

## การศึกษาหาปัจจัยส่งผลเด่นชัดต่อการให้บริการที่จุดจ่ายสินค้าโดยใช้ แบบจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มระดับการให้บริการ

เจน สิริช่วยชูชัย

บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด มหาชน 199 ถ. รัชดาภิเษก คลองเตย กรุงเทพมหานคร 10110  
โทร 0-27977627 โทรสาร 0-27977606 E-mail jane.sirichuaychuchai@sccc.co.th

### บทคัดย่อ

เนื่องจากมีความต้องการพัฒนาให้บริการที่จุดจ่ายสินค้าเป็นไปได้ดีมากขึ้น สายงานการจัดส่งและส่งออก บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด มหาชน ได้พัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) ร่วมกับการใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) ทำให้สามารถระบุปัจจัยที่มีผลกระทบเด่นชัดกับดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการให้บริการ (Key Performance Indicator) ซึ่งเกี่ยวข้องตรงกับจำนวนรถที่สามารถให้บริการได้ โดยการวิจัยใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) ร่วมกับการใช้จำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นสำคัญ ทำให้สามารถพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการต่างๆ โดยการปรับปรุงปัจจัยเกี่ยวข้อง เช่น ผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าการเพิ่มจำนวนรถปูนเม็ดในแต่ละรอบมีผลบวกต่อจำนวนรถที่ให้บริการได้ซึ่งเป็นผลดีต่อการให้บริการลูกค้าปูนเม็ดซึ่งเป็นสินค้ามียอดจำหน่ายสูงอันดับสองของบริษัท ส่งผลให้ระดับการให้บริการ (Service level) เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งในขั้นต่อไปจะนำผลความสัมพันธ์เพิ่มเติมหรือตัวแปรอื่นๆมาทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือเพิ่มเติม (Opt-quest, Response Optimizer etc.) จะสามารถทำให้สามารถหาจุดที่ดีที่สุดของจุดจ่ายสินค้า (Dispatching Center) ส่งผลให้ลูกค้าที่มาใช้บริการก็มีความพึงพอใจมากขึ้น เหมือนกับคำขวัญของบริษัทที่ว่า “ได้ตั้งใจ”

**คำสำคัญ:** Simulation, Design of Experiments, Key Performance Indicator, Service level

## 1. ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าโลจิสติกส์มีความสำคัญมากขึ้นอย่างมาก ในแง่มุมมองหนึ่งโลจิสติกส์เปรียบเสมือนสะพานเชื่อมความต้องการของลูกค้า (Demand) และการผลิตสินค้าของผู้ผลิต (Supply) ดังนั้นการที่บริษัทจะมีความสามารถในการแข่งขันที่ดีได้นั้นจำเป็นต้องมีการจัดส่งที่มีประสิทธิภาพ (Martin, 1998)

สำหรับบริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด มหาชน จุดจ่ายสินค้า (Dispatching Center) ก็เปรียบเสมือนหัวใจของกระบวนการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้า เนื่องจากจุดจ่ายสินค้าทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อของฝ่ายผลิตกับการจัดส่ง ถ้าทางบริษัทสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานของจุดจ่ายสินค้าก็จะให้เป็นผลดีต่อการให้บริการลูกค้าจึงเป็นที่มาของการทำวิจัยนี้

รายละเอียดที่เกี่ยวข้องอย่างสังเขปมีดังต่อไปนี้

### 1.1. โรงงานสระบุรี (SRB Plant)

ฝ่ายผลิตปูนซีเมนต์ของบริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด มหาชน ตั้งอยู่ที่ริม ถ. มิตรภาพ ต.ทับทิม กวาง จ. สระบุรี ประกอบไปด้วย 3 โรงงาน ซึ่งมีความสามารถผลิตปูนซีเมนต์กว่า 38,500 ตัน/วัน

### 1.2. ประเภทของปูนซีเมนต์

ในการผลิตปูนซีเมนต์นั้น หลังจากที่ได้ทำการเผาวัตถุดิบที่นำมาจากเหมือง (หินปูน, หินเชล) ทำให้ได้ปูนเม็ด (Clinker) เมื่อนำมาผสมกับยิปซัมแล้วนำไปบดทำให้ได้ปูนซีเมนต์ผงซึ่งสามารถนำไปขายได้แบบบรรจุถุง (Bag) และไม่บรรจุถุง (Bulk) ได้ต่อไป

### 1.3. ศูนย์กระจายสินค้าสระบุรี (Dispatching Centre)

การทำงานของจุดจ่ายสินค้าเป็นกระบวนการนำรถรับสินค้าภายในโรงงานทั้ง 3 โรงงานโดยมีกระบวนการหลักๆ ดังต่อไปนี้

Gate In → Check In → Guard In → Weight In → Load → Weight Out

#### รูปที่ 1: กระบวนการของการรับสินค้าภายในจุดจ่ายสินค้า

โดยที่กระบวนการทำงานจะเป็นแบบ Pulled System คือ ดูจากปริมาณรถในโรงงานเป็นหลักสำคัญในการเรียกรถเข้ารับบริการในรอบต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์

เพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรไหนผลกระทบเด่นชัดต่อจำนวนรถที่ให้บริการได้เพื่อสามารถลำดับความสำคัญและปรับปรุงได้อย่างถูกต้อง

## 3. ขอบเขตปัญหา

งานวิจัยในขั้นนี้จะสนใจในตัวแปรหลักๆ ที่คาดว่าอาจส่งผลกระทบต่อจำนวนรถที่ให้บริการดังต่อไปนี้

1. ปริมาณในการเรียกรถในแต่ละครั้งของปูนซีเมนต์บรรจุถุง
2. ปริมาณในการเรียกรถในแต่ละครั้งของปูนซีเมนต์ผง
3. ปริมาณในการเรียกรถในแต่ละครั้งของปูนเม็ด
4. ความยาวของคิวสั้นที่สุดเพื่อให้สัญญาณในการเรียกรถเข้ามารับปูนซีเมนต์บรรจุถุง
5. ความยาวของคิวสั้นที่สุดเพื่อให้สัญญาณในการเรียกรถเข้ามารับปูนซีเมนต์ผง
6. ความยาวของคิวสั้นที่สุดเพื่อให้สัญญาณในการเรียกรถเข้ามารับปูนเม็ด

## 4. รายละเอียดของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีหลายงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้การสร้างแบบจำลองรวมทั้งการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติหรือ Optimization tools นี้คือตัวอย่างของบทความเหล่านั้น

Roberto L. Seijo Vidal (2004) ทำงานวิจัยต่อโดยนำแบบจำลองสถานการณ์มาทำการ Optimization โดยใช้การออกแบบการทดลอง (DOE) ร่วมกับ Excel Solver แทนการใช้การสุ่ม (Trial and Error) ทำให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า

Marina Massei et al. (2003) ได้เสนอแนวคิดใหม่ๆ ในการพัฒนาเครือข่ายที่เชื่อมโยงโดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์โดยการประยุกต์เข้ากับธุรกิจจริงรวมทั้งแนวทางและข้อเสนอแนะในการนำไปใช้งานจริงโดยประยุกต์เครื่องมือทางคณิตศาสตร์และสถิติในธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลาง (SME)

David J. Parsons et al. (1999) ทำการใช้แบบจำลองสถานการณ์เพื่อจะทดสอบแบบแผนใหม่ๆ (tactics) และทดลองการขนส่งแบบใหม่ให้กับ U.S. forces ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการทำวิจัย (R&D) ได้มาก

## 5. ขั้นตอนการทำวิจัย

ในการทำวิจัยการเริ่มด้วยการเก็บข้อมูลเกี่ยวข้อง จากนั้นสร้างแบบจำลอง (Simulation) เพื่อจำลองกระบวนการภายในจุดจ่ายสินค้า ในงานวิจัยนี้ได้มีการเลือกตัวแปร 6 ตัวแปรซึ่งคาดว่าอาจมีผลต่อจำนวนรถที่สามารถให้บริการได้โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ (Design of Experiment)  $2^{6-1}$  fractional design ซึ่งช่วยลดจำนวนการทดสอบเหลือ 32 การทดสอบจาก 64 การทดสอบและยังสามารถช้ปัจจัยที่มีผลต่อการให้บริการและระดับผลกระทบของปัจจัยเหล่านี้

## 6. หลักการและทฤษฎี

### 6.1. การออกแบบการทดลองทางสถิติ (Design of Experiment)

เป็นซีรีส์ของการทดสอบโดยการเปลี่ยนตัวแปรนำ (Input Variable) ของกระบวนการที่ศึกษาและดูการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ (Output) ในการทำการออกแบบการทดลองมีจุดประสงค์หลายประการณ์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. เพื่อตรวจหาปัจจัยที่มีผลการทบเด่นชัดต่อผลลัพธ์และระดับของผลกระทบ
2. เพื่อหาระดับของปัจจัยที่ทำให้ผลลัพธ์เป็นไปตามที่กำหนด, สูงสุด หรือ ต่ำสุด

#### 6.1.1 $2^k$ Factorial Design

Factorial Design ทำให้สามารถศึกษาผลกระทบของปัจจัยหลายๆปัจจัยในกระบวนการต่างๆ ในการทดลอง เมื่อเปลี่ยนแปลงระดับของตัวแปรต่างๆพร้อมๆกันแทนการปรับเปลี่ยนทีละตัวแปรทำให้สามารถศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆได้

ในการทดลองแบบ  $2^k$  การวิเคราะห์แต่ละตัวแปร (Factor) จะแบ่งเป็น 2 ระดับ ในทางสถิติ  $2^k$  จะรวมถึง k ผลกระทบหลัก (Main effect),  $c_2$  ความสัมพันธ์ของ 2 ตัวแปร,  $c_3$  ความสัมพันธ์ของ 3 ตัวแปร...และ 1 ความสัมพันธ์ k-factor โดยที่

$$c_2 = \left( \frac{k}{2} \right) \quad (6.1)$$

และ

$$c_3 = \left( \frac{k}{3} \right) \quad (6.2)$$

ในโมเดลที่สมบูรณ์จะมีทั้งหมด  $2^k - 1$  effect ดังนั้นถ้าใช้  $2^4$  design ก็จะได้ความสัมพันธ์คือ (1), a, b, ab, c, ac, bc, abc, d, ad, bd, abd, cd, acd, bcd และ abcd

ในการที่จะประมาณผลกระทบ (Effect) ของตัวแปรหลักและความสัมพันธ์ (e) และ Sum Square of the Effect (SSE) ทำให้มีความจำเป็นต้องหา contrast ของ effect  $e_{AB\dots K}$  โดยการกระจายด้านขวาของ

$$\text{Contrast}_{AB\dots K} = (a\pm 1)(b\pm 1)\dots(k\pm 1) \quad (6.3)$$

ยกตัวอย่างเช่นกรณี  $2^2$  factorial design contrast ของ AB คือ

$$\text{Contrast}_{AB} = (a-1)(b-1) = (1) - a - b + ab \quad (6.4)$$

ถ้าคำนวณหา Contrast มาเรียบร้อยแล้ว ผลกระทบ e (Effects) และ Sum Square of the Effect (SSE) สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$e_{AB\dots K} = \frac{2}{n2^k} (\text{Contrast}_{AB\dots K}) \quad (6.5)$$

$$\text{SSE}_{AB\dots K} = \frac{1}{n2^k} (\text{Contrast}_{AB\dots K})^2 \quad (6.6)$$

#### 6.1.2 Fractional-factorial design

มีข้อจำกัดบางอย่างในการใช้  $2^k$  Factorial Design เมื่อจำนวนตัวแปรเพิ่มขึ้นทำให้จำนวนครั้งที่ต้องทดสอบเพิ่มขึ้นแบบ Exponential ทำให้การใช้ Fractional-factorial design ซึ่งทำให้สามารถทดสอบแค่ส่วนหนึ่ง (fraction) ของ combination ทั้งหมดที่จะต้องทดสอบได้โดยใช้คุณสมบัติที่เรียกว่า aliases เช่น ในการ design แบบ  $2^{3-1}$

$$A = \left(\frac{1}{2}\right) (1/2)(a-b-c+abc) \quad (6.7)$$

$$BC = \left(\frac{1}{2}\right) (1/2)(a-b-c+abc) \quad (6.8)$$

ดังนั้นการรวมเชิงเส้น (linear combination) [A] ประมาณโดย  $A + BC$  โดยที่ถ้า 2 effects มีคุณสมบัตินี้จะเรียกว่า aliases ในทางปฏิบัติเราสามารถเลือกส่วน (fraction) ที่ผลกระทบหลัก (main effect) และความสัมพันธ์ระดับต่ำ (low level interaction) จะ aliases กับความสัมพันธ์ระดับสูง (high level interaction) ซึ่งอาจสามารถเว้นได้

## 6.2. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation)

การจำลองสถานการณ์อ้างถึงกระบวนการ วิธี และการนำไปใช้งาน โดยการจำลองสถานการณ์ของกระบวนการหรือเหตุการณ์จริง โดยมากมักจะใช้คอมพิวเตอร์ในการจำลองลักษณะต่างๆ ในการนำไปใช้งานจริง การจำลองสถานการณ์เป็นกระบวนการของการออกแบบ สร้าง แบบจำลองบนคอมพิวเตอร์ของกระบวนการในชีวิตจริงเพื่อจุดประสงค์ในการทดลองทำให้เราสามารถรู้ถึงผลที่จะเกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมต่างๆ เพื่อหาทางปรับปรุงหรือป้องกันได้ล่วงหน้า

การที่การทำแบบจำลองสำเร็จหรือไม่นั้น กระบวนการมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อความสมบูรณ์ของแบบจำลอง จากที่ Blanks (1994) กล่าวว่าไว้ว่ากระบวนการทำแบบจำลองเป็นขั้นๆดังต่อไปนี้

### การตั้งปัญหา (Problem formulation)

- ให้คำจำกัดความของปัญหาที่ชัดเจนเพื่อให้มีความเข้าใจ

### การตั้งเป้าหมาย (Setting objective)

- ต้องให้คำจำกัดความของเป้าหมายและขอบเขตของการทำแบบจำลอง

### คอนเซ็ปต์แบบจำลอง (Model conceptualization)

- สร้างแบบจำลองเบื้องต้นบนกระดาษ (logic) โดยใช้รูปภาพเพื่อช่วยอธิบายส่วนประกอบต่างๆ

### เก็บข้อมูล (Data collection)

- มีส่วนสำคัญมากต่อความเสมือนจริงของแบบจำลอง

### เขียนแบบจำลอง (Model translation)

- โดยใช้เครื่องมือไม่ว่าจะเป็น ภาษาคอมพิวเตอร์ เช่น C, Java หรือ Simulation Language เช่น SIMAN หรือ Simulation Software เช่น Arena

### ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification)

- ตรวจสอบ input และ logic ว่าได้ตรงตามที่ต้องการหรือไม่

#### ตรวจสอบความเหมือนจริงของแบบจำลอง (Validation)

- ตรวจสอบว่าแบบจำลองสามารถแทนเหตุการณ์จริงได้หรือไม่ซึ่งสามารถทำได้โดยการเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเทียบกับผลจากสถานการณ์จริง

#### ทำการทดลอง (Experimental design)

- ทำการทดลองตามต้องการ ไม่ว่าจะใช้การสุ่ม (Trial and Error) หรือวิธีทางคณิตศาสตร์ใดๆ

#### ใช้งานจริงและวิเคราะห์ (Production runs and analysis)

- ทำการทดลองเพื่อดูผลลัพธ์

#### เอกสารและรายงาน (Document and reporting)

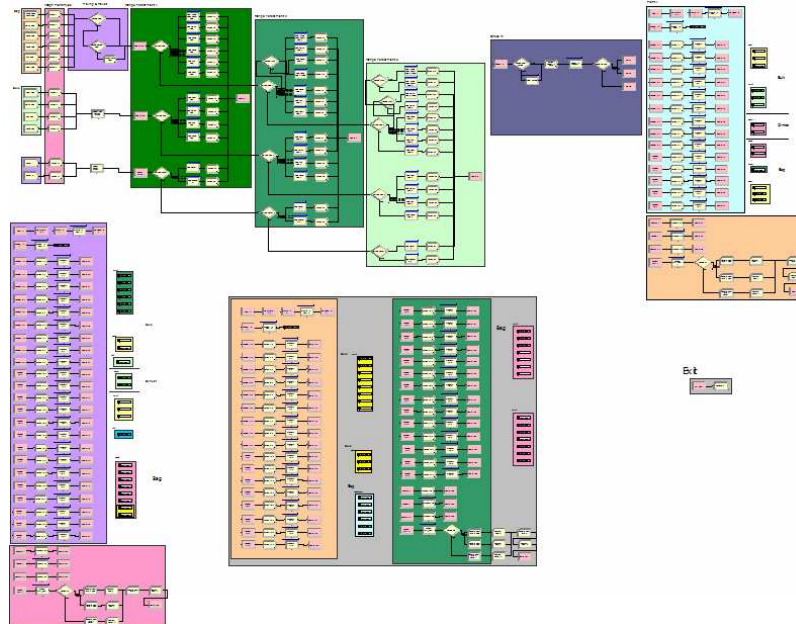
- ทำเอกสารแสดงผลลัพธ์และสรุปผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์

#### นำผลที่ได้ไปใช้งาน (Implementation)

- นำผลที่ได้ไปใช้งานซึ่งความสำเร็จในช่วงนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการก่อนหน้านี้ทั้งหมด

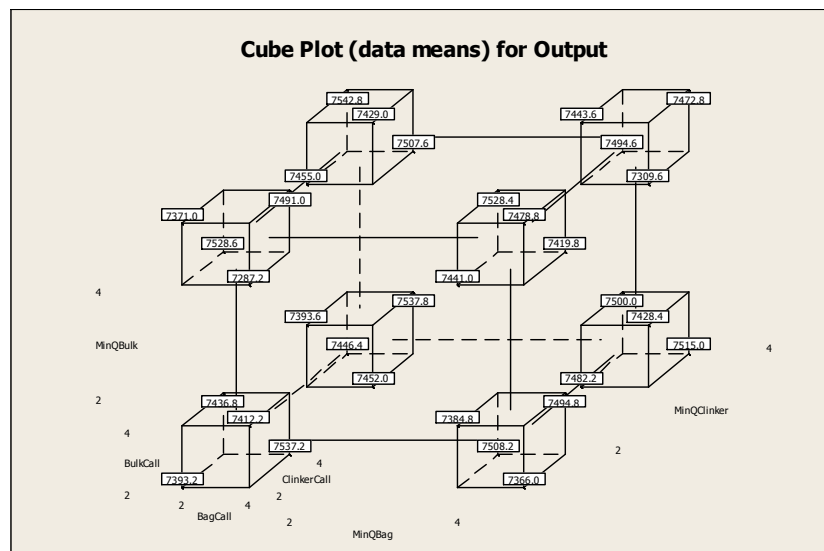
## 7. ผลของการวิเคราะห์และวิจัย

การทดลองตัวแปรที่กล่าวไปในส่วนของที่ 2 ของบทความไม่สามารถทำได้ในสถานการณ์จริงทำให้มีความจำเป็นต้องสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของศูนย์กระจายสินค้าสระบุรีดังภาพด้านล่าง



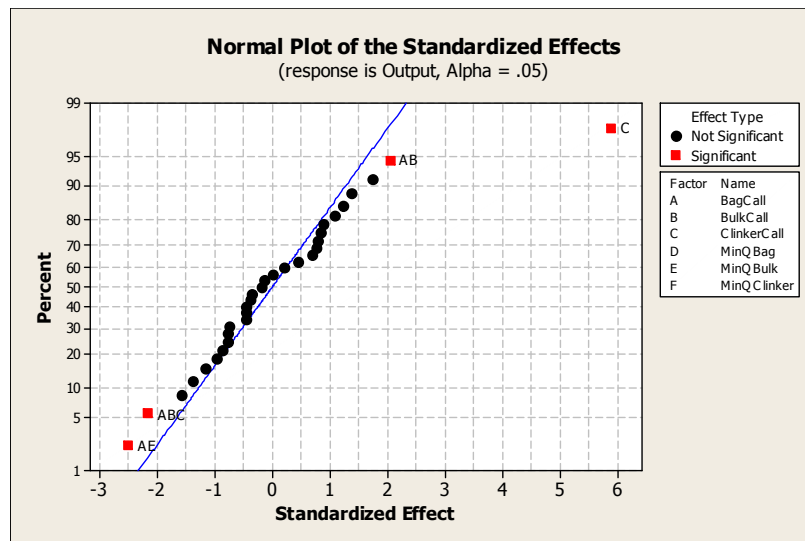
รูปที่ 2: แบบจำลองสถานการณ์ศูนย์กระจายสินค้าสระบุรี

หลังจากทำการ Verify และ Validate เรียบร้อยแล้ว ได้มีการทดลองโดยใช้ Design of Experiment แบบ  $2^{k-1}$  โดยที่  $k = 6$  และมี Replicate = 5 at each corner ตัวแปรทำให้ต้องทำการทดลองทั้งหมดรวม 32 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะใช้ข้อมูลจาก 5 Replication ของ Simulation โดยที่ใช้ Response เป็นจำนวนรถที่สามารถให้บริการได้ใน 7 วัน โดยที่  $2^{6-1}$  แสดงดังภาพด้านล่าง



รูปที่ 3: Design of Experiment  $2^{6-1}$  ของทั้ง 6 ตัวแปร

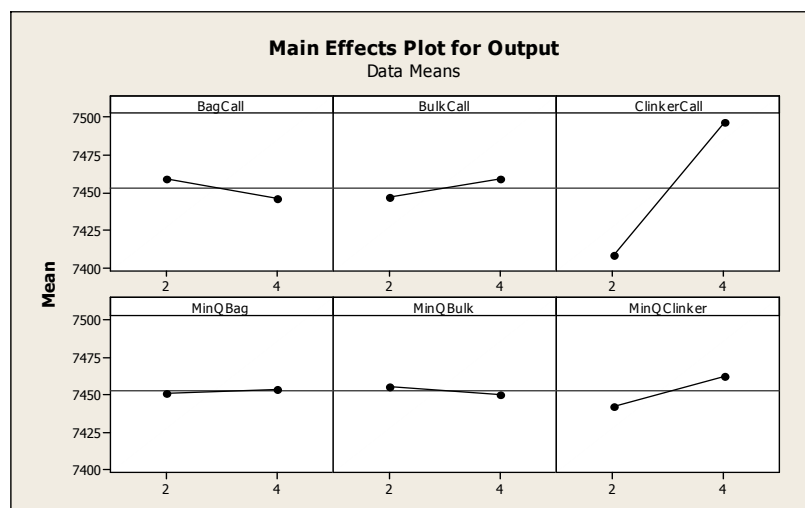




รูปที่ 4: Normal Plot of the Standardized Effects

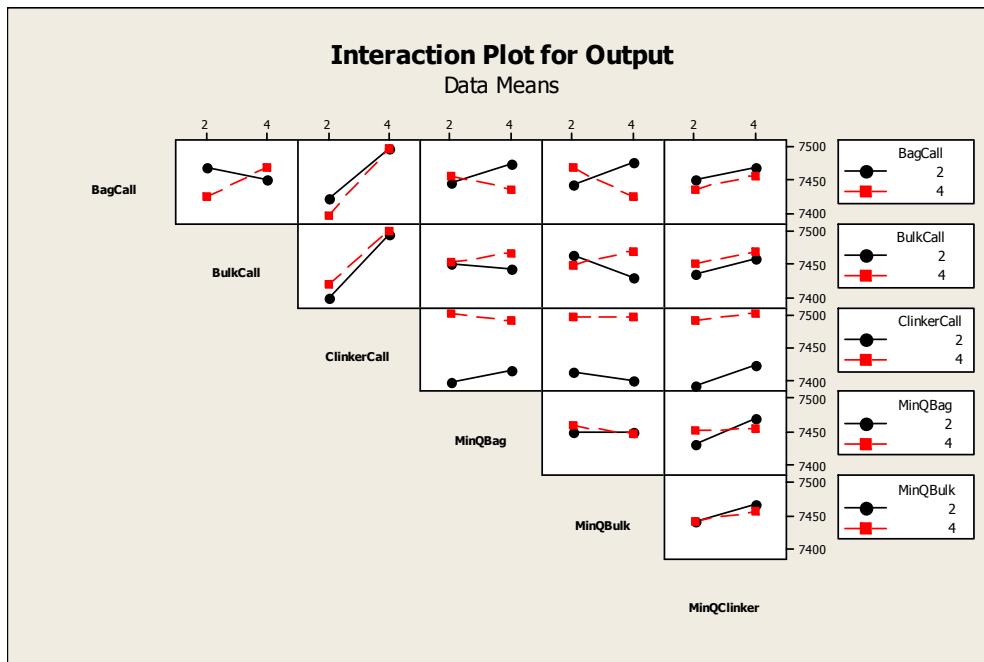
จากรูปที่ 4 จะเห็นว่าจำนวนรถที่เรียกไปแต่ละรอบของปูนเม็ด (ClinkerCall) มี significant สูงสุด เมื่อเพิ่มระดับ ด้านจำนวนรถที่เรียกไปแต่ละรอบของปูนซีเมนต์บรรจุถุง (BagCall) และจำนวนรถที่เรียกไปแต่ละรอบของปูนซีเมนต์ผง (BulkCall) มีความสัมพันธ์และให้ผลเชิงบวกเมื่อเพิ่มระดับ

ในทางตรงกันข้ามถ้าเพิ่มระดับของจำนวนรถทั้ง 3 ประเภท ส่งผลให้จำนวนรถที่สามารถให้บริการได้มีจำนวนลดลง ในด้านของจำนวนรถที่เรียกไปแต่ละรอบของปูนซีเมนต์บรรจุถุง (BagCall) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนรถปูนเม็ดที่รอในคิวน้อยที่สุดที่จะเรียกรถในรอบต่อไป (MinQClinker)



รูปที่ 5: Main Effects Plot

จากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่า จำนวนรถที่เรียกไปแต่ละรอบของปูนเม็ด (ClinkerCall) มีผลบวกต่อจำนวนรถที่รับบริการได้เมื่อเพิ่มจำนวนการเรียกเข้าไปในแต่ละรอบ



รูปที่ 6: Interaction Plot

จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มจำนวนรถที่เรียกไปแต่ละรอบของปูนซีเมนต์บรรจุถุง (BagCall) และจำนวนรถที่เรียกไปแต่ละรอบของปูนซีเมนต์ผง (BulkCall) มีความสัมพันธ์และให้ผลเชิงบวก

นอกจากนั้นยังเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มจำนวนรถที่เรียกไปแต่ละรอบของปูนเม็ด (ClinkerCall) ร่วมกับจำนวนรถที่เรียกไปแต่ละรอบของปูนซีเมนต์ถุง (BagCall) หรือจำนวนรถที่เรียกไปแต่ละรอบของปูนซีเมนต์ผง (BulkCall) ล้วนให้ผลบวกกับจำนวนรถที่ให้บริการได้ทั้งสิ้นไม่ว่าจำนวนรถปูนเม็ด/ซีเมนต์ถุงหรือผงที่รอในคิวน้อยที่สุดที่จะเรียกรถในรอบต่อไปจะอยู่ในระดับใด

## 8. บทวิจารณ์และบทสรุป

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าจำนวนรถที่เรียกไปแต่ละรอบของปูนเม็ด (ClinkerCall) มี significant สูงสุดในทางบวกเมื่อเพิ่มระดับตามด้วยความสัมพันธ์ ตามด้วยความสัมพันธ์ของจำนวนรถที่เรียกไปแต่ละรอบของปูนซีเมนต์บรรจุถุง (BagCall) กับจำนวนรถปูนเม็ดที่รอในคิวน้อยที่สุดที่จะเรียกรถในรอบต่อไป, ความสัมพันธ์ระดับของจำนวนรถทั้ง 3 ประเภทและสุดท้ายความสัมพันธ์ของจำนวนรถที่เรียกไปแต่ละรอบของปูนซีเมนต์บรรจุถุง (BagCall) และจำนวนรถที่เรียกไปแต่ละรอบของปูนซีเมนต์ผง (BulkCall)

ซึ่งทั้ง 4 ตัวแปรข้างต้นมีความสำคัญต่อการให้บริการอย่างชัดเจน ดังนั้นหากนำไปพัฒนาจะทำให้สามารถเพิ่มความสามารถที่จะให้บริการของจุดจ่ายสินค้าได้ เช่น การเพิ่มจำนวนรถต่อครั้งของรถปูนเม็ดทำให้สามารถบริการลูกค้าได้ได้จำนวนมากขึ้นส่งผลบวกต่อจำนวนการจำหน่ายปูนเม็ดซึ่งมีปริมาณการจำหน่ายมากเป็นอันดับ 2 ของบริษัท ในขั้นต่อไปเนื่องจากความสัมพันธ์หลายตัวแปรต้องมาเกี่ยวข้องการปรับปรุงก็อาจมีความจำเป็นต้องใช้การศึกษาหรือเครื่องมืออื่นมาช่วยในการปรับปรุงเนื่องจากอาจไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้โดยง่ายจึงอาจใช้ Optimizer เช่น Opt-quest หรือ Response Optimizer เพื่อหาจุดที่ดีที่สุดของ Response หรืออาจเพิ่มเติมตัวแปรอื่นๆ เพื่อทำให้เห็นผลกระทบอื่นๆซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงในขั้นหน้า

ในทางตรงกันข้ามผลจากการทดลองบนแบบจำลองยังสามารถทำให้สามารถจัดความสำคัญได้ว่าใน 6 ตัวแปรที่สนใจ หากต้องการปรับปรุงหรือควบคุมควรจะให้ความสนใจในตัวแปรที่มีผลกระทบมากก่อน ทำให้สามารถจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังได้ เช่น หากต้องมีการปรับปรุงระบบ monitor จำนวนรถภายในศูนย์ ควรจะมีส่วนไหนจะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษหรือเมื่อเกิดความไม่พร้อมในสถานที่ไม่สามารถนำรถเข้าโรงงานได้ในปริมาณที่กำหนดควรจะทำอย่างไรให้กระทบต่อ response น้อยที่สุด

ในการวิจัยขั้นต้นนี้มีข้อบ่งชี้จำกัดเนื่องจากเวลาค่อนข้างน้อย ในขั้นหน้าจึงอาจมีการเพิ่มปัจจัยอื่นๆ เพื่อดูความสัมพันธ์และใช้เครื่องมือ Optimizer เช่น Opt-quest หรือ Response Optimizer เพื่อหาจุดที่ดีที่สุดซึ่งสามารถนำไปใช้งานจริงได้ต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Montgomery, D., 2005, Introduction to Statistical Quality Control, 5<sup>th</sup> edition, 548-607.
- [2] Montgomery, D., 2002, Applied Statistics and Probability for Engineers 3<sup>rd</sup> edition, 468-563.
- [3] Kelton, D., 2004, Simulation with Arena, 3<sup>rd</sup> edition, 3-16.
- [4] Banks, J., 1994, Introduction to Siman and Cinema V, 14-17.
- [5] Martin, C., 1998, Logistics and Supply Chain Management 2<sup>nd</sup> edition.
- [6] Roberto, L., 2004, Generalized Reduced Gradient Algorithm for Local Optimum of a Cost Function Build Through Simulation.
- [7] Parsons, D., 1999, Tactical Logistics and Distribution Systems Simulation.
- [8] Massei, M., 2003, Application of Simulation to Small Enterprise Management & Logistics.