

การประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบฝูงอนุภาคสำหรับแก้ปัญหาทางวิศวกรรม Applications of Particle Swarm Optimization Technique for Engineering Problem Solving

อนุชาติ ศรีศิริวัฒน์^{1*} สุรพันธ์ ต้นศรีวงษ์² และพูนศักดิ์ โกษิยาภรณ์²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

833 ถนนพระราม 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2219-3833 E-mail: srisirawat@gmail.com

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพินสกรม เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 โทรศัพท์ 0-2913-2500

บทคัดย่อ

บทความนี้มุ่งประเด็นไปที่การประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบฝูงอนุภาค (PSO) สำหรับแก้ปัญหาทางวิศวกรรมหลากหลายสาขา PSO เป็นวิธีการหาค่าที่ดีที่สุดซึ่งอยู่ในตระกูลเดียวกับปัญหารวมหมู่ ซึ่งอาศัยหลักการเลียนแบบพฤติกรรมทางสังคมของสัตว์ เส้นทางการค้นหาของอนุภาคแต่ละตัวหาได้จากการแบ่งปันข้อมูลระหว่างอนุภาคแต่ละตัวที่อยู่ใกล้เคียงกัน เพื่อใช้ในการตัดสินใจและแก้ไขปัญหาที่ต้องการ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคที่อยู่ใกล้เคียงกันเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ PSO ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ดีที่สุดในเวลาอันสั้น PSO ได้รับความนิยมจากนักวิจัยจำนวนมาก เนื่องจากประสิทธิภาพการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดของมันใช้ได้กับฟังก์ชันจุดประสงค์หลายมิติที่มีค่าเหมาะสมที่สุดเฉพาะที่หลายค่า ซึ่งเป็นปัญหาที่ยากมาก ด้วยเหตุนี้ทำให้ PSO สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหากับงานทางด้านวิศวกรรม

คำสำคัญ: ค่าเหมาะสมที่สุดแบบฝูงอนุภาค ปัญหารวมหมู่

Abstract

This paper focuses on the applications of particle swarm optimization (PSO) method for solving various fields of engineering problems. The PSO is an

optimization method that belongs to the swarm intelligence family based on the imitation of social behavior patterns of animals. The searching route of each particle is determined by a simple rule incorporating its individual information shared among the particles in its neighborhood for decision making and required problem solving. The interaction of the particles with neighbors is the key to the usefulness of PSO to determine the best solution in a short computational time. PSO has attracted a lot of researchers because of its search efficiency even for a high dimensional objective function with multiple local optima which is a difficult problem. Consequently, PSO can be applied in engineering aspects.

Keywords: Particle Swarm Optimization, Swarm Intelligence

1. บทนำ

การประยุกต์ทางด้านวิศวกรรมมากมาย ยกตัวอย่าง เช่น การออกแบบโครงสร้างของอาคารให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด การออกแบบทางวิศวกรรมให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด การออกแบบกระบวนการผลิตให้ได้ผลกำไรมากที่สุด การออกแบบโรงงานและกระบวนการเคมีที่เหมาะสมที่สุด การออกแบบระบบควบคุมที่เหมาะสมที่สุด การจัดสรรงบประมาณรักษาที่เหมาะสมที่สุด การวางแผนกลยุทธ์ที่ดีที่สุดและ

ได้ผลกำไรมากที่สุด การจัดสรรและการเลือกทำเลที่ตั้งที่ดีที่สุด มักเกี่ยวข้องกับปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุดซึ่งมีความยากที่ต้องหาค่าคำตอบอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ทำให้ปัญหาทางวิศวกรรมในการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดส่วนใหญ่แล้วมีลักษณะที่ซับซ้อนและยากที่จะแก้โดยเทคนิคธรรมดาทั่วไป จึงมีนักวิจัยกลุ่มหนึ่งเริ่มคิดค้นเทคนิคการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้วิธีการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ หรือ Evolutionary computation [1-2] ซึ่งอยู่ในศาสตร์ของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบวิธีการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ แบ่งได้เป็น วิธีการเลียนแบบทฤษฎีวิวัฒนาการ หรือ Evolutionary algorithm ซึ่งวิธีที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายคือ ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm, GA) อีกกลุ่มหนึ่งที่น่าสนใจประยุกต์ใช้กับการหาค่าเหมาะสมที่สุดคือ ปัญญารวมหมู่ (Swarm Intelligence) ซึ่งเป็นการศึกษาและเลียนแบบวิธีการทางธรรมชาติของสัตว์ที่อยู่รวมกันเป็นฝูง เช่น การหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยคอลอนิมด (Ant Colony Optimization, ACO) การหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimization, PSO) วิธีการคำนวณเชิงวิวัฒนาการนี้จะทำการค้นหากลุ่มคำตอบเบื้องต้น และใช้กลไกที่เลียนแบบมาจากทฤษฎีวิวัฒนาการในการปรับปรุงคำตอบให้ดียิ่งขึ้นไปเรื่อยๆ จนกว่าจะพบคำตอบที่ดีที่สุด [3] การหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimization, PSO) ก็ถูกจัดว่าเป็นวิธีการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดโดยเลียนแบบทฤษฎีวิวัฒนาการอีกแบบหนึ่ง โดย Kennedy and Eberhart [4] ได้นำเสนอ PSO เป็นครั้งแรกในปีค.ศ. 1995 ซึ่ง PSO เป็นวิธีการหาค่าที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการการเลียนแบบพฤติกรรมทางสังคมของสัตว์สังคม เช่น ฝูงนก หรือ ฝูงปลา เป็นต้น จุดเด่นของ PSO อยู่ตรงที่มีการแบ่งปันข้อมูลระหว่างประชากรหรือกลุ่มอนุภาคเพื่อค้นหาผลลัพธ์และแก้ปัญหาที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว [5] ทำให้ PSO นิยมใช้อย่างแพร่หลายและถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมในหลากหลายรูปแบบ [3, 5 – 11]

บทความนี้แนะนำเสนอหลักการของ PSO ในการหาค่าที่ดีที่สุดและแสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้ PSO ในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม

2. การหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบฝูงอนุภาค

การหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบฝูงอนุภาค หรือ PSO เป็นอีกหนึ่งเทคนิคของการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Computation) [5 – 6] ที่ถูกพัฒนาโดย Kennedy และ Eberhart ในปีค.ศ. 1995 [4] เพื่อค้นหาผลลัพธ์ของปัญหาที่มีความซับซ้อน โดยการคำนวณเชิงวิวัฒนาการนี้มีต้นกำเนิดมาจากทฤษฎีวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ซึ่ง Charles Darwin เป็นผู้คิดค้นในปีค.ศ. 1842 [5]

เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบฝูงอนุภาคหรือ PSO สามารถใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสมการของปัญหาแบบไม่เป็นเชิงเส้น [4] และสามารถประยุกต์ใช้กับสมการแบบไม่ต่อเนื่องได้ [7]

การทำงานของ PSO เลียนแบบมาจากพฤติกรรมทางสังคมของสิ่งมีชีวิต เช่น การเคลื่อนที่ของฝูงนกที่มักออกหาอาหารพร้อมๆ กันเป็นฝูง นกแต่ละตัวทำหน้าที่บินค้นหาอาหารและอาจย้ายที่อยู่อาศัยไปพร้อมๆ กัน จุดใดที่มีอาหารอยู่หรือสามารถพักอาศัยได้ หรือแม้แต่จุดที่มีอันตราย นกจะสื่อสารกันในกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน [4 – 5] นกแต่ละตัวซึ่งเปรียบเป็นอนุภาคแต่ละตัวจะต้องเก็บข้อมูลเวกเตอร์สองเวกเตอร์ คือ เวกเตอร์ระบุตำแหน่งและเวกเตอร์ระบุความเร็วในการบิน ดังนั้นถ้าในหนึ่งอนุภาคแทนด้วยพารามิเตอร์ของปัญหาหนึ่งจะประกอบด้วยตัวแปรซึ่งคือเซตข้อมูลของอนุภาคแต่ละตัว ดังสมการ (1) [5]

$$P_K = \{X, V, \text{Fitness value}, gbest, pbest\} \quad (1)$$

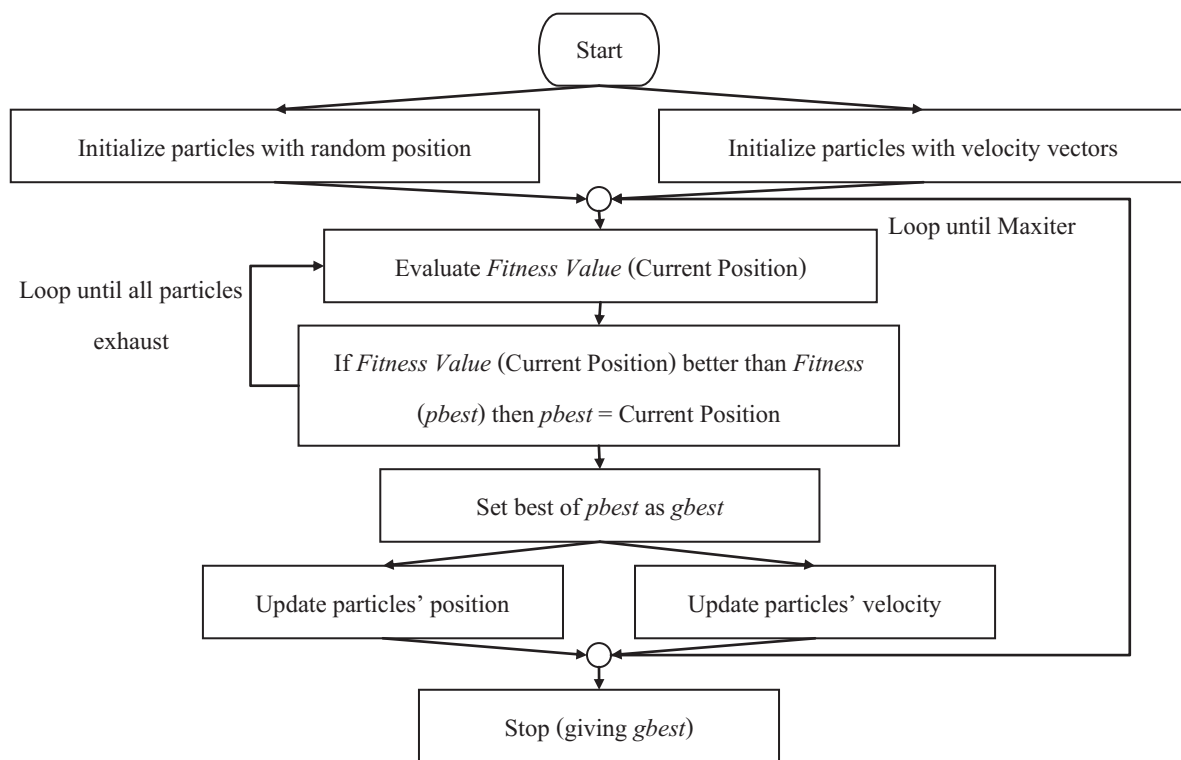
เมื่อกำหนดให้

P คืออนุภาคประกอบด้วย $P = \{P_1, P_2, \dots, P_K\}$

K คือจำนวนอนุภาค

X คือตำแหน่งที่อนุภาคที่อยู่ในปัญหา เขียนในรูปของ $X_d = \{x_1, x_2, \dots, x_d\}$ เมื่อ d คือจำนวนมิติของปัญหา

V คือค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาค ประกอบด้วยเวกเตอร์ตามขนาดของมิติของปัญหา $V_d = \{v_1, v_2, \dots, v_d\}$



รูปที่ 1 แผนผังการทำงานของ PSO [12]

Fitness Value คือค่าความเหมาะสมของอนุภาคนั้น สามารถคำนวณได้จากฟังก์ชันเป้าหมายดังนี้ *Fitness value* = *Objective Function (X)*

gbest คือค่าตำแหน่งที่อนุภาคนั้นได้ค่าความเหมาะสมสูงสุด โดย $gbest_d = \{gbest_p, gbest_2, ..., gbest_d\}$

pbest คือค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดที่กลุ่มอนุภาครุ่นปัจจุบันได้ โดย $pbest_d = \{pbest_p, pbest_2, ..., pbest_d\}$

หากสมมุติให้ฝูงอนุภาคบินอยู่ในพื้นที่ค้นหาหลายมิติ อนุภาคแต่ละตัวในฝูงจะต้องจำตำแหน่งที่ดีที่สุดของตัวเอง และตำแหน่งที่ดีที่สุดของเพื่อนร่วมฝูง ความหมายคำว่าตำแหน่งที่ดีที่สุด ในที่นี้หมายถึงคำตอบที่ดีที่สุด (Best Solution) หรือที่เรียกว่า *Fitness Value* ซึ่งค่านี้จะถูกเก็บข้อมูลไว้ค่า *Fitness Value* ในขั้นนี้จะถูกเรียกว่า *pbest* และเมื่อได้คำตอบที่ดีที่สุดค่าใหม่ หรือ *Fitness (Current Position)* ค่านี้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่า *pbest* ถ้าค่าใหม่ดีกว่าค่า *pbest*

เดิม ค่า *pbest* จะถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นเท่ากับค่าปัจจุบัน (Current Position) ดังแสดงในรูปที่ 1 [12] ค่าที่ดีที่สุดของ *pbest* จะถูกค้นพบโดยรูปแบบสากล (Global Version) ของตัวหาค่าที่ดีที่สุดของฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimizer) ค่าตำแหน่งที่ดีที่สุดนี้ก็คือ *gbest* นั้นเอง สมาชิกในฝูงจะทำการสื่อสารข้อมูลของตำแหน่งกับสมาชิกตัวอื่น และทำการเปลี่ยนความเร็วและเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใหม่เพื่อให้เข้าใกล้ตำแหน่งที่ดีที่สุดมากยิ่งขึ้น เมื่อได้ค่า *gbest* ความเร็วและตำแหน่งของอนุภาคจะเปลี่ยนตามสมการ (2) และ (3) ตามลำดับ [5-6, 13] จากสมการดังกล่าวสามารถเขียนเป็นแผนภาพการค้นหาของ PSO [14] ดังแสดงในรูปที่ 2

$$V'_d = w * V_d + c_1 * r_1 * (pbest - X_d) + c_2 * r_2 * (gbest - X_d) \quad (2)$$

$$X'_d = X_d + V'_d \quad (3)$$

เมื่อกำหนดให้

V'_d คือค่าความเร็วที่คำนวณได้จากอนุภาครุ่นปัจจุบัน

V_d คือค่าความเร็วที่คำนวณได้จากอนุภาครุ่นก่อน

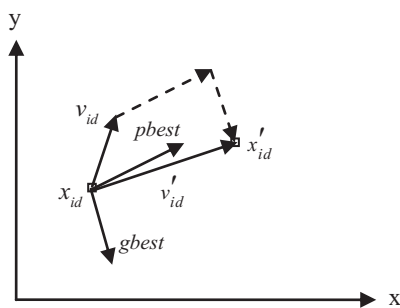
X'_d คือตำแหน่งที่คำนวณได้จากอนุภาครุ่นปัจจุบัน

X_d คือตำแหน่งที่คำนวณได้จากอนุภาครุ่นก่อน

w คือค่าการถ่วงน้ำหนัก เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมผลกระทบของความเร็วที่การวนซ้ำก่อนหน้านี้ ที่มีผลต่อความเร็วในการวนซ้ำปัจจุบันของอนุภาคทั้ง K ตัว

c_1 และ c_2 คือค่าคงที่อัตราเร่งในการค้นหา

r_1 และ r_2 คือตัวเลขสุ่ม (random number) ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

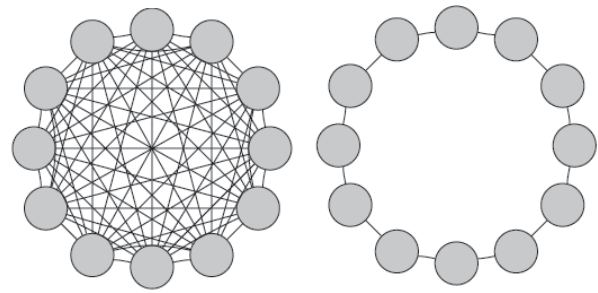


รูปที่ 2 แผนภาพการค้นหาค่าของ PSO

โดยทั่วไปแล้ว การค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของ PSO มีสองรูปแบบคือ [3, 6]

1. รูปแบบสากล (Global Version) ใช้การเปรียบเทียบตำแหน่งของอนุภาคแต่ละตัวกับตำแหน่งที่ดีที่สุดสากล (Global best position) ซึ่งก็คือ ตำแหน่งที่ดีที่สุดที่ฝูงทั้งฝูงค้นพบ รูปที่ 3(ก) แสดงให้เห็นแบบของโครงสร้างสากล (global topology) หรือ gbest model

2. รูปแบบเฉพาะที่ (Local Version) การสื่อสารเกิดขึ้นผ่านทางตำแหน่งที่ดีที่สุดเฉพาะกลุ่ม (Neighbors' best position) ซึ่งหมายถึง อนุภาคแต่ละตัวจะสื่อสารกับอนุภาคตัวอื่นเฉพาะบางตัวที่ถูกเลือกมาโดยวิธีการใดวิธีการหนึ่งแล้วเท่านั้น รูปที่ 3(ข) แสดงให้เห็นแบบโครงสร้างเฉพาะที่ (local topology) หรือ lbest model ในรูปแบบวงแหวน



(ก) gbest topology

(ข) lbest topology

รูปที่ 3 แบบโครงสร้างของฝูงอนุภาค

([https://svn-d1.mpi-](https://svn-d1.mpi-inf.mpg.de/AG1/MultiCoreLab/papers/BrattonKennedy07%20-%20Defining%20a%20Standard%20for%20PSO.pdf)

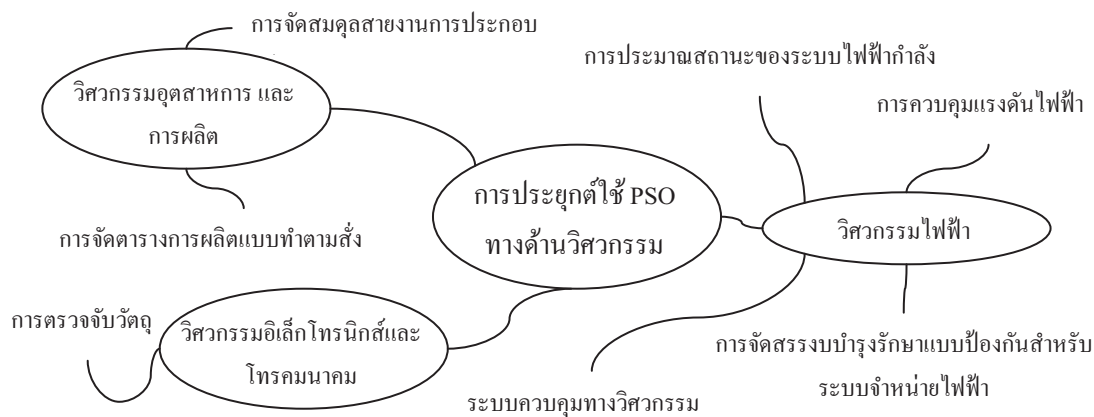
[inf.mpg.de/AG1/MultiCoreLab/papers/BrattonKennedy07%20-%20Defining%20a%20Standard%20for%20PSO.pdf](https://svn-d1.mpi-inf.mpg.de/AG1/MultiCoreLab/papers/BrattonKennedy07%20-%20Defining%20a%20Standard%20for%20PSO.pdf))

วิธี PSO แบบมาตรฐาน [4] ตำแหน่งที่ดีที่สุดสากลถูกใช้เป็นแหล่งข้อมูลเดียวที่ใช้ติดต่อกันในฝูง การใช้ตำแหน่งที่ดีที่สุดสากลนำมาสู่การทำให้อนุภาคในฝูงบินมากระจุกตัวรวมกันอย่างรวดเร็ว ทำให้ฝูงอนุภาคติดอยู่ในจุดที่ดีที่สุดเฉพาะที่ ด้วยจุดอ่อนนี้ของ PSO มาตรฐาน ทำให้นักวิจัยปรับปรุงวิธี PSO แบบใหม่ๆ โดยการใช้ตำแหน่งที่ดีที่สุดเฉพาะกลุ่มแบบต่างๆ [15 – 16] แทนการใช้ตำแหน่งที่ดีที่สุดสากล

3. การประยุกต์ใช้งาน

เหตุผลหนึ่งที่วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยเทคนิค PSO สามารถดึงดูดความสนใจได้ก็เพราะว่าพารามิเตอร์ที่จะต้องปรับนั้นมีเพียงไม่กี่ตัวและสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย จากการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าการนำ PSO มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านวิศวกรรมหลากหลายสาขา ดังแสดงในรูปที่ 4 บทความนี้คงไม่สามารถอธิบายการประยุกต์ PSO ทั้งหมดได้ ดังนั้นจึงขอสรุปตัวอย่างที่น่าสนใจดังนี้

การประยุกต์ใช้ PSO ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบทำตามสั่ง [3] ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในกระบวนการอุตสาหกรรม เพราะการจัดตาราง การวางแผน และการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้กับภารกิจจำนวนหนึ่งภายใต้ระยะเวลาที่กำหนดให้ เพื่อทำให้องค์กร



รูปที่ 4 การประยุกต์ใช้ PSO กับงานทางวิศวกรรม

สามารถบรรลุเป้าหมายสูงสุดที่องค์กรกำหนดเอาไว้ที่เวลานั้นได้ งานวิจัยดังกล่าวได้ประยุกต์ใช้ PSO โดยให้ตำแหน่ง $X_i(t)$ ของอนุภาคแต่ละตัวสามารถถูกแปลงเป็นตารางการผลิตสำหรับการผลิตแบบทำตามสั่งได้หนึ่งตาราง โดยจำนวนมิติ D ของ PSO จะต้องเท่ากับจำนวนกระบวนการทั้งหมด หรือ $D = m(n)$ นั่นเอง การแปลงตำแหน่ง $X_i(t)$ ของอนุภาคให้เป็นตารางการผลิตสำหรับการผลิตแบบทำตามสั่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการผลิตงาน 3 ชิ้นและมีเครื่องจักร 2 ตัว จำนวนมิติ D ของ PSO จะต้องเท่ากับ $D = 2(3) = 6$ มิติ ซึ่งผลของการใช้ PSO จะได้ว่า $X_i(t) = (0.8, 0.7, 0.4, 0.2, 0.9, 0.1)$ มีค่าเท่ากับ การจัดตารางแบบ (3, 2, 2, 1, 3, 1) ซึ่งสามารถแปลความหมายได้ดังนี้ การดำเนินการกระบวนการแรกของงานชิ้นที่ 3 ก่อน, ถัดมาให้ดำเนินการกระบวนการแรกของงานชิ้นที่ 2, ถัดมาให้ดำเนินการกระบวนการที่สองของงานชิ้นที่ 2, ถัดมาให้ดำเนินการกระบวนการแรกของงานชิ้นที่ 1, ถัดมาให้ดำเนินการกระบวนการที่สองของงานชิ้นที่ 3 และสุดท้ายให้ดำเนินการกระบวนการที่สองของงานชิ้นที่ 1 ซึ่งเป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการทั้งหมดหกกระบวนการ

นอกจากนี้ในลักษณะการประยุกต์ที่คล้ายกัน Liu และคณะ [8] ได้ประยุกต์ PSO กับปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง (Flexible Job-Shop Scheduling Problem, FJSP) ซึ่งโดยทั่วไปจะพิจารณางานที่สั่ง พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องก็คือ เซตของเครื่องจักร $M = \{M_1, \dots, M_m\}$ ต่อเซตของงาน $J = \{J_1, \dots, J_n\}$ โดยแต่ละงานจะประกอบด้วยเซตของกระบวนการ

$J_j = \{O_{j,1}, \dots, O_{j,p_j}\}$ โดยมีข้อจำกัดของงานและเครื่องจักร เช่น เครื่องจักรแต่ละตัวจะใช้กับหนึ่งกระบวนการผลิตเท่านั้นที่เวลาหนึ่ง กระบวนการผลิตจะไม่รบกวนซึ่งกันและกัน ไม่มีข้อจำกัดก่อนหน้าระหว่างกระบวนการผลิตของงานที่แตกต่างกัน เป็นต้น

PSO ยังถูกใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางงานที่มีข้อจำกัดทางทรัพยากร (Resource-constrained project scheduling) อีกด้วย [17]

การประยุกต์ใช้ PSO ในการแก้ปัญหาการจัดสรรบุคลากรสายงานการประกอบรูปทรงด้วย [9] ซึ่ง PSO จะทำหน้าที่จัดสรรจำนวนชิ้นงานที่เหมาะสมให้กับแต่ละสถานีงาน และจัดลำดับของชิ้นงานที่เหมาะสมให้กับแต่ละสถานีงานเพื่อให้เวลาว่างของงานของสายงานการประกอบน้อยที่สุด โดยสอดคล้องกับเงื่อนไขลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลังของงาน งานวิจัยดังกล่าวพบว่าวิธีการแก้ปัญหาด้วย PSO สามารถให้คำตอบที่น่าพึงพอใจและเป็นคำตอบที่ดีกว่าวิธีการดั้งเดิมในทุกกรณีปัญหา ค่าความแปรปรวนของภาระงานที่ลดลงมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 85.9%

การประยุกต์ใช้ PSO ในการประมาณสถานะของระบบไฟฟ้ากำลัง [7] ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญของระบบการจัดการพลังงาน ที่อาศัยผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการประมาณสถานะเป็นข้อมูลหลักสำหรับการวิเคราะห์เพื่อวางแผน และดำเนินการสำหรับศูนย์ควบคุมระบบไฟฟ้ากำลัง จากงานวิจัยดังกล่าวพบว่า PSO สามารถช่วยแก้ปัญหาในบางช่วงเวลาที่มี

วิธีการปกติซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวใช้วิธียกกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Least Square) ซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานของการประมาณสถานะของระบบไฟฟ้ากำลัง แต่วิธีนี้ไม่สามารถใช้หาคำตอบได้ในบางกรณี (ระบบ 57 บัส ซึ่งมีจำนวนข้อมูลค่าวัดเท่ากับ 217 และจำนวนตัวแปรสถานะเท่ากับ 113) เนื่องจากระบบมีข้อมูลไม่เพียงพอหรือชุดข้อมูลที่มีอยู่ทำให้เกิดปัญหา ill-condition

การใช้ PSO กับงานด้านวิศวกรรมไฟฟ้าก็คือการประยุกต์ PSO เพื่อช่วยจัดสรรงบประมาณรักษาแบบป้องกันที่เหมาะสมที่สุดระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [10] โดยพิจารณาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์คือ มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง สถิติไฟฟ้าขัดข้องย้อนหลัง ปัจจัยสภาพแวดล้อมรวมถึงกิจกรรมการบำรุงรักษาแบบป้องกันและงบประมาณที่ใช้

การประยุกต์ใช้ PSO สำหรับกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กเป็นกำลังไฟฟ้าที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรือเป็นกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไป) กับการควบคุมแรงดันไฟฟ้า [18] ในที่นี้ PSO ถูกใช้เพื่อหายุทธศาสตร์การควบคุมด้วยตัวแปรควบคุมแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งมีผลต่อการเรียงข้อมูล hybrid binary และ real-valued version ของอัลกอริทึม และพบว่าการใช้เทคนิค continuation power flow ทำให้เกิดความเสถียรของแรงดันไฟฟ้าในระบบ

อีกตัวอย่างหนึ่งสำหรับการใช้ PSO ในระบบควบคุมทางวิศวกรรมสำหรับระบบกำลังไฟฟ้าของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันลมคือการออกแบบพารามิเตอร์ของ doubly feed induction generator ซึ่งใช้ทั่วไปในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากกังหันลม [19]

อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบการหาค่าเหมาะสมที่สุดโดยใช้ การพัฒนาวิธี PSO กับวิธีการอื่นๆ ยกตัวอย่างการหาราคาที่ต่ำที่สุดของการจ่ายโหลดอย่างประหยัดที่มีฟังก์ชันราคาที่ไม่ราบเรียบโดยใช้วิธีทำให้เหมาะสมแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับวิธีโปรแกรมกำลังสองแบบลำดับ [11] ซึ่งได้เปรียบเทียบวิธี Hybrid PSO-SQP (Hybrid Particle Swarm Optimization – Sequential Quadratic Programming) กับวิธี

GA (Genetic Algorithm), CEP (Classical Evolutionary Programming), FEP (Fast Evolutionary Programming), IFEP (Improved Fast Evolutionary Programming) และ MPSO (Modified Particle Swarm Optimization) เป็นต้น ผลของเวลาเฉลี่ยและเวลาดีที่สุดในการคำนวณหาราคาที่สูงที่สุดและราคาต่ำที่สุดของระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงให้เห็นว่าวิธี Hybrid PSO-SQP ให้เวลาเฉลี่ยและเวลาดีที่สุดต่ำกว่าวิธีการอื่นๆ นั่นหมายถึงการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ในเวลาอันสั้น ซึ่งเป็นข้อดีของ PSO

4. สรุป

การหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimization, PSO) ใช้กันอย่างแพร่หลายในการหาคำตอบค่าที่ดีที่สุดของปัญหาฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับสมการแบบไม่เชิงเส้นและไม่ต่อเนื่องได้ดี ทั้งนี้เพราะ PSO มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ดีได้ในเวลาเร็ว PSO ใช้หลักการแก้ปัญหาโดยอาศัยการเลียนแบบพฤติกรรมทางสังคมของสัตว์สังคม เช่น ผึ้งนก และฝูงปลา การแบ่งปันข้อมูลระหว่างอนุภาคเป็นข้อมูลที่ใช้ร่วมกันเพื่อช่วยให้อนุภาคสามารถค้นหาผลลัพธ์และแก้ปัญหาที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว

PSO ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมหลากหลายสาขา ทั้งนี้เพราะปัญหาเหล่านี้มักมีความซับซ้อนและแก้ปัญหาได้ยากด้วยวิธีการหาค่าที่ดีที่สุดแบบทั่วไป PSO สามารถประยุกต์ใช้ได้กับงานทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมและวิศวกรรมการผลิตในการแก้ปัญหการจัดตารางการผลิต และการจัดสมดุลสายงานการประกอบ นอกจากนี้ยังนิยมใช้มากในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมไฟฟ้าเพื่อใช้ออกแบบระบบทางไฟฟ้าและจัดสรรงบประมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากงานวิจัยที่ได้ศึกษาส่วนใหญ่พบว่าการใช้ PSO ได้ผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจและเป็นคำตอบที่ดีกว่าวิธีการดั้งเดิม ข้อดีของ PSO คือความง่ายของขั้นตอนการคำนวณและการปรับแต่งขั้นตอนด้วยจำนวนตัวแปรเพียงไม่กี่ตัว แต่ PSO เป็นวิธีการที่ค่อนข้างใหม่สำหรับปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตาม PSO ยังสามารถประยุกต์ใช้

แก้ปัญหาในศาสตร์อื่นได้ด้วย เช่น มนุษยศาสตร์ และ วิทยาศาสตร์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Holland. *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Michigan: University of Michigan Press, 1975.
- [2] Evolutionary Computation, Internet: http://en.wikipedia.org/wiki/Evolutionary_computation [July 28, 2012].
- [3] พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์. “การประยุกต์ใช้พาร์ติเคิลสวอมออฟฟิโม่เซชันอัลกอริทึมแบบต่างๆ ในการจัดตารางการผลิตแบบทำตามสั่ง.” *วารสารวิชาการอุตสาหกรรม*, ปีที่ 5 ฉบับที่ 1, 2554, หน้า 1 – 8.
- [4] J. Kennedy and R. Eberhart. “Particle swarm optimization.” in *Proc. of IEEE International Conference on Neural Networks*, Vol.4, 1995, pp. 1942 – 1948.
- [5] สุภกิจ นุตยะสกุล. “การคำนวณเชิงวิวัฒนาการระหว่างเจเนติกอัลกอริทึม กับพาทิคอลสวอมออฟติมิซเซชัน.” *Journal of Information Science and Technology*. [Online]. (2)2, pp. 13-22, 2011, Available: http://ist-journal.mut.ac.th/Journal/JIST_V2N2/Page13-22.pdf [March 3, 2012].
- [6] R.C. Eberhart and Yuhui Shi. “Particle Swarm Optimization: Development, Applications and Resources.” *IEEEExplore*. [Online] 0-7803-6657-3, 2001, Available: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=934374&userType=inst> [March 3, 2012].
- [7] วรายุทธ คัมภีร์วัฒน์ และชัยยุทธ สัมภวะคุปต์. (2552). “การประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิคแบบชาญฉลาดในการประมาณสถานะของระบบไฟฟ้ากำลัง.” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 32 (EECON-32) 28-30 ตุลาคม 2552 มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [8] H. Liu, A. Abraham, O. Choi, and S. Hwan Moon. “Variable Neighborhood Particle Swarm Optimization for Multi-objective Flexible Job-Shop Scheduling Problems.” *SEAL 2006, LNCS 4247*, pp. 197 – 204, 2006, Internet: <http://cpansearch.perl.org/src/KYLESCH/AI-PSO-0.82/ReactivePower-PSO-wks.pdf> [February 25, 2012].
- [9] สุภาภรณ์ สุวรรณรังษี และเดชา พวงดาวเรือง. “การแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบรูปทรงด้วยด้วยการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบฝูงอนุภาค.” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม, 2551, หน้า 95 – 100.
- [10] นิพนธ์ ภูทอง. “การจัดสรรงบประมาณบำรุงรักษาแบบป้องกันที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.” มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. Internet: <http://research.rdi.ku.ac.th/world/cache/c1/abstNiponPHOAll.pdf> [March 3, 2012].
- [11] วิลาลินี ศึกษาการ. “การจ่ายโหลดอย่างประหยัดที่มีฟังก์ชันราคาที่ไม่ราบเรียบโดยใช้วิธีทำให้เหมาะสมแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับวิธีโปรแกรมกำลังสองแบบลำดับ.” วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551. Internet: <http://research.rdi.ku.ac.th/world/cache/2f/WilasinseeSUGAll.pdf> [March 3, 2012].
- [12] Maria-Iuliana Dascalu. “Application of particle swarm optimization to formative e-assessment in project management.” *Information Economica*, Vol. 15, 2011, pp. 48 – 61.
- [13] D. Bratton and J. Kennedy. “Defining a Standard for Particle Swarm Optimization.” in *Proc. of the 2007 IEEE Swarm Intelligence Symposium (SIS 2007)*, Internet: <https://svn-dl.mpi-inf.mpg.de> [March 3, 2012].
- [14] Wu-Chang Wu and Men-Shen Tsai. “Feeder Reconfiguration Using binary Coding Particle Swarm Optimization.” *International Journal of Control, Automation and Systems*, Vol. 6, 2008, pp. 488 – 494.

- [15] พิสุทธิ พงษ์ชัยพฤกษ์. “การพัฒนาวิธีการหาค่าที่ดีที่สุดแบบพาร์ทิเคิลสวอมออฟฟิไมเซชันด้วยวิธีการเลียนแบบโครงสร้างการเรียนรู้ทางสังคมแบบหลากหลาย.” วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี), ปีที่ 3 ฉบับที่ 5 มกราคม – มิถุนายน 2554, หน้า 14 – 22.
- [16] K.E. Parsopoulos and M.N. Vrahatis. “Unified Particle Swarm Optimization for Solving Constrained Engineering Optimization Problems.” *ICNC 2005, LNCS 3612*, 2005, pp. 582 – 591.
- [17] H. Zhang, H. Li and C.M. Tam. “Particle swarm optimization for resource-constrained project scheduling.” *International Journal of Project Management*, Vol. 24, 2006, pp. 83 – 92.
- [18] H. Yoshida, K. Kawata, Y. Fukuyama and Y. Nakanishi. “A particle swarm optimization for reactive power and voltage control considering voltage stability.” In G. L. Torres and A.P. Alves da Silva, Eds. in *Proc. Intl. Conf. on Intelligent System Application to Power System*, Rio de Janeiro, Brazil, 1999, 117 – 121.
- [19] H. Fayazi Boroujeni, M. Eghtedari, A. Memaripour and E. Behzadipour. “Controller parameters design of doubly feed induction generator using Particle Swarm Optimization.” *Indian Journal of Science and Technology*, Vol. 4, 2011, pp. 1635 – 1638.

ประวัติผู้เขียนบทความ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุชาติ ศรีศิริวัฒน์ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพันธ์ ต้นศรีวงษ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก Tech. Ed. D. (Curriculum Research and Development) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก Ph.D. (Electrical Engineering) จาก Vanderbilt University, Tennessee, USA ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และหัวหน้าศูนย์วิจัยเฉพาะทาง ศูนย์วิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม