การค้นหาปัจจัยแบบไม่ต่อเนื่องที่มีความสำคัญต่อระบบการผลิตแบบตามงาน โดยใช้วิธีโดเมนความถี่

Finding Important Discrete Factor in Job Shop System Using a Frequency Domain Method

วฐา มินเสน[1]
พรเทพ อนุสสรนิติสาร[2]

[1]*ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ E-Mail: watham@hotmail.com*
[2] *ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ E-Mail: fengpta@ku.ac.th*

บทคัดย่อ : การคัดเลือกปัจจัยด้วยวิธีโดเมนความถี่ เป็นการจำลองสถานการณ์โดยสามารถปรับเปลี่ยนค่าของปัจจัยทุกปัจจัยที่ทำการศึกษาระหว่างการรันการจำลองสถานการณ์ โดยค่าปัจจัยที่เปลี่ยนระหว่างการรันจะถูกกำหนดจากคลื่นความถี่ที่ไม่ซ้ำกัน ทำให้ค่าแต่ละปัจจัยจะแกว่งค่าไปตามคลื่นความถี่ที่กำหนดนั้น ถ้าปัจจัยตัวใดมี อิทธิพลต่อผลตอบสนอง คลื่นความถี่ที่กำหนดให้ปัจจัยดังกล่าวก็จะส่งผลไปสู่ผลตอบสนองด้วย งานวิจัยฉบับนี้แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกปัจจัยด้วยวิธีโดเมนความถี่สามารถคัดเลือกปัจจัยแบบไม่ต่อเนื่อง โดยนำเสนอผ่านการผลิตแบบตามงานที่มีจำนวนปัจจัยเป็นสถานีเครื่องจักรจำนวน 20 สถานี และใช้จำนวนรันการจำลองสถานการณ์จำนวน 1,588 รอบ ผลสรุปก็แสดงให้เห็นว่าวิธีการนี้สามารถคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อผลตอบสนองที่สนใจศึกษาได้

คำสำคัญ : การคัดเลือกปัจจัย โดเมนความถี่ การจำลองสถานการณ์ ระบบการผลิตตามงาน

ABSTRACT : A frequency domain method for factor screening is a simulation model. It is run with input factors that are varied during a run according to sinusoidal oscillations. Different frequencies during a run are assigned to each factor. If the simulation response is sensitive to changes in a particular factor, then oscillating of this factor induces oscillations in the response. This paper presents Frequency Domain Method can find important discrete factors. The methodology is illustrated on a job shop system with 20 machine stations and simulation runs 1,588 run length. The result of this approach, important main effect term were found in the model.

KEYWORDS : Screening, Frequency Domain, Simulation, Job Shop System

1. รายละเอียดทั่วไป

การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์สามารถปรับเปลี่ยนจำนวนปัจจัย หรือปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของปัจจัยที่ศึกษาได้โดยที่ไม่ต้องไปทำในระบบจริง ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์สามารถนำไปใช้ตัดสินใจดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งต่องานเพื่อนำไปใช้ปฏิบัติจริงได้ อย่างไรก็ตามระบบงานที่มีความซับซ้อนมากดังเช่นระบบการผลิตแบบตามงาน(Job Shop) ถ้าใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์โดยตรงเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

ของระบบ(Optimization) พบว่ามีการค้นหาค่าที่เหมาะสมของระบบใช้เวลาประมวลผลนานกว่าจะได้คำตอบที่ต้องการ เนื่องจากในระบบงานที่ซับซ้อนมากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ต้องมีจำนวนปัจจัย (Factor) ที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก การค้นหาจึงต้องใช้เวลานาน อย่างไรก็ตามระบบงานที่มีความซับซ้อนและมีปัจจัยอยู่ในระบบเป็นจำนวนมาก ปัจจัยเหล่านั้นอาจมีเพียงปัจจัยสำคัญไม่กี่ตัวที่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนอง (Response) ดังนั้นการหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนองของระบบเพื่อลดขนาดของปัญหา จะทำให้ลดเวลาในการวิเคราะห์หรือหาคำตอบที่เหมาะสมของงานได้ และยังเพิ่มความสะดวกในการนำตัวแบบ (Model) ไปใช้ เนื่องจาก ระบบที่มีความซับซ้อนจะถูกลดขนาดความซับซ้อนลง ทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ โดยวิธีการดังกล่าวเรียกว่า การคัดเลือกปัจจัย (Factor Screening)

Vinod and Sriharan [1] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อหลักเกณฑ์การจัดกำหนดการ(Scheduling Rules) ในระบบการผลิตแบบตามงาน โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มรูป ซึ่งทำการรันการจำลองสถานการณ์ทั้งสิ้น 2,160 รอบ ทั้งที่มี 4 ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ เวลาเฉลี่ยการเข้ามาของงาน 2 ระดับ วันถึงกำหนด 3 ระดับ เวลาการติดตั้งระบบสถานีเครื่องจักร 3 ระดับ และกำหนดหลักเกณฑ์การจัดกำหนดการอีก 12 ระดับ โดยทำการทดลองจำนวน 10 ซ้ำ

การจำลองสถานการณ์เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระบบการผลิตที่ผ่านมานั้น นิยมใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยเฉพาะการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^k (Two-Level Factorial) โดยเทคนิคนี้กำหนดค่าคงที่ให้ปัจจัยแล้วรันการจำลองสถานการณ์ และจะเปลี่ยนค่าปัจจัยเพื่อรันการจำลองตามจำนวน 2^k ดังนั้น ถ้ามีจำนวนปัจจัย 20 ปัจจัย จะต้องรันการจำลองสถานการณ์จำนวน 2^{20} = 1,048,576 รอบ และในแต่ละรันการจำลองสถานการณ์ถ้าทำซ้ำ (Replication) 10 รอบ ก็จะพบว่าต้องรันการจำลองสถานการณ์จำนวนทั้งสิ้น 10,485,760 รอบ และถ้าเป็นปัจจัยแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Factor) และต้องการจำลองสถานการณ์กับทุกระดับปัจจัย (Full-Level Factorial) จำนวนรอบการจำลองสถานการณ์ก็จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งเป็นข้อเสียของวิธีการนี้ เพราะต้องใช้จำนวนครั้งในการรันจำนวนมากตามจำนวนปัจจัย หรือระดับที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามก็มีผู้พยายามพัฒนาเทคนิคนี้ให้มีจำนวนการรันน้อยที่สุด เช่น Tsao and Liu [2] ได้พิจารณา จำนวนที่เหมาะสมของการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล2^k ให้มีจำนวนการรันที่น้อยที่สุด แต่ก็พบว่าการลดจำนวนรันก็ทำให้เกิดโอกาสข้ามปัจจัยที่สำคัญบางอย่างได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการใช้เทคนิคการคัดเลือกปัจจัยด้วยวิธีโดเมนความถี่ (Frequency Domain Methodology: FDM) ที่เริ่มพัฒนาจาก Schruben and Cogliano [3] วิธีการนี้จะค้นหาปัจจัยแบบต่อเนื่องที่มีความสำคัญโดยทำการจำลองสถานการณ์เพียง 2-3 รัน ไม่จำกัดจำนวนปัจจัยที่มีอยู่ของระบบ การทดลองจะทำการจำลองสถานการณ์โดยกำหนดให้ตัวแปรเข้า (Input Variables) ที่เป็นตัวแปรแบบต่อเนื่องแปรเปลี่ยนค่าได้แบบคลื่นไซน์ระหว่างการรันการจำลองสถานการณ์ โดยที่แต่ละตัวแปรเข้าจะได้รับคลื่นความถี่ (Driving Frequency) แตกต่างกัน และถ้าตัวแปรตอบสนองแปรเปลี่ยนไปโดยมีความสัมพันธ์กับตัวแปรเข้า ซึ่งสามารถตรวจสอบอิทธิพลของตัวแปรเข้าเหล่านั้นได้ด้วยการเปลี่ยนตัวแปรตอบสนองจากโดเมนเวลาไปเป็นโดเมนความถี่ หลังจากนั้นตรวจสอบโดเมนความถี่ของตัวแปรตอบสนองกับคลื่นความถี่ที่ตัวแปรเข้าได้รับ ถ้าตัวแปรเข้าที่มีอิทธิพลมากในตัวแปรตอบสนองคลื่นความถี่ที่ตัวแปรเข้าได้รับที่ระดับความถี่นั้นจะเด่นกว่าความถี่อื่นๆ ในตัวแปรตอบสนอง และในทางกลับกัน ถ้าตัวแปรเข้าไม่มีอิทธิพลในตัวแปรตอบสนองความถี่ที่ตัวแปรเข้าได้รับ ความถี่นั้นจะไม่เด่น Minsan and Anussornnitisarn [4] ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการคัดเลือกปัจจัยด้วยวิธีโดเมนความถี่ โดยเสนอการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์แอนนีลลิ่ง (Simulated Annealing: SA) ไปพร้อมกันกับการลดจำนวนปัจจัยแบบต่อเนื่องด้วยการใช้ประโยชน์ของวิธีโดเมนความถี่ ซึ่งวิธีนี้จะลดจำนวนการค้นหาค่าที่เหมาะสมได้ ถ้าปัญหามีปัจจัยที่ไม่สำคัญอยู่ในปัญหานั้นด้วย นอกจากนั้น วฐา และ พรเทพ [5] ได้ค้นหาปัจจัยแบบไม่ต่อเนื่องที่มีความสำคัญต่อการผลิตแบบสายการประกอบที่มีจำนวนปัจจัยที่เป็นสถานีการประกอบ 10 สถานี แต่ละปัจจัยมีระดับเป็นจำนวนเครื่องจักร 1 ถึง 5 เครื่อง ซึ่งวิธีการโดเมนความถี่ก็สามารถค้นหาปัจจัยในระบบการผลิตแบบสายการประกอบได้อย่างถูกต้อง

งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าในกรณีปัจจัยของระบบเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง ในการผลิตแบบตามงานที่มีระบบงานที่ซับซ้อนและกำหนดให้มีจำนวนปัจจัย 20 ปัจจัย ใช้เทคนิคโดเมนความถี่ในการค้นหาปัจจัยแบบไม่ต่อเนื่องที่มีความสำคัญต่อสายการผลิต เทคนิคโดเมนความถี่ก็สามารถค้นหาปัจจัยที่สำคัญหรือมีอิทธิพลต่อระบบได้ โดยใช้จำนวนการรันการจำลอง

สถานการณ์ 1,588 รอบ เท่านั้น ซึ่งถ้าใช้ การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลจะต้องการการจำลองสถานการณ์ 1,048,576 รอบเป็นอย่างน้อย

2. วิธีโดเมนความถี่ (Frequency Domain Method)

FDM เป็นการวิเคราะห์สเปกตรัมของผลตอบสนองที่อยู่ในตัวแบบเชิงพหุนาม (Polynomial Model) เป็นฟังก์ชันที่ได้มาจากการจำลองสถานการณ์ผ่านปัจจัย สิ่งสำคัญในการใช้โดเมนความถี่ในการคัดเลือกปัจจัยประกอบไปด้วย

2.1 รูปแบบปัญหา

FDM ใช้ประโยชน์ในระบบที่ไม่ทราบความความสัมพันธ์ที่แน่นอน (Black Box) โดยความสัมพันธ์ในระบบจะถูกสมมติให้มีความสัมพันธ์แบบพหุนามลำดับที่ k เมื่อกำหนดให้ปัจจัยมีจำนวน p ตัว นั้นคือ $x_1, x_2, ..., x_p$ ผลตอบสนองกำหนดให้เป็นเป็นตัวแปร y ค่าคาดหวังของผลตอบสนองคือ $E(y)$ เป็นฟังก์ชันของทุกตัวแปร x ดังนั้นตัวแบบมีสมการพหุนามลำดับที่ k เป็นดังนี้

$$E(y) = \beta_0 + \beta_1\tau_1 + \beta_2\tau_2 + ... + \beta_q\tau_q \quad (1)$$

หรือ $E(y) = \beta_0 + \sum_{j=1}^{q}\beta_j\tau_j$

เมื่อ $E(y)$ เป็นค่าคาดหวังของผลตอบสนอง

τ_j เป็นเทอมในพหุนาม ลำดับที่ k โดยผลรวมของเลขชี้กำลังของตัวแปรไม่มากกว่าค่า k ยกตัวอย่างเช่น ในเทอม $j = 1$ และถ้า $k = 5$ แล้ว $\tau_1 = x_1^2x_2^4$ จะไม่อยู่ในเทอมของสมการเพราะเลขชี้กำลัง 2 + 4 มากกว่า 5 เป็นต้น

β_j เป็นสัมประสิทธิ์ของเทอม τ_j ถ้าเทอมของ τ_j ใด ๆ ที่มีความหมายต่อฟังก์ชันค่าสัมประสิทธิ์ β_j จะไม่มีค่าเป็นศูนย์ และ q เป็นจำนวนเทอมทั้งหมดของฟังก์ชั่นผลตอบสนอง

2.2 การออกแบบการทดลองโดเมนความถี่

ขั้นตอนการออกแบบการทดลองมีด้วยกัน 3 ขั้นตอนคือ

1. การเลือกคลื่นความถี่ของปัจจัย การเลือกคลื่นความถี่ (ω) ให้กับปัจจัยเพื่อทำการจำลองสถานการณ์นั้น ปัจจัยทุกตัวแปรต้องได้รับคลื่นความถี่ที่ค่าไม่เท่ากัน เมื่อกำหนดให้ n เป็นจำนวนข้อมูลที่ต้องการได้รับจากการทำการทดลอง การวิเคราะห์สเปกตรัมในโดเมนความถี่ของ ω ที่กำหนดให้จะไม่แม่นยำถ้ากำหนดให้ ω ที่มีค่าต่ำกว่า $1/n$ และค่าสูงสุดที่สามารถวิเคราะห์สเปกตรัมของความถี่ได้คือ 0.5 นั้นคือการกำหนดคลื่นความถี่จะอยู่ในช่วง $1/n \le \omega \le 0.5$ อย่างไรก็ตามการเลือก ω นอกจากกำหนดให้ค่าของ ω ไม่เท่ากันในแต่ละปัจจัยแล้ว ถ้ามีการพิจารณาในเทอมของอิทธิพลร่วม และในเทอมของพหุนามของปัจจัย เช่น พหุนามลำดับที่ 2 เป็นต้น การพิจารณาค่า ω เหล่านั้นต้องพิจารณาเพิ่มเติม Jacobson et al. [6] ได้ทำการศึกษาเพื่อกำหนดคลื่นความถี่ไม่ให้เกิดการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันในการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete-Event Simulations) โดยทำการศึกษาไว้ทั้งสิ้น 21 ปัจจัย ที่พหุนามลำดับ 2 $(k = 2)$ และทำการศึกษา 11 ปัจจัย ที่พหุนามลำดับ 3 $(k = 3)$

2. การเลือกแอมพลิจูดของคลื่นความถี่ การกำหนดค่าแอมพิจูดจะมีผลต่อขนาดของสเปกตรัมของผลตอบสนอง นั้นคือความสูงของสเปกตรัมของผลตอบสนองจะเป็นสัดส่วนกับความสูงของสเปกตรัมของปัจจัยที่ความถี่เดียวกัน ถ้ากำหนดแอมพิจูดเล็กเกินไปผลของการแกว่งก็ยากที่จะถูกตรวจสอบเจอ ถ้ากำหนดแอมพิจูดใหญ่เกินไป ก็จะทำให้ค่าของปัจจัยออกนอกช่วงค่าของปัจจัยที่มันจะเป็นไปได้ Jacobson [7] ได้ทำการศึกษาการเลือกแอมพิจูด โดยศึกษาอิทธิพลของแอมพิจูด 3 อย่างคือ 1) ความเป็นไปได้ 2) สิ่งรบกวน (Noise) 3) เทอมพหุนามที่ลำดับสูง ๆ และได้สรุปผลไว้ว่า ถ้าต้องการให้ปัจจัยอยู่ในช่วงที่เป็นไปได้และศึกษาในเทอมพหุนามที่ลำดับต่ำ แอมพิจูดสามารถกำหนดอยู่ในช่วงน้อย ๆ ได้ และถ้าต้องการลดผลกระทบที่เป็นสิ่งรบกวนก็ควรจะเลือกแอมพิจูดที่กว้างเท่าที่จะเป็นไปได้ อย่างไรก็ตามอิทธิพลของแอมพิจูดทั้ง 3 นั้นยากที่จะทำให้เป็นไปในทางเดียวกันได้ ถ้าจำเป็นต้องเรียงลำดับความสำคัญก็ควรพิจารณาที่ ความเป็นไปได้ของตัวปัจจัยเป็นอันดับแรก และผลกระทบของเทอมพหุนามที่ลำดับสูง ๆ เป็นอันดับถัดมา และสุดท้ายจึงพิจารณาอิทธิพลของสิ่งรบกวน

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ จะพิจารณากรณีที่ปัจจัยแบบไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นจะมีสูตรดังนี้คือ

$$P(x_i(t) = a_i) = 1/2 + 1/2\cos 2\pi\omega_i t \quad (2)$$

เมื่อ t เป็นเวลา

ω_i เป็นคลื่นความถี่ที่ปัจจัย i ; i = 1,2,3,...

นำค่าความน่าจะเป็นที่ได้มาเทียบกับตารางเพื่อกำหนดค่าให้ปัจจัย $x_i(t)$ เช่น

$P(x_i(t))$	ค่าที่ได้
0 – 0.49	a_1
0.50 - 1	a_2

3. การกำหนดความยาวของการทดลอง

จำนวนความยาวของการทดลองควรมีความยาวในการทดลองแต่ละรอบการรันที่เพียงพอ โดยกำหนดให้จำนวนความยาวในการรันควรให้คลื่นความถี่ที่มีค่าน้อยที่สุดที่กำหนดให้ปัจจัยเกินจำนวนรอบ 10 รอบ เช่นถ้ากำหนดคลื่นความถี่ 0.11 จำนวนรอบที่ทำให้ คลื่นความถี่นี้เกิน 10 รอบคือ ความยาวการรัน 92 รัน เป็นต้น

2.3. การสรุปผล

ในการสรุปผลการคัดเลือกปัจจัยโดยวิธีโดเมนความถี่สามารถวิเคราะห์ได้โดย สร้างกราฟโดเมนความถี่ (Frequency Domain Graph) โดยกำหนดแกน x เป็นคลื่นความถี่ และแกน y เป็นสเปกตรัมของโดเมนความถี่

3. อธิบายรูปแบบระบบการผลิต

การวิจัยนี้ใช้ ระบบการผลิตแบบตามงานเป็นโมเดลในการทดลองคัดเลือกปัจจัยด้วยวิธีโมเมนความถี่ดังภาพที่ 1 กำหนดให้มีสินค้า 5 ประเภท สินค้าแต่ละชนิดเข้าสถานีตามลำดับดังตารางที่ 1 โดยมีช่วงเวลาห่างการเข้ามาของวัสดุที่ต้นสายการผลิตสินค้าแบบการแจกแจงเอกซ์โพเนนเชียล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30 นาที สัดส่วนสินค้าที่เข้ามาในสายการผลิตเป็นไปดังตารางที่ 1 ในสายการผลิตมีจำนวนสถานีเครื่องจักร 20 สถานี แต่ละสถานีนั้นพนักงานสามารถตัดสินใจติดตั้งเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตได้ 1 ถึง 5 เครื่อง และแต่ละสถานีมีเวลาในการทำงานดังตารางที่ 2 และกำหนดให้โมเดลการผลิตนี้ทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 173.33 วัน หรือ 4,160 ชั่วโมง และจำนวนผลผลิตที่ออกจากระบบ เป็นผลตอบสนองที่งานวิจัยนี้ต้องการศึกษา

โดยการศึกษาครั้งนี้แบ่งเป็น

Test 1 : เมื่อกำหนดให้สถานีทุกสถานีมีเวลาในการทำงานเท่ากัน นั่นคือไม่มีสถานีคอขวดในระบบการผลิต โดยทุกสถานีมีเวลาการผลิตสินค้าเป็นแบบการแจกแจงเอกซ์โพเนนเชียล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30 นาที

Test 2 : เมื่อกำหนดให้สถานี 1 และ 6 เป็นสถานีคอขวดของระบบโดยมีเวลาทำการผลิตสูงกว่าสถานีอื่นๆ ซึ่งมีเวลาการผลิตสินค้าเป็นแบบการแจกแจงเอกซ์โพเนนเชียล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 120 นาที

จากโมเดลนี้จะพบว่า สถานีเป็นปัจจัยที่ต้องการศึกษาต่อผลตอบสนอง และผู้วิจัยจงใจกำหนดให้สถานีที่ 1 และ 6 เป็นสถานีที่มีผลต่อจำนวนผลผลิตออกจากระบบ เพื่อใช้ทดสอบวิธีโดเมนความถี่การค้นหาปัจจัยแบบไม่ต่อเนื่องที่มีความสำคัญต่อระบบการผลิตแบบตามงาน

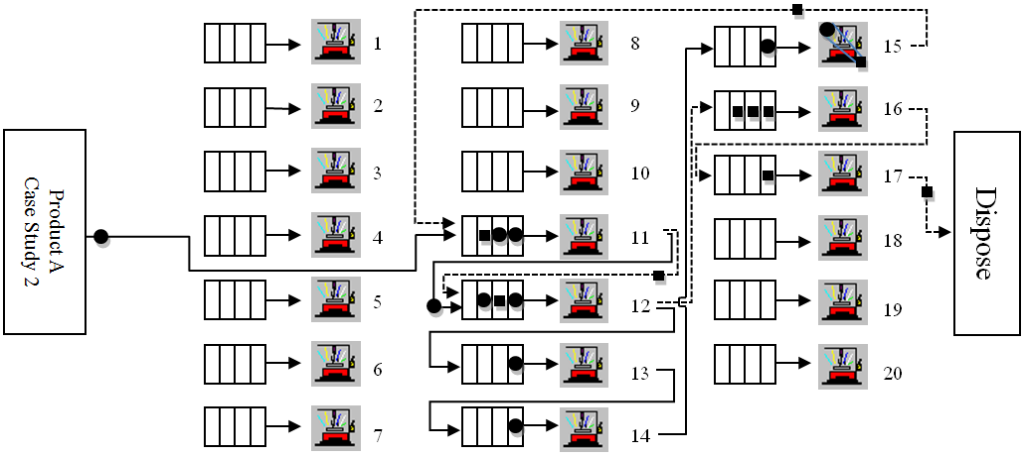
4. ผลการทดลอง

จากการจำลองสถานการณ์ 1,588 รอบ และแสดงผลสรุปโดยการสร้างกราฟโดเมนความถี่ที่คลื่นความถี่ระดับ 1/1588 ถึง 794/1588 ของผลผลิตที่ออกจากระบบ ในกรณี Test 1 พบว่า ตามแนวแกน x ที่แสดงความถี่ทุกๆ จุดไม่มีจุดที่เด่นที่สุด นั่นแสดงว่าระบบการผลิตแบบตามงานนี้ ไม่มีสถานีคอขวดของระบบ หมายถึงทุกๆ สถานีมีความสำคัญเท่าเทียมกันจำนวนเครื่องจักรที่อยู่ในสถานนี้จึงควรมีจำนวนเท่าๆ กันด้วย ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง ในกรณี Test 2 พบว่า มีความถี่ที่เป็นจุดเด่นด้วยกันทั้งหมด 6 จุด ประกอบไปด้วยจุดที่ 1 คือ 15/1588 ซึ่งเป็นความถี่ที่กำหนดให้กับสถานีที่ 1 และจุดที่ 2 คือ 46/1588 ซึ่งเป็นความถี่ที่กำหนดให้กับสถานีที่ 6 ของระบบการผลิตแบบตามงานแสดงให้เห็นชัดเจนว่า วิธีโดเมนความถี่สามารถตรวจสอบผลกระทบหลัก (Main Effects) จุดที่ 3 และ 4 คือ 30/1588 และ 92/1588 เป็นผลกระทบกำลังสอง(Quadratic Effects) ของสถานีที่ 1 และ 6 ตามลำดับ และจุดที่ 5 และ 6 คือ 31/1588 และ 61/1588 แสดงผลกระทบร่วมกัน (Interaction Effects) ของสถานีที่ 1 และ 6 ซึ่งทั้งหมดจะพบว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้

ดังนั้นวิธีการโดเมนความถี่สามารถนำมาประยุกต์ตรวจสอบอิทธิพลของปัจจัยหลัก อิทธิพลของพหุนามกำลัง 2 และอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัยที่เป็นปัจจัยไม่ต่อเนื่องได้โดยทำการทดลองเพียง 1,588 รัน

5. สรุปและอภิปราย

วิธีการโดเมนความถี่เป็นวิธีการคัดเลือกปัจจัยที่มีประสิทธิภาพ สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งอิทธิพลจากปัจจัยหลัก อิทธิพลร่วมกันของปัจจัย และพหุนามของปัจจัย ถึงแม้ว่าจะมีปัจจัยที่สนใจศึกษาจำนวนมาก จำนวนการรันการจำลองสถานการณ์ก็ใช้จำนวนไม่มากเท่ากับวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k แต่อย่างไรก็ตามจำนวนการรันนี้มีส่วนที่ต้องสังเกต คือ ถ้าคัดเลือกปัจจัยแบบต่อเนื่อง การทดลองจะใช้จำนวนรัน 2-3 รันเท่านั้นก็เพียงพอต่อการคัดเลือกปัจจัย



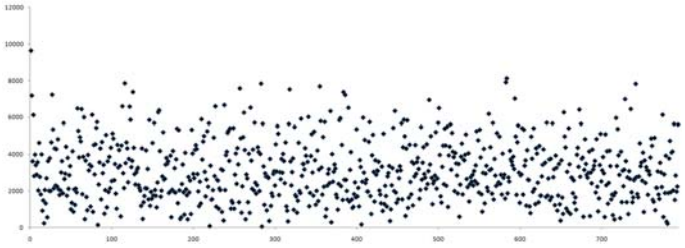
ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างการผลิตแบบตามงานของสินค้า A

ตารางที่ 1 แสดงสินค้าสินค้าแต่ละชนิดเข้าสถานีตามลำดับ

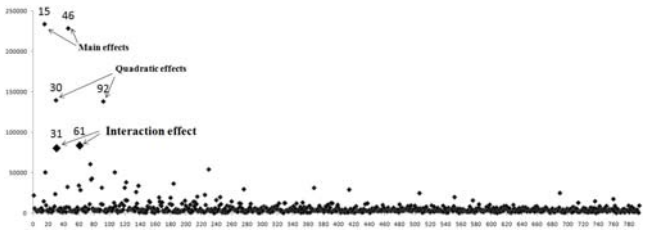
Product	% of parts	Sequence to station
A	20%	{11, 12, 13, 14, 15, 11, 12, 16, 17}
B	20%	{17, 10, 8, 5, 4, 7, 3, 9, 2}
C	20%	{9, 8, 10, 2, 7, 5}
D	20%	{1, 6, 4, 6, 1}
E	20%	{3, 16, 19, 18, 20, 13, 14, 15, 18, 19, 20}

ตารางที่ 2 แสดงเวลาการผลิตสินค้าในแต่ละสถานี

Factor	Number of Machine	Test 1: No Bottleneck Processing Time (Minute)	Test 2: Bottleneck Processing Time (Minute)
Station 1	1-5	Exp(30)	Exp(120)
Station 2	1-5		Exp(30)
Station 3	1-5		
Station 4	1-5		
Station 5	1-5		
Station 6	1-5		Exp(120)
Station 7	1-5		Exp(30)
Station 8	1-5		
Station 9	1-5		
Station 10	1-5		
Station 11	1-5		
Station 12	1-5		
Station 13	1-5		
Station 14	1-5		
Station 15	1-5		
Station 16	1-5		
Station 17	1-5		
Station 18	1-5		
Station 19	1-5		
Station 20	1-5		



ภาพที่ 2 แสดงโดเมนความถี่ Test 1 ไม่มีสถานีเด่น



ภาพที่ 3 แสดงโดเมนความถี่ Test 2 มีสถานีเด่น

ส่วนในงานวิจัยนี้ ถ้าปัจจัยแบบไม่ต่อเนื่อง เช่น ปัจจัยเป็นจำนวนคน หรือ เครื่องจักร การทดลองต้องการจำนวนรันมากขึ้น เนื่องจากการคัดเลือกปัจจัยแบบไม่ต่อเนื่อง การเปลี่ยนค่าของปัจจัยที่ปรับเปลี่ยนค่าตามคลื่นความถี่จะไม่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ตามการเข้ามาของวัสดุ หรือชิ้นงานแต่ละชิ้น แต่จะปรับเปลี่ยนค่าได้เมื่อสิ้นวันทำงาน แต่ถ้าเป็นกรณีปัจจัยแบบต่อเนื่อง เช่น ปัจจัยเป็นเวลาการเข้ามาของวัสดุ (Time of Arrival) หรือ เวลาการผลิตชิ้นงาน(Service time) ปัจจัยเหล่านี้มีการเปลี่ยนค่าของปัจจัยที่ปรับเปลี่ยนค่าตามคลื่นความถี่สามารถปรับค่าได้ในแต่ละเข้ามาของวัสดุ นั่นคือ หน่วยเวลา (t) ของปัจจัยแบบต่อเนื่องจะเป็นการเปลี่ยนแปลงของระบบ เช่น การเข้ามาของวัสดุ การเข้ารับบริการที่สถานีงาน เป็นต้น แต่หน่วยเวลา (t) ของปัจจัยแบบไม่ต่อเนื่องจะเป็นการจบการทำงานในช่วงเวลาที่สนใจ เช่น เวลาการผลิต 24 ชั่วโมง เป็นต้น นั่นเป็นสาเหตุที่ทำให้การรันการจำลองสถานการณ์ที่มีปัจจัยแบบไม่ต่อเนื่องมีจำนวนมากกว่าการคัดเลือกปัจจัยแบบต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตามจำนวนการรันก็ยังน้อยกว่าจำนวนการรันโดยวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k

งานวิจัยนี้จะถูกพัฒนาต่อเนื่อง ผู้วิจัยจะนำวิธีการโดเมนความถี่นี้เข้าไปทำการคัดเลือกปัจจัยกับระบบงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความซับซ้อน และมีจำนวนปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากขึ้น รวมทั้งการพัฒนาให้วิธีการนี้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างสะดวก และง่ายกับการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ของผู้ที่สนใจทั่วไปที่ต้องการคัดเลือก หรือหาผลกระทบของปัจจัย

บรรณานุกรม

[1] Vinod, V., and R. Sridharan, Scheduling a Dynamic Job Shop Production System with Sequence-Dependent Setups: an Experimental Study. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 24, pp. 435–449, 2008.

[2] Tsao, H.-S. J., H. Liu, Optimal Sequencing of Test Conditions in 2^k Factorial Experimental Design for Run-Size Minimization, Computers & Industrial Engineering, 55, pp. 450–464, 2008.

[3] Schruben L.W., V.J. Cogliano, Simulation Sensitivity analysis: A frequency domain approach. Proceedings of the 1981 Winter Simulation Conference, Atlanta(GA), pp. 455-460, 1981.

[4] Minsan, W., and P. Anussornnitisarn, The Solution Space Reduction Using Frequency Domain of Simulated Annealing, Proceeding of AISSIMOD 2009, January 22-23, Bangkok, Thailand, pp. 185-190. 2009.
Available online via http://watha.gendit.com/asimmod2009/.

[5] วฐา มินเสน และ พรเทพ อนุสสรนิติสาร, จำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อการค้นหาปัจจัยแบบไม่ต่อเนื่องที่มีความสำคัญต่อสายการผลิตโดยใช้วิธีโดเมนความถี่, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 18 ฉบับที่ 2 เม.ย.-มิ.ย. 53.

[6] Jacobson, S. H., A. H. Buss and L. W. Schruben, Driving Frequency Selection for Frequency Domain Simulation Experiments, Operations Research 39, pp. 917-924, 1991.

[7] Jacobson, S. H., Oscillation Amplitude Considerations in Frequency Domain Experiments, Proceedings of the 1989 Winter Simulation Conference, pp. 406-410, 1989.