

## การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีกเพื่อแก้ปัญหามหาสมการ แบบต่อเนื่อง

อโณทัย กล้าการชาย<sup>1</sup> และภุพงษ์ พงษ์เจริญ<sup>2</sup>

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](mailto:pupongp@nu.ac.th) and [pupongp@gmail.com](mailto:pupongp@gmail.com)

1 นิสิตระดับปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร E-mail: [anothaik60@email.nu.ac.th](mailto:anothaik60@email.nu.ac.th)

2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร E-mail: [pupongp@nu.ac.th](mailto:pupongp@nu.ac.th)

## Appropriate Parameters Setting of League Championship Algorithm: Continuous Optimization Problems

Anothai Klakankhai<sup>1</sup> and Pupong Pongcharoen<sup>2</sup>

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](mailto:pupongp@nu.ac.th) and [pupongp@gmail.com](mailto:pupongp@gmail.com)

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

E-mail: [anothaik60@email.nu.ac.th](mailto:anothaik60@email.nu.ac.th)

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

E-mail: [pupongp@nu.ac.th](mailto:pupongp@nu.ac.th)

## 1. คำนำ

ปัญหาในงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีปัญหาที่มีขนาดใหญ่เป็นปัญหาประเภทเอ็นพี-ฮาร์ด (NP-Hard) ปัญหาที่นำมาประยุกต์ใช้ด้วยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ เช่น ปัญหาการขนส่ง ปัญหาการออกแบบวางแผนโรงงาน ปัญหาการจัดเส้นทางรถ ปัญหาการจัดตารางการผลิต ปัญหาการพยากรณ์ ปัญหาการหาค่าคำตอบที่เหมาะสม ฯลฯ ปัจจุบันมีวิธีการหรือขั้นตอนวิธีการแก้ไขปัญหาลำดับนี้มากมายเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ ดังนั้น ภาคอุตสาหกรรมการผลิตและธุรกิจบริการจึงได้นำวิธีการหาค่าคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจ วิธีการแก้ไขปัญหาแบบที่เกิดจากแรงบันดาลใจทางธรรมชาติ [1] ได้แก่ วิธีการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมบนพื้นฐานการสอนและการเรียนรู้ (Teaching-Learning-Based Optimization; TLBO) ขั้นตอนวิธีการถ่ายละอองเรณู (Flower Pollination Algorithm; FPA) วิธีการฝูงกิ้งก่าย (Krill Herd Algorithm; KHA) วิธีการหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยหมาป่าสีเทา Grey Wolf Optimization (GWO) วิธีการหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยการตามกลิ่นของฉลาม Shark Smell Optimization (SSO) วิธีการหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยแมลงช้าง (Ant Lion Optimizer; ALO) วิธีการหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยผีเสื้อกลางคืน (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) ซึ่งเป็นวิธีการที่

เลียนแบบกระบวนการแข่งขันชิงแชมป์ลีกกีฬา คือฟุตบอล 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 และมีคำศัพท์เกี่ยวกับกีฬา (Sporting terminology) แสดงดังตารางที่ 3

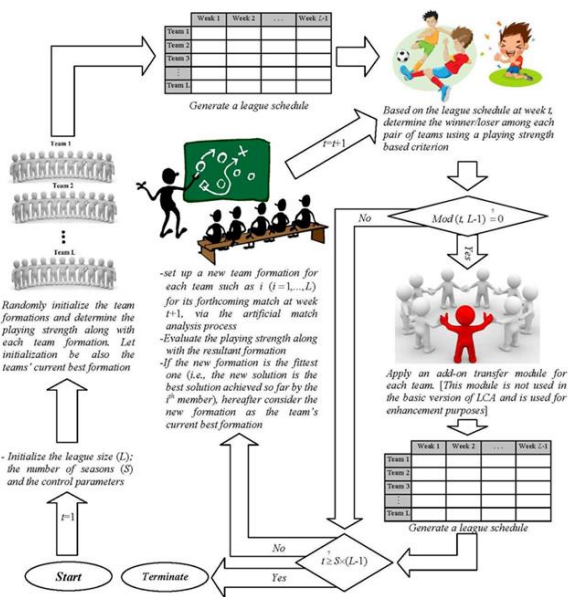
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานเป็นไปตาม Kashan (2014) ซึ่งประกอบด้วย การสร้างตารางการแข่งขัน (Generating the league schedule) การกำหนดผู้ชนะหรือผู้แพ้ (Determining winner or loser) และการสร้างรูปแบบทีมใหม่ แสดงดังรูปที่ 1

ตารางที่ 3 คำศัพท์ LCA และวิธีการที่มีธรรมชาติเป็นแรงบันดาลใจ

LCA words	Nature-inspired algorithms words
League	Population
Week	Iteration
Team i	$i^{\text{th}}$ 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

3	ทีม 1	ทีม 3
	ทีม 2	ทีม 4



รูปที่ 1 ผังงานวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีก [12]

รูปที่ 1 ผังงานอัลกอริทึมการแข่งขันชิงแชมป์ลีก [10]

การสร้างตารางลีกการแข่งขัน (Generating the league schedule) ต้องมีการจับคู่แข่งขันกัน ดังนั้นแต่ละทีมต้องเล่นกับทุกทีมที่เข้าร่วมการแข่งขันในแต่ละฤดูกาล (Seasons) ขนาดของลีกคือ L ตัวอย่างเช่น สมมุติให้ลีกการแข่งขันมีขนาด 4 ทีม (L=4) จะส่งผลให้มีเกมส์การแข่งขันทั้งหมด จำนวน 6 เกมส์ ( $M=(L \times (L-1))/2$ ) และมีการแข่งขันใน 1 ฤดูกาลเท่ากับ 3 สัปดาห์ ( $W=(L-1)$ ) โดยแต่ละสัปดาห์จะมีเกมส์การแข่งขัน จำนวน 2 คู่แสดงดังตารางที่ 4 (ถ้า L เป็นเลขคี่จะมีหนึ่งทีมที่จะไม่ได้ลงแข่งในสัปดาห์นั้น)

ตารางที่ 4 ตัวอย่างตารางการแข่งขันลีก 1 ฤดูกาล (L=4)

สัปดาห์	ตารางการแข่งขันลีก	
	คู่ที่ 1	คู่ที่ 2
1	ทีม 1	ทีม 2
	ทีม 4	ทีม 3
2	ทีม 1	ทีม 4
	ทีม 3	ทีม 2

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 จะถูกเพิ่มเข้ามาในแต่ละสัปดาห์ฝ่ายตรงข้ามทีม dummy จะไม่ได้แข่งขันและได้พักผ่อน

การกำหนดผู้ชนะหรือผู้แพ้ (Determining winner or loser) อันดับแรกต้องคำนึงถึงกฎการแข่งขันที่สำคัญ 6 ข้อ [10] ตัวอย่างการแข่งขันฟุตบอล แต่ละทีมได้ 3 คะแนนสำหรับผลชนะ 0 คะแนนสำหรับผลแพ้ และ 1 คะแนนสำหรับผลเสมอ ไม่คำนึงถึงวิกฤตที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวซึ่งอาจขัดขวางทีมที่ยอดเยี่ยมในความต่อเนื่องของผลสำเร็จ มีแนวโน้มว่า ทีมที่แข็งแกร่งมากกว่ามีความแข็งแกร่งในการเล่นดีกว่าขณะที่ทีมที่อ่อนกว่า (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 <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	P <sub>c</sub>
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) × (n - n <sub>max</sub> )
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)

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

กำหนดให้ทีม  $i$  และ  $j$  แข่งขันกันในสัปดาห์ที่  $t$  ด้วยรูปแบบการจัดทีมคือ  $x_i^t$  และ  $x_j^t$  และความแข็งแกร่งการเล่นคือ  $f(x_i^t)$  และ  $f(x_j^t)$  ตามลำดับ

การหาผู้ชนะหรือผู้แพ้เป็นการสุ่มตัวเลขในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 [0, 1] ถ้าค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ  $p_i^t$  ทีม  $i$  ชนะ และทีม  $j$  แพ้ อีกนัยหนึ่งคือ ทีม  $j$  ชนะและทีม  $i$  แพ้ ดังนั้น ข้อปฏิบัติสำหรับการกำหนดทีมชนะและทีมแพ้ เป็นแบบคงเส้นคงวาด้วยกฎข้อที่ 2 และ กฎข้อที่ 4 การสร้างรูปแบบทีมใหม่ (Setting up a new team formation) กลยุทธ์นี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้โดยโค้ชเพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของผู้เล่นจุดแข็ง (Strengths; S) และจุดอ่อน (Weaknesses; W) เป็นปัจจัยภายในเสมอ ขณะที่โอกาส (opportunities; O) และอุปสรรค

(Threats; T) เป็นปัจจัยภายนอก การสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์การจับคู่แบบเติมสำหรับทีม (แต่ละทีม)  $i$  (จัดทำขึ้นสำหรับการสร้างรูปแบบทีมใหม่สำหรับสัปดาห์  $t+1$ ) ถ้าได้รับชัยชนะเกมสัปดาห์ที่  $j$  หรือพ่ายแพ้ต่อทีม  $j$  ในสัปดาห์ที่  $t$  แล้วสมมติให้ความสำเร็จหรือล้มเหลวเป็นผลโดยตรงต่อจุดแข็งหรือจุดอ่อนของทีม  $i$  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>i had won</i> <i>l had won</i> Focusing on ...	Adopt S/O strategy <i>i had won</i> <i>l had lost</i> Focusing on ...	Adopt W/T strategy <i>i had lost</i> <i>l had won</i> Focusing on ...	Adopt W/O strategy <i>i had lost</i> <i>l had lost</i> Focusing on ...
S	own strengths (or weaknesses of <i>j</i> )	own strengths (or weaknesses of <i>j</i> )	-	-
W	-	-	own weaknesses (or strengths of <i>j</i> )	own weaknesses (or strengths of <i>j</i> )
O	-	weaknesses of <i>l</i> (or strengths of <i>k</i> )	-	weaknesses of <i>l</i> (or strengths of <i>k</i> )
T	strengths of <i>l</i> (or weaknesses of <i>k</i> )	-	strengths of <i>l</i> (or weaknesses of <i>k</i> )	-

รูปที่ 2 การวิเคราะห์การแข่งขันเสมือนจริงใน LCA ที่มา: [10]



รูปที่ 3 ตารางสอที่ได้จากการวิเคราะห์การแข่งขัน 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  x_i  + \prod_{i=1}^n  x_i $	[-10, 10]	0
$f_3(x) = \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^i x_j \right)^2$	[-100, 100]	0
$f_4(x) = \max_i \{ x_i , 1 \leq i \leq n\}$	[-100, 100]	0

$f_5(x) = \sum_{i=1}^n ( x_i + 0.5 )^2$	[-100, 100]	0
$f_6(x) = \sum_{i=1}^n ix_i^4 + \text{randm}[0, 1)$	[-1.28, 1.28]	0
$f_7(x) = \sum_{i=1}^n -x_i \sin(\sqrt{ x_i })$	[-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  $2 \times 2 \times 2 \times 5 = 40$  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  $f_{10}(x)$  แสดงดัง ตารางที่ 8 ซึ่งการประยุกต์ใช้วิธีการ LCA พบว่า การหาค่าคำตอบที่ต่ำที่สุดของ  $f_1(x)$ - $f_6(x)$  และ  $f_{10}(x)$  ได้คำตอบ

เท่ากับคำตอบฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง 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

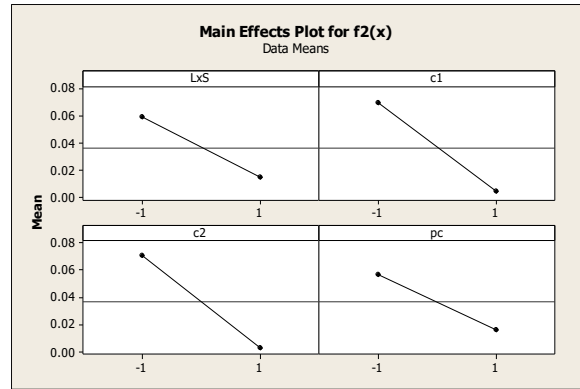
ตารางที่ 8 ผลลัพธ์ที่น้อยที่สุดของวิธี LCA

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

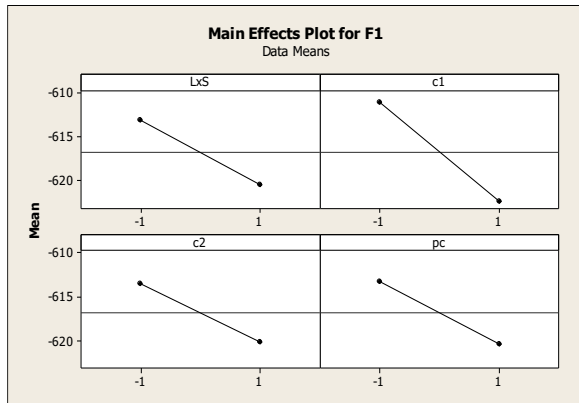
ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับ  $f_1(x)$

Source	D F	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	2748.0	2748.0	687.0	2.6	0.048
LxS	1	530.6	530.56	530.6	2.0	0.159
$c_1$	1	1259.8	1259.8	1259.8	4.9	0.033
$c_2$	1	440.5	440.53	440.5	1.7	0.198
$p_c$	1	517.1	517.12	517.1	2.0	0.164
2-Way Interactions	3	1241.9	1241.8	414.0	1.6	0.203

Source	D F	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
LxS*c <sub>1</sub>	1	575.7	575.69	575.7	2.2	0.1
LxS*c <sub>2</sub>	1	271.6	271.56	271.6	1.0	0.3
LxS*p <sub>c</sub>	1	394.6	394.61	394.6	1.5	0.2
Residual Error	3	8161.5	8161.4	255.0		
Pure Error	2		8			
Total	9	12151.				



รูปที่ 5 กราฟค่าเฉลี่ยของปัจจัยหลัก  $f_2(x)$



รูปที่ 4 กราฟค่าเฉลี่ยของปัจจัยหลัก  $f_1(x)$

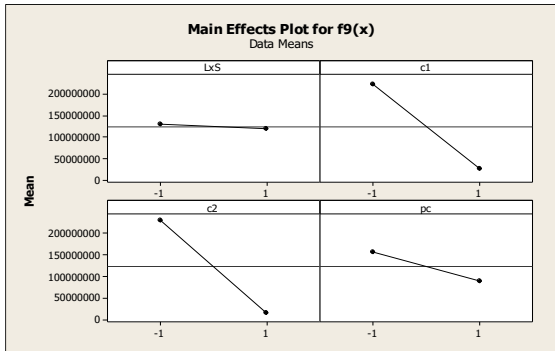
ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับ  $f_2(x)$

Source	D F	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	0.1250	0.1250	0.03126	12.7	0.00
LxS	1	0.0197	0.0197	0.01977	8.03	0.00
c <sub>1</sub>	1	0.0418	0.0418	0.04187	17.0	0.00
c <sub>2</sub>	1	0.0467	0.0467	0.04671	18.9	0.00
p <sub>c</sub>	1	0.0166	0.0166	0.01669	6.78	0.01
2-Way Interactions	3	0.0918	0.0918	0.03060	12.4	0.00
LxS*c <sub>1</sub>	1	0.0207	0.0207	0.02075	8.43	0.00
LxS*c <sub>2</sub>	1	0.0236	0.0236	0.02366	9.61	0.00
LxS*p <sub>c</sub>	1	0.0474	0.0474	0.04740	19.2	0.00
Residual Error	3	0.0787	0.0787	0.02624		
Pure Error	2		9			
Total	9	0.2956				

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	0.00
LxS	1	1.20E+15	1.20E+15	1.20E+15	0.51	0.47
c <sub>1</sub>	1	3.86E+17	3.86E+17	3.86E+17	165.32	0.00
c <sub>2</sub>	1	4.67E+17	4.67E+17	4.67E+17	200.08	0.00
p <sub>c</sub>	1	4.58E+16	4.58E+16	4.58E+16	19.61	0.00
2-Way Interactions	3	4.05E+17	4.05E+17	1.35E+17	57.76	0.00
LxS*c <sub>1</sub>	1	2.83E+16	2.83E+16	2.83E+16	12.13	0.00
LxS*c <sub>2</sub>	1	1.13E+16	1.13E+16	1.13E+16	4.82	0.03
LxS*p <sub>c</sub>	1	3.65E+17	3.65E+17	3.65E+17	156.34	0.00
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				

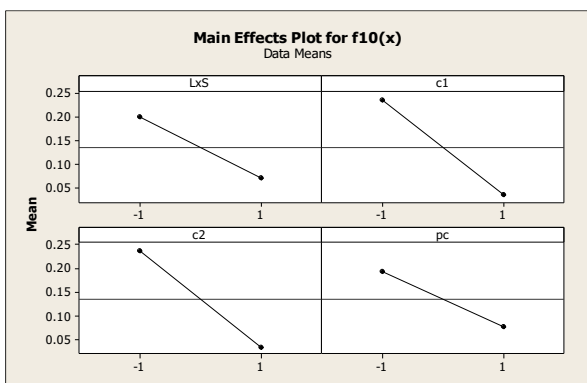
ผลจากสมการฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียง  $f_{10}(x)$  พบว่า ทั้ง 4 ปัจจัย ที่มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงดัง ตารางที่ 12 กราฟค่าเฉลี่ยของปัจจัยหลักแสดงดังรูปที่ 7



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	0.27629	28.28	0.000
LxS	1	0.1634	0.1634	0.16337	16.72	0.000
c <sub>1</sub>	1	0.3938	0.3938	0.39382	40.31	0.000
c <sub>2</sub>	1	0.4159	0.4159	0.41590	42.57	0.000
p <sub>c</sub>	1	0.1321	0.1321	0.13210	13.52	0.001
2-Way Interactions	3	1.0684	1.0684	0.35612	36.45	0.000
LxS*c <sub>1</sub>	1	0.2767	0.2767	0.27671	28.32	0.000
LxS*c <sub>2</sub>	1	0.2828	0.2828	0.28282	28.95	0.000
LxS*p <sub>c</sub>	1	0.5088	0.5088	0.50883	52.08	0.000
Residual Error	32	0.3127	0.3127	0.00977		
Pure Error	32	0.3127	0.3127	0.00977		
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 ส่วนสมการฟังก์ชันปัญหาเทียบเคียงที่เหลือสามารถกำหนดค่าได้ทันที

ตารางที่ 13 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการ LCA

สมการที่	ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม			
	LxS	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	p <sub>c</sub>
$f_1(x)$	-	6	-	-
$f_2(x)$	56x1	6	6	0.99999
$f_9(x)$	-	6	6	0.99999
$f_{10}(x)$	56x1	6	6	0.99999

ส่วนผลกระทบบรรวมระหว่าง 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 การนำวิธีการแข่งขันชิงแชมป์ลีก ไปประยุกต์ใช้กับปัญหาภาคอุตสาหกรรมการผลิตและธุรกิจบริการเพื่อเพิ่มความสามารถการแข่งขันให้กับธุรกิจ

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณทุนรัฐบาลกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อศึกษาวิจัยในประเทศไทย

## 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] Boucekara, 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. Badkoobei, 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] Boucekara, 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 FCNN 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



นายอินทัย กล้าการชาย 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 เพื่อการแก้ปัญหาในทางธุรกิจ และการจัดการโลจิสติกส์