

การศึกษาเปรียบเทียบ วิธีฮาร์โมนีเซิร์ชประยุกต์และวิธีผสมผสาน สำหรับปัญหาทางวิศวกรรม

อรรถพงษ์ เทพทัต*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จ.ปทุมธานี 12120

E-Mail: pakapong.fish@gmail.com

อนันต์ศักดิ์ แสงจันทร์**

สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

อนุชา หิรัญวัฒน์* และ ภาสุระ อังกุลานนท์******

ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จ.กรุงเทพฯ 10800

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันระบบปัญหาเชิงวิศวกรรมมีความซับซ้อน ดังนั้นวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมจึงได้มีการประยุกต์แนวคิดของเมตาฮิวริสติกในการค้นหาคำตอบ วิธีการทางเมตาฮิวริสติก ได้รับความนิยมในการแก้ปัญหา ต่างๆ เช่น ปัญหาการจัดตารางการผลิต ปัญหาการลดต้นทุนการผลิต เป็นต้น งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ วิธีฮาร์โมนีเซิร์ชประยุกต์ (Improved harmony search: IHSA) และวิธีฮาร์โมนีเซิร์ชประยุกต์แบบผสมผสาน (Hybrid Improved harmony search: HIHSA) ในการแก้ไขปัญหาระบบการทำงานจริงผ่านปัญหาที่มีเงื่อนไขข้อจำกัดทางวิศวกรรม ผลการทดลองพบว่า วิธีการผสมผสาน (HIHSA) สามารถค้นหาคำตอบโดยรวมได้เหมาะสมกว่าวิธีฮาร์โมนีเซิร์ชที่มีการเปลี่ยนแปลง ทั้งในส่วนของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของจำนวนข้อมูล และการกระจายตัวของข้อมูล

คำสำคัญ: เมตาฮิวริสติก, วิธีฮาร์โมนีเซิร์ชประยุกต์, ปัญหาทางวิศวกรรม

* อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

** อาจารย์ สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

*** อาจารย์ สาขาวิชาขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

**** อาจารย์ สาขาวิชาขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

Comparison of Improved Harmony Search method and Hybridization method for Engineering Problems

Auttipong Theptabtim^{*}

Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University, Pathum Thani Province, 12120

E-mail: pakapong.fish@gmail.com

Anansak Saengchan^{**}

Institute for small and Medium Enterprises Development, Khlong Nueng Subdistrict, Khlong Luang District, Pathum Thani Province 12120

Anucha Hiranwat^{***} and **Pasura Angkulanon**^{****}

Material Handling and Logistics Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800

Abstract

Nowadays, the engineering problems are complicated. Optimization methods can apply meta-heuristics concepts to search the solution. Meta-heuristic methods are powerful for solving various problems including scheduling and minimize cost of manufacturing problems. This study presents efficiency of Improved harmony search (IHSA) and hybridization methods (HIHSA) for solving engineering problems. The results show that HIHSA is better than IHSA in terms of the mean, standard deviation and data distribution.

Keywords: Meta-Heuristics, Improved harmony search algorithm, Engineering Problems

^{*} Lecturer, Industrial Engineering, Faculty of Engineering

^{**} Lecturer, Institute for small and Medium Enterprises Development

^{***} Lecturer, Material Handling and Logistics Engineering, Faculty of Engineering

^{****} Lecturer, Material Handling and Logistics Engineering, Faculty of Engineering

1. วิธีเมตาฮิวริสติก (Meta-Heuristics)

เมตาฮิวริสติก (Meta-Heuristics) เป็นการหาคำตอบโดยการเลียนแบบพฤติกรรมตามธรรมชาติของสัตว์หรือลักษณะเฉพาะต่างๆ ของสิ่งที่สนใจศึกษา เช่น การหลอมเหลวของเหล็กหรือการแก้ปัญหาของนักดนตรีในการแต่งเพลง รวมถึงระบบต่างๆ ที่ทำงานเป็นกลุ่ม เช่น นก มด และฝูง เป็นต้น ซึ่งเป็นการหาคำตอบที่เหมาะสมโดยการประมาณค่าที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขในปัจจุบันประสบความสำเร็จอย่างมากและมีความรวดเร็วในการประมวลผลในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน เมตาฮิวริสติกที่มีองค์ประกอบหลัก คือ กระบวนการทำงานหรือการค้นหาคำตอบจะวนซ้ำแล้วจะหยุดการทำงานเมื่อถึงเงื่อนไขของปัญหาที่กำหนดไว้ และในแต่ละวิธีจะมีกลยุทธ์หรือรูปแบบในการพัฒนาคำตอบที่แตกต่างกันออกไป [1,2]

2. วิธีฮาร์โมนีเมโมรี่เซอร์ชอัลกอริทึม (Improved Harmony Search Algorithm, IHSA)

Lee et al. [3] ได้นำเสนอวิธีฮาร์โมนีเมโมรี่เซอร์ชซึ่งใช้แนวทางการแก้ปัญหาของนักดนตรีเพื่อค้นหาสภาพที่เหมาะสมที่สุดของการประสานเสียงเครื่องดนตรี (Perfect State of Harmony) โดยตัดสินใจจากมาตรฐานหรือระดับของความสวยงามของคุณภาพเสียงที่เกิดขึ้น (Aesthesis Standard) ในทางวิศวกรรมเรียกว่า สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) การประยุกต์ใช้วิธีฮาร์โมนีเมโมรี่เซอร์ชในการแก้ไขปัญหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเชิงวิศวกรรม (Engineering Optimization Problem) พบว่าการกำหนดระดับของเครื่องดนตรีเปรียบเสมือนการกำหนดระดับของพารามิเตอร์ (Decisions Variable) ในการหาคำตอบเพื่อให้เกิดคุณภาพของเสียงหรือค่าของสมการวัตถุประสงค์ที่เหมาะสมที่สุด

ดังนั้นลำดับขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาคำตอบด้วยวิธีฮาร์โมนีเมโมรี่เซอร์ช จึงเป็นการประยุกต์ใช้หลักการพื้นฐานทางธรรมชาติของนักดนตรีที่มีการปรับปรุงและแก้ไขตัวโน้ตเมื่อนักดนตรีสามารถที่จะหาตัวโน้ตหรือปรับปรุงการประสานเสียงของเครื่องดนตรี ให้ดีขึ้นก็จะกลายเป็นการประสานเสียงแบบใหม่ที่ดีกว่าเดิม โครงสร้างของความจำของการประสานเสียง (Harmony Memory, HM) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของวิธีฮาร์โมนีเมโมรี่เซอร์ช การประสานเสียงใหม่ที่เกิดขึ้นก็จะถูกเก็บเป็นส่วนหนึ่งของความจำของการประสานเสียง ขั้นตอนจะถูกทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งการประสานเสียงที่เหมาะสมที่สุดถูกค้นพบในกระบวนการนักดนตรีจะเล่นตามแบบอย่างแบบใดแบบหนึ่งใน 3 รูปแบบอันประกอบด้วย

แบบที่ 1 เลือกค่าใดค่าหนึ่งจากความทรงจำของนักดนตรีเองมาปรับปรุง

แบบที่ 2 เลือกค่าที่อยู่เป็นไปไม่ได้หรือค่าใกล้เคียงในความจำของนักดนตรี และทำการปรับระดับค่านั้นๆ

แบบที่ 3 เลือกค่าโดยการสุ่มภายในขอบเขตของค่าที่เป็นไปได้ (Random process)

ในการเล่นเพลงทั้ง 3 รูปแบบที่กล่าวมาเป็นวิธีในการค้นหาคำตอบในวิธีฮาร์โมนีเมโมรี่เซอร์ชซึ่งมีผลกระทบต่อพารามิเตอร์หลัก 2 ชนิดคือ Harmony Memory Considering Rate (HMCR) และ Pitch Adjusting Rate (PAR) วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดของวิธีฮาร์โมนีเมโมรี่เซอร์ชมี 4 ขั้นตอนประกอบด้วย

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหาที่ใช้ พร้อมทั้งระบุพารามิเตอร์และขอบเขตของพารามิเตอร์ระบุปัญหาที่ต้องการ โดยอ้างอิงจากวัตถุประสงค์ (Objective function)

ขั้นตอนที่ 2 การระบุขนาดความทรงจำหรือ HM และคำตอบเริ่มต้นโดย HM ก็คือจำนวน ของผลตอบสนองที่ต้องการจัดเก็บ ($HM = Y_1, Y_2, \dots, Y_i$) และคำตอบเริ่มต้นเกิดจากการสร้างเลขสุ่มที่มีลักษณะเป็นการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Random Number)

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างและวิเคราะห์ New Harmony จาก HM ที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 การกระทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 ภายใต้ขอบเขตที่กำหนดไว้ ผลที่ได้จากการคำนวณจะสิ้นสุดเมื่อเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจได้ผลคำตอบที่น่าพอใจ

สำหรับ HMCR และ PAR พารามิเตอร์จะเป็นค่าที่ช่วยในการปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้น ดังนั้นปรับค่า PAR และ BW พารามิเตอร์นี้ถือเป็นกลไกในการพัฒนาคำตอบที่ดีขึ้น Mahdavi et al. [4] ทำการปรับปรุงวิธีฮาร์โมนีเมโมรี่เซอร์ช ซึ่งในแก้ปัญหาคำตอบโดยปรับปรุงวิธีการกำหนด ค่าพารามิเตอร์ของ BW และ PAR ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ช่วยการหาค่าที่เหมาะสมของคำตอบ เรียกว่า วิธีฮาร์โมนีเมโมรี่เซอร์ช (Improved Harmony Search Algorithm, IHSA) การกำหนดพารามิเตอร์เป็นค่าของ PAR และ BW

ที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละรุ่นของการพัฒนา (Generation Number) ดังแสดงในสมการที่ 1

$$PAR(gn) = PAR_{min} + \frac{PAR_{max} - PAR_{min}}{NI} \times gn \quad (1)$$

เมื่อ

PAR: อัตราการปรับระดับเสียงสำหรับแต่ละรุ่น (pitch adjusting rate for each generation)

PAR_{min}: อัตราการปรับระดับเสียงต่ำสุด (minimum pitch adjusting rate)

PAR_{max}: อัตราการปรับระดับเสียงสูงสุด (maximum pitch adjusting rate)

NI: จำนวนการสร้างเวกเตอร์โซลูชัน (number of solution vector generation)

gn: จำนวนหมายเลขรุ่น (generation number)

และการกำหนดค่า BW ในสมการที่ 2 และ 3

$$BW(gn) = BW_{max} \exp(c \cdot gn) \quad (2)$$

$$c = \frac{\ln\left(\frac{BW_{min}}{BW_{max}}\right)}{NI} \quad (3)$$

เมื่อ

BW(gn): แบนด์วิดท์สำหรับแต่ละรุ่น (bandwidth for each generation)

BW_{min}: แบนด์วิดท์ต่ำสุด (minimum bandwidth)

BW_{max}: แบนด์วิดท์สูงสุด (maximum bandwidth)

2.1 วิธีฮาร์โมนีเซิร์ชประยุกต์แบบผสมผสาน (Hybrid Improved Harmony Search Algorithm, HIHSA)

ซึ่งเป็นวิธีการในการปรับปรุงโดยการผสมผสานวิธีการหลายแบบเข้าด้วยกัน โดยอาศัยการกำจัดจุดอ่อนและสร้างวิธีในการพัฒนาคำตอบขึ้นมาใหม่โดยอาศัยหลักการ ต่างๆ [5] ซึ่งแต่ละวิธีจะมีกลยุทธ์ในการค้นหาผลเฉลยที่แตกต่างกันออกไป ในงานวิจัยนี้ใช้ วิธีวิธีฮาร์โมนีเซิร์ชประยุกต์แบบผสมผสาน โดยทำการเปลี่ยนสมการปรับปรุงคำตอบในขั้นตอนที่ 3 ดังนี้

$$x_{i+1} = x_i + radius * (X_{best} + X_{worst}) / iteration \quad (4)$$

โดยที่ x_i คือ ข้อมูลของตัวแปร x ลำดับที่ i และ x_{i+1} ข้อมูลของตัวแปร x ลำดับที่ $i + 1$ radius คือ ค่าตัวแปรสุ่มมีค่าระหว่าง 0.01 ถึง 0.5

radius คือค่าคงที่ของรัศมีในการค้นหาคำตอบ X_{best} และ X_{worst} คือค่าที่มากที่สุดและน้อยที่สุดของตัวแปร X ในแต่ละรอบการค้นหา (Iteration)

2.2 ตัวแบบปัญหาทางวิศวกรรมที่ใช้ในการวิจัย

2.2.1 ตัวแบบปัญหาในการกลึงชิ้นงาน

ตัวแบบปัญหาในการกลึงของเอ็มเมอร์ ในสมการที่ 5 (สำหรับการหาต้นทุนต่ำสุดในการกลึงชิ้นงานใดๆ ด้วยการตัดเพียงรอบเดียวโดย V speed มีค่าอยู่ระหว่าง (40-500)) [6]

$$Min.Cost = 1.25V^{-1}f^{-1} + 1.8 \times 10^{-8}V^3f^{0.16} + 0.2 \quad (5)$$

โดยมีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรดังต่อไปนี้:

(i) ความเรียบของพื้นผิว

$$SF \leq 100 \mu \text{ in}$$

$$\text{โดยที่ } SF = 1.36 \times 10^8 V^{-1.52} f^{1.004}$$

(ii) อัตราการป้อนชิ้นงาน

$$f \leq 0.01 \text{ in/rev}$$

(iii) กำลังในการตัด

$$HP \leq 2.0 \text{ hp}$$

$$\text{โดยที่ } HP = 3.58V^{0.91}f^{0.78}$$

2.2.2 ตัวแบบปัญหาในการกลึงของเอ็มเมอร์และโครโมติฮาโทในสมการที่ 6 (สำหรับการหาต้นทุนต่ำสุดในการกลึงชิ้นงานใด ๆ ด้วยการตัดเพียงรอบเดียวโดย V speed มีค่าอยู่ระหว่าง (50-600), $D = 0.2$)

$$Min.Cost = 1.2566V^{-1}f^{-1} + 1.77 \times 10^{-8}V^3f^{0.16} + 0.2 \quad (6)$$

โดยมีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรดังต่อไปนี้:

(i) อัตราการป้อนชิ้นงาน

$$f \leq 0.1 \text{ in/rev}$$

(ii) กำลังเครื่องของตัด

$$HP \leq 4 \text{ hp}$$

โดยที่ $HP = 2.39V^{0.91}f^{0.78}D^{0.75}$

(iii) ความเรียบของพื้นผิว

$$SF \leq 50 \mu \text{ in}$$

โดยที่ $SF = 204.62 \times 10^6 V^{-1.52} f^{1.004} D^{0.25}$

3. ผลการทดลอง (Experimental Results)

งานวิจัยนี้มุ่งประเด็นที่จะศึกษาวิธี IHSA และวิธี HIHSA โดยทำการเปรียบเทียบสมรรถนะข้อดีข้อเสียของทั้ง 2 วิธีผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ visual c# 2017 โดยทำการทดลองทั้งหมด 15 ครั้ง เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละวิธี (ตารางที่ 2-5) ค่าพารามิเตอร์ (Parameters) ของวิธีดัดเฟอเรนเชียลเอฟโวลูชัน จำนวนวนซ้ำ (Iteration) เท่ากับ 2000, $HMS = 20$, $HMCR = 0.90$, $PAR_{\min} = 0.1$ $PAR_{\max} = 0.9$ $BW_{\min} = 0.01$ และ $BW_{\max} = 1$

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบปัญหาการกลึงของเอ็มเมอร์

Objective	IHSA	Sec.	HIHSA	Sec.
Average	6.674	566.836	6.56	594.266
Std. Dev.	0.159	7.769	0.223	13.237
Max	6.907	576.961	6.873	617.321
Min	6.348	554.547	6.264	579.248

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบปัญหาการกลึงของเอ็มเมอร์และโครโมดิฮาไท

Objective	IHSA	Sec.	HIHSA	Sec.
Average	1.640	606.143	1.627	544.919
Std. Dev.	0.023	6.190	0.023	5.824
Max	1.669	614.567	1.669	554.143
Min	1.608	594.933	1.599	535.035

4. สรุปผลการทดลอง

ค่าเฉลี่ย (Sample Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลตัวอย่าง (Sample Standard Deviation) ค่ามาก

ที่สุด (Maximum) และค่าน้อยที่สุด (Minimum) จากวิธี IHSA และ วิธี HIHSA ในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ของปัญหาการกลึงของเอ็มเมอร์ และ ปัญหาการกลึงของเอ็มเมอร์และโครโมดิฮาไท พบว่า วิธี HIHSA มีความสามารถในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดมากที่สุด และใช้เวลาในการค้นหาคำตอบที่ใกล้เคียงกัน ในปัญหาการกลึงทางวิศวกรรม วิธี HIHSA ให้ผลตอบสนองที่ดีมากกว่าวิธี IHSA ที่พัฒนาคำตอบโดยใช้ค่าสุ่มในช่วงของข้อมูลที่เป็นไปได้เพียงอย่างเดียวโดยไม่ได้ประยุกต์ใช้ ในกรณีศึกษาอื่นๆ พบว่า ค่าพารามิเตอร์ของแต่ละวิธีการมีผลต่อการปรับปรุงคำตอบอย่างมาก ดังนั้นการปรับค่าพารามิเตอร์ในบางปัญหาหรือในบางระบบการค้นหาคำตอบอาจส่งผลต่อการพัฒนาคำตอบหรือการลู่เข้าหาคำตอบได้

5. ข้อเสนอแนะ

5.1 งานวิจัยฉบับนี้ ตัวแปรของวิธี เมตาฮิวริสติกสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามระดับความเหมาะสม

5.2 การประยุกต์ใช้ วิธีการในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน เช่นการจัดตารางการผลิตหรือการออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรม คณะผู้วิจัย แนะนำเพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการเมตาฮิวริสติก

6. เอกสารอ้างอิง

1. Zang, H., Zhang, S. and Hapeshi, K., 2010., A Review of Nature-Inspired Algorithms, Journal of Bionic Engineering, Vol. 7, pp. 232–237.
2. Emad, E., Tarek, H. and Donald, G., 2005., Comparison among Five Evolutionary-based Optimisation Algorithms, Advanced Engineering Informatics, Vol. 19, pp. 43-53.
3. Lee, K. S. and Geem, Z. W., 2005., A New Meta-Heuristic Algorithm for Continuous Engineering Optimisation: Harmony Search Theory and Practice, Computer. Methods Apply Mech Eng, Vol. 194, pp. 3902–3933.
4. Mahdavi, M., Fesanghary, M. and Damangir, E., 2007., An Improved Harmony Search Algorithm for Solving Optimisation Problems, Applied Mathematics and Computation, Vol. 188, p. 1567–1579.

5. Mladenovic, N., Drazic, M., Kovac, V., angalovic, M., 2008., General variable neighborhood search for the continuous optimization, European Journal of Operational Research, Vol. 191, pp. 753–770.

6. Khan, Z., Prasad, L.B. and Singhl, T., 1997., Machine Condition Optimisation by Genetic Algorithms and Simulated, Computers Ops Res, Vol. 24, pp. 647-657.