2015 IEEE Power, Communication and Information Technology Conference, PCITC 2015 - Proceedings*. 2015.

[6] Shishira, S.R., A. Kandasamy, and K. Chandrasekaran, "Survey on meta heuristic optimization techniques in cloud computing". in *2016 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, ICACCI 2016*, 2016.

[7] Kashan, A.H., A. Abbasi-Pooya, and S. Karimiyan, *A New Mathematical Model and a League Championship Algorithm to Determine the Helicopter Routes in Offshore Gas Fields.* 2016.

[8] Husseinzadeh Kashan, A., "An efficient algorithm for constrained global optimization and application to mechanical engineering design: League championship algorithm (LCA)". *CAD Computer Aided Design*, Vol. 43, No. 12, pp. 1769-1792, 2011.

[9] Husseinzadeh Kashan, A., B. Rezaee, and S. Karimiyan, "An efficient approach for unsupervised fuzzy clustering based on grouping evolution strategies". *Pattern Recognition*, Vol. 46, No.5, pp. 1240-1254, 2013.

[10] Husseinzadeh Kashan, A., "League Championship Algorithm (LCA): An algorithm for global optimization inspired by sport championships", *Applied Soft Computing Journal*, Vol. 16, pp. 171-200, 2014.

[11] Bouchekara, H.R.E.H., et al., "Optimal power flow using the league championship algorithm: A case study of the Algerian power system", *Energy Conversion and Management,* Vol. 87, pp. 58-70, 2014.

[12] Kalra, M. and S. Singh, "A review of metaheuristic scheduling techniques in cloud computing", *Egyptian Informatics Journal*, Vol. 16, No. 3, pp. 275-295, 2015.

[13] Noktehdan, A., S. Seyedhosseini, and M. Saidi-Mehrabad, "A Metaheuristic algorithm for the manufacturing cell formation problem based on grouping efficacy", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 82, No. 1-4, pp. 25-37, 2016.

[14] Abdulhamid, S.M., et al., "Secure scientific applications scheduling technique for cloud computing environment using global league championship algorithm". *PLoS ONE*, Vol. 11, No. 7 , 2016.

[15] Bingol, H. and B. Alatas, "Chaotic League Championship Algorithms". *Arabian Journal for Science and Engineering*, Vol. 41, No. 12, pp. 5123-5147, 2016.

[16] Seyyarer, A., et al, *Overcurrent relay coordination of 154/34,5 kV Hasançelebi substation by League Championship*

Algorithm. in *IDAP 2017 - International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium*, 2017.

[17] Karagöz, S. and A.R. Yildiz, "A comparison of recent metaheuristic algorithms for crashworthiness optimisation of vehicle thin-walled tubes considering sheet metal forming effects", *International Journal of Vehicle Design*, Vol. 73, No. 1, pp. 179-188, 2017.

[18] Tezcan, B.M. and O. Pekcan, *League Championship Algorithm for Backcalculation of Conventional Flexible Pavements Using Artificial Neural Networks*, 2017.

[19] Jalili, S., A.H. Kashan, and Y. Hosseinzadeh, "League Championship Algorithms for Optimum Design of Pin-Jointed Structures". *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 31, No. 2 , 2017.

[20] Alatas, B., "Sports inspired computational intelligence algorithms for global optimization", *Artificial Intelligence Review*, pp. 1-49, 2017.

[21] Ebrahimi, M., S.H. Vakilipour, and M.E.I. Shahverdi, "A novel computational procedure based on league championship algorithm for solving an inverse heat conduction problem". *Journal of Computational Applied Mechanics*. Vol. 48, No. 2, pp. 285-296, 2017.

[22] Rezaei, H., O. Bozorg-Haddad, and X. Chu, "League championship algorithm (LCA)", in *Studies in Computational Intelligence*, pp. 19-30, 2018.

[23] Xu, W., R.F. Wang, and J.R. Yang, "An improved league championship algorithm with free search and its application on production scheduling". *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 29, No.1, pp. 165-174, 2018.

[24] Beheshtinia, M.A. and A. Ghasemi, "A multi-objective and integrated model for supply chain scheduling optimization in a multi-site manufacturing system". *Engineering Optimization*, Vol. 50, No. 9, pp. 1415-1433, 2018.

[25] Guchhait, A., B. Maji, and D. Kandar, "A hybrid V2V system for collision-free high-speed internet access in intelligent transportation system". *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, Vol. 29, No. 3 , 2018.

[26] Soto, R., et al., "Solving the MCDP using a league championship algorithm", in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, pp. 447-453, 2018.

[27] Pourali, Z. and M. Aminnayeri, "A novel discrete league championship algorithm for minimizing earliness/tardiness penalties with distinct due dates and batch delivery consideration", in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, pp. 139-146, 2011.

[28] Sun, J., et al., *An auction and league championship algorithm based resource allocation mechanism for distributed cloud*, in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, pp. 334-346, 2013.

[29] Abdulhamid, S.M., M.S.A. Latiff, and I. Idris, "Tasks scheduling technique using League Championship Algorithm for makespan

minimization in IaaS cloud". *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 9, No. 12, pp. 2528-2533, 2014.

[30] Sajadi, S.M., A.H. Kashan, and S. Khaledan. "A new approach for permutation flow-shop scheduling problem using league championship algorithm". in *CIE 2014 - 44th International Conference on Computers and Industrial Engineering and IMSS 2014 - 9th International Symposium on Intelligent Manufacturing and Service Systems, Joint International Symposium on "The Social Impacts of Developments in Information, Manufacturing and Service Systems" - Proceedings*, 2014.

[31] Seyedhosseini, S.M., H. Badkoobehi, and A. Noktehdan, "Machine-Part Cell Formation Problem Using a Group Based League Championship Algorithm". *Journal of Promotion Management*, Vol. 21, No. 1, pp. 55-63, 2015.

[32] Abdulhamid, S.M., et al., "A survey of league championship algorithm: Prospects and challenges", *Indian Journal of Science and Technology*, Vol. 8, pp. 101-110, 2015.

[33] Bouchekara, H.R.E.H., M. Nahas, and H.M. Kaouach, "Optimal design of electromagnetic devices using the league championship algorithm", *Applied Computational Electromagnetics Society Journal*, Vol. 32, No. 6, pp. 484-490, 2017.

[34] Saraswathi, D. and E. Srinivasan, "Mammogram analysis using league championship algorithm optimized ensembled FCRN classifier", *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, Vol. 5, No. 2, pp. 451-461, 2017.

[35] KARCI, A., "Differential Evolution Algorithm and Its Variants", *Anatolian Science-Bilgisayar Bilimleri Dergisi*, Vol. 2, pp. 10-14, 2017.

[36] Ghahremani Nahr, J., R. Kian, and H. Rezazadeh, "A Modified Priority-Based Encoding for Design of a Closed-Loop Supply Chain Network Using a Discrete League Championship Algorithm", *Mathematical Problems in Engineering*, 2018.

[37] Alimoradi, M.R. and A. Husseinzadeh Kashan, "A league championship algorithm equipped with network structure and backward Q-learning for extracting stock trading rules", *Applied Soft Computing Journal*,Vol. 68, pp. 478-493, 2018.

[38] Karakoc, M.M., "Prediction of electroencephalogram time series via artificial neuro-fuzzy inference system trained by league championship algorithm", in *Nature-Inspired Intelligent Techniques for Solving Biomedical Engineering Problems*, pp. 232-248, 2018.

[39] Maharana, D., S. Maheshka, and P. Kotecha, "Multi-objective league championship algorithms and its applications to optimal control problems", in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, pp. 35-46, 2019.

[40] Pholdee, N. and S. Bureerat, "Structural health monitoring through meta-heuristics - comparative performance study", *Advances in Computational Design*, Vol. , 2019 1, No. 4, pp. 315-327, 2016.

[41] Abdulhamid, S.M. and M.S.A. Latiff, "A checkpointed league championship algorithm-based cloud scheduling scheme with secure fault tolerance responsiveness", *Applied Soft Computing Journal*, Vol. 61, pp. 670-680, 2017.

[42] Abdulhamid, S.M., et al., "Fault tolerance aware scheduling technique for cloud computing environment using dynamic clustering algorithm", *Neural Computing and Applications*, Vol. 29, No. 1, pp. 279-293, 2018.

[43] Kejani, T., "A new approach for reliability optimization based on league championship algorithm (LCA)", *Iran: Najaf Abad Branch, Azad University*, 2013.

[44] Fister Jr, I., et al., "A brief review of nature-inspired algorithms for optimization", *arXiv preprint arXiv:1307.4186*, 2013.

[45] Stephen, M.J. and P.R. PV, "Simple league championship algorithm", *International Journal of Computer Applications*, Vol. 75, No. 6 , 2013.

[46] Lenin, K., B.R. Reddy, and M.S. Kalavathi, "League championship algorithm (LCA) for solving optimal reactive power dispatch problem", *International Journal of Computer and Information Technologies*, Vol. 1, No. 3, pp. 254-272, 2013.

[47] Sebastián, A.R. and L.R. Isabel, "Scheduling to job shop configuration minimizing the make span using champions league algorithm", Tunja: Division de Arquitectura e Ingenierias, *Universidad Santo*, 2014.

[48] Kahledan, S., "A league championship algorithm for travelling salesman problem", Iran: Najaf Abad Branch, *Azad University*, 2014.

[49] Abdulhamid, S.M. and M.S.A. Latiff, "League Championship Algorithm based job scheduling scheme for infrastructure as a service cloud", *arXiv preprint arXiv:1410.2208*, 2014.

[50] Abdullahi, M., *Job Scheduling Technique for Infrastructure as a Service Cloud Using an Enhanced League Championship Algorithm.* 2015.

[51] Khoshalhan, F., "A new play-off approach in league championship algorithm for solving large-scale support vector machine problems", *International Journal of Industrial Engineering & Production Research,* Vol. 27, No.1, pp. 61-68, 2016.

[52] Yildiz, B.S., "A comparative investigation of eight recent population-based optimisation algorithms for mechanical and structural design problems", *International Journal of Vehicle Design*,Vol. 73, No. 1, pp. 208-218, 2017.

[53] Wangchamhan, T., S. Chiewchanwattana, and K. Sunat, "Efficient algorithms based on the k-means and Chaotic League Championship Algorithm for numeric, categorical, and mixed-type data clustering", *Expert Systems with Applications*, Vol. 90, pp. 146-167, 2017.

[54] Husseinzadeh Kashan, A., A. Abbasi-Pooya, and S. Karimiyan, "A rig-based formulation and a league championship algorithm for helicopter routing in offshore transportation", in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, pp. 23-38, 2019.

ประวัติผู้เขียนบทความ



นายอโณทัย กล้าการขาย สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัยนเรศวร ในปี พ.ศ. 2544 ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิตและอัตโนมัติ จากมหาวิทยาลัยนเรศวร ในปี พ.ศ. 2549 ปัจจุบันอยู่ระหว่างศึกษาต่อในระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยนเรศวร



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระดับปริญญาโท Master of Engineering ในสาขา Industrial and System Engineering จากสถาบัน Asian Institute of Technology และระดับปริญญาเอก Doctor of Philosophy สาขา Manufacturing Engineering จาก University of Newcastle upon Tyne ประเทศอังกฤษ เริ่มรับราชการเป็นอาจารย์ประจำ สังกัดภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรปี พ.ศ. 2537 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งหัวหน้าหน่วยวิจัยด้านการวิจัยดำเนินงานและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม (Centre for Operations Research and Industrial Applications: CORIA) ผลงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะเป็นทางด้านการประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการแบบต่างๆ เพื่อการแก้ปัญหาในทางธุรกิจและการจัดการโลจิสติกส์

การคัดเลือกหุ้นเพื่อสร้างพอร์ตการลงทุนภายใต้แนวคิด Data Envelopment Analysis

เอกนรินทร์ แซ่ฉิน[1] และ สุดา ตระการเถลิงศักดิ์[2]
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จ.นครปฐม 73000

Received: 17 February 2019; Revised: 11 March 2019; Accepted: 18 March 2019

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอวิธีการคัดเลือกหุ้นเพื่อสร้างพอร์ตการลงทุนแบบ 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนแรกเลือกหุ้นเข้าพอร์ตการลงทุนโดยใช้การประเมินประสิทธิภาพหุ้น 3 วิธี คือ 1) วิธี DEA 2) วิธี Super-efficiency และ 3) วิธี DEA Cross-efficiency ภายใต้ตัวแบบ CRS มุมมองปัจจัยผลผลิต (CRS- Output oriented model) โดยใช้อัตราส่วนทางการเงินเป็นปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิต ขั้นตอนที่สองกำหนดสัดส่วนการลงทุนของหุ้นในพอร์ต 3 วิธีคือ 1) ตามสัดส่วนของคะแนนประสิทธิภาพ 2) ตามค่าน้ำหนักจากตัวแบบ Markowitz Mean–Variance และ 3) ตามค่าน้ำหนักจากวิธี DEA Mean–Variance Cross-efficiency ซึ่งพบว่าพอร์ตการลงทุนที่สร้างจากวิธี DEA Mean–Variance Cross-efficiency ให้อัตราผลตอบแทนสะสมสูงกว่าการกำหนดสัดส่วนการลงทุนตามสัดส่วนของคะแนนประสิทธิภาพและค่าน้ำหนักจากตัวแบบ Markowitz Mean-Variance

คำสำคัญ: วิธี DEA, การคัดเลือกหุ้น, ประสิทธิภาพไขว้, ตัวแบบ Super-efficiency, ตัวแบบ Markowitz Mean–Variance, วิธี Mean–Variance Cross-efficiency

[1] นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร e-mail: saechin_a@su.ac.th

[2] รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร e-mail: tragantalerngsa_s@su.ac.th

Portfolio selection based on Data Envelopment Analysis

Aeknarin Saechin[1] and Suda Tragantalerngsak[2]
Department of Statistics Faculty of Science Silpakorn University
Sanamchandra Palace Campus, Nakhon Pathom 73000 Thailand

Received: 17 February 2019; Revised: 11 March 2019; Accepted: 18 March 2019

Abstract

This article presents methodologies based on Data Envelopment Analysis (DEA) for portfolio selection in two stages. In the first stage, the stock are evaluated using DEA, Super-efficiency and DEA Cross-efficiency. These methods are utilized based on CRS-Output oriented model. Financial ratios are used as the inputs and outputs for evaluating. In the second stage, three portfolio stock–weighting strategies are applied, efficiency score, Markowitz Mean–Variance model and Mean–Variance cross-efficiency. The results show that Mean–Variance cross-efficiency strategy created the superior portfolio in cumulative return than efficiency score and Markowitz Mean–Variance strategy.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Portfolio selection, Cross-efficiency, Super-efficiency, Markowitz Mean-variance, Mean–Variance Cross-efficiency

[1] Master's degree in Statistics Department of Statistics Faculty of Science Silpakorn University e-mail: saechin_a@su.ac.th

[2] Associate Professor of Statistics Department of Statistics Faculty of Science Silpakorn University e-mail: tragantalerngsa_s@su.ac.th

1. บทนำ

การลงทุนในหุ้นเป็นการออมทางเลือกหนึ่งที่นักลงทุนให้ความสนใจ โดยเชื่อมั่นว่าการลงทุนในหุ้นจะสามารถสร้างผลตอบแทนที่ดีได้ แต่การลงทุนในหุ้นมีความเสี่ยงเนื่องจากราคาหุ้นในตลาดหลักทรัพย์มีความผันผวนมาก ดังนั้นก่อนการลงทุนนักลงทุนจำเป็นต้องพิจารณาการคัดเลือกหุ้นเพื่อสร้างพอร์ตการลงทุน วิธีการประเมินประสิทธิภาพเป็นแนวทางหนึ่งที่นิยมใช้ในการพิจารณาคัดเลือกหุ้นโดยเชื่อว่าหุ้นที่มีประสิทธิภาพในการดำเนินงานสูง น่าจะมีแนวโน้มที่ราคาจะสูงขึ้นในอนาคต (Tarnaud and Leleu; [1])

วิธี Data Envelopment Analysis (DEA) เป็นวิธีการทางการโปรแกรมคณิตศาสตร์ (Mathematical programming) ที่เสนอโดย Charnes, et al. [2] เพื่อประเมินประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบ (relative efficiency) ของหน่วยตัดสินใจ หรือเรียกว่า Decision Making Unit (DMU) โดยใช้ค่าวัดประสิทธิภาพเป็นอัตราส่วนระหว่างผลรวมถ่วงน้ำหนักของปัจจัยผลผลิตต่อผลรวมถ่วงน้ำหนักของปัจจัยนำเข้า ซึ่งเรียกว่า “คะแนนประสิทธิภาพ” โดย DMU ที่มีคะแนนเท่ากับ 1 เป็น DMU ที่มีประสิทธิภาพ และ DMU ที่มีคะแนนน้อยกว่า 1 เป็น DMU ที่ไม่มีประสิทธิภาพ

ตัวแบบ DEA สามารถพิจารณาได้ 2 กรณี คือ กรณีผลตอบแทนต่อขนาดคงที่ (Constant Return to scale: CRS) และกรณีผลตอบแทนต่อขนาดไม่คงที่ (Variables Return to scale: VRS) ซึ่งในแต่ละกรณีสามารถวิเคราะห์ได้ 2 มุมมองคือมุมมองปัจจัยนำเข้า (Input orientation) และมุมมองปัจจัยผลผลิต (Output orientation) โดยมุมมองปัจจัยนำเข้าจะพิจารณาถึงการลดปัจจัยนำเข้า เมื่อกำหนดให้ระดับปัจจัยผลผลิตคงที่ในขณะที่มุมมองปัจจัยผลผลิตจะพิจารณาถึงการเพิ่มผลผลิต โดยยังคงระดับปัจจัยนำเข้า

เนื่องจาก DMU ที่มีประสิทธิภาพต่างมีคะแนนประสิทธิภาพเท่ากับ 1 จึงไม่สามารถจัดอันดับในกลุ่มที่มีประสิทธิภาพได้ Andersen and Petersen [3] ได้เสนอตัวแบบ Super-efficiency ซึ่งให้คะแนนประสิทธิภาพมีค่าเกิน 1 ได้

ในการกำหนดค่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตของวิธี DEA นั้น DMU แต่ละแห่งจะหาน้ำหนักของปัจจัยเพื่อให้ DMU แห่งนั้นมีคะแนนประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นจึงมีบาง DMU ที่ให้ค่าน้ำหนักกับบางปัจจัยสูงมากและให้น้ำหนักกับบางปัจจัยน้อยมาก เรียก DMU ที่มีลักษณะเช่นนี้ว่า “Maverick” (Doyle and Green [4]) จากข้อด้อยนี้อาจทำให้เกิดปัญหาการยอมรับในการจัดอันดับของ DMU

วิธี DEA Cross-efficiency เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหานี้ โดยใช้ค่าคะแนนประสิทธิภาพไขว้ ซึ่งเป็นคะแนนประสิทธิภาพที่ได้จากการประเมินบนน้ำหนักของ DMU อื่นทั้งหมด และคำนวณค่าเฉลี่ยของคะแนนประสิทธิภาพไขว้ จากวิธีนี้ทำให้ DMU ที่เป็น Maverick มีโอกาสน้อยที่จะมีคะแนนประสิทธิภาพสูง ส่วน DMU ที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนประสิทธิภาพไขว้สูงจะมีลักษณะที่ค่อนข้างดีในเกือบทุกปัจจัย จึงมีความแกร่งต่อการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนัก

อย่างไรก็ตามวิธี DEA Cross-efficiency ไม่ได้พิจารณาถึงความหลากหลายในลักษณะของหุ้นที่ลงทุน เนื่องจากหุ้นที่มีระดับปัจจัยคล้ายๆ กัน จะมีค่าน้ำหนักปัจจัยที่ได้คล้ายๆ กัน ดังนั้นค่าน้ำหนักเหล่านี้จึงมีความถี่ในการถูกนำมาคำนวณคะแนนประสิทธิภาพไขว้มาก ทำให้คะแนนประสิทธิภาพไขว้ของ DMU เหล่านั้นสูงขึ้น ส่วน DMU ที่มีลักษณะต่างจาก DMU ส่วนใหญ่ มีโอกาสน้อยที่จะมีค่าเฉลี่ยของคะแนนประสิทธิภาพไขว้สูง เพื่อแก้ปัญหานี้ Lim et al. [5] เสนอตัวแบบ DEA Mean-Variance Cross-efficiency โดยใช้แนวคิดตามตัวแบบ Mean-Variance ของ Markowitz [6] แต่ใช้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของคะแนนประสิทธิภาพไขว้ แทนค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของอัตราผลตอบแทนของหุ้น

การกำหนดสัดส่วนการลงทุนของหุ้นในพอร์ตเป็นปัจจัยหนึ่งที่ผู้ลงทุนต้องพิจารณา Gardijan and Skrinjaric [7] เปรียบเทียบกรณีการกำหนดสัดส่วนการลงทุนเท่าๆ กันกับกรณีการกำหนดสัดส่วนการลงทุนตามคะแนนประสิทธิภาพของ DEA พบว่าพอร์ตที่กำหนดน้ำหนักการลงทุนตามคะแนนประสิทธิภาพให้ผลดีกว่าพอร์ตที่กำหนดน้ำหนักเท่าๆ กัน และงานวิจัยของ Nanda et al. [8] ใช้การคำนวณสัดส่วนการลงทุนตามตัวแบบ Markowitz Mean-Variance

งานวิจัยนี้ใช้วิธีสร้างพอร์ตการลงทุน 2 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 คัดเลือกหุ้นเข้าพอร์ตการลงทุน วิธีที่ใช้มี 3 วิธี คือ 1) วิธี DEA 2) วิธี Super-efficiency และ 3) วิธี DEA Cross-efficiency ขั้นตอนที่ 2 กำหนดสัดส่วนการลงทุนของหุ้น โดยใช้วิธี 1) สัดส่วนการลงทุนตามสัดส่วนของคะแนนประสิทธิภาพ 2) ตามค่าน้ำหนักจากตัวแบบ Markowitz Mean-variance 3) ตามค่าน้ำหนักจากวิธี DEA Mean-

Variance Cross-efficiency จากนั้นเปรียบเทียบผลตอบแทนสะสมของพอร์ตที่สร้างจากผลลัพธ์ของแต่ละวิธีและผลตอบแทนสะสมจากดัชนี SET50

2. การประเมินประสิทธิภาพเพื่อเลือกหุ้นเข้าพอร์ตการลงทุน

เนื่องจากในการพิจารณาคัดเลือกหุ้นผู้ลงทุนจะคำนึงถึงผลประกอบการที่บริษัททำได้มากกว่าขนาดของบริษัท ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธี DEA ตามตัวแบบผลตอบแทนต่อขนาดคงที่ในมุมมองปัจจัยผลผลิต (CRS-Output oriented model)

ในการประเมินประสิทธิภาพของ DMU ที่ k กำหนดตัวแปรดังนี้

θ_k คือ คะแนนประสิทธิภาพของ DMU ที่ k

x_{ij} คือ ปัจจัยนำเข้าที่ i ของ DMU j

y_{rj} คือ ปัจจัยผลผลิตที่ r ของ DMU j

u_r คือ ค่าน้ำหนักของปัจจัยผลผลิตที่ r

v_i คือ ค่าน้ำหนักของปัจจัยนำเข้าที่ i

s คือ จำนวนปัจจัยผลผลิต

m คือ จำนวนปัจจัยนำเข้า

n คือ จำนวน DMU

2.1 วิธี DEA ตัวแบบ CRS มุมมองปัจจัยผลผลิต (CRS- Output oriented model)

$$\text{Min } \phi_k = \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ik} \quad (1)$$

เงื่อนไขข้อจำกัด

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \geq 0 \text{ (j=1, 2,..., n)}$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rk} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \text{(r = 1, 2,..., s ; i =1, 2,..., m)}$$

ตัวแบบข้างต้นจะถูกใช้ในการคำนวณค่าน้ำหนักของปัจจัยนำเข้า ปัจจัยผลผลิต และคะแนนประสิทธิภาพของแต่ละ DMU $\theta_k = 1/\phi_k$ (k = 1, 2, ..., n) ถ้า θ_k =1 แสดงว่า DMU ที่ k มีประสิทธิภาพ แต่ถ้า θ_k < 1 แสดงว่า DMU ที่ k นั้นไม่มีประสิทธิภาพ

2.2 วิธี Super-efficiency

เนื่องจากค่าคะแนนประสิทธิภาพที่ได้จากตัวแบบ (1) จะแบ่ง DMU ออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มที่มีประสิทธิภาพ (คะแนนประสิทธิภาพ = 1) และกลุ่มที่ไม่มีประสิทธิภาพ (คะแนนประสิทธิภาพ < 1) ซึ่งไม่สามารถจัดอันดับคะแนนของ DMU ในกลุ่มที่มีประสิทธิภาพได้ เพื่อแก้ปัญหานี้ Andersen and Petersen [3] จึงเสนอตัวแบบ Super-efficiency ซึ่งตัวแบบนี้จะไม่รวม DMU ที่กำลังถูกประเมินในการสร้างกรอบประสิทธิภาพ จึงทำให้คะแนนประสิทธิภาพของ DMU นั้นสามารถมีค่ามากกว่า 1 ได้ ตัวแบบ Super-efficiency แสดงดังนี้

$$\text{Min } \phi_k = \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ik} \quad (2)$$

เงื่อนไขข้อจำกัด

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \geq 0 \text{ (j=1, 2,..., n; j≠k)}$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rk} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \text{(r = 1, 2,..., s ; i =1, 2,..., m)}$$

2.3 วิธี DEA Cross-efficiency

เนื่องจากวิธี DEA มีข้อด้อยเรื่องความแตกต่างกันอย่างมากในค่าน้ำหนักปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตที่แต่ละ DMU ใช้ Doyle & Green [4] เสนอวิธี DEA Cross-efficiency โดยคำนวณคะแนนประสิทธิภาพไขว้ของแต่ละ DMU จากการประเมินโดยใช้ค่าน้ำหนักปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตของ DMU อื่นๆ เช่น คะแนนประสิทธิภาพไขว้ของ DMU ที่ h ประเมินโดยใช้น้ำหนักของ DMU ที่ k เป็นดังนี้

$$\theta_{kh} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r^{k*} y_{rh}}{\sum_{i=1}^{m} v_i^{k*} y_{ih}} \quad (3)$$

โดย และ เป็นค่าน้ำหนักปัจจัยผลผลิตและปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสุด ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมิน DMU ที่ k ตามตัวแบบ (1) หลังจากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของคะแนนประสิทธิภาพไขว้ของแต่ละ DMU ดังนี้

สำหรับ DMU ที่ h ค่าเฉลี่ยของคะแนนประสิทธิภาพไขว้เป็น

$$\bar{\theta}_h = \frac{\sum_{k=1}^{n} \theta_{kh}}{n} \quad (4)$$

และความแปรปรวนของคะแนนประสิทธิภาพไขว้เป็น

$$\sigma_h^2 = \frac{\sum_{k=1}^{n}(\theta_{kh} - \bar{\theta}_h)^2}{n-1} \quad (5)$$

ดังแสดงในสองแถวสุดท้ายของตาราง 1

ตาราง 1 คะแนนประสิทธิภาพไขว้

น้ำหนักของ	คะแนนประสิทธิภาพไขว้ของ				
	DMU 1	DMU 2	...	DMU h	... DMU n
DMU 1	θ_{11}	θ_{12}		θ_{1h}	θ_{1n}
DMU 2	θ_{21}	θ_{22}		θ_{2h}	θ_{2n}
...					
DMU k	θ_{k1}	θ_{k2}		θ_{kh}	θ_{kn}
...					
DMU n	θ_{n1}	θ_{n2}		θ_{nh}	θ_{nn}
ค่าเฉลี่ย	$\bar{\theta}_1$	$\bar{\theta}_2$		$\bar{\theta}_h$	$\bar{\theta}_n$
ความแปรปรวน	σ_1^2	σ_2^2		σ_h^2	σ_n^2

3. การกำหนดสัดส่วนในการลงทุน

3.1 ตัวแบบ Markowitz Mean-Variance

Markowitz [6] เสนอตัวแบบในการกำหนดสัดส่วนการลงทุนของหุ้นในพอร์ต เพื่อให้ความแปรปรวนของพอร์ตการลงทุนต่ำสุด โดยค่าเฉลี่ยของผลตอบแทนของพอร์ตไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนด ตัวแบบแสดงดังนี้

$$\text{Min}\,\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j cov\left(R_{it}, R_{jt}\right) \quad (6)$$

เงื่อนไขข้อจำกัด

$$\sum_{i=1}^{n} w_i \bar{R}_i \geq R^*$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

$$w_i \geq 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

โดย

σ_p^2 คือ ความแปรปรวนของพอร์ต

$cov\left(R_{it}, R_{jt}\right)$ คือ ความแปรปรวนร่วมของอัตราผลตอบแทน ของหุ้นที่ *i* และ *j*

w_i คือ สัดส่วนการลงทุนของหุ้นที่ *i*

$\bar{R}_i$ คือ ค่าเฉลี่ยของอัตราผลตอบแทนของหุ้นที่ *i*

R_{it} คือ อัตราผลตอบแทนของหุ้นที่ *i* ณ เวลา t

ซึ่ง $\bar{R}_i = \frac{\sum_{t=2}^{T} R_{it}}{T-1}$ และ $R_{it} = \ln\left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}}\right)$

T คือ จำนวนวันที่พิจารณาทั้งหมด

$P_{i,t}$ คือ ราคาปิดของหุ้นที่ *i* ในวันที่ *t*

R^* คือ ค่าคาดหวังของอัตราผลตอบแทนที่นักลงทุนตั้งไว้

3.2 วิธี DEA Mean-Variance Cross-efficiency

Lim et al. [5] ได้นำแนวคิดของ Markowitz เพื่อกำหนดสัดส่วนการลงทุนโดยใช้คะแนนประสิทธิภาพไขว้แทนอัตราผลตอบแทนในตัวแบบ Mean-Variance ของ Markowitz ตัวแบบแสดงดังนี้

$$\text{Min}\,\sigma_\theta^2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j cov\left(\theta_i, \theta_j\right) \quad (7)$$

เงื่อนไขข้อจำกัด

$$\sum_{i=1}^{n} w_i \bar{\theta}_i \geq \theta^*$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

$$w_i \geq 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

โดย

σ_θ^2 คือ ความแปรปรวนของประสิทธิภาพไขว้ของพอร์ต

w_i คือ สัดส่วนการลงทุนของหุ้นที่ *i*

θ_i คือ เวกเตอร์ของคะแนนประสิทธิภาพไขว้ของ DMU ที่ *i* $\theta_i = [\theta_{1i}, \theta_{2i}, \ldots, \theta_{ni}]^T$

θ^* คือ ค่าคาดหวังของคะแนนประสิทธิภาพไขว้ของพอร์ตที่ตั้งไว้

4. ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่รวบรวมจากงบการเงินของบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย จากเว็บไซต์ www.set.or.th โดยเลือกหุ้นจาก SET50 ในปี 2559 ถึงปี 2560 โดยพิจารณาเฉพาะบริษัทที่มีการปิดรอบบัญชีทุกสิ้นปี เนื่องจากการวิเคราะห์ DEA นั้น ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตของทุก DMU (ซึ่ง DMU ในงานวิจัยนี้คือหุ้น) จะต้องเหมือนกัน แต่บริษัทในกลุ่มสถาบันการเงิน เช่น ธนาคาร บริษัทเงินทุนหลักทรัพย์ มีระเบียบข้อบังคับทางกฎหมายในการกำหนดค่าวัดทางการเงินที่แตกต่างจากอุตสาหกรรมอื่น ในงานวิจัยนี้จึงไม่รวมบริษัทที่อยู่ในกลุ่มดังกล่าว ดังนั้นจึงมีหุ้นที่นำมาศึกษาจำนวน 46 บริษัท

4.1 ปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิต

ตามแนวคิดการเลือกปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตของ Gardijan and Skrinjaric [7] ปัจจัยที่มีค่ามากแสดงถึงลักษณะที่ดีควรถูกกำหนดเป็นปัจจัยผลผลิต และปัจจัยที่มีค่าน้อยแสดงถึงลักษณะที่ดีควรใช้เป็นปัจจัยนำเข้า สำหรับข้อมูลอัตราส่วนทางการเงิน ปัจจัยที่แสดงถึงผลกำไร สภาพคล่อง และผลตอบแทนควรใช้เป็นปัจจัยผลผลิต ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับหนี้สินควรใช้เป็นปัจจัยนำเข้า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงกำหนดปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิต แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่าวัดทางการเงินที่ใช้เป็นปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิต

	ค่าวัดทางการเงิน	การคำนวณ
ปัจจัยผลผลิต	อัตราผลตอบแทนต่อส่วนผู้ถือหุ้น (Return on Equity: ROE)	กำไรสุทธิ/ส่วนของผู้ถือหุ้น
	อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ (Return on Assets: ROA)	กำไรสุทธิ/สินทรัพย์
	อัตรากำไรสุทธิ (Net Profit Margin)	กำไรสุทธิ/ขายสุทธิ
	กำไรสุทธิต่อหุ้น (Earnings per Share: EPS)	กำไรสุทธิ/จำนวนหุ้น
	อัตราส่วนทุนหมุนเวียน (Current Ratio)	สินทรัพย์หมุนเวียน/หนี้สินหมุนเวียน
ปัจจัยนำเข้า	อัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนผู้ถือหุ้น (Debt to Equity Ratio)	หนี้สินรวม/ส่วนของผู้ถือหุ้น
	อัตราส่วนหนี้สินต่อสินทรัพย์ (Debt to Assets Ratio)	หนี้สินรวม/สินทรัพย์
	ส่วนกลับอัตราส่วนทุนหมุนเวียนเร็ว (Invert Quick Ratio)	หนี้สินระยะสั้น/(สินทรัพย์หมุนเวียน-สินค้าคงคลัง)

5. วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้ใช้การสร้างพอร์ตการลงทุนแบบ 2 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1: พิจารณาคัดเลือกหุ้นเข้าพอร์ตการลงทุน โดยใช้วิธีการเลือกหุ้นทั้งหมด 3 วิธี ดังนี้

วิธี DEA เลือกหุ้นที่มีคะแนนประสิทธิภาพเท่ากับ 1 จากตัวแบบ CRS มุมมองปัจจัยผลผลิต ตามตัวแบบ (1)

วิธี Super-efficiency เลือกหุ้นที่มีคะแนนประสิทธิภาพมากกว่าหรือเท่ากับ 1 จากผลลัพธ์ตามตัวแบบ (2)

วิธี DEA Cross-efficiency เลือกหุ้นที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนประสิทธิภาพไขว้มากสุด n ลำดับแรก โดยที่ n คือจำนวนหุ้นที่ผู้ลงทุนเลือกเข้าพอร์ตการลงทุน

ขั้นตอนที่ 2: กำหนดสัดส่วนการลงทุนของหุ้นในพอร์ต โดยจะพิจารณาวิธีการกำหนดสัดส่วนการลงทุน 3 วิธีคือ 1) ตามสัดส่วนของคะแนนประสิทธิภาพ 2) ตามค่าน้ำหนักจากตัวแบบ Markowitz Mean–Variance และ 3) ตามค่าน้ำหนักจากวิธี DEA Mean–Variance Cross-efficiency ตัวแบบและวิธีกำหนดสัดส่วนการลงทุนแสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 ตัวแบบกับวิธีในการกำหนดสัดส่วนการลงทุน

วิธีกำหนดสัดส่วนการลงทุน	วิธีการคัดเลือกหุ้น		
	DEA	Super-efficiency	Cross-efficiency
คะแนนประสิทธิภาพ		√	√
Markowitz Mean–Variance	√		√
Mean–Variance Cross-efficiency			√

เนื่องจากในการคัดเลือกหุ้นด้วยวิธี DEA ตามตัวแบบ (1) และวิธี Super-efficiency ตามตัวแบบ (2) จะได้หุ้นที่มีประสิทธิภาพชุดเดียวกัน ดังนั้นจึงใช้วิธีกำหนดสัดส่วนการลงทุนตามค่าน้ำหนักจากตัวแบบ Markowitz Mean-Variance กับวิธี DEA ตัวแบบ (1) และใช้การกำหนดตามสัดส่วนของคะแนนประสิทธิภาพกับตัวแบบ (2) ส่วนวิธี DEA Cross-efficiency ใช้การกำหนดสัดส่วนการลงทุนได้ทั้ง 3 แบบ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีการพิจารณาแนวทางในการลงทุน 5 แนวทาง ได้แก่

แนวทาง 1 กำหนดสัดส่วนการลงทุนจากตัวแบบ Markowitz's Mean-Variance กับหุ้นที่เลือกจากวิธี DEA ตามตัวแบบ (1)

แนวทาง 2 กำหนดสัดส่วนการลงทุนตามสัดส่วนคะแนนประสิทธิภาพกับหุ้นที่เลือกจากวิธี Super-efficiency ตามตัวแบบ (2)

แนวทาง 3 กำหนดสัดส่วนการลงทุนตามตัวแบบ Markowitz's Mean-Variance กับหุ้น n อันดับแรกที่ให้ค่าเฉลี่ยของคะแนนประสิทธิภาพไขว้สูงสุดจากวิธี DEA Cross-efficiency

แนวทาง 4 กำหนดสัดส่วนการลงทุนตามสัดส่วนของค่าเฉลี่ยของคะแนนประสิทธิภาพไขว้กับหุ้น n อันดับแรกที่ให้ค่าเฉลี่ยคะแนนประสิทธิภาพไขว้สูงสุดจากวิธี DEA Cross-efficiency

แนวทาง 5 กำหนดสัดส่วนการลงทุนตามวิธี Mean-Variance Cross-efficiency กับหุ้น n อันดับแรกที่ให้ค่าเฉลี่ยคะแนนประสิทธิภาพไขว้สูงสุดจากวิธี DEA Cross-efficiency

6. ผลการศึกษา

6.1 ผลการพิจารณาเลือกหุ้นเข้าพอร์ตการลงทุน

ในปี 2559 หุ้นที่มีประสิทธิภาพตามวิธี DEA และวิธี Super-efficiency มีจำนวน 10 บริษัท ได้แก่ BH, BPP, CBG, INTUCH, PTT, PTTEP, SCC, SPRC, TASCO และ TTW และหุ้นที่มีค่าเฉลี่ยของคะแนนประสิทธิภาพไขว้สูงสุด 10 อันดับแรกได้แก่ BH, BPP, CBG, DELTA, INTUCH, PTT, PTTEP, SCC, SPRC และ TASCO แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 หุ้นที่เลือกตามคะแนนประสิทธิภาพจากแต่ละวิธีในปี 2559

ลำดับที่	หุ้น	DEA	Super-efficiency	วิธี DEA Cross-efficiency	
				ค่าเฉลี่ยคะแนนปสภ.ไขว้	Rank
1	BH	1.000	1.697	0.858	1
2	BPP	1.000	1.929	0.773	3
3	CBG	1.000	1.596	0.506	7
4	DELTA	0.835*	0.835*	0.561	5
5	INTUCH	1.000	2.129	0.804	2
6	PTT	1.000	1.525	0.461	10
7	PTTEP	1.000	1.476	0.604	4
8	SCC	1.000	1.764	0.522	6
9	SPRC	1.000	1.161	0.492	8
10	TASCO	1.000	1.067	0.467	9
11	TTW	1.000	1.380	0.383*	15*

*ไม่ถูกเลือกเข้าพอร์ตการลงทุนเนื่องจากคะแนนประสิทธิภาพน้อยกว่า 1 หรือไม่อยู่ใน n=10 อันดับแรก

ในปี 2560 หุ้นที่มีประสิทธิภาพตามวิธี DEA และวิธี Super-efficiency มีจำนวน 10 บริษัท ได้แก่ BH, BPP, DELTA, EA, INTUCH, PTT, PTTEP, SCC, TASCO และ TOP และหุ้นที่มีค่าเฉลี่ยของคะแนนประสิทธิภาพไขว้สูงสุด 10 อันดับแรกได้แก่ BH, BPP, DELTA, INTUCH, PTT, PTTEP, PTTGC, SCC, TASCO และ TOP แสดงดังตาราง 5

ตาราง 5 หุ้นที่เลือกตามคะแนนประสิทธิภาพจากแต่ละวิธีในปี 2560

ลำดับที่	หุ้น	DEA	Super-efficiency	วิธี DEA Cross-efficiency	
				ค่าเฉลี่ยคะแนนปสภ.ไขว้	Rank
1	BH	1.000	2.039	0.920	1
2	BPP	1.000	2.144	0.584	6
3	DELTA	1.000	1.041	0.651	3
4	EA	1.000	1.206	0.374*	16*
5	INTUCH	1.000	1.823	0.881	2
6	PTT	1.000	1.809	0.585	5
7	PTTEP	1.000	1.369	0.531	7
8	PTTGC	0.717*	0.717*	0.486	10
9	SCC	1.000	1.010	0.497	8
10	TASCO	1.000	5.665	0.490	9
11	TOP	1.000	1.256	0.630	4

*ไม่ถูกเลือกเข้าพอร์ตการลงทุนเนื่องจากคะแนนประสิทธิภาพน้อยกว่า 1 หรือไม่อยู่ใน n=10 อันดับแรก

ตาราง 6 สัดส่วนการลงทุนของหุ้นในพอร์ต ปี 2559

วิธี DEA	แนวทาง		DEA Cross-efficiency	แนวทาง		
	1	2		3	4	5
BH	0.078	0.108	BH	0.105	0.142	0.000
BPP	0.007	0.123	BPP	0.00	0.128	0.000
CBG	0.016	0.101	CBG	0.025	0.084	0.119
INTUCH	0.243	0.135	DELTA	0.034	0.093	0.000
PTT	0.00	0.097	INTUCH	0.307	0.133	0.291
PTTEP	0.097	0.094	PTT	0.007	0.076	0.329
SCC	0.268	0.112	PTTEP	0.073	0.100	0.237
SPRC	0.10	0.074	SCC	0.322	0.086	0.024
TASCO	0.013	0.068	SPRC	0.108	0.081	0.000
TTW	0.179	0.088	TASCO	0.019	0.077	0.000

ตาราง 7 สัดส่วนการลงทุนของหุ้นในพอร์ต ปี 2560

วิธี DEA	แนวทาง		DEA Cross-efficiency	แนวทาง		
	1	2		3	4	5
BH	0.00	0.105	BH	0.101	0.147	0.000
BPP	0.00	0.111	BPP	0.097	0.093	0.044
DELTA	0.092	0.054	DELTA	0.114	0.104	0.000

EA	0.037	0.062	INTUCH	0.35	0.141	0.189
INTUCH	0.29	0.094	PTT	0.002	0.094	0.233
PTT	0.162	0.093	PTTEP	0.048	0.085	0.284
PTTEP	0.058	0.071	PTTGC	0.019	0.078	0.000
SCC	0.25	0.052	SCC	0.266	0.079	0.000
TASCO	0.019	0.293	TASCO	0.003	0.078	0.250
TOP	0.093	0.065	TOP	0.00	0.101	0.000

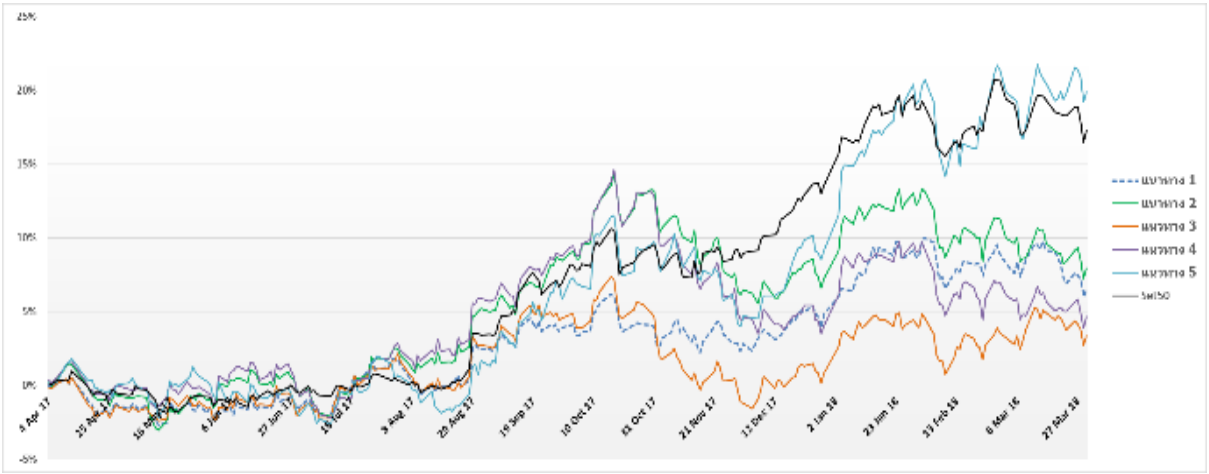
6.2 ผลการกำหนดสัดส่วนการลงทุนของหุ้นในพอร์ต

งานวิจัยนี้กำหนดค่าคาดหวังของอัตราผลตอบแทนที่ตั้งไว้ เท่ากับค่าเฉลี่ยของผลตอบแทนของหุ้นที่เลือกในขั้นตอนที่ 1 และค่าคาดหวังของคะแนนประสิทธิภาพไขว้ของพอร์ตที่ตั้งไว้ เท่ากับค่าเฉลี่ยของคะแนนประสิทธิภาพไขว้ของหุ้นที่เลือกจากขั้นตอนที่ 1

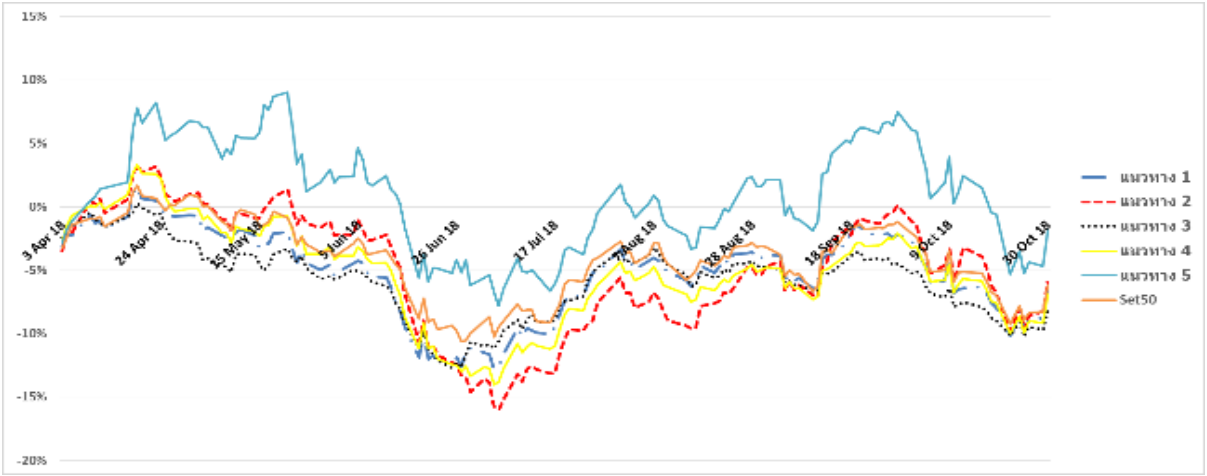
ตาราง 6 และตาราง 7 แสดงผลลัพธ์ของสัดส่วนการลงทุนของหุ้นในพอร์ตตามแนวทาง 1 ถึงแนวทาง 5

6.3 ผลการเปรียบเทียบอัตราผลตอบแทน

เนื่องจากบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์ต้องส่งรายงานประจำปีภายในระยะเวลา 3 เดือนนับจากสิ้นสุดรอบระยะเวลาบัญชี ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลการลงทุนที่ใช้ข้อมูลในปี 2559 จะใช้วันที่ 3 เมษายน 2560 เป็นวันแรกของการลงทุน เนื่องจากเป็นวันทำการวันแรกหลังกำหนดระยะเวลาดังกล่าว จากนั้นถือหุ้นไว้จนถึงวันที่ 30 มีนาคม 2561 เป็นการลงทุนในระยะเวลา 1 ปี หลังจากนั้นทำการปรับพอร์ตการลงทุนใหม่ โดยใช้ข้อมูลในปี 2560 และเริ่มลงทุนวันแรกคือวันที่ 2 เมษายน 2561 ถึง 31 ตุลาคม 2561 ซึ่งเป็นการลงทุนในระยะเวลา 7 เดือน



รูป 1 ร้อยละผลตอบแทนสะสมตามแนวทางการลงทุน 5 แนวทางและจาก SET50 ในปี 2559



รูป 2 ร้อยละผลตอบแทนสะสมตามแนวทางการลงทุน 5 แนวทางและจาก SET50 ในปี 2560

รูป 1 และรูป 2 แสดงการเปรียบเทียบอัตราผลตอบแทนสะสมของพอร์ตการลงทุนตามแนวทาง 1 ถึงแนวทาง 5 และผลจากดัชนี SET 50 ซึ่งร้อยละของผลตอบแทนสะสม (ไม่รวมเงินปันผล) ของแนวทางที่ k จนถึงวันที่ t คำนวณจาก

$$R_k(t) = 100 \times \sum_{j \in k} w_k^j \left[\frac{P_k^j(t) - P_k^j(1)}{P_k^j(1)} \right] \text{ ; k=1, 2,..., 5} \quad (9)$$

โดยที่

$R_k(t)$ คือ ร้อยละของผลตอบแทนสะสมของพอร์ตตาม แนวทางที่ k เป็นระยะเวลา t วัน

$P_k^j(t)$ คือ ราคาปิดของหุ้น j ที่อยู่ในพอร์ตตามแนวทางการ ลงทุนที่ k ในวันที่ t

w_k^j คือ สัดส่วนการลงทุนในหุ้น j ที่อยู่ในพอร์ตตามแนว ทางการลงทุนที่ k

จากรูป 1 พบว่าการจัดพอร์ตการลงทุนตามแนวทาง 5 ให้ผลตอบแทนสะสมสูงสุดเมื่อเทียบกับแนวทางอื่น และใกล้เคียงกับดัชนี SET 50 ในปี 2559 แต่ให้ผลตอบแทนสูงกว่าดัชนี SET50 อย่างเห็นได้ชัดในปี 2560 ส่วนการลงทุนตามแนวทาง 2 และ 4 ที่กำหนดตามสัดส่วนคะแนนประสิทธิภาพให้ผลตอบแทนสูงกว่าแนวทาง 1 และ 3 ทั้ง 2 ปี

จากตาราง 8 พบว่าผลตอบแทนเฉลี่ยในปี 2559 เป็นบวกทุกแนวทาง โดยแนวทาง 5 ให้ผลตอบแทนเฉลี่ยสูงสุดเมื่อเทียบกับแนวทางอื่น แต่ในปี 2560 ผลตอบแทนเฉลี่ยจากแนวทาง 1 ถึงแนวทาง 4 และดัชนี SET50 มีค่าเป็นลบ มีเพียงแนวทาง 5 ที่ยังคงให้ผลตอบแทนเฉลี่ยเป็นบวก แต่ก็มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงเช่นกัน

ตาราง 8 เปรียบเทียบผลตอบแทนสะสมจากการลงทุนใน 5 แนวทางและดัชนี SET50

แนวทาง	ปี 2559		ปี 2560	
	ผลตอบแทนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ผลตอบแทนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	3.09%	3.73%	-5.21%	3.41%
2	5.64%	4.97%	-5.10%	4.74%
3	1.55%	2.46%	-5.80%	2.93%
4	4.61%	3.94%	-5.30%	3.91%
5	6.83%	7.59%	0.84%	4.23%
SET50	7.37%	7.50%	-4.12%	3.01%

7. สรุปและอภิปรายผล

จากการประเมินเพื่อคัดเลือกหุ้นเข้าพอร์ตการลงทุนพบว่า ในแต่ละวิธีจะได้หุ้นที่ไม่ค่อยแตกต่างกัน แต่วิธีการกำหนดสัดส่วนการลงทุนมีผลอย่างมากกับผลตอบแทนที่ได้ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าการลงทุนตามแนวทาง 5 นั่นคือใช้วิธี Mean–Variance Cross-efficiency ในการกำหนดสัดส่วนการลงทุนจะให้ผลตอบแทนสูงสุดเมื่อเทียบกับแนวทางอื่น ดังนั้นแนวทาง 5 จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจ เนื่องจากสามารถสร้างพอร์ตการลงทุนจากการใช้เพียงปัจจัยพื้นฐานในการคัดเลือกหุ้นและกำหนดสัดส่วนการลงทุนอย่างเหมาะสม แต่สามารถให้ผลตอบแทนมากกว่าแนวทางที่ใช้ข้อมูลด้านอัตราผลตอบแทนจากราคาหุ้นในการกำหนดสัดส่วนการลงทุน สำหรับแนวทาง 1 และ แนวทาง 3 ที่ใช้การกำหนดสัดส่วนตามตัวแบบ Markowitz Mean-Variance พบว่าผลตอบแทนจะขึ้นอยู่กับค่าคาดหวังของผลตอบแทนของพอร์ตที่นักลงทุนกำหนด ซึ่งผู้ลงทุนจะต้องถ่วงดุลระหว่างความเสี่ยงกับผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับ

8. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

ในการกำหนดสัดส่วนการลงทุนโดยตัวแบบ Markowitz Mean-Variance และวิธี DEA Mean–Variance Cross-efficiency ผลลัพธ์ที่ได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับค่าคาดหวังของผลตอบแทน ( ) และค่าคะแนนประสิทธิภาพไขว้ของพอร์ต ( ) ที่นักลงทุนกำหนด ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนด และ เป็นค่าเฉลี่ยของอัตราผลตอบแทนและค่าเฉลี่ยของคะแนนประสิทธิภาพไขว้ของหุ้นที่ถูกคัดเลือกมา ตามลำดับ เนื่องจากหุ้นที่ถูกเลือกเข้าพอร์ตการลงทุนเป็นหุ้นที่ถูกประเมินว่ามีประสิทธิภาพ จึงน่าจะเป็นหุ้นที่น่าลงทุน ดังนั้นในการศึกษาถึงความเหมาะสมของการกำหนดค่าดังกล่าวจึงเป็นงานวิจัยที่น่าสนใจในการศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Tarnaud, A.C., Leleu H, “Portfolio analysis with DEA: Prior to choosing a model”, *Omega,* Vol.75, pp.57–76, 2017.

[2] Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E, “Measuring the efficiency of decision making units”. *European Journal of Operational Research*, Vol.2, No.6, pp.429–444, 1978.

[3] Andersen, P., & Petersen, N. C., “A procedure for ranking efficient units in data envelopment

analysis". *Management Science*, Vol.39, No.10, 1–1264, 1993.

[4] Doyle, J., & Green, R., "Efficiency and cross-efficiency in DEA: Derivations, meanings and uses". *Journal of the Operational Research Society*, Vol.45, No.5, pp.567–578, 1994.

[5] Lim, S., Oh, K.W., and Zhu J., "Use of DEA cross-efficiency evaluation in portfolio selection: An application to Korean stock market", *European Journal of Operational Research*, Vol.236, pp.361–368, 2014.

[6] Markowitz H., "Portfolio Selection", *The Journal of Finance*, vol.7, pp. 77-91, 1952.

[7] Gardijan M. and Škrinjarić T., "Equity portfolio optimization: A DEA based methodology applied to the Zagreb Stock Exchange", *Croatian Operational Research Review CRORR,* Vol.6, pp.405–417, 2015.

[8] Nanda S.R., Mahanty B., Tiwari M.K., "Clustering Indian stock market data for portfolio management", *Expert Systems with Applications*, Vol.37, pp.8793–8798, 2010.

การจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของแผนกขนย้ายผู้ป่วย: กรณีศึกษา โรงพยาบาลสงขลานครินทร์

จิราวรรณ จันทร์สุวรรณ[*1] นิกร ศิริวงศ์ไพศาล[2] และ วนัฐณพงษ์ คงแก้ว[3]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
15 ถนนกาญจนวณิชย์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

Received: 24 January 2019; Revised: 12 February 2019; Accepted: 26 February 2019

บทคัดย่อ

ปัจจุบันโรงพยาบาลตระหนักถึงคุณภาพและการเพิ่มขีดความสามารถในการให้บริการ เพื่อรองรับการเข้ามาใช้บริการของผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของแผนกขนย้ายผู้ป่วยในวันทำงาน (ตั้งแต่เวลา 00:30 น. ถึง 08:30 น.) กรณีศึกษา โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ โดยประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม ProModel เพื่อวิเคราะห์ระดับประสิทธิภาพการขนย้ายผู้ป่วย ทั้งเวลาการรอคอยของผู้ป่วยที่รอรับบริการขนย้าย และอรรถประโยชน์จากการทำงานของเจ้าหน้าที่ขนย้าย นอกจากนี้ได้พิจารณาค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ขนย้ายร่วมด้วยในแต่ละทางเลือก ผลการศึกษาพบว่า ทางเลือกการลดเจ้าหน้าที่ขนย้าย 1 อัตรา ในช่วงเวลา 00:30 น. ถึง 06:30 น. และเพิ่มเจ้าหน้าที่ขนย้าย 2 อัตรา ในช่วงเวลา 06:31 น. ถึง 08:30 น. เป็นทางเลือกที่เหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีอรรถประโยชน์จากการทำงานของเจ้าหน้าที่ขนย้ายเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 24 เวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบลดลงร้อยละ 6 และเวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในแถวคอยสำหรับผู้ป่วยในแต่ละระดับบริการลดลงร้อยละ 4.26 11.29 และ 9.79 ในกรณีด่วนวิกฤติ ด่วนหัตถการ และปกติ ตามลำดับ และมีค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ขนย้ายลดลงจาก 1,005,531.20 บาทต่อปี เป็น 942,685.50 บาทต่อปี (คิดเป็นร้อยละ 6.25)

คำสำคัญ: ระบบบริการสุขภาพ, การจำลองสถานการณ์, แผนกขนย้ายผู้ป่วย

---

* Corresponding author. E-mail: jirawan.jansuwan@gmail.com
[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
[2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Improving Service Performance of Transportation Department: A Case study of Songklanagarind Hospital

Jirawan Jansuwan[*1] Nikorn Sirivongpaisal[2] and Wanatchapong Kongkaew[3]

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University

15 Karnjanavanit Rd., Hat Yai, Songkhla 90110 Thailand

Received: 24 January 2019; Revised: 12 February 2019; Accepted: 26 February 2019

Abstract

Nowadays, hospitals are aware of the quality of their services to provide an efficient assistance for patients. The purpose of this research is to improve the efficiency of patient transportation during working days (from 00:30 am to 08:30 am) through a case study of the Songklanagarind hospital. In this research, the simulation approach via ProModel Simulation software is applied to analyze the performance level of transferring the patients, including the waiting time of the patients for being carried by the porters and the utilization of porters. In addition, this research proposes the what-if scenario of the porter requirement to obtain a cost-effective operation. As a result, it showed that removing one porter at 00:30 am to 06:30 am and adding two porters at 6:31 am to 8:30 am played the best alternative regarding to the porter utilization and the number of patients waiting for service. The porter utilization was increased by 24 percent. Moreover, the average time of the patients in system was decreased by 6 percent, and the average time that patients waiting to be served was decreased by 4.26, 11.29, and 9.79 percent in emergency, urgent and regular case, respectively. In the other hand, in term of porter salary, the payroll can be reduced from 1,005,531.20 baht per year to 942,685.50 baht. (decreased by 6.25 percent)

Keywords: Healthcare System, Simulation, Patient Transportation

* Corresponding author. E-mail: jirawan.jansuwan@gmail.com

[1] Logistics and Supply Chain Engineering in Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University

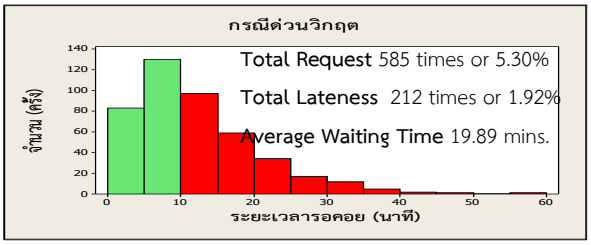
[2] Associate Professor in Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University

[3] Assistant Professor in Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University

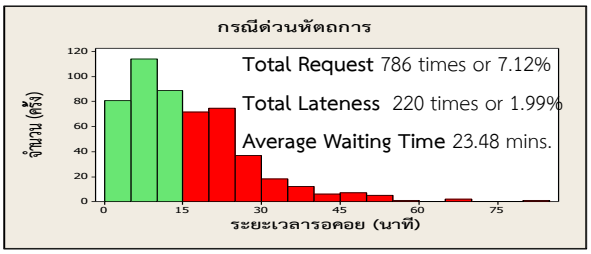
1. บทนำ

ในปัจจุบันโรงพยาบาลหรือสถานพยาบาล ได้ตระหนักถึงคุณภาพและการเพิ่มขีดความสามารถในการให้บริการ เพื่อสามารถรองรับการเข้ามาใช้บริการของผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุก ๆ ช่วงเวลา โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ [1] เป็นศูนย์กลางทางการแพทย์ของรัฐบาลที่ใหญ่ที่สุดในภาคใต้และได้รับการรับรองคุณภาพระดับสูง (Advanced Hospital Accreditation: AHA) ทำให้มีประชาชนจำนวนมากเข้ามาใช้บริการอย่างต่อเนื่อง โดยมีอัตราการครองเตียงมากกว่าร้อยละ 85 ตลอดทั้งปี ทำให้หลาย ๆ ครั้ง โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ มีเวลาการรอคอยของผู้ป่วยที่ยาวนาน การรอคอยเกิดขึ้นในทุก ๆ หน่วยบริการ ตั้งแต่การลงทะเบียน ทำบัตร การซักประวัติ การตรวจรักษาโดยแพทย์ การตรวจที่ห้องห้องปฏิบัติการ (Lab) ห้องเอ็กซเรย์ (X-ray) การรับยา หรือแม้กระทั่งการรอคอยเพื่อรับบริการขนย้ายผู้ป่วย ในปัจจุบันการให้บริการขนย้ายของแผนกขนย้ายผู้ป่วย มี 2 ระบบด้วยกัน คือ 1) การขอใช้บริการขนย้ายกับเจ้าหน้าที่ขนย้ายประจำจุด และ 2) การขอใช้บริการขนย้ายผ่านระบบสารสนเทศของแผนกขนย้าย ปัญหาการรอคอยเพื่อรับบริการขนย้ายเกิดขึ้นกับระบบที่สอง เนื่องจากความต้องการขนย้ายที่ไม่แน่นอนและกระจายทั่วทั้งโรงพยาบาล ทำให้การบริหารจัดการอัตรากำลังคนหรือเจ้าหน้าที่ขนย้าย (คนเปล) เป็นไปค่อนข้างยาก

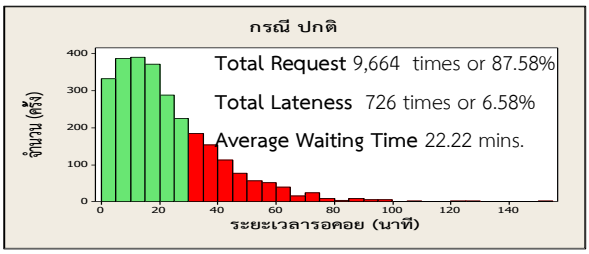
แผนกขนย้ายผู้ป่วยมีการแบ่งช่วงเวลาหรือกะการทำงานออกเป็น 3 กะ คือกะเช้า (08:31 น. ถึง 16:30 น.) กะบ่าย (16:31 น. ถึง 00:30 น.) และกะดึก (00:30 น. ถึง 08:30 น.) และจากข้อมูลในปีงบประมาณ 2559 ที่ผ่านมาการให้บริการขนย้ายผู้ป่วยในช่วงกะดึกของวันทำงาน เป็นหนึ่งในปัญหาการรอคอยที่ต้องได้รับเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการ แม้ว่าช่วงเวลาดึกมีปริมาณการเรียกใช้บริการที่น้อยกว่าช่วงเวลาอื่น แต่โรงพยาบาลจำเป็นจะต้องมีการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานเพื่อรองรับการเรียกใช้ทั้งการเรียกใช้ของผู้ป่วยวิกฤต ผู้ป่วยฉุกเฉิน และผู้ป่วยทั่วไป จากปริมาณการขอใช้บริการขนย้ายผู้ป่วยจำนวน 11,035 ครั้ง ในปีงบประมาณ 2559 พบว่าแผนกขนย้ายผู้ป่วยไม่สามารถให้บริการได้ในเวลาประกัน (เวลาที่ทางแผนกสัญญาว่าจะให้บริการผู้ป่วยกรณี ด่วนวิกฤต ด่วนหัตถการ และปกติ ไม่เกิน 10, 15 และ 30 นาที ตามลำดับ นับจากเวลานัดหมาย) เป็นจำนวน 1,158 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 10.49 มีจำนวนการเรียกใช้บริการ จำนวนการขนย้ายที่เกินเวลาประกันและระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ย ในกรณีด่วนวิกฤต ด่วนหัตถการและปกติ ตามลำดับ ดังรูปที่ 1 ความล่าช้าในการรอรับบริการหรือแถวคอยที่เกิดขึ้น อาจส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้ป่วย จึงมีความจำเป็นที่ต้องปรับปรุงกระบวนการทำงานของแผนกขนย้ายผู้ป่วย



(ก) กรณีด่วนวิกฤต



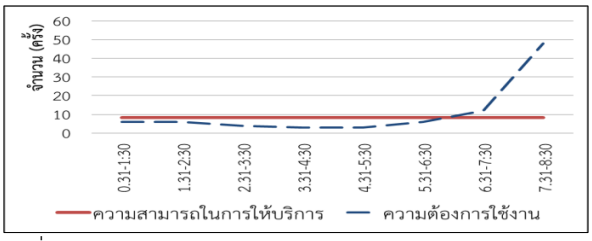
(ข) กรณีด่วนหัตถการ



(ค) กรณีปกติ

รูปที่ 1 ระยะเวลาการรอคอยการขนย้ายนอกเวลาประกันตามระดับบริการ (นาที)

จากความร่วมมือในการเก็บรวบรวมสาเหตุปัญหาของเจ้าหน้าที่ขนย้ายเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า มีปัญหาการรอคอยในช่วงกะดึกเกิดขึ้น 289 ครั้ง และสาเหตุที่ทำให้ไม่สามารถให้บริการได้ทันเวลาประกันร้อยละ 71.39 มาจากเจ้าหน้าที่ขนย้ายไม่เพียงพอในช่วงก่อนเปลี่ยนผลัดเช้า (06.30-08.30) เนื่องมาจากเข้ามาใช้บริการของผู้ป่วยนอกและการนัดทำหัตถการในช่วงเวลาเช้า ดังรูปที่ 2

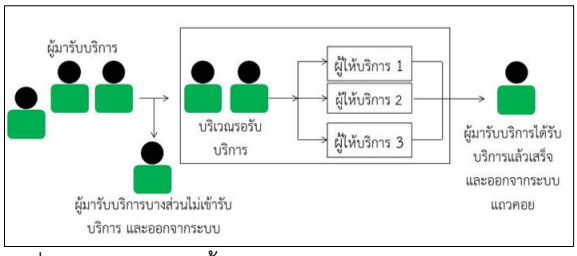


รูปที่ 2 ความต้องการใช้งานแผนกขนย้ายผู้ป่วย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory)

ในปัจจุบันเรื่องของการเข้าแถวคอย เป็นเรื่องปกติที่พบเห็นได้ทั่ว ๆ ไปในชีวิตประจำวัน [2] โดยทั่วไปของระบบแถวคอยที่เกิดขึ้น จะมีผู้มารับบริการ (Arriving customer) หรือลูกค้า (Customer) เข้ามาในระบบแถวคอย (System) เมื่อผู้มารับบริการมาถึงและไม่ได้รับบริการทันที ดังนั้น ผู้มารับบริการจะต้องรอในบริเวณรอรับการบริการ (Waiting line) เพื่อรอรับการบริการจากผู้ให้บริการ (Server) และเมื่อผู้มารับบริการได้รับบริการจนเสร็จ จะออกจากระบบ (Departing customer) แต่ในบางทีระบบเต็ม ไม่มีสถานที่ให้คอยก็จะส่งผลให้ผู้มารับบริการบางส่วนไม่เข้ารับบริการและออกจากระบบ (Balking customer) ทำให้เกิดการสูญเสียลูกค้าเกิดขึ้น ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบแถวคอย [2]

การศึกษาระบบแถวคอยได้รับการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ระบบขององค์กรต่าง ๆ มากมาย [3] ทั้งองค์กรที่มีลักษณะงานเป็นกระบวนการผลิต เช่น โรงงานอุตสาหกรรม และงานที่เป็นลักษณะงานบริการ เช่น โรงพยาบาล ธนาคาร โรงภาพยนตร์ การชำระค่าบริการต่าง ๆ เป็นต้น

2.2 ทฤษฎีการจำลองสถานการณ์ (Simulation)

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) [4] เป็นการรวบรวมวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้จำลองสถานการณ์จริงหรือพฤติกรรมของระบบต่าง ๆ มาไว้บนคอมพิวเตอร์ โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) เข้ามาช่วย เพื่อที่จะศึกษาการไหลของกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์หารูปแบบที่ถูกต้องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงในอนาคต และจากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญการจำลองสถานการณ์ [5] พบว่าสิ่งสำคัญของการจำลองสถานการณ์คือตัวแบบจำลองที่มีความสมเหตุสมผล และสามารถพิสูจน์ได้ภายใต้ปัจจัยการนำเข้า (Input) และนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ (Output) ที่ระบบประมวลออกมา

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

[6] ได้จำลองระบบปัญหาแถวคอยและสถานการณ์ทางเลือกด้วยโปรแกรม Arena เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของคลินิกกุมารเวชและอายุรกรรม ผลการศึกษาพบว่า เพิ่มพยาบาล ณ จุดซักประวัติ 1 คน ในช่วงเช้าของวันจันทร์ถึงวันพฤหัสบดีและวันศุกร์ ทำให้เวลารอรับบริการเฉลี่ยรวมของผู้ป่วยลดลงร้อยละ 27.73 และ 31.79

[7] ได้เสนอวิธีการปรับปรุงการบริการ โดยวิธีการศึกษาการทำงาน แถวคอยและการจำลองแบบปัญหา โดยการรวมงานและเพิ่มช่องเวชระเบียนกับการตรวจสอบสิทธิ เพิ่มสถานีคัดกรอง และการปรับปรุงแถวคอยเป็นแถวคอยเดียว ทำให้สามารถให้บริการผู้ป่วยได้เร็วขึ้น ร้อยละ 61.71

[8] ได้ศึกษาและสร้างแบบจำลองเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งผู้ป่วยบนโปรแกรม Arena ผลการเลือกใช้แบบจำลองทำให้ KPI ของโรงพยาบาลดีขึ้น ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนกะการทำงานของคนเปล ปรับปรุงเวลาตอบสนอง และการระบุจำนวนงานของบริการการใช้คนเปล 2 คนใหม่ ในโรงพยาบาล North York ทำให้รอบการหมุนของเวลาเฉลี่ยลดลงจาก 39.31นาที เหลือ 23.38 นาที

[9] ได้พัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบไม่ต่อเนื่องเพื่อการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของคลินิกเต้านมของสถาบันมะเร็ง ประเทศบราซิล ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคือ การจัดอัตราการเข้ารับบริการของผู้ป่วย ของคลินิก 1 คือ 29 นาทีต่อผู้ป่วย 1 คน (ประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจเต้านม 1 เครื่อง มีช่างเทคนิค 1 ถึง 3 คน และแพทย์ 1 คน) และคลินิก 2 คือ 21 นาทีต่อผู้ป่วย 1 คน (อุปกรณ์ตรวจเต้านม 2 เครื่อง มีช่างเทคนิค 1 ถึง 4 คน และแพทย์ 1 คน)

เนื่องจากในการปฏิบัติงานจริงไม่สามารถที่จะทำการทดลองหรือปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานได้จนกว่าจะมองเห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับ อาทิเช่น การขจัดปัญหาที่อยู่นอกเหนือความคาดหมายที่เกิดขึ้น การจำลองสถานการณ์ [5] จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์สภาพปัจจุบันของระบบ และช่วยหาทางเลือก (Scenario) ที่เหมาะสม ก่อนนำไปใช้กับการปฏิบัติงานจริง ซึ่งจะช่วยให้ลดความเสี่ยงในความผิดพลาดได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการบริการของแผนกขนย้ายผู้ป่วยในช่วงเวลาดึก ด้วยการจัดอัตรากำลังเจ้าหน้าที่ขนย้ายให้สอดคล้องกับการเข้ามาใช้บริการของผู้ป่วย โดยนำหลักการจำลองสถานการณ์ และทฤษฎีแถวคอย เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ยังช่วยให้ประหยัดทั้งค่าใช้จ่าย และเวลาได้อีกทางด้วย

3. ขั้นตอนการวิจัย

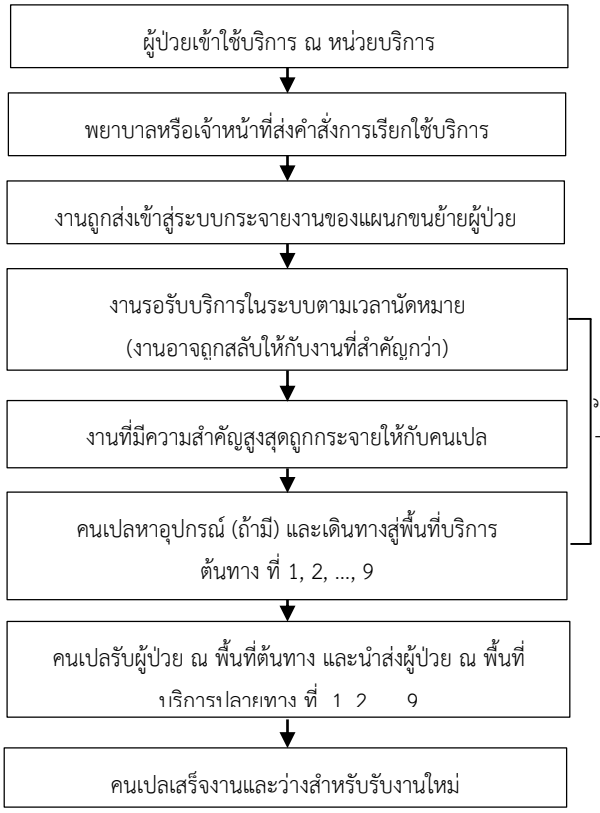
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการศึกษา สำรวจ และรวบรวมข้อมูล กระบวนการทำงานในปัจจุบัน โดยการสัมภาษณ์ข้อมูลเชิงลึกและการสังเกตการปฏิบัติงานกับทางหัวหน้าแผนก หัวหน้าผู้ปฏิบัติงาน และคนเปล รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง 1 ปี ในปีงบประมาณ 2559 จากระบบฐานข้อมูลของโรงพยาบาล จำนวน 11,035 ข้อมูล

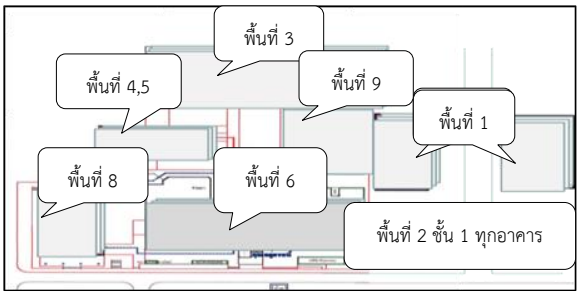
3.1.1 สภาพปัจจุบันของแผนกขนย้ายผู้ป่วย

แผนกขนย้ายผู้ป่วยมีกระบวนการการให้บริการดังนี้ เริ่มต้นจากผู้ป่วยเข้ามา ณ หน่วยบริการ จากนั้นพยาบาลหรือเจ้าหน้าที่จะพิจารณาผู้ป่วยตามระดับความจำเป็นในการเรียกใช้บริการ โดยใช้คำสั่งด่วนวิกฤตเมื่อผู้ป่วยอยู่ในภาวะสุ่มเสี่ยงหรืออาจเป็นอันตรายต่อชีวิต ใช้คำสั่งด่วนหัตถการเมื่อผู้ป่วยต้องพบแพทย์ในกลุ่มโรคที่กำหนด และส่งคำสั่งปกติเมื่อผู้ป่วยไม่เข้าข่ายสองกรณีก่อนหน้า พร้อมทั้งพิจารณาประเภทการให้บริการที่มี 9 รูปแบบ คือ (1) ขอคนเปล (2) ขอรถนั่งพร้อมคนเปล (3) ขอรถนั่งเปล่า (4) ขอรถนั่งพร้อมเสาน้ำเกลือ (5) ขอเปลนอนพร้อมคนเปล (6) ขอเปลนอนพิเศษ (7) ขอรถเปลเปล่า (8) ขอคนเปลรับรถนั่ง และ (9) ขอคนเปลรับเปลนอน แล้วส่งคำสั่งการเรียกใช้บริการไปยังระบบสารสนเทศแผนกขนย้ายผู้ป่วย จากนั้นระบบสารสนเทศจะทำการรับคำสั่งและกระจายงานผ่านวิทยุสื่อสารไปยังคนเปลที่อยู่ใกล้ผู้ป่วยที่สุด ซึ่งการปฏิบัติงานของคนเปลมีการหมุนเวียนไปแบบพลวัต กล่าวคือ คนเปลสามารถรับผู้ป่วยจากหน่วยบริการหนึ่งไปส่งอีกหน่วยบริการหนึ่งและสามารถรับงานใหม่ได้อย่างอิสระ โดยไม่ต้องกลับมายังจุดเริ่มต้น ถ้าหากไม่มีงานคนเปลจะกลับมายังจุดเริ่มต้น เมื่อคนเปลรับงานจะดำเนินการหาอุปกรณ์ (ถ้ามี) และเดินทางไปรับผู้ป่วย ณ พื้นที่บริการต้นทางและนำส่งผู้ป่วย ณ พื้นที่บริการปลายทาง ดังรูปที่ 4

แผนกขนย้ายผู้ป่วยมีการแบ่งพื้นที่บริการออกเป็น 9 พื้นที่ ดังนี้ (1) ให้บริการตึกฉุกเฉิน (2) ให้บริการแผนกผู้ป่วยนอก (3) ให้บริการตึกกระดูก เอ็กซเรย์(4) ให้บริการหอผู้ป่วยอายุรกรรม – ศัลยกรรม (5) ให้บริการห้องตรวจผู้ป่วยอายุรกรรม - ศัลยกรรม (6) ให้บริการตึกนรีเวช (7) ตึกใหม่ (ยังไม่เปิดให้บริการ) (8) ให้บริการหอผู้ป่วย และ (9) ให้บริการผู้ป่วยวิกฤต (CCU, Med-ICU, Sur-ICU) ดังรูปที่ 5 โดยการให้บริการผ่านระบบสารสนเทศในช่วงกะดึกของวันทำงาน ของแผนกขนย้ายผู้ป่วยมีการจัดอัตรากำลังเจ้าหน้าที่ขนย้าย และอุปกรณ์ ดังตารางที่ 1



รูปที่ 4 กระบวนการการให้บริการของแผนกขนย้ายผู้ป่วย



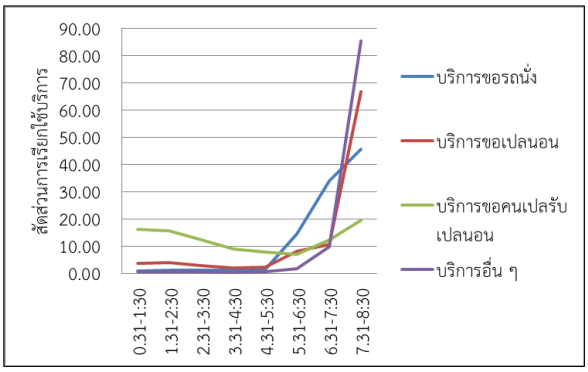
รูปที่ 5 พื้นที่บริการของแผนกขนย้ายผู้ป่วย

ตารางที่ 1 การจัดอัตรากำลังเจ้าหน้าที่ขนย้ายและอุปกรณ์

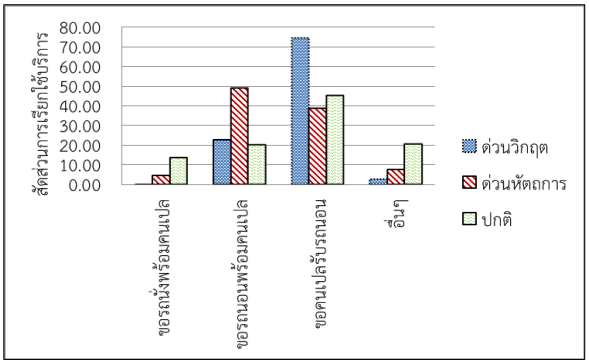
แผนในปัจจุบัน	พื้นที่เริ่มต้น	จำนวน
หัวหน้าชุดสั่งการในระบบสารสนเทศ	ประจำการพื้นที่ 1	1 คน
เจ้าหน้าที่ขนย้ายในช่วงกะดึก	พื้นที่ 1	4 คน
รถนั่ง	พื้นที่ 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9	3, 6, 7, 6, 8, 14, 0 คัน ตามลำดับ
เปลนอน	พื้นที่ 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9	3, 6, 10, 8, 19, 8, 2 คัน ตามลำดับ

3.1.2 การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า

จากการศึกษาข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล จำนวน 11,035 ข้อมูล สามารถวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กซ์เซล (Microsoft Excel) และการหาค่าการแจกแจงทางสถิติของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Stat:Fit ในโปรแกรม ProModel พบว่า แผนกขนย้ายผู้ป่วยมีจำนวนผู้ป่วยเข้ามาใช้บริการแบบปัวซอง (Poisson distribution) ในบริการขอรถนั่ง บริการขอเปลนอน บริการขอคนเปลรับเปลนอนและบริการอื่น ๆ เป็นจำนวน 4 8.28 24.3 4 คนต่อกะดึก ตามลำดับ โดยมีสัดส่วนการเรียกใช้บริการในแต่ละชั่วโมงแตกต่างกันตามประเภทบริการ แต่ในทุกประเภทบริการจะเริ่มมีสัดส่วนการเรียกใช้เพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 6:31 น. ถึง 7:30 น. และเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงเวลา7:31 น. ถึง 8:30 น. ดังรูปที่ 6 การขอใช้บริการในแต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกันไปตามระดับบริการ ดังรูปที่ 7 ระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยระหว่างพื้นที่ (ระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยจากพื้นที่ต้นทางไปยังพื้นที่ปลายทาง โดยรวมระยะเวลาการเดินทางพร้อมอุปกรณ์ (ถ้ามี) การรอลิฟต์ และการใช้ลิฟต์) ดังตารางที่ 2



รูปที่ 6 สัดส่วนการเรียกใช้บริการในแต่ละชั่วโมงแบ่งตามประเภทบริการ



รูปที่ 7 สัดส่วนการเรียกใช้บริการแบ่งตามประเภทบริการและระดับบริการ

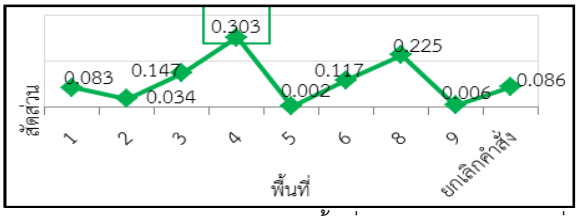
ตารางที่ 2 ระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยระหว่างพื้นที่ (นาที)

จาก/ไป	1	2	3	4	5	6	8	9
1	2*	6	11	14	10	12	14	13
2	7	5*	5	9	9	9	10	8
3	11	8	8*	8	9	9	11	11
4	9	9	10	11*	8	17	11	13
5	13	9	8	6	6*	9	9	12
6	12	9	9	10	12	10*	12	14
8	11	9	11	11	11	12	7*	13
9	16	9	16	15	7	14	10	5*

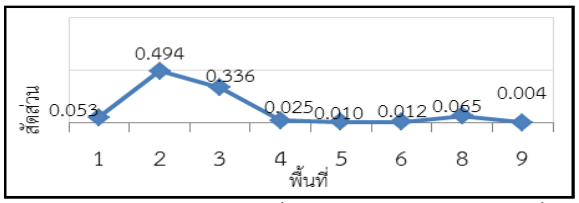
หมายเหตุ* ระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยระหว่างแผนกหรือหน่วยบริการภายในพื้นที่เดียวกัน (ระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยภายในพื้นที่ 4 มีค่ามากกว่าต่างพื้นที่ เนื่องจากมีระยะการเวลาการรอและใช้ลิฟต์มากกว่าพื้นที่อื่น)

การขอใช้บริการแผนกขนย้ายผู้ป่วยในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์จะมีพฤติกรรมแตกต่างกันไปในแต่ละประเภทบริการ ยกตัวอย่างเช่น สัดส่วนการเรียกใช้บริการขอรถนั่งมีสูงสุดในพื้นที่ต้นทางที่ 4 ที่ 0.303 ดังรูปที่ 8 (ก) และจากพื้นที่ต้นทางที่ 4 มีสัดส่วนการเดินทางส่วน

ใหญ่ไปยังพื้นที่ปลายทาง 2 และ 3 ที่ 0.494 0.336 ตามลำดับ ดังรูปที่ 8 (ข) เช่นเดียวกับสัดส่วนการเรียกใช้บริการขอเปลนอนมีสูงสุดในพื้นที่ต้นทางที่ 4 ที่ 0.358 ดังรูปที่ 9 (ก) และจากพื้นที่ต้นทางที่ 4 มีสัดส่วนการเดินทางส่วนใหญ่ไปยังพื้นที่ปลายทาง 3 ที่ 0.522 ดังรูปที่ 9 (ข) หรือสัดส่วน การเรียกใช้บริการขอคนเปลรับรถนอนมีสูงสุดในพื้นที่ต้นทางที่ 1 ที่ 0.371 ดังรูปที่ 10 (ก) และจากพื้นที่ต้นทางที่ 1 มีสัดส่วนการเดินทางส่วนใหญ่ไปยังพื้นที่ปลายทาง 1 ที่ 0.677 ดังรูปที่ 10 (ข) เป็นต้น

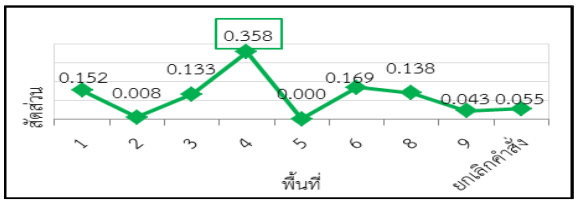


(ก) สัดส่วนการเรียกใช้บริการของพื้นที่ต้นทาง บริการขอรถนั่ง

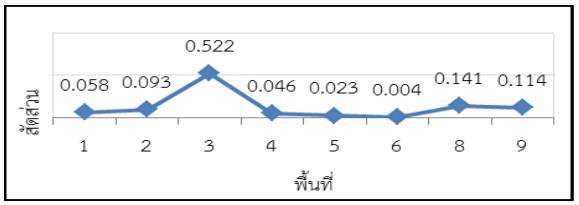


(ข) สัดส่วนการเดินทางจากพื้นที่ต้นทางที่ 4 ไปยังพื้นที่ปลายทางต่างๆ บริการขอรถนั่ง

รูปที่ 8 สัดส่วนการเดินทางระหว่างพื้นที่ บริการขอรถนั่ง

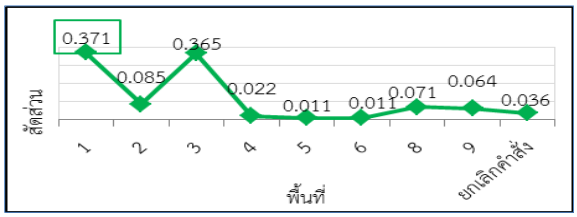


(ก) สัดส่วนการเรียกใช้บริการของพื้นที่ต้นทาง บริการขอเปลนอน

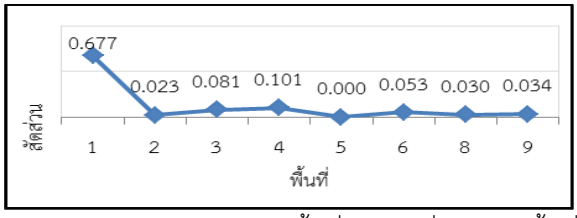


(ข) สัดส่วนการเดินทางจากพื้นที่ต้นทางที่ 4 ไปยังพื้นที่ปลายทางต่างๆ บริการขอเปลนอน

รูปที่ 9 สัดส่วนการเดินทางระหว่างพื้นที่ บริการขอเปลนอน



(ก) สัดส่วนการเรียกใช้บริการของพื้นที่ต้นทาง บริการขอคนเปลรับเปลนอน



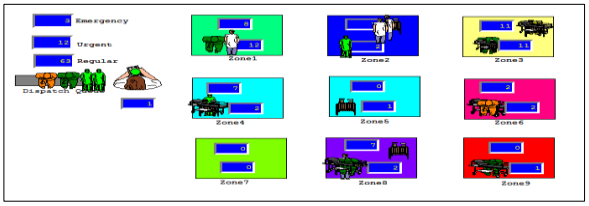
(ข) สัดส่วนการเดินทางจากพื้นที่ต้นทางที่ 1 ไปยังพื้นที่ปลายทางต่างๆ บริการขอคนเปลรับเปลนอน

รูปที่ 10 สัดส่วนการเดินทางระหว่างพื้นที่ บริการขอคนเปลรับเปลนอน

3.2 การพัฒนาแบบจำลองด้วยโปรแกรม ProModel

การพัฒนาแบบจำลองระบบการให้บริการของแผนกขนย้ายผู้ป่วย บนโปรแกรม ProModel นั้น เป็นการจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน โดยการพัฒนาแบบจำลอง เริ่มตั้งแต่การเข้ามาของผู้ป่วย ณ จุดรอกระจาย (Dispatch queue) จากนั้นผู้กระจายงานในระบบสารสนเทศจะกระจายงานตามระดับความสำคัญ (ความเร่งด่วนและการให้บริการแบบมาก่อนได้ก่อน (First-Come, First-Served: FCFS) ให้กับเจ้าหน้าที่ขนย้าย และเจ้าหน้าที่ขนย้ายดำเนินการให้บริการขนย้ายจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง ดังรูปที่ 11 และเพื่อความถูกต้องของแบบจำลองจึงได้ทำการทวนสอบ (Verification) โดยการตรวจสอบความถูกต้องจากภาพเคลื่อนไหวและจากคำสั่ง “Trace” นอกจากนั้นยังได้รับรองความน่าเชื่อถือ(Validation) โดยการเปรียบเทียบหนึ่งในตัวชี้วัดคือ เวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบของสถานการณ์จริงกับสถานการณ์จำลอง (จำนวน 60 ข้อมูล) จาก 2 ขั้นตอน คือ (1) การทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนของสองประชากร (2-Variance Test) ที่ระดับนัยสำคัญ α=0.05 ซึ่งกำหนดสมมติฐานให้ H_0 เท่ากับข้อมูลมีความแปรปรวนที่ไม่แตกต่างกัน และ H_1 เท่ากับข้อมูลมีความแปรปรวนที่แตกต่างต่างกัน ผลจากการทดสอบพบว่า ค่า P-Value =0.178 ซึ่งมีค่ามากกว่า

α=0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ระดับ α=0.05 และ (2) การทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของสองประชากร (2–Sample t-Test) ที่ระดับนัยสำคัญ α=0.05 ซึ่งกำหนดสมมติฐานให้ H_0 เท่ากับตัวแบบสามารถเป็นตัวแทนระบบจริง และ H_1 เท่ากับตัวแบบไม่สามารถเป็นตัวแทนระบบจริง ผลจากการทดสอบทดสอบพบว่าค่า P-Value = 0.482 มีค่ามากกว่า 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05



รูปที่ 11 แบบจำลองด้วยโปรแกรม ProModel

เมื่อตัวแบบสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริง จึงทำการหาจำนวนรอบที่เหมาะสมในการประมวลผลแบบจำลอง เพื่อให้ข้อมูลหรือเวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบมีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง และแม่นยำด้วย ดังสมการที่ 1 [10] โดยแทนค่า จำนวนครั้งการประมวลผลแบบจำลองครั้งแรก (R) เท่ากับ 10 รอบ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มข้อมูลหรือ S_0 เท่ากับ 2.17 นาที ค่าขอบเขตของความคลาดเคลื่อน 6% (ε =1.62) และค่าความเชื่อมั่นที่ 95% ($t_{0.025}$ =2.042)เมื่อทำการคำนวณแล้ว พบว่าจำนวนรอบที่เหมาะสมในการประมวลผลแบบจำลองทั้งหมด 8 รอบ ซึ่งเพียงพอแล้วในการประมวลผลครั้งแรก

$$R \geq \left[\frac{t_{1-\frac{\alpha}{2},R-1}(S_0)}{\varepsilon}\right]^2 \qquad (1)$$

3.3 วิเคราะห์ผลจากแบบจำลองสถานการณ์ในปัจจุบัน

จากผลการจำลองสถานการณ์ โดยมีจำนวนรอบการประมวลผลของโปรแกรม ProModel ทั้งหมด 10 รอบ สามารถสรุปผลตามตัวชี้วัดได้คือ ในกรณีผู้ป่วยด่วนวิกฤตและผู้ป่วยด่วนหัตถการ ผู้ป่วยมีเวลาเฉลี่ยการรอคอยเพื่อรับบริการที่ 20.42 และ 24.71 นาที ตามลำดับ ซึ่งเกินระยะเวลาประกันที่ทางแผนกวางไว้ คือ 10 และ 15 นาที ตามลำดับ เวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบและอัตราการใช้ประโยชน์ของเจ้าหน้าที่ขนย้าย ดังตารางที่ 3 สำหรับอัตราการใช้ประโยชน์ของเจ้าหน้าที่ขนย้าย ในงานวิจัยนี้คิดเฉพาะงานขนย้ายผู้ป่วยผ่านระบบสาระสนเทศเท่านั้น ไม่รวมการทำงานอื่น เช่น การเก็บอุปกรณ์กลับมายังจุดจอด การซ่อมแซมอุปกรณ์ การเตรียมอุปกรณ์เพื่อใช้งาน หรือการทำความสะอาดอุปกรณ์ เป็นต้น

ตารางที่ 3 ผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด	ผลการดำเนินงาน
เวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยรอคอย (นาที)	
1. กรณีด่วนวิกฤต	20.42
2. กรณีด่วนหัตถการ	24.71
3. กรณีปกติ	22.89
เวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบ (นาที)	27.00
อัตราการใช้ประโยชน์ของคนเปล (%)	69.60

สำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนในปัจจุบัน แผนกขนย้ายผู้ป่วย มีเจ้าหน้าขนย้ายผู้ป่วยทั้งหมด 63 คน มีค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่รวม 867,765 บาทต่อเดือน ซึ่งโดยปกติเจ้าหน้าที่จะทำงานเฉลี่ย 20 วันต่อเดือน วันละ 8 ชั่วโมง นั่นคือ แผนกขนย้ายผู้ป่วยมีค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ 86.09 บาทต่อคนต่อชั่วโมง จากการคำนวณค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ขนย้ายในช่วงกะดึกจำนวน 4 คน พบว่า ปัจจุบันแผนกขนย้ายผู้ป่วยมีค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ในช่วงกะดึกที่ 2,754.88 บาทต่อกะดึก หรือ 1,005,531.20 บาทต่อปี

3.4 การกำหนดแนวทางปรับปรุง

การประยุกต์ใช้โปรแกรม ProModel จะช่วยเพิ่มความสามารถในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการปรับปรุงงาน ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้ อรรถประโยชน์จากการทำงานของเจ้าหน้าที่ขนย้าย เวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบ เวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในแถวคอยของผู้ป่วยในแต่ละระดับบริการ และค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ขนย้าย เป็นตัวชี้วัดของแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของแผนกขนย้ายผู้ป่วยในช่วงกะดึกของวันทำงาน โดยมีทางเลือกที่เหมาะสมในการปรับปรุงคือ การเปลี่ยนแปลงแผนการจัดอัตรากำลัง

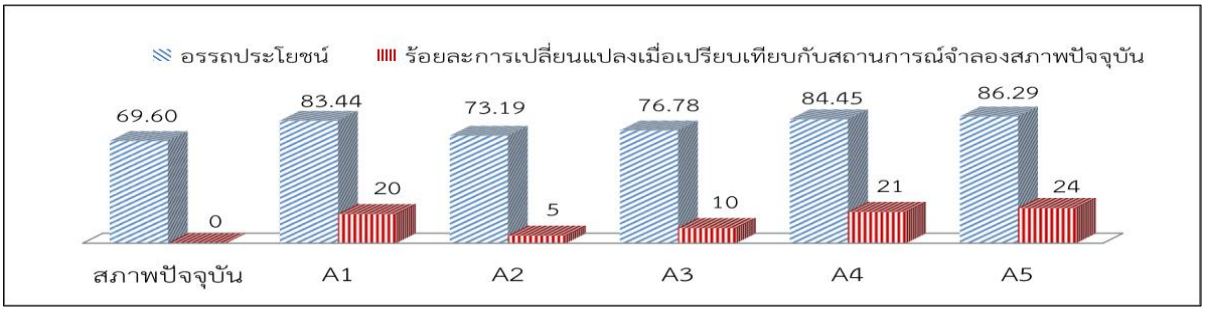
เจ้าหน้าที่ขนย้าย ดังตารางที่ 4 เพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการใช้งานในแต่ละชั่วโมง จากรูปที่ 2 ข้างต้น

ตารางที่ 4 สถานการณ์ทางเลือกเพื่อการปรับปรุง

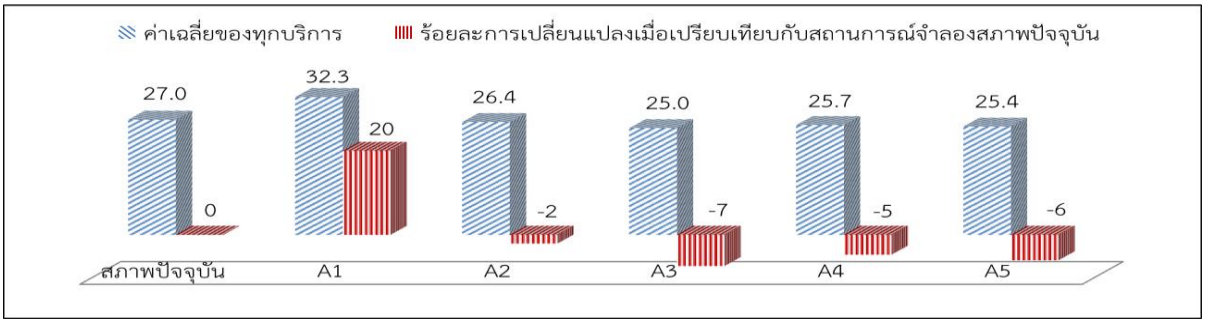
สถานการณ์จำลอง	แผนการจัดอัตรากำลังเจ้าหน้าที่ขนย้าย
A1	ลดเจ้าหน้าที่ขนย้าย 1 อัตรา ในช่วงเวลา 00:30 – 06:30
A2	เพิ่มเจ้าหน้าที่ขนย้าย 1 อัตรา ในช่วงเวลา 06:31 – 08:30
A3	เพิ่มเจ้าหน้าที่ขนย้าย 2 อัตรา ในช่วงเวลา 06:31 – 08:30
A4	ลดเจ้าหน้าที่ขนย้าย 1 อัตรา ในช่วงเวลา 00:30 – 06:30 และ เพิ่มเจ้าหน้าที่ขนย้าย 1 อัตรา ในช่วงเวลา 06:31 – 08:30
A5	ลดเจ้าหน้าที่ขนย้าย 1 อัตรา ในช่วงเวลา 00:30 – 06:30 และ เพิ่มเจ้าหน้าที่ขนย้าย 2 อัตรา ในช่วงเวลา 06:31 – 08:30

4. การวิเคราะห์และอภิปรายผล

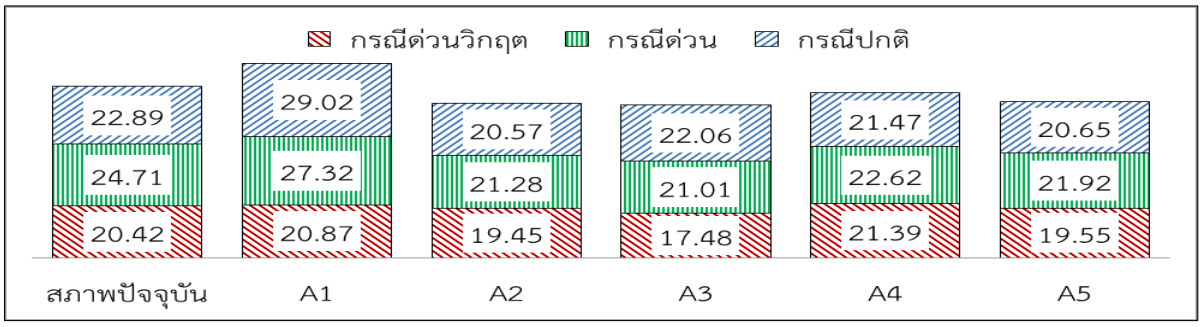
เมื่อประมวลผลแบบจำลองของสภาพปัจจุบัน และสถานการณ์ทางเลือกทั้งหมด 10 รอบแล้ว สามารถสรุปผลลัพธ์ตามตัวชี้วัดได้ว่า สถานการณ์ทางเลือกที่มีอรรถประโยชน์จากการทำงานของเจ้าหน้าที่ขนย้ายสูงที่สุด คือ สถานการณ์ A5 มีสัดส่วนเพิ่มสูงขึ้น จาก 69.60 เป็น 86.29 คิดเป็นร้อยละ 24 และสถานการณ์ A4, A1, A3 และ A2 มีอรรถประโยชน์จากการทำงานเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 12 สำหรับสถานการณ์ทางเลือกที่มีเวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบน้อยที่สุดคือ สถานการณ์ A3 จาก 27.00 นาที เป็น 25.00 นาที คิดเป็นร้อยละ 7 และสถานการณ์ A5, A4, A2 มีเวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบลดน้อยลงตามสัดส่วนที่แตกต่างกัน ยกเว้น A1 ที่ผู้ป่วยจะมีเวลาเฉลี่ยที่อยู่ในระบบเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 13 และสถานการณ์ทางเลือกที่มีเวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในแถวคอยของผู้ป่วยในแต่ละระดับบริการลดลงมากที่สุด คือ สถานการณ์ A3 จาก 20.42, 24.71 และ 22.89 นาที เป็น17.48, 21.01 และ 22.06 นาที ในกรณีด่วนวิกฤติ ด่วนและปกติ หรือลดลงร้อยละ 14, 15 และ 4 ตามลำดับ และสถานการณ์อื่นๆ พิจารณาได้จากรูปที่ 14 นอกจากนี้สถานการณ์ทางเลือกที่มีค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ขนย้ายที่ต่ำที่สุดคือ สถานการณ์ A1 จาก 1,005,531.20 บาทต่อปี เป็น 816,994.10 บาทต่อปี หรือลดลงร้อยละ 18.75 และสถานการณ์ A4, A5, A2 และ A3 มีค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ขนย้ายเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ ดังตารางที่ 5



รูปที่ 12 อรรถประโยชน์จากการทำงานของเจ้าหน้าที่ขนย้าย (%)



รูปที่ 13 เวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบ (นาทีต่อผู้ป่วย 1 ราย)



รูปที่ 14 เวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในแถวคอยของผู้ป่วยในแต่ละระดับบริการ (นาทีต่อผู้ป่วย 1 ราย)

ตารางที่ 5 ค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ขนย้าย

สถานการณ์จำลอง	ค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ขนย้าย (บาท/กะดึก)	ค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ขนย้าย (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายเมื่อเปรียบเทียบสภาพปัจจุบันกับสถานการณ์จำลอง (บาท/ปี)	ร้อยละเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย
สภาพปัจจุบัน	2,754.88	1,005,531.20	0.00	0.00
A1	2,238.34	816,994.10	-188,537.10	-18.75
A2	2,927.06	1,068,376.90	62,845.70	6.25
A3	3,099.24	1,131,222.60	125,691.40	12.50
A4	2,410.52	879,839.80	-125,691.40	-12.50
A5	2,582.70	942,685.50	-62,845.70	-6.25

4. สรุป

จากการจำลองสถานการณ์การให้บริการขนย้ายผู้ป่วยของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ เพื่อวิเคราะห์สภาพปัจจุบันของการให้บริการและจำลองสถานการณ์ทางเลือกในการปรับปรุง โดยใช้โปรแกรม ProModel พบว่าสถานการณ์ทางเลือกในสถานการณ์ต่างๆ ยังไม่สามารถทำให้โรงพยาบาลให้บริการผู้ป่วยในกรณีด่วนวิกฤต และกรณีด่วนหัตถการ ได้ทันในระยะเวลาประกันคือ 10 นาที และ 15 นาที จากรูปที่ 14 ข้างต้น แต่เมื่อนำข้อมูลไปนำเสนอกับทางหน่วยงาน พบว่า สถานการณ์ในแต่ละทางเลือกสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการขนย้ายในเชิงการปฏิบัติงานจริงได้ดี และเมื่อพิจารณาทุกตัวชี้วัดในภาพรวมจากสถานการณ์ทางเลือกที่สร้างขึ้น พบว่า สถานการณ์ทางเลือกที่เหมาะสมมากที่สุด คือ A5 โดยการลดเจ้าหน้าที่ขนย้าย 1 อัตรา ในช่วงเวลา 00:30 น. ถึง 06:30 น. และ เพิ่มเจ้าหน้าที่ขนย้าย 2 อัตรา ในช่วงเวลา 06:31น. ถึง 08:30 น. เนื่องจากมีอรรถประโยชน์จากการทำงานของเจ้าหน้าที่ขนย้ายเพิ่มขึ้นจาก 69.60 เป็น 86.29 หรือร้อยละ 24 เวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบลดลงจาก 27.0 นาที เป็น 25.4 นาที หรือลดลงร้อยละ 6 และเวลาเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในแถวคอยของผู้ป่วยในแต่ละระดับบริการลดลงจาก 20.42 24.71 และ 22.89 นาที เป็น 19.55 21.92 และ 20.65 นาที ในกรณีด่วนวิกฤติ ด่วน และปกติ ตามลำดับ หรือลดลงร้อยละ 4.26 11.29 และ 9.79 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังส่งผลให้ค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ขนย้ายลดลงจาก 1,005,531.20 บาทต่อปี เป็น 942,685.50 บาทต่อปี หรือร้อยละ 6.25 ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอทางเลือก A5 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของแผนกขนย้ายผู้ป่วยในช่วงกะดึกของวันทำงานกรณีศึกษา โรงพยาบาลสงขลานครินทร์

5. ข้อเสนอแนะ

ควรพิจารณาทางเลือกเพิ่มเติมที่สามารถทำให้โรงพยาบาลสามารถให้บริการผู้ป่วยในกรณีด่วนวิกฤต และกรณีด่วนหัตถการ ได้ทันในระยะเวลาประกัน เช่น การเพิ่มอัตรากำลังเจ้าหน้าที่ในช่วงเวลา 07:31 – 08:30 เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.นพ.เรืองศักดิ์ ลีธนาภรณ์ ผู้อำนวยการโรงพยาบาล อ.นพ.ชนนท์ กองกมล ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายโรงพยาบาล พญ.ดร.ภาสุรี แสงศุภวานิช อาจารย์แพทย์ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ นายจรูญ แก้วมี นักวิเคราะห์นโยบายและแผน นางชนิศา นิมิตปัญญากุล หัวหน้าแผนกขนย้ายผู้ป่วย และเจ้าหน้าที่แผนกขนย้ายผู้ป่วยโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ สำหรับการสนับสนุนและเอื้อเฟื้อข้อมูล รวมถึงคำแนะนำ ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์จนทำให้บทความสำเร็จลงด้วยดี และขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนในการวิจัยภายใต้โครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากร STEM ประจำปี 2560

7. เอกสารอ้างอิง

[1] โรงพยาบาลสงขลานครินทร์. (15 มี.ค. 2560). *ประวัติโรงพยาบาล*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://hospital.psu.ac.th/1DataHos.php.

[2] ปานวิทย์ ธุวะนุติ. (5 เม.ย. 2560) *ทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory)*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://academic.udru.ac.th/~banyat/ Thesis/Refs/Ch9-Que.pdf

[3] ไชนับ ศุภศิริ. “ผลของรูปแบบบริการผู้ป่วยนอกโรคเบาหวาน ต่อระยะเวลารอคอยและความพึงพอใจในบริการ,” *วารสารพยาบาลโรคหัวใจและทรวงอก.,*ปีที่ 28 (ฉบับที่ 1), หน้า 44-56, 2560.

[4] D.W. Kelton, R.P. Sadowski and D.T. Sturrock *Simulation with Arena*. 3rd ed. McGraw-Hill: The McGraw-Hill Company, 2003

[5] A. Maria ,“Introduction to model and simulation.” *Proceeding of the 1997 Winter simulation Conference ed.*, 1997.

[6] ศศิวรรณ รัตนอุบล และชานินทร์ ศรีสุวรรณนภา. “การจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของคลินิกกุมารเวชและอายุรกรรม ตึกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลพัทลุง” *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง* ปีที่ 22 (ฉบับที่ 1), 2556.

[7] ศิลปชัย วัฒนเสย และพิษณุ มนัสปิติ.“การปรับปรุงการบริการโรงพยาบาล:กรณีศึกษาโรงพยาบาลรัฐบาล” *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ*, 2554.

[8] H. Carly, *Improving Patient Transportation Performance by Developing and Implementing a Generic Simulation Model*. Mechanical and Industrial Engineering University, 2015.

[9] C. Coelli. Fernando, B. Ferreira. Rodrigo, V.R. Almeida. Renan Moritz, “Computer simulation and discrete-event models in the analysis of a mammography clinic patient flow,” *Computer methods and programs in biomedicine*, Vol. 87, pp.201–207, 2007.

[10] กัญจนา ทองสนิท และประจวบ กล่อมจิตร. *การจำลองสถานการณ์เบื้องต้น*. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2555.

คำแนะนำการส่งต้นฉบับบทความ

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนบทความ

วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน (Thai Journal of Operations Research, TJOR) เป็นวารสารทางวิชาการ มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่งานวิจัยและบทความทางวิชาการทางเว็บไซต์ โดยได้รับการจัดกลุ่มวารสารที่ผ่านการรับรองคุณภาพของศูนย์ดัชนีอ้างอิงวารสารไทย TCI อยู่ในวารสารกลุ่มที่ 2 โดยวารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน มีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ คือ ประมาณเดือนมิถุนายน และเดือนธันวาคม ของทุกปี ซึ่งบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารไทยการวิจัยดำเนินงานมี 3 ลักษณะ

1. บทวิเคราะห์หรือบทวิจารณ์ (Review Paper) เพื่ออธิบายการพัฒนาในหัวข้อการวิจัยดำเนินงานในช่วงที่ผ่านมา
2. บทความที่เน้นการประยุกต์ใช้ความรู้หรือวิธีการด้านการวิจัยดำเนินงาน เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในภาครัฐและเอกชน หรือองค์กรที่ไม่แสวงผลกำไร
3. บทความที่เน้นทฤษฎีหรือวิธีการด้านวิจัยดำเนินงานที่พัฒนาขึ้นจากแนวคิดของผู้วิจัย หรือเพิ่มเติมองค์ความรู้เดิม

ขอบเขตเนื้อหาบทความ

ทฤษฎี (Theory) และระเบียบวิธี (Methodology) ของบทความที่สามารถส่งตีพิมพ์ในวารสารไทยการวิจัยดำเนินงานแบ่งเป็น 9 กลุ่มคือ

- Continuous Optimization
- Discrete Optimization
- Stochastic Processes and Statistics
- Simulation
- Heuristics and Meta-heuristics
- Production, Manufacturing and Logistics
- Decision Support in Manufacturing and Logistics
- Computational Intelligence in Manufacturing
- Data Analytics

หลักเกณฑ์ในการลงตีพิมพ์ต้นฉบับของวารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน

1. ต้นฉบับที่ผู้เขียนส่งมาเพื่อการพิจารณาจะต้องไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารใดวารสารหนึ่งมาก่อน

2. ต้นฉบับที่ผู้เขียนส่งมาเพื่อการพิจารณาต้องไม่อยู่ระหว่างเสนอขอตีพิมพ์ในวารสารอื่น

3. เนื้อหาในต้นฉบับควรเกิดจากการสังเคราะห์ความคิดขึ้นโดยผู้เขียนเองไม่ได้ลอกเลียน หรือตัดทอนมาจากผลงานวิจัยของผู้อื่น หรือจากบทความอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต หรือปราศจากการอ้างอิงที่เหมาะสม

4. ผู้เขียนต้องเขียนต้นฉบับตามรูปแบบที่กำหนดเท่านั้น

5. ผู้เขียนต้องแก้ไขบทความที่ส่งมาตีพิมพ์ตามข้อเสนอแนะของคณะผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) จนกว่าผู้ทรงคุณวุฒิหรือบรรณาธิการจะยอมรับบทความของท่าน โดยผู้ทรงคุณวุฒิมีสิทธิ์ปฏิเสธบทความได้หากบทความไม่มีคุณภาพเพียงพอ

6. หลังจากผู้เขียนได้แก้ไขบทความแล้ว กองบรรณาธิการจะทำการตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งหนึ่งก่อนการตีพิมพ์

ขั้นตอนการส่งต้นฉบับบทความ

1. ต้นฉบับที่ผู้เขียนส่งมาเพื่อการพิจารณาจะต้องไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารใดวารสารหนึ่งมาก่อน

2. ต้นฉบับที่ผู้เขียนส่งมาเพื่อการพิจารณาต้องไม่อยู่ระหว่างเสนอขอตีพิมพ์ในวารสารอื่น

3. กรณียังไม่ได้เป็นสมาชิกของระบบ Thai Journals Online (ThaiJO) ให้ลงทะเบียนผ่านเว็บไซต์ http://www.tci-thaijo.org/index.php/TJOR/index โดยเลือกเมนู register กรอกข้อมูลให้ครบถ้วนแล้วส่งข้อมูล ให้จำชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านไว้ สำหรับเข้าระบบครั้งต่อไป

4. กรณีเป็นสมาชิกของระบบ Thai Journals Online (ThaiJO) แล้ว ให้เข้าสู่เว็บไซต์ http://www.tci-thaijo.org/index.php/TJOR/index เลือกเมนู Log in เพื่อเข้าสู่ระบบ และเริ่มต้นการส่งบทความโดย สามารถดาวโหลดคู่มือการส่งบทความผ่านระบบ Thai Journals Online ที่ https://tci-thaijo.org/index.php/TJOR/index โดยให้ส่งบทความต้นฉบับเป็นไฟล์นามสกุล .doc และ .pdf

5. กองบรรณาธิการวารสารรับต้นฉบับบทความ ผ่านทางระบบการส่งต้นฉบับในเว็บไซต์ หรือผ่านทางอีเมล์ orjournal.th@gmail.com

6. กองบรรณาธิการวารสารพิจารณาบทความขั้นต้น แล้วแจ้งผลการพิจารณาแก่ผู้นิพนธ์ หากบทความนั้น ผ่านการพิจารณาขั้นต้น กองบรรณาธิการจะส่งบทความนั้น ให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องพิจารณาบทความ และกองบรรณาธิการจะแจ้งผลการพิจารณาแก่ผู้นิพนธ์ภายใน 30 วัน หากมีการ

แก้ไขให้ผู้นิพนธ์แก้ไขบทความตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน และนำผลงานที่แก้ไขปรับปรุงแล้วส่งให้แก่บรรณาธิการ/ผู้ประสานงานวารสาร ภายในระยะเวลาที่กำหนดหลังได้รับแจ้งผลการพิจารณา

7. สำหรับบทความที่ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิโดยไม่มีการแก้ไข นำส่งกองบรรณาธิการดำเนินการเผยแพร่ในวารสารตามช่วงเวลาที่เหมาะสม ทั้งนี้กองบรรณาธิการจะทำหนังสือตอบรับการตีพิมพ์ของท่านเป็นลายลักษณ์อักษร

**หมายเหตุ ต้นฉบับบทความที่ไม่สมบูรณ์ หรือรูปแบบไม่ถูกต้อง จะถูกส่งคืนผู้เขียนบทความเพื่อแก้ไข ก่อนส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาต่อไป

รูปแบบและการจัดพิมพ์

1. บทคัดย่อต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ แต่ละภาษาควรมีเพียงย่อหน้าเดียว และความยาวไม่เกิน 25 บรรทัด หรือไม่เกิน 1 หน้ากระดาษขนาด A4 (8.27 นิ้ว * 11.69 นิ้ว)

2. บทความทั้งหมดควรมีความยาวไม่เกิน 10 หน้ากระดาษ (รวมบทคัดย่อภาษาไทย บทคัดย่อภาษาอังกฤษและบรรณานุกรม)

3. พิมพ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Word for Windows รูปแบบตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาดตัวอักษร ขนาด 14 แบบธรรมดา โดยจัดหน้าเป็นแบบ 2 คอลัมน์

4. รายละเอียดรูปแบบการจัดพิมพ์และการตั้งค่าต่างๆ นั้นสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ https://tci-thaijo.org/index.php/TJOR/index เข้าเมนู Submission ▶ Click >>>>> Article Template

สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ผู้ประสานงานวารสารฯ

นายบุญชนะ เมฆโต โทรศัพท์: 02-727-3078 โทรสาร 02-3744061
E-mail: orjournal.th@gmail.com
คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
เลขที่ 118 ถ.เสรีไทย แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กทม.10240

NIDA WISDOM for Change
GSAS Graduate School of Applied Statistics
Operations Research OR-NET Network of Thailand

วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน
(Thai Journal of Operations Research, TJOR)

ขอเชิญร่วมส่งบทความวิจัย

วารสารไทยการวิจัยดำเนินงานเป็นวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-Journal) ที่เผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ คือประมาณเดือนมิถุนายน และธันวาคมของทุกปี โดยมุ่งเผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานที่มีคุณภาพดี และเป็นบทความที่ต้องมีการพัฒนาขึ้นโดยผู้วิจัย (Original Paper) โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) เป็นผู้ประเมินบทความ



Submission NOW

TCI Tier2

Our Scope

- Continuous Optimization
- Discrete Optimization
- Stochastic Process and Statistics
- Simulation
- Heuristics and Meta-heuristics
- Production, Manufacturing and Logistics
- Decision Support in Manufacturing and Logistics
- Computational Intelligence in Manufacturing
- Data Analytics

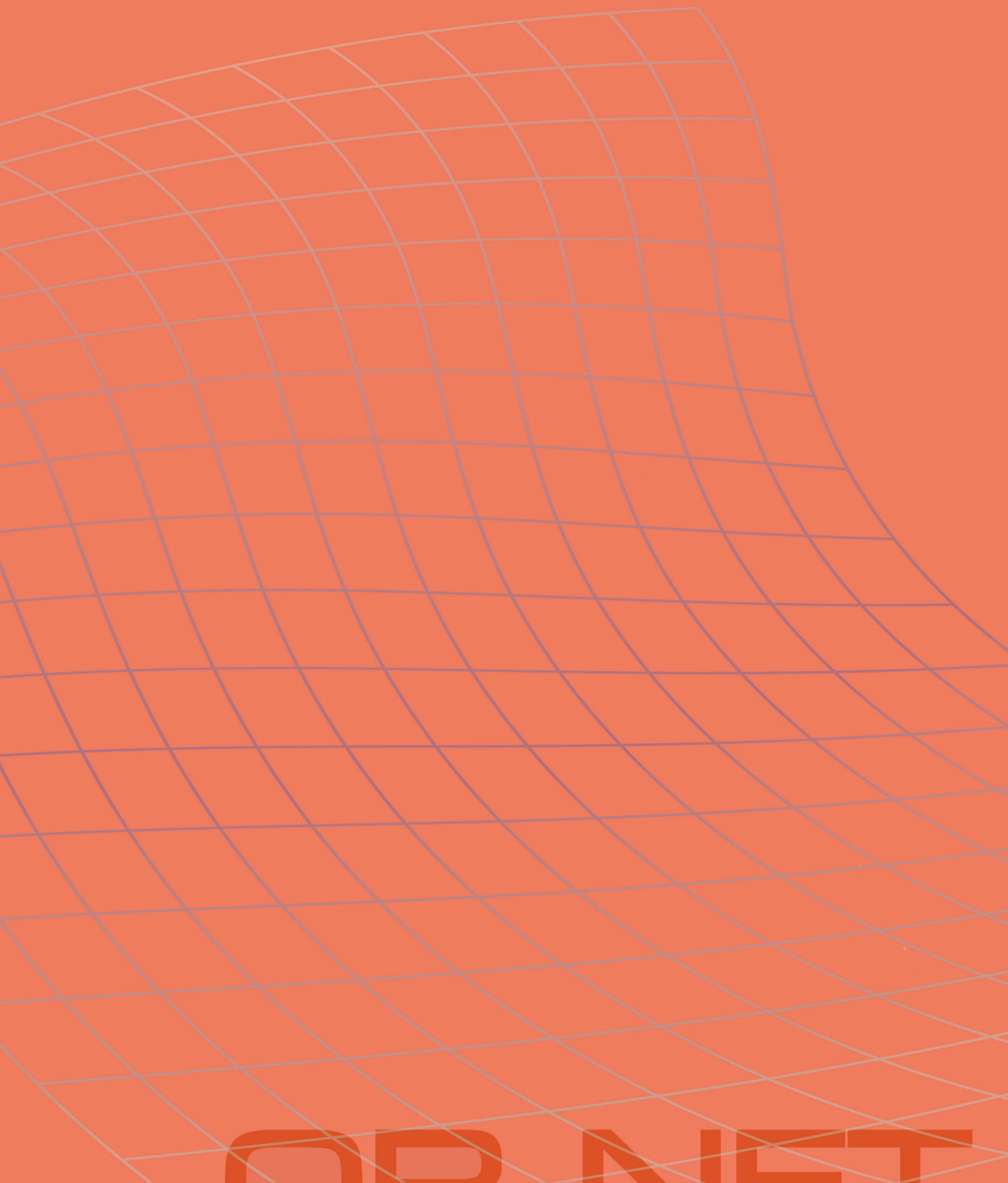
ส่งบทความได้ที่ คุณบุญชนะ เมฆโต
คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
โทร 02-727-3078 โทรสาร 02-374-4061
อีเมล์ : orjournal.th@gmail.com
Website : https://tci-thaijo.org/index.php/TJOR/index

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจนา อมรัชกุล
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. ประชุม สุวัตถี
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร. ประภาส จงสถิตย์วัฒนา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร. วรท์ศร์ ชจิตวิชยานุกูล
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
รองศาสตราจารย์ ดร. วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร. ฟิรยุทธ์ ชาญเศรษฐกุล
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร. วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจนา เศรษฐนันท์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น



OR-NET