ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
จัดตารางการผลิตในกระบวนการบดซีเมนต์

นายอภิวัฒน์ ลิขิตเลิศล้ำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SCHEDULING OF CEMENT MILLING PROCESS

Mr. Apiwat Likitlertlump

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบสนับสนุนการตัดสินใจจัดตารางการผลิตในกระบวนการบดซีเมนต์
โดย	นายอภิวัฒน์ ลิขิตเลิศล้ำ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

……คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

……อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

……กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.นันทชัย กานตานันทะ)

อภิวัฒน์ ลิขิตเลิศล้ำ : ระบบสนับสนุนการตัดสินใจจัดตารางการผลิตในกระบวนการบดซีเมนต์ (A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SCHEDULING OF CEMENT MILLING PROCESS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.สีรง ปรีชานนท์, 93 หน้า.

จากการศึกษาพบว่าในกระบวนการวางแผนการผลิตหม้อบดซีเมนต์ของโรงงานที่ทำอยู่เดิมนั้น ยังมีประเด็นที่ควรแก้ไขคือ 1. การจัดตารางการผลิตด้วยพนักงาน คำตอบที่ได้รับมักไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด 2.ขาดแผนแสดงรายละเอียดที่มีความสำคัญต่อการปฏิบัติงาน ได้แก่แผนการจัดเก็บซีเมนต์จากหม้อบดไปยังไซโล และ แผนการจ่ายซีเมนต์ออกจากไซโล 3.ขาดความเป็นมาตรฐานของระบบเพราะการจัดตารางการผลิตพึ่งพาพนักเพียงคนใดคนหนึ่งมากเกินไป

งานวิจัยนี้จึงดำเนินการจัดทำระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการจัดตารางการผลิตในกระบวนการบดซีเมนต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการบดซีเมนต์ และแก้ไขปัญหาในประเด็นที่ได้กล่าวไป โดยผู้วิจัยได้พัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ประเภทกึ่งจำนวนเต็มสำหรับใช้เป็นแนวทางในการจัดตารางการผลิตซีเมนต์ ซึ่งกระบวนการผลิตมีลักษณะปัญหาเป็นประเภทแบบจำลองโครงข่าย ที่มีการเชื่อมต่อของ3 สถานีการทำงาน ประกอบด้วยหม้อบดซีเมนต์ไซโล และ หัวจ่าย ซึ่งทั้ง3 สถานีงานมีข้อจำกัดในการเชื่อมต่อ โดยกระบวนการบดเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง อีกทั้งมีค่าใช้จ่ายและเวลาในการปรับตั้งหม้อบดขึ้นอยู่กับซีเมนต์ที่ทำการผลิตก่อนหน้า ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่พิจารณาในตัวแบบคณิตศาสตร์จึงประกอบด้วยค่าไฟฟ้าและค่าปรับตั้งเครื่องจักรจึงถือเป็นต้นทุนหลักในกระบวนการบดซีเมนต์ นอกนี้ผู้วิจัยได้สร้างส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้เพื่อเพิ่มความสะดวกในการดำเนินงานของผู้ใช้

ผลลัพธ์ที่ได้จากระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ประกอบไปด้วย (1) ตารางการผลิตหม้อบดซีเมนต์ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ลดลง เมื่อเทียบการจัดตารางการผลิตแบบเดิม โดยค่าใช้จ่ายลดลงเฉลี่ยเดือนละ 4.5 ล้านบาท หรือคิดเป็น 2.85 เปอร์เซ็นต์ (2) แผนการบริหารไซโล และแผนการจ่ายซีเมนต์หัวจ่ายในแต่ละวัน ซึ่งคำนวณได้จากตัวแบบคณิตศาสตร์ (3) ลดเวลาการทำงานของพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตในแต่ละสัปดาห์

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2554

5270595121: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS : PRODUCTION SCHEDULING/ CEMENT PRODUCTION/ CONTINUOUS PRODUCTION/ DECISION SUPPORT SYSTEM/ MIXED INTEGER PROGRAMMING

APIWAT LIKITLERTLUMP: A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SCHEDULING OF CEMENT MILLING PROCESS.
ADVISOR: ASST.PROF. SEERONK PRICHANONT, Ph.D., 93 pp.

The study of the traditional scheduling process shows that there still are disadvantage points such as 1. Result from scheduling by using human is not optimal solution 2.Lack of some importance plan such as belt management Plan and Dispatch plan 3. Scheduling process is lack of standard because it is depended on some officer.

This research is working on decision support system in cement mill scheduling process that have objective to minimize total cost and improve other disadvantage. The mathematical is developed for cement scheduling processes which can define as a network flow problem. This process consists of 3 parts: milling station, cement-silo station and dispatching station with constrains of connection between each station. The objective function of this model is to minimize total cost. When total cost consist of electricity and setup cost in the milling station. In addition, graphic user interface is also developed for convenient usage of operators.

Result of this decision support system consists of (1) cement mill schedules that have average cost reduced from that of manually scheduling as 4.5 million Bath per month or 2.85 percent, (2) managing plan of cement silo inventory that display cement volume transferred from mills for each day and proposed daily dispatch plan and (3) reduced working time of employee in scheduling cement mill for each week.

Department: Industrial Engineering Student's Signature: .
Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature: .
Academic Year: 2011

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความเมตตาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ผศ.ดร. สีรง ปรีชานนท์ อาจารย์ที่ ปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้เสียสละเวลา ให้คำปรึกษาแนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คติสอนใจในการทำงานจนสำเร็จลุล่วง และ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพรชัย ท้วมปาน ที่ให้การสนับสนุนด้านข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้ทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดี รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. ปวีณา เชาวลิตวงค์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ และ อาจารย์ ดร. นันทชัย กานตานันทะ ที่ให้ความรู้และ คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของเนื้อหาการทำวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ สำหรับความห่วงใย กำลังใจ และความช่วยเหลือทุกๆ อย่างตลอดช่วงการทำวิทยานิพนธ์

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนในทุกๆ ด้าน ตลอดจนกระทั่งข้าพเจ้าสำเร็จการศึกษามาด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ณ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับประเภทของการผลิต 5

2.2 การจัดตารางการผลิต….. 8

2.3 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ 10

2.4 คุณลักษณะของแบบจำลอง 15

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

บทที่ 3 สำรวจรวบรวมข้อมูล 24

3.1 ลักษณะทั่วไปของโรงงาน 24

3.2 ประเภทผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา 26

3.3 กระบวนการผลิตซีเมนต์ 29

3.4 เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการบดซีเมนต์
และข้อจำกัดในการผลิต 33

3.5 นโยบายในการผลิตและขายผลิตภัณฑ์ของบริษัท 40

3.6 นโยบายการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ประเภทปูนซีเมนต์ 41

3.7 ธรรมชาติของกระบวนการสั่งซื้อสินค้าประเภทปูนซีเมนต์ 41

3.8 ระบบสนับสนุนแผนการผลิตและการขายของบริษัทกรณีศึกษา 41
บทที่ 4 การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในกระบวนการบดซีเมนต์..... 46
4.1 พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต 46
4.2 ผลการทดสอบตัวแบบคณิตศาสตร์..... 65
4.3 จำนวนตัวแปรฐานสองในตัวแบบคณิตศาสตร์..... 68
4.4 สรุปผลการทดลอง..... 68
4.5 องค์ประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในกระบวนการบดซีเมนต์..... 70
4.6 ขั้นตอนของทำงานระบบของสนับสนุนการตัดสินใจในกระบวนการบดซีเมนต์ 71
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 82
5.1 สรุปผลงานวิจัย 82
5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม..... 83
รายการอ้างอิง..... 84
ภาคผนวก 87
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 93

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปูนซีเมนต์ที่ผลิตได้ในแต่ละหม้อบด 33

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการผลิตซีเมนต์แต่ละประเภท ในหน่วยบาทต่อตันในช่วงค่าไฟ off peak 33

3.3 อัตราค่าบริการไฟฟ้าของประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ 34

3.4 การเชื่อมต่อระหว่าหม้อบด และ เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า 35

3.5 ปริมาณความจุของไซโลหมายเลขต่างๆ 36

3.6 ความสามารถในการจ่ายของซีเมนต์ประเภทบรรจุถุง ในหน่วยตัน/ชั่วโมง 40

3.7 ความสามารถในการจ่ายของซีเมนต์ประเภทปูนผง ในหน่วยตัน/ชั่วโมง 40

4.1 เซตทั่วไป และ สมาชิกภายในเซตทั่วไป 49

4.2 เซตความสัมพันธ์ 50

4.3 เซตความสัมพันธ์(ต่อ) 51

4.4 พารามิเตอร์ประเภทจำนวนจริงบวก 52

4.5 พารามิเตอร์ประเภทฐานสอง 53

4.6 ตัวแปรประเภทฐานสอง 53

4.7 ตัวแปรประเภทจำนวนจริงบวก 54

4.8 ตัวแปรประเภทจำนวนจริง 54

4.9 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตปัจจุบันและจากตัวแบบคณิตคณิตศาสตร์ .. 63

4.10 เวลาในการหาคำตอบของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 64

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	สายพานลำเลียงจากหม้อบดไปยังไซโล	2
1.2	ในการจัดตารางการผลิตที่ทางบริษัททำแต่เดิม	4
2.1	กระบวนการแก้ไขปัญหาด้วยแบบจำลอง	16
2.2	การวางแผนการผลิตแบบมีลำดับชั้นในโมเดลของ Omar และ Teo	21
2.3	ขั้นตอนวางแผนการผลิตแบบมีลำดับชั้น	23
3.1	แผนผังองค์กรโรงงานกรณีศึกษา	24
3.2	แผนผังแสดงกระบวนการผลิตซีเมนต์ของโรงงานกรณีศึกษา	31
3.3	สายพานลำเลียงที่เชื่อมต่อระหว่าหม้อบดและไซโล	37
3.4	การเชื่อมโยงระหว่าไซโลและหัวจ่ายหมายเลข 1-9	38
3.5	การเชื่อมโยงระหว่าไซโลและหัวจ่ายหมายเลข 10-15	39
3.6	การเชื่อมโยงระหว่าไซโลและหัวจ่ายหมายเลข 16-20	39
3.7	สรุปขั้นตอนวางแผนการผลิตและจัดตารางการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา	44
4.1	การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่าการจัดตารางการผลิต2วิธี	63
4.2	ค่าใช้จ่ายที่ลดลงในแต่ละเดือน	64
4.3	สถาปัตยกรรมของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ	66
4.4	ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	68
4.5	หน้าต่างลงชื่อเข้าใช้งานของโปรแกรม	69
4.6	หน้าต่างในข้อนตอนการปรับปรุงข้อมูลทั่วไป	70
4.7	วิธีการเพิ่มบัญชีผู้ใช้	71
4.8	วิธีการเพิ่มวันหยุดประจำปี	73
4.9	การกรอกช่วงเวลาที่พิจารณาในการจัดตารางการผลิต	73
4.10	หน้าต่างในขั้นตอนของการปรับตั้งข้อมูลสถานการณ์	74
4.11	สรุปขั้นตอนการทำงานในส่วนการแปลงข้อมูล	76
4.12	ตัวอย่างคำตอบในการจัดตารางที่ได้จาก GAMS:CPLEX	76
4.13	ตัวอย่างคำตอบในการจัดตารางหลังแปลงค่า	77

บทที่ 1

บทนำ

ในสภาพการณ์ที่เศรษฐกิจโลกในปัจจุบันที่มีการแข่งขันสูง ทำให้บริษัทต่างๆมุ่งเน้นไปยังการลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับผู้ขายรายอื่น ซึ่งรวมถึงอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ซีเมนต์ ด้วยเช่นกันซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นการสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจจัดตารางการผลิตในส่วนของหม้อบดซีเมนต์ ซึ่งเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดต้นทุนในการผลิตโดยพิจารณาข้อจำกัดในการผลิต เพื่อให้ได้ตารางการผลิตหม้อบดซีเมนต์ที่มีประสิทธิภาพ

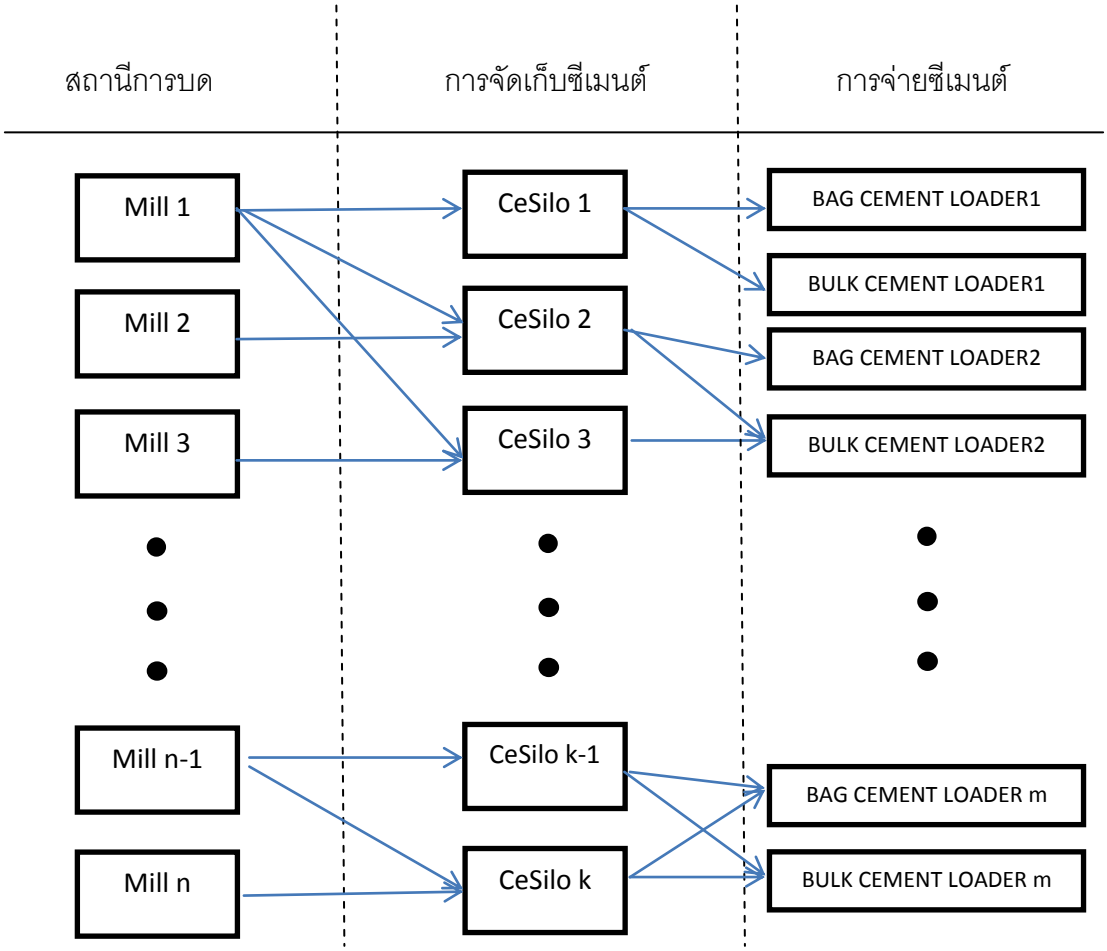
เนื้อหาในบนนี้จะเป็นการเกริ่นนำถึงความเป็นมาของปัญหาและแรงจูงใจในการวิจัย มีวัตถุประสงค์อย่างไร และมีขอบเขตและขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยอย่างไร รวมถึงแสดงประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยชิ้นนี้

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์จะประกอบไปด้วยขั้นตอนหลักๆที่ต้อง 3 ขั้นตอนคือ1. ขั้นตอนการบดซีเมนต์ 2.การเก็บรักษาซีเมนต์ 3.การจำหน่ายซีเมนต์ให้แก่ลูกค้า

ขั้นตอนการบดซีเมนต์ปูนเม็ดจะถูกหม้อบดซีเมนต์แปรรูปเป็นซีเมนต์แต่ละชนิดออกมา ในโรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้มีหม้อบดหลายเครื่องจักรทำงานขนานกัน โดยแต่ละเครื่องจักรมีความสามารถในการผลิต และ ต้นทุนในการผลิตปูนซีเมนต์แต่ละชนิดที่แตกต่างกันออกไป นอกจากนี้แล้วเนื่องจากหม้อบดเป็นเครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง ดังนั้นค่าบริการไฟฟ้า จึงเป็นต้นทุนหลักในการผลิต ซึ่งการคิดค่าบริการไฟฟ้าจะแบ่งเป็นช่วงเวลา ซึ่งมีอัตราการให้บริการไม่เท่ากัน

เมื่อผ่านขั้นตอนการบดซีเมนต์สำเร็จแล้ว ปูนซีเมนต์จะถูกขนส่งไปเก็บรักษา โดยสายพานต่อไปยังไซโล ซึ่งสายพานที่เชื่อมระหว่างหม้อบดและไซโลนั้นมีข้อจำกัดในการเชื่อมต่อ โดยจะเชื่อมต่อเพียงบางหม้อบดไปยังบางไซโล ดังที่แสดงในภาพที่ 1.2 และ ไซโลแต่ละไซโลสามารถเก็บปูนซีเมนต์ได้เพียงชนิดเดียวเท่านั้น



ภาพที่ 1.1 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างกระบวนการ

กระบวนการสุดท้าย คือ ขั้นตอนการจ่ายซีเมนต์ หัวจ่ายจะถูกแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ บรรจุถุงและบรรจุผงลงท้ายรถบรรทุก ซึ่งการเชื่อมต่อจะมีสายพานในการลำเลียงจากไซโลไปยังเครื่องบรรจุ โดยที่แต่ละหัวจ่ายที่มีความสามารถในการบรรจุแตกต่างกัน

จากที่กล่าวไปข้างตนจะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ ส่งผลให้การจัดตารางการผลิตมีความซับซ้อนในการตัดสินใจสูง ซึ่งแต่เดิมวิธีการจัดตารางการผลิตของโรงงานตัวอย่างตัดสินใจโดยใช้ขั้นตอนวิธี (algorithm) ส่วนตัวของพนักงานที่เกิดจากการประสบการณ์ และ การเรียนรู้ของพนักงานในการวางแผนการผลิตปูนซีเมนต์

ปัญหาที่เกิดขึ้นคือจัดตารางการผลิตโดยใช้ประสบการณ์ของพนักงาน คือ การจัดตารางการผลิตด้วยมนุษย์นั้น ยากที่จะหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ภายในเวลาอันสั้น เนื่องจาก มีปัจจัยหลาย

ประการที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่าย และ ข้อจำกัดในกระบวนการผลิต และการจัดตารางการผลิตแต่เดิมยังขาดมาตรฐานเพราะพึ่งพาพนักงานเพียงคนใดคนหนึ่งมาเกินไป

นอกจากนี้ความซับซ้อนของขั้นตอนการผลิตทำให้จัดตารางการผลิตเดิมนั้นยังมิได้วางแผนถึงรายละเอียดในส่วนต่างๆที่มีความสำคัญ ได้แก่

1. การวางแผนการจัดเก็บซีเมนต์จากหม้อบดไปยังไซโล ซึ่งแผนเดิมนั้นคำนวณเพียงแค่ในระดับของหม้อบดซีเมนต์เพียงอย่างเดียว ดังที่แสดงในภาพที่ 1.2 แต่ ในส่วนของสายพานลำเลียงไปยังไซโล และ ในส่วนการจ่ายซีเมนต์นั้น ไม่ได้ระบุถึงรายละเอียดว่าต้องขนส่งซีเมนต์โดยแผนบริหารสายพานขนส่งซีเมนต์ไปยังไซโลจะถูกวางแผนโดยละเอียดในระดับปฏิบัติการ ซึ่งเป็นการทำงานซ้ำซ้อน และก่อให้เกิดความเสี่ยงที่ตารางการผลิตที่จัดขึ้น อาจไม่สามารถถูกรับไปปฏิบัติได้จริง เนื่องจากข้อจำกัดบางประการตัวอย่างเช่น ไซโลที่สายพานเชื่อมต่อ ณ ขณะนั้นบรรจุซีเมนต์เต็ม ทำให้ต้องตัดสินใจเปลี่ยนการผลิตปูนเป็นชนิดอื่นหรือหยุดการผลิตแทน

2. แผนการบริหารคงคลังซีเมนต์ในแต่ละไซโล การวางแผนแต่เดิมจะพิจารณาคงคลังซีเมนต์เป็นรายโรงงานมิได้แสดงโดยละเอียดถึงระดับไซโล แต่เนื่องจากปูนซีเมนต์เป็นสินค้าที่มีอายุสามารถเก็บรักษาได้เพียง 45 วันดังนั้นการควบคุมการจ่ายซีเมนต์จากแต่ละไซโลจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อรักษาอายุซีเมนต์ให้ไม่เกิน 45 วันหลังการผลิต

จากปัญหาที่กล่าวไปในข้างต้นทำให้เกิดแรงจูงใจในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในกระบวนการบดซีเมนต์ ที่มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น และ แสดงรายละเอียดที่ช่วยส่งเสริมการทำงานของพนักงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) หรือ ขั้นตอนวิธี (algorithm)ในการจัดตารางการผลิตปูนซีเมนต์ที่สถานีเครื่องบด (milling machine) โดยมีวัตถุประสงค์ในการลดต้นทุนการผลิตในขั้นตอนการบด โดยพิจารณาไปถึงการบริหารซีเมนต์ไซโลและขั้นตอนในการจ่ายซีเมนต์

2. เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดตารางการผลิตปูนซีเมนต์ที่สถานีเครื่องบด ที่สะดวกต่อการใช้งานจริงโดยส่วนการตัดสินใจ (decision module) นั้นจะอ้างอิงจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หรือ ขั้นตอนวิธีที่ได้พัฒนาในวัตถุประสงค์ข้อ 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในกระบวนการบดซีเมนต์
2. พัฒนาการจัดตารางการผลิตในกระบวนการบดซีเมนต์ โดยกระบวนการที่พิจารณามีดังต่อไปนี้
    a. กระบวนการบดซีเมนต์
    b. การขนส่งจากหม้อบดไปยังไซโล
    c. การจัดเก็บซีเมนต์ยังไซโล
    d. การจ่ายซีเมนต์ที่หัวจ่ายประเภทถุง และ ประเภทผง
3. ประเภทซีเมนต์ที่พิจารณาในงานวิจัยชิ้นนี้มี 8 ประเภท

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาสภาพการดำเนินงานของเครื่องจักรภายในโรงงาน
2) ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นภายในโรงงาน
3) ศึกษาความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวางแผนการผลิตและการจัดตารางการผลิต
4) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง
5) กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย
6) เก็บข้อมูลต่างๆที่ส่งผลต่อการผลิตของโรงงาน
7) สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) สำหรับการแก้ปัญหา
8) ศึกษาวิธีการใช้งานโปรแกรม และ ประมวลผลหาคำตอบโดยใช้ GAMS: CPLEX
9) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
10) สร้างแบบฟอร์มมาตรฐานในรูปแบบของ Microsoft Excel เพื่อให้ผู้ใช้กรอกข้อมูล

11) ศึกษาการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรม Java และ GAMS:CPLEX

12) สร้าง GUI (Graphical User Interface)

13) สรุปผลและวิเคราะห์ผล

14) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะรับในงานวิจัยนี้มีดังนี้

1) ได้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) เข้ามาช่วยในการจัดตารางการผลิตหม้อบดปูนซีเมนต์

2) ได้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิต ที่ช่วยพนักงานในการจัดตารางการผลิตปูนซีเมนต์ โดยตารางการผลิตที่ที่ได้มีประสิทธิภาพ ซึ่งมีรายละเอียดที่ช่วยในการตัดสินใจต่างๆ ของระบบที่สูงขึ้น และง่ายต่อการใช้งาน

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับประเภทของการผลิต

2.2 การจัดตารางการผลิต

2.3 ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจัดการและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

2.4 คุณลักษณะของแบบจำลอง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับประเภทของการผลิต

โดยทั่วไปจะสามารถแบ่งประเภทของการผลิตตามระบบการผลิตและปริมาณการผลิตได้ดังนี้

การผลิตแบบโครงการ (Project Manufacturing) ใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูง ขนาดใหญ่ และมีลักษณะเฉพาะเจาะจงตามความต้องการของลูกค้าแต่ละราย เช่น การต่อเรือดำน้ำ การต่อเครื่องบิน การสร้างถนน การสร้างเขื่อน และการสร้างทางด่วน เป็นต้น ซึ่งการผลิตแบบโครงการในแต่ละครั้งมักใช้เวลานานและมีปริมาณการผลิตต่อครั้งน้อยมากโดยอาจผลิตเพียงหนึ่งชิ้นหรือสองชิ้นเท่านั้น โดยการผลิตในลักษณะนี้จะไม่มีการเคลื่อนย้ายชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิตแต่จะเคลื่อนย้ายคนและวัสดุสิ่งของเครื่องมือต่าง ๆ เข้ามาดำเนินการผลิตแทน จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงจะพบได้ว่าเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแบบโครงการนี้จึงควรเป็นเครื่องมือแบบอเนกประสงค์ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย และเนื่องด้วยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตในลักษณะนี้มีราคาที่สูงมากดังนั้นคนงานจึงต้องมีความรู้และได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการผลิตชิ้นงานดังกล่าวมาเป็นอย่างดีอีกทั้งแรงงานที่ใช้ควรต้องเป็นแรงงานที่มีฝีมือ

การผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop หรือ Intermittent Production) เป็นระบบการผลิตที่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างสูง โดยจะดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ตามความ

ต้องการของลูกค้า ซึ่งการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อครั้งจะใช้ชื่อเรียกเป็นรุ่นและผลิตภัณฑ์ในแต่ละรุ่นก็จะมีการเปลี่ยนรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตค่อนข้างบ่อยตามความต้องการของตลาด ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มีไม่มีมาตรฐานในแง่ของรูปแบบที่คงที่มากนัก เช่น การให้บริการแก่คนไข้ที่เข้ามาทำการรักษาในโรงพยาบาล อุปกรณ์และเครื่องมือทางการแพทย์ต่างๆ จะถูกรวมเข้าไว้ด้วยกันตามหน้าที่การใช้งานในส่วนการดำเนินงานและแผนกต่างๆ ของโรงพยาบาลที่จะสามารถทำให้การรักษาพยาบาลแก่คนไข้สามารถดำเนินไปตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ และเมื่อให้บริการแก่คนไข้กลุ่มหนึ่งเสร็จจึงจะเปลี่ยนไปให้บริการแก่คนไข้อีกกลุ่มหนึ่งโดยใช้อุปกรณ์ทางการแพทย์ชุดเดิม

การผลิตแบบกลุ่ม (Batch Production) การผลิตในลักษณะนี้จะเป็นการผลิตที่คล้ายกับการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องมากในแง่ที่ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มักจะมีความหลากหลาย แต่การผลิตแบบไม่ต่อเนื่องจะมีลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์หลากหลายมากกว่า เนื่องจากการผลิตแบบกลุ่มจะมีลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแยกเป็นกลุ่มๆ ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะผลิตตามมาตรฐานเดียวกันหมด และเมื่อพิจารณาถึงลักษณะการจัดวางเครื่องจักรและอุปกรณ์ของการผลิตแบบกลุ่มจะพบว่าการผลิตแบบกลุ่มจะมีการจัดวางเครื่องจักรคล้ายกับการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง คือ จะจัดวางเครื่องจักรเป็นสถานีงานตามหน้าที่ของเครื่องจักรแล้วดำเนินการผลิตตามแต่ละสถานีตามลำดับขั้นตอน โดยการผลิตแบบกลุ่มนี้ใช้สำหรับการดำเนินการผลิตตามคำสั่งซื้อและการผลิตเพื่อรอจำหน่าย เช่น การเย็บเสื้อโหล เป็นต้น

การผลิตแบบไหลผ่าน หรือการผลิตตามสายการประกอบ หรือการผลิตแบบซ้ำ (Line-Flow หรือ Assembly หรือ Repetitive Production) เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเดียวกันในจำนวนที่สูงมาก เช่น การผลิตแชมพู การผลิตรถยนต์ การผลิตเครื่องซักผ้า โดยการผลิตแบบไหลผ่านใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีความเฉพาะเจาะจงในกระบวนการผลิตแต่ละสายผลิตภัณฑ์ที่สูง เพื่อให้การผลิตสามารถดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและการผลิตในแต่ละครั้งจะให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สูง โดยไม่มีการใช้เครื่องจักรร่วมกัน ซึ่งการผลิตแบบนี้จะเหมาะสมกับการผลิตเพื่อรอจำหน่ายโดยส่งเข้าคลังพัสดุหรือใช้ในการประกอบโมดูลในการผลิตเพื่อรอคำสั่งซื้อจากลูกค้า

การผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Process หรือ Continuous Flow Production) มักจะเป็นการผลิตหรือแปรรูปทรัพยากรธรรมชาติสำหรับการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตในลักษณะนี้เป็นวัตถุดิบในการผลิตขั้นตอนต่อไป ดังนั้นการผลิตแบบต่อเนื่องจึงเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวในปริมาณที่มากอย่างต่อเนื่องโดยใช้เครื่องจักรที่มีลักษณะการใช้งานเฉพาะเจาะจง

2.2. การจัดตารางการผลิต

เนื่องจากปัจจุบันองค์กรต่างๆ มีความต้องการที่จะเพิ่มผลกำไรสูงสุดให้แก่องค์กร ซึ่งการเพิ่มผลกำไรดังกล่าวอาจทำได้หลายวิธี วิธีการหนึ่งที่ปัจจุบันองค์กรต่างๆ ได้เล็งเห็นความสำคัญและให้ความสนใจ ได้แก่ การลดต้นทุนขององค์กรลงโดยการใช้ทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่อย่างคุ้มค่ามากที่สุดหรือดำเนินการผลิตให้เกิดความสูญเปล่าทั้งในแง่ของแรงงาน วัตถุดิบ พลังงาน รวมไปถึงระยะเวลาการรอคอยให้น้อยที่สุด ดังนั้นการวางแผนในการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง การจัดตารางจัดได้ว่าเป็นการวางแผนในการผลิตอย่างหนึ่งที่จะมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ถึงความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งได้มีผู้ให้คำนิยามเกี่ยวกับการจัดตารางไว้หลายคำนิยามด้วยกันไม่ว่าจะเป็น

การจัดตาราง (Scheduling) คือ การจัดรูปแบบหรือการวางแผนเพื่อนำไปใช้สำหรับการปฏิบัติงานใดๆ ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่ได้ตังไว้หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าการจัดตารางเป็นกระบวนการที่ถูกนำมาใช้เพื่อการตัดสินใจสำหรับการจัดทำตารางหรือกำหนดการล่วงหน้า (ปารเมศ, 2552)

การจัดตาราง หมายถึง การวิเคราะห์การนำทรัพยากรและเวลาที่มีอยู่อย่างจำกัดไปใช้เพื่อการปฏิบัติงานใดๆ ให้บรรลุวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายสูงสุดที่องค์กรได้ตั้งไว้ที่ได้ตั้งไว้ภายใต้ระยะเวลาที่กำหนด โดยในทางทฤษฎีฟังก์ชั่น วัตถุประสงค์ของการจัดตารางควรประกอบไปด้วยปัจจัยในเรื่องของค่าใช้จ่าย (Cost) ทั้งหมดที่เกิดขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ในเรื่องของค่าใช้จ่ายดังกล่าวจะมาจากรูปแบบของการจัดตารางที่ได้กำหนดไว้ในเบื้องต้น อย่างไรก็ดีการวัดผลลัพธ์แง่ของค่าใช้จ่ายที่ได้จากการจัดตารางอาจจะวัดผลออกมทาในรูปของตัวเลขได้ยากมาก ดังนั้นการแสดงฟังก์ชั่น

วัตถุประสงค์ในรูปของค่าใช้จ่ายจึงถูกแทนที่ด้วยการกำหนดเป้าหมาย 3 รูปแบบหลักเพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดสำหรับการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการจัดตาราง ซึ่งตัวชี้วัดที่ถูกเลือกมาใช้ ได้แก่ ประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร ความรวดเร็วในการตอบสนองต่ออุปสงค์และการส่งมอบที่ตรงที่ตรงเวลา โดยเมื่อวิเคราะห์ต่อมาจะพบว่าข้อจำกัดประการหลักที่มักพบเสมอในการจัดตาราง คือ

1. ข้อจำกัดด้านทรัพยากร

2. ข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี

เมื่อวิเคราะห์ข้อจำกัดข้างต้นแล้วจึงพบว่าปัญหาในการจัดตารางจะถูกแบ่งได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ปัญหาด้านการจัดสรรทรัพยากร

2. ปัญหาด้านการจัดลำดับก่อนหลังของงาน

โดยการประเมินผลลัพธ์หรือประสิทธิภาพของการจัดตารางว่ามีประสิทธิภาพสูงเพียงใดที่ได้จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ตั้งแต่ขั้นต้น โดยวัตถุประสงค์จะมีความหลากหลายแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับการใช้งานแต่โดยส่วนมากวัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญต่อการจัดตารางมีดังต่อไปนี้

1. วัตถุประสงค์ที่มุ่งเน้นไปที่ปริมาณของผลผลิตที่ได้รับ

วัตถุประสงค์นี้จัดได้ว่าเป็นวัตถุประสงค์หลักที่หลายๆ องค์กรนำการจัดตารางมาช่วยเพื่อเพิ่มปริมาณผลได้ของผลผลิต และผู้บริหารส่วนมากมักจะวัดผลการดำเนินงานขององค์กรโดยการประเมินจากผลผลิตที่ได้รับ โดยตัวอย่างของวัตถุประสงค์ด้านปริมาณผลผลิตที่สำคัญมีดังนี้

- เวลาไหลของงาน (Flow Time) หมายถึงระยะเวลาทั้งหมดที่งานใช้อยู่ในระบบ

- เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) โดยเวลาปิดงานจะมีความสำคัญต่อเมื่องานที่เข้ามามีจำนวนจำกัด

2. วัตถุประสงค์ด้านการส่งมอบ

มีวัตถุประสงค์จำนวนมากที่มีความเกี่ยวเนื่องกับการส่งมอบไม่ว่าจะเป็นเวลาสาย เวลาล่าช้า จำนวนงานสายหรือจำนวนงานที่ล่าช้า

3. วัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่าย

โดยการจัดตารางในวัตถุประสงค์นี้จะเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นภายหลังการจัดตารางซึ่งหากมีการจัดตารางที่มีระบบและมีประสิทธิภาพก็จะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายขององค์กรมีค่าลดลงได้ โดยวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

- เวลาเสร็จงานทั้งหมดที่ถูกถ่วงน้ำหนัก (Total Weighted Completion Time) โดยเมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ในหน่วยของเวลาเสร็จงานทั้งหมดที่ถูกถ่วงน้ำหนักมารวมกันก็จะทำให้ทราบถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการจัดเก็บพัสดุคงคลัง

- เวลาเสร็จงานและหักลด (Discounted Total Weighted Completion Time)

- ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการปรับตั้งเครื่องจักร

- ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากพัสดุคงคลังของงานระหว่างกระบวนการ (Work-In-Process, WIP) วัตถุประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับการลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นกับงานระหว่างกระบวนการ จัดได้ว่าเป็นวัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญมากประการหนึ่งเนื่องจากหากมีงานระหว่างกระบวนในปริมาณที่สูงก็จะส่งผลให้เกิดภาวะเงินจมขึ้นในที่สุด ดังนั้นการจัดตารางที่ดีควรจะมุ่งเน้นที่ที่การลดพัสดุคงคลังของงานระหว่างกระบวนการ

- ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากพัสดุคงคลังของสินค้าสำเร็จรูป (Finish Goods Inventory Cost) วัตถุประสงค์ด้านนี้จัดได้ว่าเป็นวัตถุประสงค์อีกด้านหนึ่งที่เป็นตัวสะท้อนให้เห็นถึงการบริหารระบบผลิตที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากหากมีพัสดุคงคลังของสินค้าสำเร็จรูปเป็นจำนวนมากจะส่งผลกระทบในแง่ลบหลายประการต่อองค์กรทั้งในแง่ของเงินจมและค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปสำหรับการควบคุมดูแลรักษาและจัดเก็บสินค้า

- ค่าใช้จ่ายด้านบุคลากร (Personnel Cost) การจัดตารางจะมีความเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายด้านบุคลากรในแง่ของการจัดระบบกะการทำงานของพนักงาน เนื่องจากการจัดตารางด้านบุคลากรที่ไม่มีประสิทธิภาพจะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการทำงานล่วงเวลามีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยพบว่าบางองค์กรมีค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปกับค่าล่วงเวลาของพนักงานสูงกว่าค่าใช้จ่ายพื้นฐาน ดังนั้นการจัดตารางในวัตถุประสงค์นี้จึงมุ่งเน้นไปที่การลดค่าใช้จ่ายของบุคลากรให้มีค่าต่ำที่สุดและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2.3 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System)

ในงานวิจัยของธนพล(2553)ได้กล่าวว่าในธุรกิจหรือกระบวนการการทำงานที่ไม่มีโครงสร้างขั้นตอนการดำเนินงานที่ชัดเจน หรือมีเพียงบางส่วนเท่านั้น เป็นเรื่องยากที่ผู้บริหารจะทำการตัดสินใจในเรื่องกิจกรรมทางธุรกิจได้อย่างมั่นใจ ดังนั้นระบบ สนับสนุนการตัดสินใจ จึงมีบทบาทต่อผู้บริหารหรือคณะทำงานในการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ ซึ่งระบบดังกล่าวเป็นระบบย่อยส่วนหนึ่งใน ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS: Management information system) โดยสิ่งที่สำคัญในการใช้ประกอบการตัดสินใจนั้น คือ การรวบรวมข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่ซับซ้อนมาวิเคราะห์และนำมาสร้างเป็นตัวแบบ (model) เพื่อให้สามารถทำการวิเคราะห์ได้อย่างเป็นระบบจึงจำเป็นจะต้องมี ซอฟต์แวร์ สำหรับใช้กับ คอมพิวเตอร์ ในการจัดการเกี่ยวกับ การรวบรวมข้อมูลจัดเก็บเป็นระบบและสร้างตัวแบบเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ โดยสามารถสื่อสาร โต้ตอบระหว่างผู้ใช้งานกับ ระบบการทำงานของ ซอฟต์แวร์ ที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้กับ คอมพิวเตอร์ ในกรณีที่ไม่ได้ระบุเงื่อนไขในข้อมูลที่ป้อนเก็บ หรือ ขบวนการการดำเนินกิจกรรมที่ไม่มีโครงสร้างที่ชัดเจน ซึ่งซอฟต์แวร์ ที่มีหน้าที่ดังที่กล่าวไปข้างต้นเรียกว่า ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ จึงเป็นสิ่งที่ผู้ใช้หรือนักวิเคราะห์ใช้ในการประเมินผลและแก้ปัญหา ซึ่งจะประกอบด้วย ชุดเครื่องมือ ข้อมูล ตัวแบบ (model) และทรัพยากรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

1) รูปแบบของการตัดสินใจ (type of decision) สามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบดังนี้

1.1) การตัดสินใจที่มีโครงสร้างชัดเจน (structured decision) การตัดสินใจในลักษณะนี้จะเกี่ยวข้องกับงานประจำที่มีขั้นตอนการทำงานที่กำหนดเวลาและขั้นตอนการตัดสินใจไว้ล่วงหน้าและชัดเจน เช่น การกำหนดแผนในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร และเปลี่ยนส่วนประกอบต่าง ๆ ในเครื่องเมื่อถึงกำหนดชั่วโมงการทำงานตามแผน การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive maintenance) ซึ่งการตัดสินใจในลักษณะนี้จะเป็นการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับหัวหน้างาน

1.2) การตัดสินใจชนิดไม่มีโครงสร้างชัดเจน (Unstructured decision) เป็นการตัดสินใจสำหรับการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่ไม่สามารถคาดการณ์ปัญหาได้ล่วงหน้า เช่น การตัดสินใจเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาการดำเนินธุรกิจในขณะน้ำท่วมใหญ่ในกรุงเทพ และปริมณฑลในปลายปีที่แล้ว หรือผลกระทบจากเศรษฐกิจที่รุนแรงในบางประเทศแถบยุโรปว่าส่งผลกระทบต่อ

การค้าขายกับต่างประเทศอย่างไร ซึ่งการตัดสินใจดังกล่าวจะต้องอาศัยประสบการณ์หรือสัญชาตญาณเฉพาะคน ดังนั้นรูปแบบการตัดสินใจของแต่ละคนจึงไม่เหมือนกันถึงแม้จะเป็นเรื่องเดียวกัน ซึ่งรูปแบบการตัดสินใจแบบไม่มีโครงสร้างชัดเจนส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับผู้บริหารระดับกลางและสูง

1.3) การตัดสินใจกึ่งโครงสร้าง (semi structured decision) เป็นการตัดสินใจซึ่งผสมระหว่าง แบบการตัดสินใจที่มีโครงสร้างชัดเจนกับการตัดสินใจแบบไม่มีโครงสร้าง ส่งผลให้การตัดสินใจในลักษณะนี้เป็นการผสมระหว่างการตัดสินใจที่มีวิธีการและขั้นตอนที่ชัดเจนกับการตัดสินใจที่ต้องอาศัยประสบการณ์ ความสามารถเฉพาะคนและสัญชาตญาณในการตัดสินใจ ซึ่งส่วนใหญ่การตัดสินใจแบบกึ่งโครงสร้างนี้ เป็นหน้าที่ของผู้บริหารระดับสูงที่จะต้องใช้วิจารณญาณความสามารถและประสบการณ์ ตัวอย่างเช่น การตัดสินใจในการเสนอราคาประมูลเพื่อสร้างเครื่องจักรชนิดหนึ่งให้กับลูกค้าเพื่อแข่งขันกับคู่แข่งจำเป็นจะต้องเสนอราคาตามวิธีการและขั้นตอนในการเสนอราคาที่แน่นอน ซึ่งสามารถคำนวณต้นทุนอุปกรณ์ชิ้นส่วน วัตถุดิบ กำลังคนและเวลาในการจัดหาได้แน่นอน แต่อาจจะมีปัญหาเกี่ยวกับความเสี่ยงในเรื่องอัตราแลกเปลี่ยนที่จะต้องสั่งชิ้นส่วนจากเมืองนอก และปัจจัยทางภัยธรรมชาติทำให้ไม่สามารถรับชิ้นส่วนมาประกอบสร้างเป็นเครื่องจักรได้ ยกตัวอย่างเช่น เหตุการณ์ซึนามิที่เกิดขึ้นขึ้นในประเทศญี่ปุ่นเมื่อต้นปีที่แล้วส่งผลให้เกิดการขาดทุน เนื่องจากไม่สามารถส่งมอบสินค้าได้หลังประมูลงานได้ ซึ่งความเสี่ยงต่างๆ เหล่านี้จะต้องอาศัยการตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูงในการหาทางวิธีการแก้ปัญหา เช่น อาศัยความสัมพันธ์ส่วนตัวที่สามารถนำชิ้นส่วนจากแหล่งผู้ขายมาทดแทนชิ้นส่วนที่ขาดแคลนเพื่อให้สามารถดำเนินการผลิตได้ทันเวลา

2) คุณสมบัติของระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ดีควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

2.1) ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน เรียนรู้ง่าย สะดวกใช้

2.2) ระบบจะต้องตอบสนองและสื่อสารโต้ตอบกับผู้ใช้ได้เร็วและมีความถูกต้องแม่นยำสูง

2.3) มีฐานข้อมูลและรูปแบบจำลองอ้างอิงที่เหมาะสมหลายรูปแบบที่สามารถนำมาเทียบเคียงกับลักษณะของปัญหาจริง เพื่อช่วยในการตัดสินใจ

2.4) ระบบที่สามารถจัดการระบบการตัดสินใจแบบกึ่งโครงสร้างและไม่มีโครงสร้างอย่างมีประสิทธิภาพ และแม่นยำ

2.5) สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้หลากหลายรูปแบบในลักษณะของปัญหาที่การเปลี่ยนตามสถานการณ์ตลอดเวลาและไม่แน่นอน แต่ระบบสามารถจัดช่วยข้อมูลให้ไม่ซับซ้อนและง่ายต่อการตัดสินใจ

3) ระบบช่วยในการตัดสินใจ (Decision support system) ประกอบด้วยส่วนสำคัญทั้งหมด 4 ส่วนดังนี้

3.1) อุปกรณ์ หลักของระบบช่วยในการตัดสินใจประกอบด้วย 3 ส่วนหลักดังนี้

- คอมพิวเตอร์ อาจจะเป็นแบบ ตั้งโต๊ะ หรือ คอมพิวเตอร์แบบพกพา และสามารถใช้งานได้บน Spread sheet หรือ ซอฟต์แวร์ของฐานข้อมูล

- อุปกรณ์สื่อสารต่างๆ ที่ใช้ร่วมกับ คอมพิวเตอร์ เพื่อสำหรับเชื่อมต่อค้นหาข้อมูลหรือเก็บเข้าฐานข้อมูลต่าง ๆ หรือ file server เช่น ระบบ network (LAN), ADSL router สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ หรือ air card ที่ใช้สื่อสารผ่านโทรศัพท์มือถือ แม้แต่การสื่อสารผ่านระบบ Video conference ในกรณีต้องการประชุมทางไกลเพื่อหาข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจ

- อุปกรณ์ แสดงผล จอแสดงผลหรือเครื่องพิมพ์ เพื่อให้ผู้ตัดสินใจได้เข้าใจถึงรายละเอียดและตัดสินใจบนภาพที่เห็นจริงซึ่งน่าจะมีประสิทธิผลในการตัดสินใจที่ดีกว่า

3.2) Operating system ซึ่งถือเป็นหัวใจของระบบการตัดสินใจซึ่งระบบนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักดังนี้

- ฐานข้อมูล (Data base) ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ จะเป็นฐานข้อมูลของระบบเองแต่มีการเชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูลขององค์กร เพื่อดึงเอาข้อมูลสำคัญบางส่วนมาใช้งาน และมีการป้อนข้อมูลอื่นๆ ที่สำคัญเก็บไว้ในฐานข้อมูล ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ นี้

- ฐานข้อมูลแบบจำลอง (model base) เป็นฐานข้อมูลซึ่งรวบรวมแบบจำลองต่าง ๆ ที่มีไว้สำหรับให้ผู้ใช้ไว้เป็นสิ่งอ้างอิงหรือเทียบเคียงกับ สถานการณ์ หรือ เหตุการณ์ ที่ผู้ใช้กำลังต้องการตัดสินใจอยู่ ซึ่งมีทั้งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และแบบจำลองในการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อความสะดวกสบายในการใช้อ้างอิงถึง

- ระบบชุดคำสั่งในการใช้ ซอฟต์แวร์ ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญมากส่วนหนึ่งที่จะทำหน้าที่

i. ทำให้ผู้ใช้สามารถสื่อสารจัดเก็บหรือเรียกใช้จากฐานข้อมูลต่างๆ ในอดีตและปัจจุบัน

ii. ทำหน้าจัดการ ป้อนเข้า หรือดึงออกจากฐานข้อมูลต่างๆ ได้อย่างเป็นระเบียบและประมวลผลเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่ป้อนเข้าใหม่กับข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูลเดิมเพื่อความสะดวกรวดเร็วและถูกต้องแม่นยำสำหรับผู้ใช้งาน ซึ่งชุดคำสั่งดังกล่าวจะทำหน้าที่เป็นส่วนที่เชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้งาน ฐานข้อมูลที่จำเป็นและ ฐานข้อมูลแบบจำลองต่างๆ

3.3) ข้อมูลที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

ส่วนประกอบที่สำคัญอีกสามส่วนในระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ไม่ว่าเรื่องอุปกรณ์หรือคอมพิวเตอร์ที่ถูกเลือกมาใช้จะต้องมีความทันสมัย เร็วและแม่นยำเพื่อรองรับกับระบบ operating system ที่ถูกออกแบบให้มีการความสามารถดีเยี่ยม สามารถจัดการการทำงานให้สอดคล้องกับข้อมูลทุกส่วนในระบบและ เนื่องจากหากข้อมูลที่มีอยู่เป็นข้อมูลที่ไม่ได้เป็นตัวแทนของปัญหาที่จะใช้วิเคราะห์หรือเป็นข้อมูลที่บิดเบือน ก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการตัดสินใจขึ้นได้

ดังนั้นข้อมูลที่ดีควรจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

- มีมากพอที่จะเป็นตัวแทนในประเมินเพื่อการตัดสินใจ
- มีความถูกต้องและไม่เก่าเกินไปเหมาะกับเหตุการณ์และสถานการณ์ที่กำลังจะประเมินเพื่อการตัดสินใจ
- ข้อมูลจะต้องมีความครบถ้วนเป็นตัวแทนในทุกสถานการณ์ และสามารถนำออกมาใช้ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว
- ข้อมูลได้รับการจัดการเป็นหมวดหมู่ ที่สามารถนำออกมาสร้างเป็นรูปแบบจำลอง ต่าง ๆอย่างยืดหยุ่น หลายรูปแบบ เพื่อการวิเคราะห์ ได้ง่ายและเหมาะกับทุกรูปแบบ

3.4) บุคลากรที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ได้แก่

บุคลากรเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เนื่องจากบุคคลจะเป็นผู้กำหนดเป้าหมายรวมถึงความต้องการ ของระบบ และบุคลากรยังเป็นผู้มีหน้าที่ในการวางแผนการพัฒนาและใช้งานระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ซึ่งสามารถแบ่งบุคลากรได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

- กลุ่มผู้ใช้ (End user) ได้แก่ ผู้บริหาร นักวิเคราะห์หรือผู้เชี่ยวชาญในด้านธุรกิจที่ต้องการนำระบบสนับสนุนการตัดสินใจ มาวิเคราะห์ปัญหาที่จะต้องตัดสินใจ เพื่อส่วนประกอบในการตัดสินใจต่อปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่
- กลุ่มผู้สร้างและผู้สนับสนุนระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ได้แก่ บุคคลที่ออกแบบและสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ขึ้นมาตามเป้าหมายในการใช้งาน และ ให้

คำปรึกษาเกี่ยวกับการใช้ระบบให้แก่ ผู้ใช้งานหรือผู้ควบคุมดูแลรักษาอุปกรณ์ ตลอดจนการจัดการเกี่ยวกับป้อนและเก็บรักษาข้อมูล เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อเป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจต่อไป

2.4 คุณลักษณะของแบบจำลอง

ในงานวิจัยของนันท์ธวัช(2551) ได้ให้คำนิยามแบบจำลองโดยทั่วไปจะต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ต้องมีความถูกต้อง นอกจากแบบจำลองจะสามารถจำลองปัญหาที่เกิดขึ้นได้ตรงกับความสภาพความเป็นจริงอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ดีแบบจำลองยังต้องมีความน่าเชื่อถือและสามารถและแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาลักษณะเฉพาะต่างๆได้อย่างถูกต้องแม่นยำอีกด้วย

2. ต้องสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายลงได้ เนื่องจากแบบจำลองจะสามารถลดความผิดพลาดที่เกิดจากการตัดสินใจในอดีต ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปจากการตัดสินใจผิดพลาดก็จะลดลงหากมีการนำแบบจำลองที่มีความถูกต้องแม่นยำเข้ามาช่วยในการตัดสินใจ

3. สามารถจำลองข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเพื่อที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจในปัจจุบันได้ เนื่องจากแบบจำลองจะสามารถคาดการณ์หรือพยากรณ์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ประกอบการตัดสินใจและนำไปประยุกต์ในการแก้ปัญหาในปัจจุบันได้

4. แบบจำลองสามารถทำกิจกรรมที่นอกเหนือความสามารถของมนุษย์ได้ เนื่องจากแบบจำลองจะมีประโยชน์ในการจำลองแบบทดลองที่สภาพการณ์บางอย่างไม่สามารถสร้างขึ้นได้ในความเป็นจริง

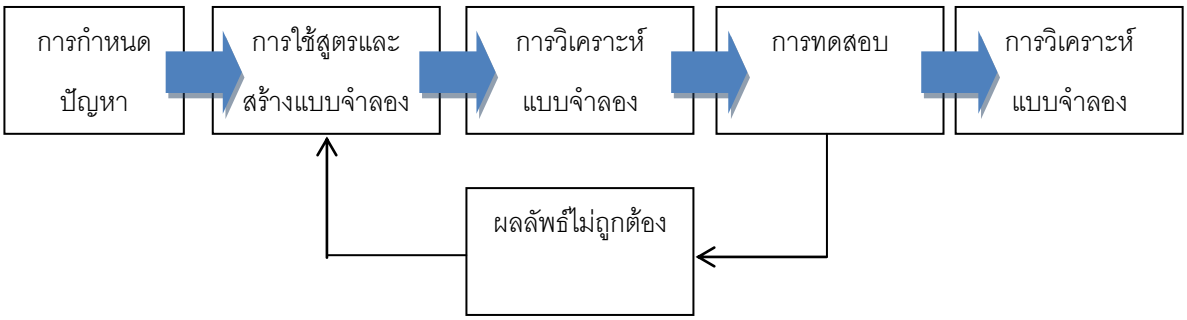
5. แบบจำลองที่ดีจะสามารถทำให้เข้าใจถึงปัญหาได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแบบจำลองจะทำให้ผู้ตัดสินใจเข้าใจในที่มาของปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะสามารถนำไปประยุกต์ในการตัดสินใจและนำไปสู่การตัดสินใจที่มีเหตุมีผลและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2.4.1 กระบวนการแก้ปัญหา

วัตถุประสงค์หลักของการสร้างแบบจำลอง คือ การช่วยให้ผู้บริหารมีแหล่งข้อมูลที่จะสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจสำหรับการกำหนดแนวทางหรือแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลมากขึ้น อย่างไรก็ดีเนื่องจากแบบจำลองเป็นเพียงระบบช่วย

สนับสนุนการตัดสินใจแต่การแก้ไขปัญหาจะมีประสิทธิภาพหรือไม่ก็ต้องขึ้นอยู่กับความเข้าใจของผู้บริหารในการเลือกแนวทางการแก้ไขปัญหาอีกด้วย

การที่ผู้ตัดสินใจจะสามารถสร้างแบบจำลองได้ตรงตามสภาพของปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพได้นั้น มีความจำเป็นที่ผู้ตัดสินใจจะต้องเข้าใจในกระบวนการแก้ปัญหาเสียก่อน เพื่อให้ แก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้อง จึงบรรลุผลตามเป้าหมายที่กำหนดไว้โดยแผนภาพของกระบวนการแก้ไขปัญหาด้วยแบบจำลอง เป็นดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 กระบวนการแก้ไขปัญหาด้วยแบบจำลอง

ขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหาแบ่งออกได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดปัญหา เป็นขั้นตอนแรกในการแก้ปัญหา ถือได้ว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากหากกำหนดลักษณะปัญหาไม่ถูกต้อง การใช้สูตรและการดำเนินงานขั้นต่อไปก็จะเกิดความผิดพลาดตามไปด้วย ซึ่งผู้ตัดสินใจจะต้องทราบก่อนว่าสถานการณ์ปัจจุบันเป็นอย่างไร และเป้าหมายขององค์กรคืออะไร เพราะการกำหนดปัญหาเป็นเรื่องยาก ดังนั้นผู้ตัดสินใจจึงจำเป็นต้องศึกษาสถานการณ์ที่ยุ่งยากด้วยตนเอง ซึ่งอาจจะต้องปรึกษาผู้อื่นเพื่อให้เข้าใจในสถานการณ์ หรือศึกษาโดยการอ่านและรวบรวมข้อมูลสารสนเทศเป็นจำนวนมาก และให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาของสถานการณ์ที่ยุ่งยากได้ ดังนั้น การกำหนดปัญหาจะต้องมีความเข้าใจอย่างมาก ซึ่งการจินตนาการ เวลา และงานสืบสวนที่ดี ผลลัพธ์สุดท้ายในการกำหนดปัญหาคือ ขอบเขตของปัญหา และสามารถเข้าใจปัญหาได้อย่างชัดเจนขึ้น

2.การใช้สูตรและสร้างแบบจำลอง คือการสร้างหรือใช้สูตรจำลองเพื่ออธิบายปัญหาที่กำหนดไว้ โดยการจำลองหรืออธิบายปัญหาที่กำหนดไว้ โดยต้องพิจารณาว่าการสร้างหรือใช้สูตร

ขึ้นอยู่กับปัญหาว่า เหมาะสมกับสูตรใด เช่น แบบจำลองการวัด(Scale Model) แบบจำลองสายตา(Visual Model) และแบบจำลองจิตใจ (Mental Model) หรือแบบจำลองคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เป็นต้น ถึงแม้ว่าจะมีการกล่าวถึงแบบคณิตศาสตร์อยู่บ่อยครั้ง ถึงแม้ว่าจะมีการกล่าวถึงแบบจำลองคณิตศาสตร์อยู่บ่อยครั้ง แต่ก็ไม่ได้หมายความว่า แบบจำลองนี้สามารถทำได้ดีที่สุดเสมอไป ซึ่งแบบจำลองที่ดีที่สุด คือ จะเป็นแบบจำลองที่นำไปสู่คุณลักษณะต่างๆที่สัมพันธ์ของปัญหาและง่ายที่สุด ดังที่ได้กล่าวไว้ในตารางแสดงแบบจำลองข้างต้น เมื่อทราบลักษณะแบบจำลองแล้วจึงสามารถเลือกเทคนิคในการนำไปใช้ได้ สิ่งสำคัญก็คือ ไม่ควรใช้เทคนิคหนึ่งมากเกินไป

3.การวิเคราะห์แบบจำลอง เมื่อตรวจสอบว่ามีการนำไปใช้อย่างถูกต้องแล้ว ซึ่งในการผ่านกระบวนการแก้ปัญหาโดยนำแบบจำลองที่อยู่ในรูปกระดาษคำนวณไปวิเคราะห์ ซึ่งการออกแบบจำลองที่ดีนั้น ควรเปลี่ยนแปลงสมมติฐานบางประการเพื่อที่จะพิจารณาว่าสิ่งใดเกิดขึ้นเมื่อสถานการณ์เปลี่ยนไป

4.การทดสอบ เนื่องจากผลของการวิเคราะห์แบบจำลองไม่ได้ให้ปัญหาที่ศึกษาอยู่เสมอไป คำว่า “ถ้า….แล้ว” นั้น มีความสำคัญเป็นอย่างมากที่จะทดสอบความเป็นไปได้ หรือคุณภาพของแต่ละคำตอบซึ่งกระบวนการทดสอบนี้จะช่วยเข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้งขึ้น ในขั้นตอนการทดสอบก็เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญขั้นตอนหนึ่ง เนื่องจากทำให้ผู้ตัดสินใจมีโอกาสตรวจสอบผลแบบจำลองอีกครั้งหนึ่ง เมื่อผู้ตัดสินใจพบข้อผิดพลาด ก็สามารถย้อนกลับไปปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้งหนึ่ง ในขั้นตอนการใช้สูตรและการนำไปใช้ เพื่อให้มีความถูกต้องมากที่สุดก่อนนำไปใช้จริง

5.การนำไปใช้ เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งขั้นตอนนี้จัดได้ว่าเป็นขั้นตอนที่ยากที่สุด เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในองค์กรใดๆ มักจะส่งให้เกิดการต่อต้านจากพนักงานเสมอ ดังนั้นแบบจำลองที่จะนำไปประยุกต์ใช้ภายในองค์กรจึงต้องเป็นแบบจำลองที่มีความยืดหยุ่นและง่ายต่อการนำใช้งานและเพื่อให้บุคลากรภายในองค์สามารถยอมรับในการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ยศธนา เสน่หา (2549) ได้ให้คำนิยามของการวางแผนและควบคุมการผลิตไว้ว่าเป็นการวางแผนและควบคุมการผลิตเป็นการจัดการเพื่อกำหนดว่าควรจะผลิตสินค้าใดปริมาณเท่าใดเมื่อใดซึ่งเป็นการบริหารทรัพยากรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

งานวิจัยด้านแบบจำลองที่จะนำไปประยุกต์ใช้ประกอบการตัดสินใจมีอยู่หลายงานวิจัยด้วยกันซึ่งแต่ละงานวิจัยก็จะมีวิธีในการแก้ปัญหาและวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ที่แตกต่างกันออกไป ดังเช่น นิสรา (2541) ได้จัดทำแบบจำลองเพื่อใช้ในระบบการสั่งซื้อชิ้นส่วนวัสดุ โดยแบบจำลองนี้ได้ใช้ภาษา Microsoft Acess 4.0 และ Visual Basic 4.0 บนไมโครคอมพิวเตอร์และเชื่อมโยงเข้ากับระบบสนับสนุนการตัดสินใจ รวมไปถึงการใช้ระบบสารสนเทศในการการจัดการฐานข้อมูลและระบบวางแผนความต้องการวัสดุ จากนั้นได้สร้างโปรแกรมขึ้นมาช่วยในการคำนวณจำนวนชิ้นส่วนวัสดุที่ต้องการสั่งซื้อและวันกำหนดส่งวัสดุ โดยโปรแกรมดังกล่าวมีชื่อว่า Del_Plan ซึ่งนอกจากโปรแกรมนี้จะสามารถช่วยในการตัดสินใจในการสั่งซื้อแล้วระบบนี้ยังทำหน้าที่ในการประเมินผู้ผลิตชิ้นส่วนโดยอาศัยข้อมูลดังต่อไปนี้ คือ เงื่อนไขการส่งมอบชิ้นส่วน แผนประกอบรายวัน วัสดุคงคลังและยอดส่งชิ้นส่วนจริง ซึ่งหลังจากได้นำโปรแกรมนี้ไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลในอดีตที่ผ่านมาของโรงงานกรณีศึกษา พบว่าส่งผลให้เวลาในการจัดทำแผนการสั่งซื้อลดลงและสามารถคำนวณยอดการสั่งซื้อได้ใกล้เคียงกับปริมาณความต้องการใช้วัสดุจริงในกระบวนการผลิต ซึ่งส่งผลให้มีจำนวนพัสดุคงคลังลดลงและสามารถลดค่าพัสดุคงคลังลงได้ถึง 36.36% โดยนอกจากจะนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้การสร้างแผนการสั่งซื้อแล้วแบบจำลองยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อองค์กรได้อย่างหลากหลาย ในงานวิจัยของกนกพร (2543) ได้นำระบบการตัดสินใจเข้ามาใช้สำหรับการกำหนดแผนการผลิตหลักในโรงงานผลิตกระดาษดราฟท์และจัดรูปแบบของปัญหาให้เกี่ยวข้องกับการขนส่ง จากนั้นนำโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 และ Microsoft access 97 เข้ามาช่วยสร้างระบบการตัดสินใจและจัดเรียงการผลิตตามประเภทของผลิตภัณฑ์ในโรงงานให้เกิดความสูญเสียในด้านต่างๆ น้อยที่สุด ซึ่งหลังจากการดำเนินงานพบว่าระบบการตัดสินใจที่สร้างขึ้นสามารถลดต้นทุนการผลิตรวมจากการกำหนดแผนการผลิตหลักในแต่ละเดือนได้ในช่วง 1.2 ถึง 9.3 ล้านบาท ดังนั้นจากผลลัพธ์ที่ได้จะพบว่าระบบการตัดสินใจดังกล่าวค่อนข้างเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพ มีความน่าเชื่อถือ มีความคล่องตัว

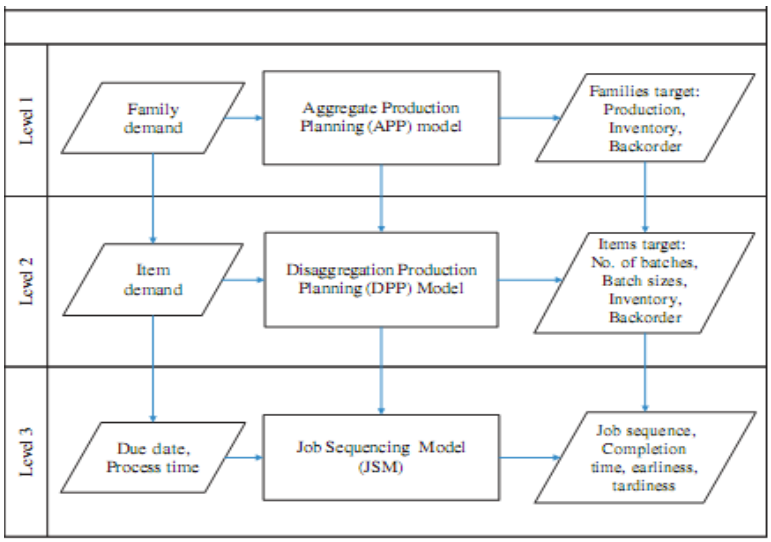
และสามารถลดระยะเวลาที่ต้องใช้สำหรับการวางแผนโดยไม่จำเป็นต้องใช้ผู้มีความทักษะและความชำนาญสูงในการวางแผน อีกทั้งยังสามารถปรับเปลี่ยนแผนได้อย่างรวดเร็วซึ่งทำให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจเลือกแนวทางการดำเนินการได้อย่างรวดเร็วให้ นอกจากนี้ฉัตรทิพย์ (2543) ได้สร้างระบบการตัดสินใจเข้าไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนและควบคุมการผลิตในโรงพิมพ์ธนบัตร จากการศึกษารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการผลิต การควบคุมการผลิต การวางแผนการผลิตและเวลามาตรฐานในการผลิต เพื่อใช้สำหรับการจัดทำวางแผนการผลิตประจำวัน ประจำเดือนและประจำสัปดาห์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งยังสามารถนำเวลามาตรฐานในการวางแผนการผลิตไปใช้ในการวางแผนได้ ซึ่งหลังจากการทดสอบโปรแกรมพบว่าระบบสนับสนุนการตัดสินใจดังกล่าวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานและยังช่วยลดเวลาในการจัดทำแผนการผลิตประจำเดือนและรายงานผลผลิตประจำวันลงได้ถึง 91.03% และ 90.90% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองที่พิจารณาถึงความต้องการสั่งซื้อของลูกค้าดังที่ ทวัยพร (2550) ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อลดปัญหาการวางแผนการผลิตที่ไม่เป็นไปตามยอดการสั่งซื้อจริงของลูกค้า โดยพิจารณาจากข้อจำกัดด้านความสามารถในการผลิต และข้อจำกัดด้านการคงคลังซึ่งส่งผลให้เกิดประโยชน์สูงสุดในแง่ของการลดต้นทุนที่ไม่จำเป็นลงและเกิดความสอดคล้องกับแผนการผลิต โดยจะนำข้อมูลพยากรณ์ด้านการผลิตและการคงคลังมาวิเคราะห์สำหรับวางแผนการผลิตล่วงหน้า 3 เดือน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ ซึ่งส่งผลให้ปริมาณการผลิต ปริมาณการขายและปริมาณคงคลังอยู่ในระดับที่เหมาะสม

<u>การวางแผนการผลิตแบบมีลำดับชั้น(Hierarchical Production Planning)</u>

วิธีการแก้ไขปัญหาการจัดตารางแบบดั้งเดิมโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีพิจารณาถึงปัจจัยทุกอย่างในการหาแก้ปัญหาเพียงครั้งเดียวนั้น จะทำให้แบบจำลองนั้นมีความซับซ้อนสูง Britran , Hass และ Hax (1981) เพราะจะต้องพิจารณาถึงอุปสงค์ในแต่ละวัน และ ต้องป้องกันมิให้เกิดคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ ซึ่งจะทำให้ใช้เวลาในการคำนวณที่สูงมาก ดังนั้นจึงเกิดวิธีการแก้ปัญหาการวางแผนการผลิตแบบมีลำดับชั้นเกิดขึ้น

การแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตโดยมีลำดับชั้น (Hierarchical production planning: HPP) นั้นพบครั้งแรกในงานวิจัย Hax และ Meal (1975) โดยได้อธิบายถึงหลักการของ HPP ว่ามีการกระจายปัญหาออกเป็นปัญหาย่อย โดยที่สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ระดับ Oliff (1985) คือ ระดับการผลิตรวม ระดับการผลิตย่อย และ ระดับการจัดลำดับงาน โดย ซึ่งทั้งสามระดับมีส่วนที่แตกต่างกันในการกำหนดกรอบเวลาในการวางแผน ซึ่งระดับในการวางแผนการผลิตนั้นสามารถแบ่งย่อยได้ตามความเหมาะสมของสถานการณ์ โดยเพื่อให้เกิดการตัดสินใจวางแผนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ จะต้องมีการเชื่อโยงกันระหว่างระดับโดยนำเอาผลลัพธ์ที่ได้จากการหาคำตอบในระดับชั้นที่สูงกว่า มาเป็นข้อจำกัดในระดับการวางแผนที่ย่อยลงมา ซึ่งหลังจากแนวคิดนี้ได้ถูกตีพิมพ์ออกมาแพร่หลายจนมีผู้วิจัยท่านอื่นนำแนวคิดการวางแผนการผลิตแบบมีลำดับขั้นไปประยุกต์ใช้จนประสบความสำเร็จในงานวิจัยอื่น

การวางแผนการผลิตแบบมีลำดับชั้นในอุตสาหกรรมเรซิ่น Omar และ Teo (2007) ได้แบ่งระดับของการวางแผนได้ออกเป็น 3 ระดับ คล้ายกับงานวิจัยของ Venkataraman, Smith (1996) โดยแบ่งได้ดังนี้ ระดับการผลิตรวม(Aggregate Level) ระดับการผลิตย่อย (Disaggregate) และระดับการจัดลำดับก่อนหลังของงาน (Scheduling) ดังในรูปที่ 1 ซึ่งระดับการผลิตรวมมีเป้าหมายวางแผนการผลิตในภาพรวมโดยมองผลิตภัณฑ์เป็นตระกูล (Family) เพื่อให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดโดยพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการผลิต พัสดุคงคลัง และ ค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าขาดมือของสินค้าตระกูลนั้นๆ ระดับต่อมาคือ ระดับการผลิตย่อยในระดับนี้จะพิจารณาเป็นประเภทของของผลิตภัณฑ์ (Item) โดยขั้นตอนนี้จะเป็นการมอบหมายงานให้แก่เครื่องจักรแต่ละเครื่องว่าในช่วงเวลาที่กำหนดจะต้องผลิตงานใดบ้าง ในปริมาณเท่าใด โดยใช้การปัญหาแบบจำลองการโปรแกรมเป้าหมายเชิงจำนวนเต็ม (integer goal programming) ระดับสุดท้ายคือระดับการจัดลำดับก่อนหลังของงานในระดับนี้จะพิจารณาถึงกำหนดส่งสินค้า เพื่อให้เกิดจำนวนงานล่าช้า หรือ เสร็จก่อนต่ำที่สุด



ภาพที่ 2.2 การวางแผนการผลิตแบบมีลำดับชั้นในโมเดลของ Omar และ Teo

ซึ่งระดับในการวางแผนการผลิตไม่จำเป็นจะต้องเหมือนกัน โดยจะแบ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ในงานวิจัยของ ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของ Qiu และ Burch (1997) ได้มีการประยุกต์ใช้การวางแผนการผลิตแบบมีลำดับขั้น ในอุตสาหกรรมการผลิตไฟเบอร์โดยสภาพปัญหาในโรงงานเป็นการจัดตารางการผลิตสินค้าที่แตกต่างกัน และ เครื่องจักรเป็นแบบเครื่องจักรขนานที่ไม่เหมือนกัน (Non-Identical Parallel Machine) ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งเครื่องจักรเกิดขึ้นเมื่อเปลี่ยนประเภทการผลิตไฟเบอร์ โดยค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ก่อนปรับตั้ง และ หลังปรับตั้ง ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้มีแนวคิดเรื่องการจัดกลุ่มเครื่องจักรในการผลิตภัณฑ์ อันเนื่องมาจากคุณสมบัติของไฟเบอร์นั้นถ้าเปลี่ยนการผลิตเป็นไฟเบอร์ที่มี คุณสมบัติใกล้เคียงกันค่าใช้จ่ายจากการปรับตั้งจะมีค่าต่ำ โดยการแก้ปัญหาจัดกลุ่มให้ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์ที่มีคุณสมบัติให้ใกล้เคียงกันถูกผลิตในเครื่องจักรเดียวกัน โดยขั้นต่อไปคือ การจัดตารางการผลิต ซึ่งจะใช้ HPP ช่วยในการทำให้ปัญหาง่ายขึ้นโดยโดยได้แบ่งระดับการผลิตเป็น 2 ระดับ คือระดับการผลิตรวม (Aggregate Level) และ ระดับการผลิตย่อย (Disaggregate Level) ซึ่งในระดับแรกจะเป็นการมองภาพรวมถึงค่าใช้จ่ายทางด้านต้นทุนในการผลิตสินค้าในแต่ละเครื่องจักร และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากพัสดุคงคลัง โดยเป็นการมองภาพรวมโดยจะไม่พิจารณาถึงลำดับในการผลิต และ กำหนดส่ง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากในการแก้ปัญหาระดับแรกคือ การจัดให้เครื่องจักรแต่ละเครื่องจักรผลิตไฟเบอร์ชนิดต่างๆในปริมาณที่เหมาะสม โดยจะใช้นำไปใช้ต่อเป็นข้อจำกัดใน

ระดับที่ย่อยซึ่งในระดับนี้จะคำนึงถึงลำดับในการผลิตเพื่อที่ให้เกิดค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งเครื่องจักรต่ำที่สุด

การแก้ไขปัญหาแบบมีลำดับขั้นสามารถช่วยแก้ปัญหา เรื่องค่าใช้จ่ายในการผลิตในแต่ละช่วงเวลาไม่เท่ากันได้เช่นกัน ในงานวิจัยของ Sim (2006) ได้มีการวางแผนการใช้ค่าใช้จ่ายให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งเครื่องบดปูนที่ใช้เป็นเครื่องจักรขนานที่เหมือนกันจำนวน3เครื่อง (Identical Parallel machine) โดยค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสูง คือ ค่าไฟฟ้า ซึ่งอัตราค่าไฟฟ้าจะไม่เท่ากันโดยจะมีที่มีค่าไฟต่ำในช่วงหน้าร้อน และ มีค่าไฟราคาแพงในช่วงฤดูหนาว ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้จะทำโดย แบ่งวิธีการแก้ปัญหาออกเป็น 2 ระดับ คือระดับแผนการผลิตรวม ซึ่งจะกระจายการผลิตปูนซีเมนต์ให้ผลิตในช่วงที่ค่าไฟมีอัตราค่าบริการต่ำ เพื่อเก็บไว้ขายในช่วงที่มีไฟฟ้าอัตราค่าบริการแพง โดยจะกระจายการผลิตให้แก่เครื่องจักรในแต่ละเดือนตลอด1 ปี ขั้นตอนต่อมาคือ การจัดลำดับการผลิตปูนซีเมนต์จะ ทำโดยสร้างฮีวริสติกเพื่อจัดลำดับการผลิตปูนซีเมนต์โดยจะผลิตตามผลลัพธ์ที่ได้มาจาก แผนการผลิตรวม และ เกิดค่าใช้จ่ายจากการปรับตั้งเครื่องจักรต่ำ

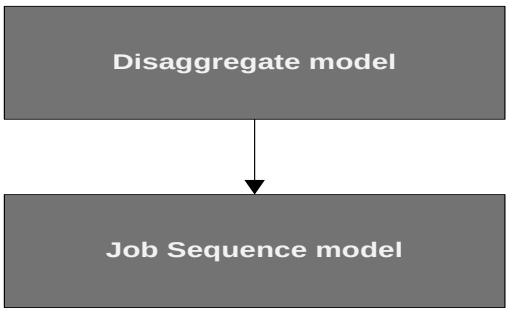
<u>แนวคิดเรื่องเครื่องจักรเฉพาะงาน, เครื่องจักรร่วม (Dedicated-Shared Machine)</u>

ในระบบการผลิตที่มีเครื่องจักรขนานที่เป็นเครื่องจักรไม่เหมือนกัน (Non-Identical Parallel Machine) ซึ่งเป็นกรณีที่เกิดขึ้นบ่อยในระบบ อุตสาหกรรม เช่นในโรงงานที่มีการซื้อเครื่องจักรใหม่เข้ามาเพิ่มเติมเครื่องจักรที่เข้ามาใหม่มักจะประสิทธิภาพดีกว่า หรือ เครื่องจักรบางประเภทอาจถูกสร้างขึ้นมาเพื่องานเฉพาะอย่าง ในการพิจารณาความเหมาะสมของเครื่องจักร และ ในการเปลี่ยนชนิดการผลิตสินค้าเกิดขั้นตอนในการปรับตั้งเครื่องจักรทำให้เกิดความสูญเสีย เพื่อลดช่วยลดความยุ่งยากในการจัดตารางผู้จัดตาราง มักใช้เทคนิคการจัดงานให้เครื่องจักรเฉพาะงาน/เครื่องจักรร่วม ในงานวิจัยของ Steffen และ Greene (1987) ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับเครื่องจักรเฉพาะ คือ เครื่องจักรที่ได้รับการมอบหมายให้ผลิตงานเพียงประเภทเดียว โดยที่จะกำหนดให้เครื่องจักรเป็นเครื่องจักรเฉพาะได้นั้นจะต้องมี อุปสงค์ในช่วงเวลาที่สนใจมากกว่ากำลังการผลิตของเครื่องจักรในเวลานั้นๆ ส่วนเครื่องจักรร่วมความหมายนั้นตรงกันข้ามกัน โดยจะกำหนดให้เครื่องจักรผลิตได้หลายประเภท โดยที่จะกำหนดให้ผลิตมากหรือน้อยประเภทนั้นควรใช้ระบบ

ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) สนับสนุน Qiu (1993) และ Mertens (1997) เพราะเนื่องจากยิ่งกำหนดให้เครื่องจักรร่วม ผลิตประเภทของสินค้าได้มากจะทำให้เครื่องจักรมีความยืดหยุ่นสูงแต่ในทางกลับกัน ผลที่จะตามมาคือความยุ่งยากในการจัดลำดับในการผลิตของเครื่องจักรนั้นๆในกรณีที่ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า (Sequence dependent)

<u>การวางแผนและจัดตารางการผลิต</u>

เนื่องจากการจัดตารางการผลิตของหม้อบดปูนซีเมนต์นั้น เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง เนื่องจากมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีมาก ทำให้การแก้ปัญหาด้วยวิธีการสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์แก้ไขปัญหาเพียงครั้งเดียวอาจจะทำให้ใช้เวลานาน ด้วยเหตุผลดังที่ได้อธิบายไปในหัวข้อทฤษฎีและ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้จึงนำเสนอวิธีการดำเนินการด้วยวิธีการวางแผนการผลิตแบบมีลำดับชั้น (Hierarchical Production Planning) ซึ่งแบ่งการวางแผนการผลิตออกเป็น 2 ขั้นตอน ที่เชื่อมต่อกันโดยนำผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้ามาสร้างเป็นข้อจำกัดให้แก่ขั้นตอนที่ต่ำกว่า ดังที่แสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่2.3 ขั้นตอนวางแผนการผลิตแบบมีลำดับชั้น

บทที่ 3

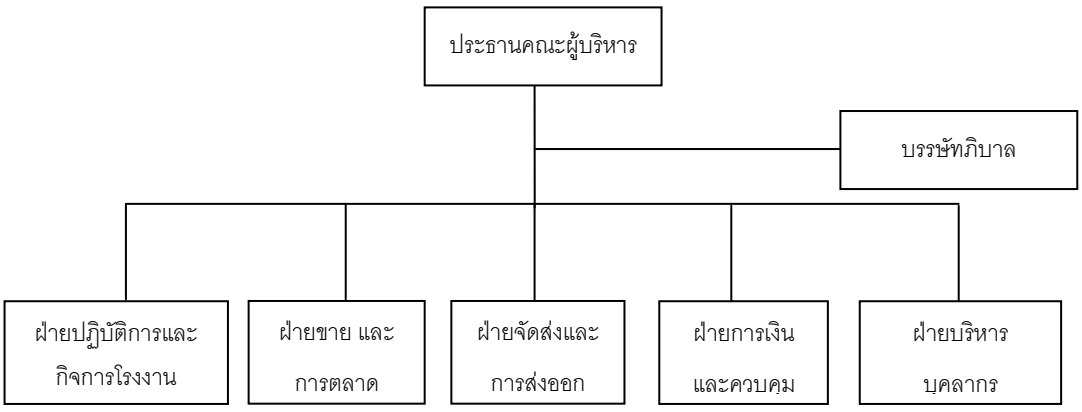
สำรวจและรวบรวมข้อมูล

3.1.ลักษณะสภาพทั่วไปของโรงงาน

โรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้ เป็นโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ ตั้งอยู่ในจังหวัดสระบุรี ซึ่งมีแหล่งภูเขาหินปูนและหินเซลเป็นของตนเอง โดยกระบวนการผลิตของโรงงานแห่งนี้จะเริ่มต้นผลิตตั้งแต่ขั้นตอนการระเบิดหินจากเหมืองจนกระทั่งแปรรูปออกมาเป็นปูนซีเมนต์ โดยมีลูกค้ากลุ่มหลักคือตัวแทนจำหน่ายปูนซีเมนต์ และ ร้านขายอุปกรณ์ก่อสร้าง ในภูมิภาคต่างๆภายในประเทศไทย

3.1.1 โครงสร้างการจัดการองค์กร

การจัดการภายในองค์กรภายใต้การบริหารงานของคณะผู้บริหารสามารถแบ่งออกเป็นฝ่ายต่างๆได้ 6 ฝ่ายหลักแสดงดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 3.1 **แผนผังองค์กรโรงงานกรณีศึกษา**

1. ฝ่ายขายและการตลาด

ในฝ่ายนี้จะแบ่งได้ออกเป็น 2 หน่วยงานคือแผนกการตลาด ซึ่งจะทำหน้าที่กำหนดราคาปูนซีเมนต์ ออกโปรโมชั่น และ กำหนดเป้าหมายแผนการขายปูนซีเมนต์ อีกหน่วยงานที่ทำงานร่วมกันคือแผนกขาย ซึ่งรับเป้าหมายแผนการขายปูนซีเมนต์ และ ราคาปูนซีเมนต์ เพื่อเสนอขายปูนซีเมนต์ให้กับลูกค้า จากนั้นจึงส่งปริมาณปูนซีเมนต์ที่คาดว่าจะขายได้ให้แก่แผนกการตลาดเพื่อนำไปจัดทำเป็นแผนอุปสงค์พยากรณ์

2. ฝ่ายปฏิบัติการและกิจการโรงงาน

ทำหน้าที่ดูแลกระบวนการผลิตของโรงงานทั้งหมดตั้งแต่เริ่มระเบิดหินจากเหมือง ดูแลการดำเนินการของเครื่องจักรทั้งหมดภายในโรงงาน ตลอดกระบวนการจนถึงการผลิตปูนเม็ดและ ปูนซีเมนต์ นอกจากนี้ เนื่องจากในผลิตภัณฑ์จำพวกซีเมนต์มีความหลากหลาย ดังนั้นจึงต้องจัดตารางการผลิตของหม้อบดซีเมนต์ด้วย โดยจะรับแผนอุปสงค์พยากรณ์จากฝ่ายขายและการตลาด เพื่อทราบเป้าหมายของแต่ละอาทิตย์

3. ฝ่ายจัดส่งและส่งออก

หน่วยงานนี้จะมีหน้าที่หลัก คือดูและการจัดส่งซีเมนต์ และ ปูนเม็ด โดยที่ในกระบวนการขายซีเมนต์ของบริษัท จะใช้วิธีขายผ่านร้านค้ารายย่อยซึ่งการส่งสินค้าจะมีได้ 2 กรณี คือ ร้านค้าส่งรถบรรทุกมารับสินค้าเอง หรือ ร้านค้าต้องการใช้บริการจัดส่งสินค้าจากทางบริษัท ซึ่งในกรณีนี้ฝ่ายจัดส่งและส่งออกมีหน้าที่จัดรอบรถให้การส่งสินค้าของบริษัท ให้มีประสิทธิภาพ และนอกจากนี้ยังดูแลการจัดส่งปูนเม็ดออกต่างประเทศอีกด้วย

4. ฝ่ายการเงินและควบคุม

ฝ่ายนี้มีหน้าที่ดูแลการบัญชี การเงิน และควบคุมงบประมาณการดำเนินการของบริษัทเพื่อให้ผลประกอบการของบริษัท สามารถทำกำไรตามแผนการที่คาด และ ดูแลการใช้เงินของบริษัทให้เกิดมีประสิทธิภาพ

5. ฝ่ายบริหารบุคลากร

มีหน้าที่คัดเลือกบุคลากรที่มีความสามารถเพื่อเข้ามาทำงานกับบริษัทรวมถึง จัดโปรแกรมอบรมเพื่อพัฒนาความสามารถของบุคลากรภายในองค์กร

6. บรรษัทภิบาล

คณะกรรมการที่ถูกต้องมาเพื่อกำกับดูแลฝ่ายบริหารซึ่งจะควบคุมดูแลการทำงานของฝ่ายบริหารให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและการทำงานเหล่านั้นจะต้องโปร่งใส เพื่อประโยชน์ของบริษัท และ ผู้ถือหุ้น

3.2.ประเภทผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา

ผู้วิจัยได้จำแนกสินค้าที่จำหน่ายในโรงงานกรณีศึกษาตัวอย่าง ออกเป็น 2 จำพวกตามกระบวนการผลิต ได้แก่

3.2.1**ปูนเม็ด** (Clinker)

เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในกระบวนการผลิตซีเมนต์ ซึ่งจะถูกนำไปใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการบดซีเมนต์ กรรมวิธีการผลิตปูนเม็ดสามารถผลิตโดยใช้วัตถุดิบผง ที่เกิดจากส่วนผสมระหว่างหินเชลล์ หินปูนบดละเอียด และ แร่เหล็ก นำมาเผาที่อุณหภูมิ ประมาณ 1200 -1400 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาเผาปูนเม็ด (Rotary kiln) ที่ความร้อนระดับนี้จะทำให้วัตถุดิบที่ป้อนเข้าไปหลอมตัวกลายเป็นรูปร่างทรงกลม จากนั้นจะถูกนำให้เย็นตัวและส่งไปเก็บในไซโลสำหรับปูนเม็ดของแต่ละโรงงาน โดยปูนเม็ดที่ผลิตได้จากโรงงานนี้มีเพียงประเภทเดียว

ในด้านกำลังการผลิต บริษัทกรณีศึกษามีความสามารถในการผลิตปูนเม็ดมากเกินความต้องการใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ จึงทำให้มีปูนเม็ดส่วนที่เหลือเกินจากการนำไปผลิตเป็นปูนซีเมนต์ ซึ่งในแง่การส่งออกปูนเม็ด ถึงแม้นว่าปูนเม็ดจะเป็นสินค้าที่มีกำไรต่อหน่วยที่ต่ำ แต่เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาไซโลเก็บปูนเม็ดเต็ม จนทำให้เตาเผาปูนเม็ดต้องหยุดทำงาน เพราะเตาเผาปูนเม็ดนั้นใช้เชื้อเพลิงจำพวกถ่านหินในการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบ ดังนั้นเมื่อมีการหยุดและเปิดการทำงานของเตาเผาปูนเม็ดจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่สูญเปล่าจากการทำให้เตาเผามีความร้อนในระดับที่ต้องการ

อีกครั้ง ซึ่งค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งเตา ต่อ 1 ครั้งมีความสูญเสียถึง 10 ล้านบาทต่อเตา บริษัทจึงระบายปริมาณคงคลังของปูนเม็ดด้วยการส่งออกปูนเม็ดเพื่อให้ปูนเม็ดอยู่ในระดับที่สมดุล แต่ในกรณีที่มีปริมาณระดับของปูนเม็ดต่ำจนทำให้มีปูนเม็ดไม่พอใช้ในการส่งออกและการผลิตปูนซีเมนต์พร้อมกัน เช่นในกรณีมีการปิดซ่อมเตาเผาปูนเม็ด ทางบริษัทจะให้ความสำคัญในการผลิตปูนซีเมนต์เป็นลำดับแรก และเลื่อนการขายปูนเม็ดออกไป เพื่อที่จะรองรับความต้องการของลูกค้าที่สั่งซื้อปูนซีเมนต์ได้เพียงพอ

3.2.2 **ปูนซีเมนต์** (Cement)

ปูนซีเมนต์เป็นผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตขั้นสุดท้าย ซึ่งเกิดจากการนำปูนเม็ดที่ผลิตได้ในกระบวนการก่อนหน้า ผสมกับ สารเพิ่มคุณสมบัติซีเมนต์ (Additive) และนำเข้ากระบวนการบดโดยใช้หม้อบดซีเมนต์ (Cement Mill) โดยใช้หลักการการตกกระทบของลูกเหล็กและวัตถุดิบ โดยหม้อบดจะหมุนเพื่อผสมเนื้อซีเมนต์เข้า ซึ่งปูนซีเมนต์ที่ทางบริษัทผลิตได้จะมีหลายชนิดแตกต่างกันตามคุณสมบัติ และ การใช้งานของปูนซีเมนต์ ทางบริษัทแบ่งออกเป็น 8 ชนิดหลักๆ ดังนี้

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ผลิตภัณฑ์คุณภาพตามมาตรฐาน มอก.15-2547 และมาตรฐานอเมริกา ASTM C150 ประเภท 1 เหมาะสำหรับงานคอนกรีต โครงสร้างทั่วไป เช่น ฐานราก พื้น เสา คาน งานคอนกรีตโครงสร้างที่ต้องการกำลังอัดสูง ตลอดจนงานคอนกรีตขนาดใหญ่ เช่น ถนน สะพาน เขื่อน เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้ได้กับงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จหรือชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงตลอดจนชิ้นส่วนคอนกรีตขนาดเล็ก เช่น คอนกรีตบล็อก ท่อคอนกรีต กระเบื้องซีเมนต์ เป็นต้น โดยผลิตภัณฑ์ชนิดนี้แบ่งได้ 2 จำพวก คือ 1. ความละเอียดปรกติ 2. ความละเอียดต่ำ

2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 3 ผลิตภัณฑ์คุณภาพตามมาตรฐาน มอก.15-2547 และมาตรฐานอเมริกา ASTM C150 ประเภท 3 เหมาะสำหรับงานผลิตคอนกรีตอัดแรงทุกชนิด อาทิ เสาเข็ม คาน แผ่นพื้น คอนกรีตอัดแรง ที่ต้องการกำลังอัดสูงสุดในระยะแรก สามารถ ถอดแบบได้รวดเร็ว รวมถึงงานก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ สะพาน ถนน และงานก่อสร้างใต้น้ำ ที่ต้องการกำลังอัดสูงในระยะเวลาจำกัด

3. ปูนซีเมนต์ผสม ผลิตภัณฑ์คุณภาพตามมาตรฐานมอก.80-2550 ปรับสูตรใหม่ มีสารเคมีพิเศษ EX85 ที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ อีกทั้งยังพัฒนาเม็ดปูนให้มีคุณสมบัติ การพัฒนากำลังอัดให้สูงขึ้น ทำให้การขึ้นงานฉาบง่าย งานก่อและงานเทแข็งแรง ทนทาน ปูนซีเมนต์ผสม อินทรีแดง เหมาะสำหรับงานก่ออิฐฉาบปูน งานคอนกรีตขนาดเล็ก ที่ไม้ต้อง การกำลังอัดสูง เช่น เสา คาน หรือพื้นขนาดเล็ก ตลอดจนชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ ขนาดเล็ก เช่น เสารั้วขนาดเล็ก บล็อกทางเท้า ฝารางระบายน้ำ

4. ปูนซีเมนต์สำหรับงานฉาบละเอียดพิเศษ ผลิตภัณฑ์คุณภาพตามมาตรฐานอเมริกา ASTM C91 ประเภท N และประเภท S ถูกออกแบบให้มีองค์ประกอบและสัดส่วนภายในเนื้อปูนเหมาะสำหรับงานฉาบโดยเฉพาะ โดยเม็ดปูนมีขนาดลดลงถึงเท่าตัว และด้วยสารเคมีพิเศษ XD65 เนื้อปูนจึงมีความสามารถในการลื่นไหลตัวได้ดี สามารถเข้าไปอุดช่องว่างระหว่างเม็ดปูน ทรายและน้ำ ทำให้การจับเรียงตัวกันได้แน่นขึ้น เนื้อปูนจึงเหนียวลื่นทำงานง่าย

5. ปูนซีเมนต์ผสม ผลิตภัณฑ์คุณภาพตามมาตรฐาน มอก.80-2550 เหมาะสำหรับ งานก่ออิฐฉาบปูน งานคอนกรีตขนาดเล็ก ที่ไม่ต้องการกำลังอัดสูง เช่น เสา คาน หรือพื้น ขนาดเล็ก ตลอดจนชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จขนาดเล็ก เช่น เสารั้วขนาดเล็ก บล็อกทางเท้า ฝารางระบายน้ำ

6. ปูนซีเมนต์ผสมสูตรเข้มข้น ผลิตภัณฑ์คุณภาพตามมาตรฐาน มอก.80- 2550 ได้รับการพัฒนาคิดค้นเป็นพิเศษจนได้สูตรเข้มข้น ทำให้เนื้อปูนมีคุณภาพสูง เหมาะ สำหรับงานก่ออิฐฉาบปูน งานคอนกรีตขนาดเล็ก ที่ไม่ต้องการกำลังอัดสูง เช่น เสา คาน หรือ พื้นขนาดเล็ก ตลอดจนชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จขนาดเล็ก เช่น เสารั้วขนาดเล็ก บล็อกทาง เท้า ฝารางระบายน้ำ

7. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สูตรพิเศษ ผลงานวิจัยและพัฒนาล่าสุดของผลิตภัณฑ์ ปูนซีเมนต์เพื่อตอบสนองคอนกรีตงานหล่อโดยเฉพาะ ผลิตตามมาตรฐานอเมริกา ASTM C 1157 ประเภท GU (Composite Cement for general construction) โดยมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้ แข็งแรงทนทาน เนื้อปูนมีความละเอียดมากขึ้นได้ ผิวชิ้นงานมีความเรียบเนียนสม่ำเสมอ เนื้อปูนลื่นกว่าตกแต่งขอบคมง่าย เนื้อปูนยึดตัวกันดี ขึ้นรูปง่ายไม่เสียรูป และ ลดโอกาสแตกร้าวจากการคายน้ำ

และนอกจากนี้ยังเป็นผลิตภัณฑ์กลุ่ม Green products ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์

8. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 5 ผลิตภัณฑ์คุณภาพตามมาตรฐาน มอก.15-2547 และมาตรฐานอเมริกา ASTM C150 ประเภท 5 เหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการความ ทนทานต่อการสึกกร่อนอันเนื่องมาจากซัลเฟต ใช้สำหรับงานก่อสร้างในบริเวณที่มีซัลเฟต สูงอาทิ งานโครงสร้างอาคารที่อยู่ใต้ทะเลหรือแม่น้ำลำคลอง งานระบายน้ำเสียจากโรงงาน อุตสาหกรรมงานท่อน้ำใต้ดิน หรืองานคอนกรีตโครงสร้างที่ต้องสัมผัสกับดินเค็ม

3.3. กระบวนการผลิตซีเมนต์

ในกระบวนการผลิตซีเมนต์นั้นจะมีกรรมวิธีในการผลิตอยู่ 2 แบบ คือ การผลิตแบบแห้ง (Dry process) และ การผลิตแบบเปียก (Wet process) ซึ่งบริษัทกรณีศึกษาแห่งนี้เลือกใช้การผลิตแบบแห้งเนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพทางด้านพลังงานสูงกว่า ซึ่งขั้นตอนการทำงานสามารถแบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

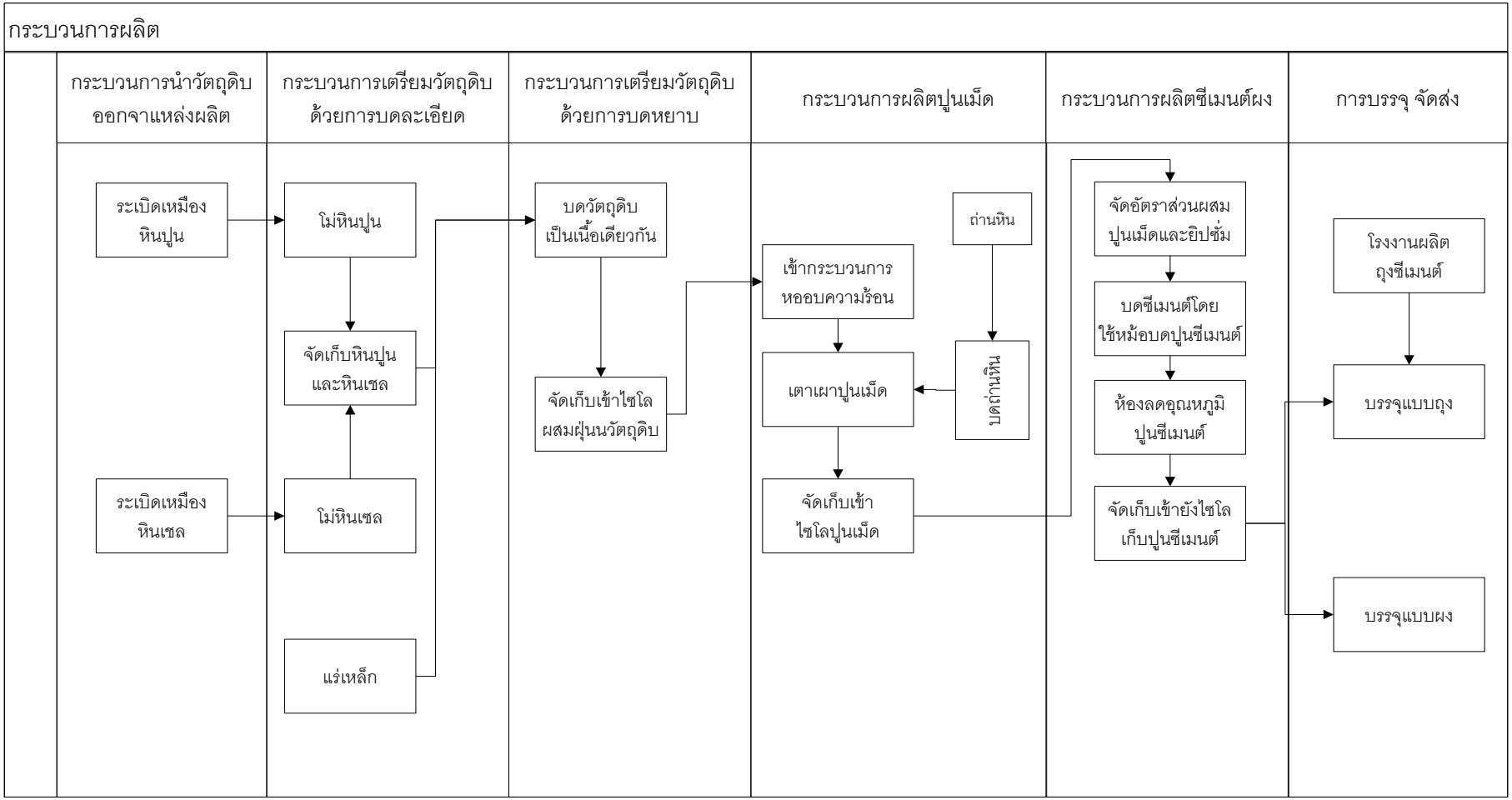
ขั้นตอนที่1 การทำเหมืองแร่และการเตรียมวัตถุดิบ: จัดหาและคัดเลือกวัตถุดิบชนิดต่างๆ ซึ่งมีองค์ประกอบของแร่ธาตุที่ต้องการ, ทำเหมืองหิน, ขนส่งวัตถุดิบจากเหมืองมาเข้าเครื่องย่อยหินให้มีขนาดเล็กลง

ขั้นตอนที่2 การบดหยาบ และ ละเอียด : ย่อยขนาดของหินและแร่ที่จัดส่งมาจากเหมืองให้มีขนาดเล็กลง

ขั้นตอนที่3 การเผาปูนเม็ด: ป้อนวัตถุดิบสำเร็จเข้าสู่ Pre-heater เพื่ออุ่นวัตถุดิบสำเร็จให้ร้อน แล้วลำเลียงเข้าสู่เตาเผาต่อไป โดยใช้เชื้อเพลิงจำพวกถ่านหินเผาที่อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 1450 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมิดังกล่าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของวัตถุดิบต่างๆจนได้เป็นก้อนปูนเม็ดรูปร่างค่อนข้างกลม

ขั้นตอนที่4 การบดปูนซีเมนต์: ลำเลียงปูนเม็ดเข้าสู่หม้อบดปูนซีเมนต์ ในระหว่างกระบวนการบดนั้นจะมีการเติมยิปซัมลงไปเพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติของซีเมนต์ โดยในการบดปูนซีเมนต์แต่ละประเภทจะมีวัตถุดิบตั้งต้นหลักเหมือนกัน คือปูนเม็ด และ ยิปซัม แต่จะมีอัตรา ส่วน ในการบดเพื่อให้ได้ปูนซีเมนต์ ต่อตัน ต่างกัน โดยในกระบวนการบดซีเมนต์นี้จะใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินหม้อบด

ขั้นตอนที่5 การบรรจุและการขนส่งปูนซีเมนต์: ลำเลียงปูนซีเมนต์เก็บไว้ในไซโลเพื่อรอการบรรจุและการขนส่งต่อไปซึ่งมีทั้งการบรรจุแบบถุง หรือ เป่าลงเต้าของรถขนส่งในรูปปูนซีเมนต์ผง



ภาพที่ 3.2 **แผนผังแสดงกระบวนการผลิตซีเมนต์ของโรงงานกรณีศึกษา**

3.4.เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการบดซีเมนต์และข้อจำกัดในการผลิต

งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งนี้ที่ด้านจัดตารางการผลิตของหม้อบดซีเมนต์ โดยในกระบวนการบดซีเมนต์นั้นจะใช้ปูนเม็ดเป็นวัตถุดิบตั้งต้นเพื่อบดปูนซีเมนต์ประเภทต่างๆ ซึ่งจะแตกต่างกันตามความละเอียดของเนื้อปูน และ อัตราส่วนของปูนเม็ด ต่อสารเสริมคุณลักษณะของซีเมนต์ ดังนั้นในหัวข้อนี้จะแสดงถึงการวางผังเครื่องจักร ซึ่งขั้นตอนที่พิจาณาประกอบด้วย3ขั้นตอนได้แก่ 1. ขั้นตอนการบดซีเมนต์ 2. ขั้นตอนการจัดเก็บซีเมนต์ 3.ขั้นตอนการจ่ายซีเมนต์ โดยจะแจกแจงโดยละเอียดถึงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

<u>หม้อบดซีเมนต์ (Cement mill):</u>

กระบวนการบดปูนซีเมนต์เป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง โดยที่หม้อบดซีเมนต์เป็นเครื่องจักรที่ถูกใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ จากปูนเม็ด และยิปซัม ให้กลายเป็นปูนซีเมนต์ กรรมวิธีวิธีการบดจะอาศัยลูกเหล็กที่อยู่ภายในหม้อบดซึ่งได้รับการเหวี่ยงจากการที่หม้อบดหมุนไปกระแทกทำให้ปูนเม็ดแตกตัวและผสมกับยิปซัม ได้เป็นปูนซีเมนต์ชนิดต่างๆที่ต้องการ

ในโรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้จะมีหม้อบดอยู่ 12 เครื่องทำงานขนาดกัน ซึ่งหม้อบดแต่ละประเภทจะมีประสิทธิภาพทางด้านการผลิต และ ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยที่แตกต่างกัน และนอกจากนี้ ในกรณีที่เป็นหม้อบดเดียวกัน แต่เนื่องจากปูนซีเมนต์ที่ผลิตได้นั้นมีหลายประเภท ซึ่งแตกต่างกันในด้านกำลังไฟฟ้าที่ใช้เพื่อบดซีเมนต์ประเภทนั้นทำให้ ต้นทุนในการบดซีเมนต์นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการคือ ประเภทของซีเมนต์ และ หม้อบดที่ใช้ในการบดซีเมนต์

สุดท้ายนี้หม้อบดซีเมนต์ของโรงงานแห่งนี้ แต่ละหม้อบดจะไม่สามารถบดซีเมนต์ได้ทุกชนิด ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างหม้อบดและประเภทของซีเมนต์ที่บดได้แสดงดังภาพที่ 3.1 และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตต่อตันดังภาพที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปูนซีเมนต์ที่ผลิตได้ในแต่ละหม้อบด

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12
Cement type1	ผลิตได้	ผลิตได้	ผลิตได้	ผลิตได้								
Cement type2		ผลิตได้	ผลิตได้									
Cement type3						ผลิตได้	ผลิตได้					
Cement type4		ผลิตได้	ผลิตได้					ผลิตได้		ผลิตได้	ผลิตได้	
Cement type5		ผลิตได้	ผลิตได้	ผลิตได้	ผลิตได้	ผลิตได้	ผลิตได้		ผลิตได้	ผลิตได้	ผลิตได้	ผลิตได้
Cement type6		ผลิตได้	ผลิตได้									
Cement type7		ผลิตได้	ผลิตได้									
Cement type8		ผลิตได้										

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการผลิตซีเมนต์แต่ละประเภท ในหน่วยบาทต่อตันในช่วงค่าไฟ off peak

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12
Cement type1	309	325	312	312								
Cement type2		251	228									
Cement type3						168	166					
Cement type4		326	243					185		172	172	
Cement type5		298	288	268	246	247	243		262	261	254	248
Cement type6		265	251									
Cement type7		265	251									
Cement type8		156										

<u>อัตราการคิดค่าบริการไฟฟ้า:</u>

เนื่องในจากในกระบวนการบดปูนซีเมนต์นั้นค่าใช้จ่ายที่ส่งผลกระทบสูงคือค่าไฟฟ้าโดยที่ค่าไฟนั้นจะทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จะใช้วิธีการคิดแบบ อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU Tariff) ซึ่งจะแบ่งช่วงการให้บริการเป็น 2 ช่วงคือ On Peak ซึ่งมีอัตราการให้บริการที่สูง กับ ช่วงOff Peakซึ่งมีอัตราการให้บริการที่ต่ำกว่าบริษัทปูนซีเมนต์นครหลวงได้ ใช้ระบบการคิดค่าไฟแบบ TOUซึ่งจะแบ่งช่วงการให้ บริการเป็น2 ช่วงคือ

- ช่วง On Peak: เวลา 09.00-22.00 ในวันจันทร์ถึงศุกร์

- ช่วง Off Peak: เวลา 22.00-09.00 ในวันจันทร์ถึงศุกร์ และ เวลา 0.00 -24.00 ของวันเสาร์ อาทิตย์ หรือวันหยุดราชการ (ไม่นับวันหยุดชดเชย)

ในระบบการคิดค่าไฟแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ เนื่องจากโรงงานปูนซีเมนต์นั้นถูกจำแนกเป็นประเภทที่4 ซึ่งมีลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจอุตสาหกรรม ส่วนราชการ หน่วยงานรัฐวิสาหกิจสถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของชาวต่างชาติและ สถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ซึ่งมีความต้องการเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือ มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

ตารางที่3.3: อัตราค่าบริการไฟฟ้าของประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Peak	Off Peak	
4.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
4.2.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
4.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210.00	2.8408	1.2246	228.17

1. ในช่วงOff Peak จะคิดค่าบริการไฟฟ้า ตามจำนวนหน่วยที่ใช้ไปเท่านั้นดังนั้น จึงมีสมการในการคิดค่าไฟดังต่อไปนี้

ค่าไฟฟ้าOff Peak = ปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ไป * ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย

2. ในช่วง On Peak จะคิดค่าบริการมาจาก2ส่วนคือความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดและ จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ไป เขียนได้ตามสมการดังนี้

ค่าไฟฟ้าOn Peak = ปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ไป * ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย +(ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า * ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของช่วงOn Peak ในแต่ละเดือน)

<u>การเชื่อมต่อระหว่าเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าและหม้อบดซีเมนต์</u>

เนื่องจากบริษัทผลิตปูนซีเมนต์ในกรณีศึกษาแห่งนี้เป็นบริษัทที่ก่อตั้งเป็นเวลานาน จึงมีการขยับขยายโรงงานให้มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้ ณ ขณะปัจจุบัน โรงงานแห่งนี้ได้มีโรงงานถึง 3 แห่ง

ทำให้เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของโรงงานแห่งนี้มี 2 เครื่อง โดยความสัมพันธ์ของการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า และ หม้อบดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.4

ไซโลบรรจุปูนซีเมนต์(ซีเมนต์ไซโล)

ไซโลบรรจุปูนซีเมนต์คือ แหล่งเก็บปูนซีเมนต์ที่บดสำเร็จจากหม้อบดซีเมนต์เพื่อรอการจำหน่าย ซึ่งการที่ซีเมนต์จะถูกส่งมาเก็บรักษาภายในไซโลได้นั้นจะมีข้อจำกัดอยู่ดังนี้คือ

- ข้อจำกัดด้านประเภทซีเมนต์: กล่าวคือไซโลแต่ละไซโลสามารถบรรจุซีเมนต์ได้เพียง 1ประเภทเท่านั้น

- ปริมาณซีเมนต์คงคลัง: เนื่องจากไซโลแต่ละไซโลมีปริมาณความจุที่แตกต่างกันดังที่แสดงในตารางที่3.5 ถ้ามีปริมาณเกินความจุ จะไม่สามารถจัดเก็บภายในไซโลนั้นได้

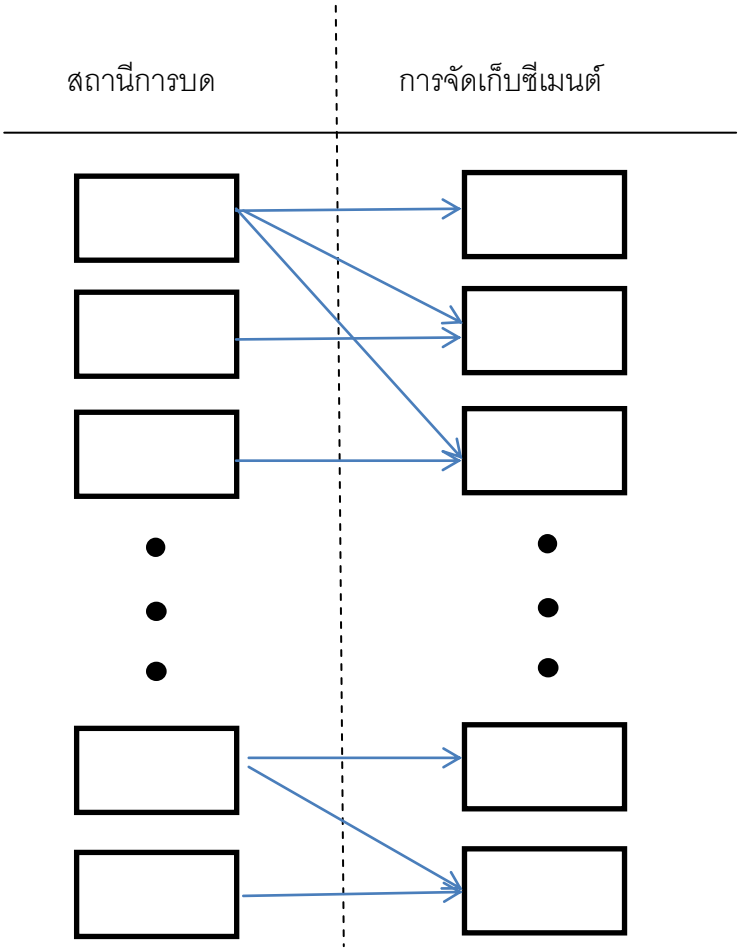
ตารางที่ 3.4 การเชื่อมต่อระหว่าหม้อบด และ เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า

	Meter 1	Meter 2
หม้อบด1	เชื่อมต่อ	
หม้อบด2	เชื่อมต่อ	
หม้อบด3	เชื่อมต่อ	
หม้อบด4	เชื่อมต่อ	
หม้อบด5	เชื่อมต่อ	
หม้อบด6	เชื่อมต่อ	
หม้อบด7	เชื่อมต่อ	
หม้อบด8		เชื่อมต่อ
หม้อบด9		เชื่อมต่อ
หม้อบด10		เชื่อมต่อ
หม้อบด11		เชื่อมต่อ
หม้อบด12		เชื่อมต่อ

ตารางที่3.5 ปริมาณความจุของไซโลหมายเลขต่าง ๆ

หมายเลขไซโล	ความจุไซโล
ce_Silo1	4,500
ce_Silo2	4,500
ce_Silo3	4,500
ce_Silo4	4,500
ce_Silo5	5,000
ce_Silo6	5,000
ce_Silo7	9,800
ce_Silo8	9,800
ce_Silo9	9,800
ce_Silo10	9,800
ce_Silo11	10,000
ce_Silo12	10,000
ce_Silo13	10,000
ce_Silo14	10,000
ce_Silo15	10,000
ce_Silo16	10,000
ce_Silo17	20,000
ce_Silo18	20,000
ce_Silo19	20,000
ce_Silo20	20,000

-ข้อจำกัดด้านสายพานลำเลียง: ในการขนส่งซีเมนต์ในกระบวนการผลิตจะใช้สายพานเป็นตัวส่งต่อ และ เนื่องจากกระบวนการผลิตซีเมนต์ เป็นกระบวนการที่ใช้เนื้อที่ในการผลิตมาก ดังนั้นการวางผังโรงงานจึงทำไม่สามารถสร้างสายพานเชื่อมต่อจากหม้อบดไปยังไซโลทุกไซโลได้ ซึ่งสายพานลำเลียงที่เชื่อมต่อจากหม้อบดไปยังไซโลสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3.3

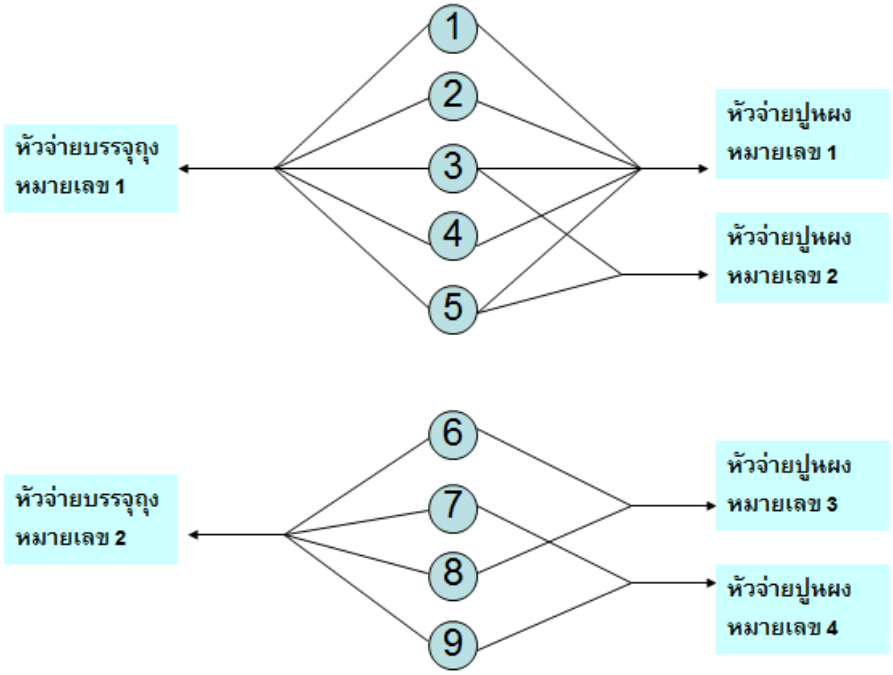


ภาพที่ 3.3 สายพานลำเลียงที่เชื่อมต่อระหว่าหม้อบดและไซโล

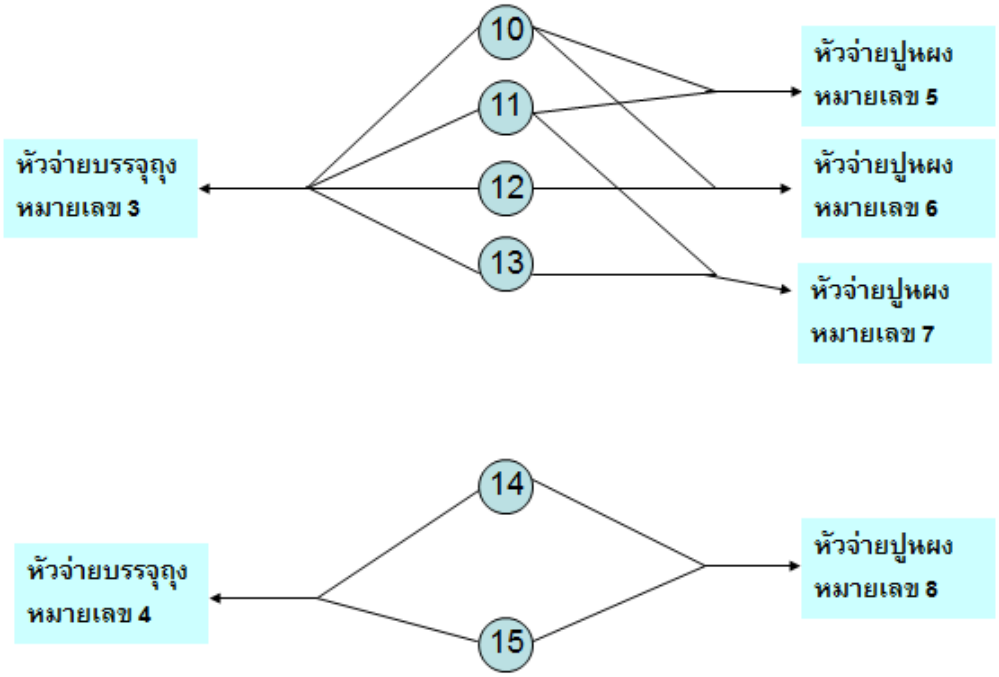
<u>หัวจ่ายซีเมนต์</u>

หัวจ่ายซีเมนต์ของโรงงานแห่งนี้ประกอบไปด้วยหัวจ่าย 2 ประเภทคือหัวจ่ายประเภทซีเมนต์บรรจุถุง และ หัวจ่ายประเภทซีเมนต์ผงบรรจุเต้ารถบรรทุก มีหัวจ่ายประเภทบรรจุถุงอยู่ 6 หัวจ่าย และ มีหัวจ่ายประเภทซีเมนต์ผงอยู่ 10หัวจ่าย ซึ่งในหัวข้อนี้มีข้อจำกัดอยู่ 2 ประการคือ

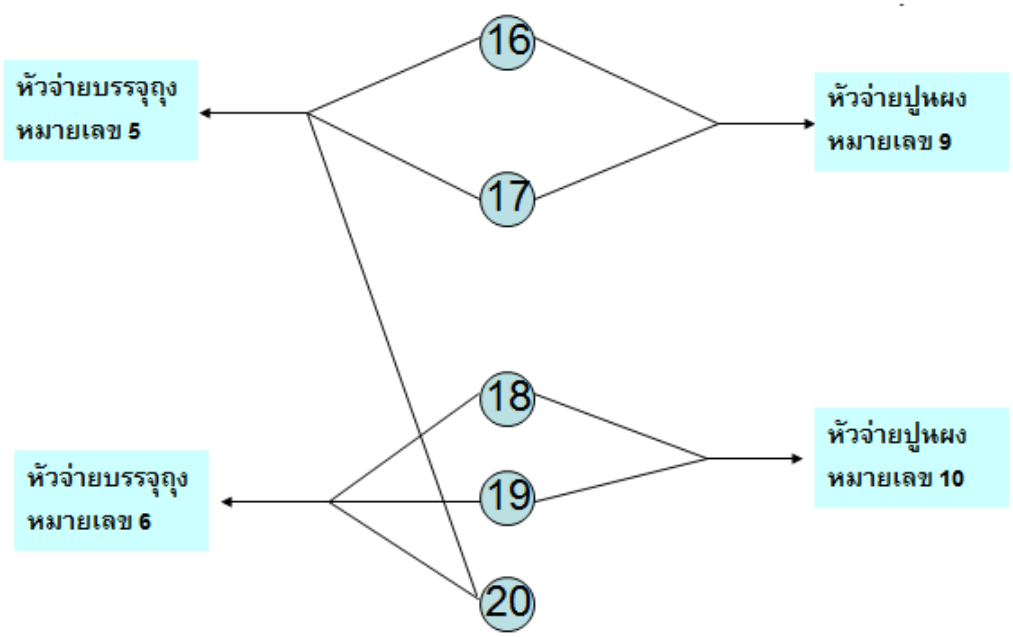
- ข้อจำกัดด้านลำเลียงไปยังหัวจ่าย: ในกระบวนการจ่ายซีเมนต์จะมีส่วนเชื่อมต่อระหว่างไซโล และ หัวจ่ายซีเมนต์ ซึ่งจะแสดงได้ในภาพ 3.4 สำหรับไซโลหมายเลข 1-9 ภาพที่ 3.5 สำหรับไซโลหมายเลข 10-15 และ ภาพที่ 3.6 สำหรับไซโล ที่16- 20



ภาพที่ 3.4 การเชื่อมโยงระหว่างไซโลและหัวจ่ายหมายเลข 1-9



ภาพที่ 3.5 การเชื่อมโยงระหว่างไซโลและหัวจ่ายหมายเลข 10-15



ภาพที่ 3.6 **การเชื่อมโยงระหว่างไซโลและหัวจ่ายหมายเลข** 16-20

- ข้อจำกัดด้านความสามารถในการจ่ายซีเมนต์ของหัวจ่าย: หัวจ่ายซีเมนต์แต่เครื่องจะมีความสามารถในการจ่ายที่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3.6 สำหรับหัวจ่ายแบบบรรจุถุง และ ตารางที่ 3.7 สำหรับหัวจ่ายแบบซีเมนต์ผงบรรจุรถบรรทุก

ตารางที่3.6 **ความสามารถในการจ่ายของซีเมนต์ประเภทบรรจุถุง ในหน่วยตัน/ชม**

หัวจ่ายประเภทบรรจุถุง	
หัวจ่ายที่ 1	1000
หัวจ่ายที่ 2	1400
หัวจ่ายที่ 3	3000
หัวจ่ายที่ 4	3450
หัวจ่ายที่ 5	5500
หัวจ่ายที่ 6	5500

ตารางที่3.7 ความสามารถในการจ่ายของซีเมนต์ประเภทปูนผง ในหน่วยตัน/ชม

หัวจ่ายประเภทปูนผง	
หัวจ่ายที่1	1500
หัวจ่ายที่2	1500
หัวจ่ายที่3	3000
หัวจ่ายที่4	4500
หัวจ่ายที่5	1800
หัวจ่ายที่6	4500
หัวจ่ายที่7	4500
หัวจ่ายที่8	7500
หัวจ่ายที่9	6000
หัวจ่ายที่10	6000

3.5.นโยบายในการผลิตและขายของผลิตภัณฑ์ของบริษัท

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้ มีผลิตภัณฑ์ 2 จำพวกคือปูนเม็ด และ ปูนซีเมนต์ ปูนเม็ดเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ ซึ่งปูนเม็ดนั้นบริษัทสามารถผลิตได้มากเพียงพอสำหรับการแปรรูปเป็นซีเมนต์ ซึ่งทางบริษัทจึงตั้งนโยบายเอาไว้ดังนี้คือ เป้าหมายในการผลิตปูนเม็ดคือผลิตเพื่อป้อนให้กับกระบวนการผลิตซีเมนต์ แต่เนื่องจากกระบวนการผลิตปูนเม็ดของโรงงานนั้น มีกำลังการผลิตมากเกินกว่า อัตราการการใช้ของโรงงงาน ส่งผลให้ปริมาณปูนเม็ดส่วนเกินจากการผลิตซีเมนต์จะถูกส่งออกไปขายยังต่างประเทศเพื่อรักษาคงคลังของปูนเม็ดให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

ในส่วนของปูนซีเมนต์เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีกำไรสูงกว่าทางบริษัทจึงมุ่งเน้นในการจัดระบบการผลิตเพื่อให้สามารถรองรับต่อความต้องการของลูกค้าที่มีอยู่อย่างครอบคลุม

3.6.นโยบายการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จำพวกปูนซีเมนต์

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการบดซีเมนต์ ปูนซีเมนต์จะถูกส่งต่อไปยังไซโลเพื่อรอการจำหน่ายในขั้นตอนนี้เองเนื่องจากปูนซีเมนต์นั้น มีคุณสมบัติแข็งตัวเมื่อพบความชื้น ซึ่งการเก็บปูนซีเมนต์ทิ้งเอาไว้ในไซโลเป็นเวลานานทำให้ปูนซีเมนต์ มีความเสี่ยงที่จะได้รับความชื้นจากอากาศจนทำให้

ปูนซีเมนต์จับตัวเป็นก้อน ทางให้บริษัทตระหนักถึงความสำคัญในการเก็บรักษา ซึ่งระยะเวลาในการเก็บรักษานั้นทางบริษัทจะกำหนดให้ซีเมนต์ต้องมีอายุไม่เกิน 45 วันหลังจากกระบวนการบด

3.7. **ธรรมชาติของกระบวนการสั่งซื้อสินค้าจำพวกซีเมนต์**

ธรรมชาติของการสั่งซื้อซีเมนต์นั้นจะไม่ทราบปริมาณการสั่งซื้อล่วงหน้า ทำให้ข้อมูลอุปสงค์ที่ต้องใช้ในการวางแผนต้องใช้เป็นข้อมูลอุปสงค์พยากรณ์ล่วงหน้าแทน

สาเหตุที่ไม่ทราบปริมาณการสั่งซื้อล่วงหน้าเนื่องจากการ ในกระบวนขนส่งซีเมนต์จะต้องใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่ซึ่งส่วนใหญ่แล้วมักจะเป็นรถรับจ้างไม่ประจำทาง ซึ่งรถจำพวกนี้จะมีเป้าหมายในการเดินทางเข้ามาในกรุงเทพเพื่อขนส่งสินค้าประเภทอื่น แต่ในการเดินทางขณะกลับเพื่อไม่ให้เกิดความสูญเปล่าในการเดินรอบรถ จึงมักจะอาศัยจังหวะที่กำลังจะเดินทางกลับรับซีเมนต์กลับไปส่งให้กับตัวแทนจำหน่ายในภูมิภาคใดๆ อีกด้วย ซึ่งการกระทำเช่นนี้จะทำให้การสั่งซื้อซีเมนต์นั้นทราบล่วงหน้าเพียงไม่กี่ชั่วโมง

3.8.**ระบบสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนการขายและปฏิบัติการ**(S&OPS)

3.8.1 **ที่มาและความสำคัญของระบบ**S&OPS

ในเดิมทีวิธีการวางแผนการผลิตนั้นทางบริษัทไม่มีแผนการผลิตร่วมกันระหว่างฝ่ายผลิตและฝ่ายขาย กล่าวคือการวางแผนการผลิตและแผนการขายระหว่างฝ่าย มักจะคำนึงถึงประโยชน์ของฝ่ายของตัวเองเป็นหลัก ตัวอย่างเช่น ฝ่ายขายมักจะบอกแผนขายที่ต่ำกว่าความเป็นจริงที่อาจจะขายได้ เพราะในกรณีที่ขายได้สูงกว่าเป้าหมายที่วางไว้ ฝ่ายขายจะได้รับการประเมินว่าทำงานได้สูงกว่ามาตรฐาน ทำให้ฝ่ายผลิตไม่ทราบปริมาณความต้องการปูนซีเมนต์ของลูกค้าที่แท้จริง

นอกจากนี้แล้วเนื่องจากราคาขายซีเมนต์ที่บริษัทจำหน่ายให้แก่ลูกค้าแต่ละกลุ่มนั้นมีราคาแตกต่างกัน ผนวกกับ ฝ่ายขายนั้นไม่ทราบถึงกำลังการผลิตที่ฝ่ายผลิตสามารถทำได้อย่างมี

ประสิทธิภาพจึงให้ เนื่องจากไม่มีการประชุมวางแผนร่วมกัน ทำให้แผนการขาย และ แผนการผลิตที่ทำแต่เดิมขาดประสิทธิภาพ เพราะไม่ดำเนินไปในทิศทางเดียวกัน

ตัวอย่างเช่นในปีที่เกิดวิกฤติทางการเงินในสหรัฐช่วงปี 2008 ช่วงต้นปีแรกปริมาณปูนซีเมนต์เม็ดมีมากเกินไปทำให้ไม่มีที่เก็บในไซโล แต่ในช่วงปลายปีกลับมีปริมาณปูนเม็ดขาดจนไม่สามารถผลิตทัน ทำให้ต้องหยุดและเริ่มการผลิตเตาเผาปูนเม็ดมากเกินจำเป็น ซึ่งค่าใช้จ่ายในการเริ่มการผลิตของเตาผลิตปูนเม็ดนั้นมีค่าใช้จ่ายกว่า 10 ล้านบาทต่อครั้งซึ่งสร้างความเสียหายให้แก่บริษัทเป็นอันมาก นอกจากนี้ยังเกิดปัญหาอื่นๆ เช่น ในส่วนหม้อบดปูนซีเมนต์ที่ฝ่ายขายมิได้แผนการขายที่แท้จริงให้แก่ฝ่ายผลิตจึงทำให้เกิดการผลิตปูนซีเมนต์ที่เกิดความต้องการ และ ปูนซีเมนต์ชนิดที่มียอดสั่งซื้อกลับไม่เกิดการผลิต

บริษัทจึงตระหนักถึงความเสียหายที่เกิดการขาดความร่วมมือระหว่างฝ่ายขายและผลิต ทำให้มีการศึกษาหลักการของ การวางแผนการขายและการปฏิบัติการผลิต (Sale and Operations Planning - S&OP) บริษัทจึงได้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนการขายและปฏิบัติการที่ถูกเรียกในชื่อ “ระบบS&OPS” เพื่อช่วยสร้างแผนการผลิตและแผนขายซีเมนต์ที่มีการวางแผนร่วม โดยมีเป้าหมายคือกำไรสูงสุดของบริษัท

3.8.2 การทำงานของระบบS&OPS

ระบบS&OPS เป็นระบบสนับสนุนการตัดใจโดยที่จะมีกระบวนการตัดสินใจอยู่ 2 ส่วนประกอบด้วย 1.แผนการขายซีเมนต์ 2.แผนการผลิตซีเมนต์ ซึ่งใช้วิธีการทางด้านการวิจัยดำเนินงาน (Operation Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดกำไรสูดสุดของบริษัท

เพื่อให้ระบบสามารถดำเนินเนินงานได้ จะต้องมีการกรอกข้อมูลให้ระบบเสียก่อน ซึ่งข้อมูลในส่วนนำเข้า(Input Data)ที่จะต้องกรอกให้ระบบโดนประกอบด้วยข้อมูลประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของระบบ เช่น ข้อจำกัดในการผลิต ความสามารถในการผลิต และต้นทุนการในการผลิต ของเครื่องจักรในระบบ

2. ข้อมูลจากฝ่ายขายและการตลาด ได้แก่ ราคาซีเมนต์ที่ฝ่ายการตลาดตั้งราคาขายซีเมนต์ให้แก่ลูกค้าแต่ละกลุ่ม และ ประเมินช่วงการขายสูงสุดต่ำสุดของซีเมนต์แต่ละประเภทสำหรับแต่ละกลุ่มลูกค้า

3. ข้อมูลจากฝ่ายผลิต ซึ่งคือ แผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรในช่วงเวลาต่างๆ

การคำนวณภายในระบบจะใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ที่จะวางแผนการผลิตเพื่อให้เกิดกำไรของบริษัทสูงสุด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากรายได้จากการขายซีเมนต์ – ต้นทุนในการผลิตซึ่งทั้งรายได้ และ ต้นทุน จะเชื่อมโยงมาจากแผนการขายซีเมนต์แต่ละประเภท และ แผนการผลิตซีเมนต์ซึ่งทั้ง 2 แผนจะต้องมีความสอดคล้องเพื่อให้เกิดผลกำไรสูงสุด โดยที่แผนการผลิตซีเมนต์ต้นทุนที่พิจารณาในระบบ S&OPS คือต้นทุนในส่วนของค่าใช้จ่ายแปรผันในการผลิตซีเมนต์แต่ละเครื่องจักรเท่านั้น เนื่องจากในระบบS&OPS เป็นการสร้างแผนการผลิต ทำให้ยังไม่เกิดลำดับในการผลิตเกิดขึ้นดังนั้น ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากซีเมนต์ตกระดับ และ ค่าไฟฟ้าในส่วนของค่าความต้องการพลังงานจึงยังไม่สามารถคำนวณได้

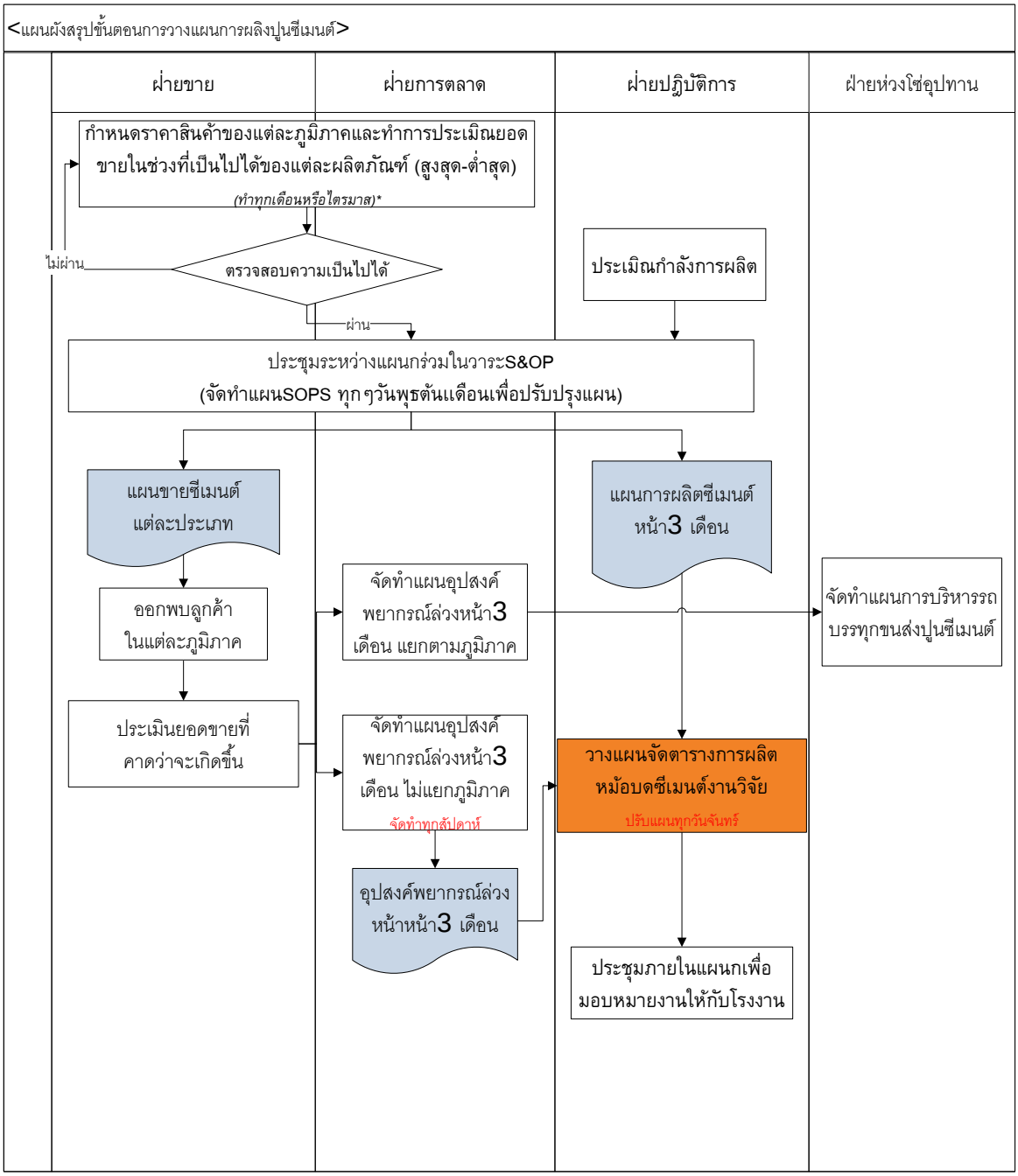
ผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ S&OPS คือแผนการขายซีเมนต์แต่ประเภทให้แก่ลูกค้าแต่ละกลุ่ม และ แผนการผลิตซีเมนต์ในแต่ละเดือน ซึ่งทั้งสองแผนนี้เป็นแผนเป็นแผนที่สอดคล้องกันและก่อให้เกิดกำไรสูงสุดของบริษัท

3.8.3 การเชื่อมโยงแผนการผลิตจากระบบ S&OPS และ การจัดตารางการผลิต

การใช้ระบบ “S&OPS” จะดำเนินการโดยเริ่มต้นจากการประชุมระหว่างฝ่ายคือ ฝ่ายปฏิบัติการ ฝ่ายการตลาด และ ฝ่ายขาย ซึ่งจะระดมสมองเพื่อจัดทำชุดข้อมูลที่นำในไปใช้ในโปรแกรม “S&OPS” ซึ่งจะทำการปรับปรุงแผนการผลิตทุกๆ วันพุธต้นเดือน ซึ่งข้อมูลที่ได้จะมี2 ส่วนคือ 1.แผนการขายปูนซีเมนต์แต่ละประเภทซึ่งจะแยกตามภูมิภาค และ 2.แผนการผลิตซีเมนต์รายเดือนตลอด 12 เดือนล่วงหน้า

ซึ่งแผนการขายปูนซีเมนต์ฝ่ายขาย และ การตลาดจะรับไปเพื่อเป็นเป้าหมายในการขาย และ จะจัดข้อมูลทำอุปสงค์พยากรณ์ล่วงหน้าสำหรับ 3 เดือน เพื่อส่งมอบให้ฝ่ายผลิตโดยทำการปรับปรุงอุปสงค์พยากรณ์ทุกอาทิตย์

ซึ่งฝ่ายผลิตจะรับข้อมูลแผนการผลิตซีเมนต์ล่วงหน้า3เดือนจากระบบS&OPS มาประกอบกับอุปสงค์พยากรณ์และนำไปวางแผนจัดตารางการผลิตหม้อบดซีเมนต์ เพื่อส่งมอบให้พนักงานในระดับปฏิบัติการรับผลิต ซึ่งในส่วนจัดตารางการผลิตนั้นเนื่องจากอุปสงค์พยากรณ์จะทำการปรับทุกอาทิตย์เพื่อให้ข้อมูลใกล้เคียงความจริง การจัดตารางการผลิตหม้อบดซีเมนต์จึงต้องทำทุกอาทิตย์ ซึ่งแผนผังสรุปการทำงานของระบบแสดงดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 **สรุปขั้นตอนวางแผนการผลิตและจัดตารางการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา**

บทที่4

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในกระบวนการบดซีเมนต์

4.1 พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต

4.1.1 อธิบายลักษณะของปัญหา

การจัดตารางการผลิตหม้อบดซีเมนต์มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดตารางการผลิตหม้อบดเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำสุดตลอดระยะเวลา 3 เดือน โดยที่หน่วยเวลาที่ย่อยสุดเป็นรายคาบโดยหนึ่งวันสามารถแบ่งออกเป็น 2 คาบ โดยที่กระบวนการผลิตซีเมนต์นั้นประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 3 ขั้นตอนคือ

1.ขั้นตอนการบดซีเมนต์: ในกระบวนการบดซีเมนต์จะเป็นกระบวนการแปรรูปปูนเม็ดซึ่งให้เป็นซีเมนต์ประเภทต่างๆ ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษาพบว่าปริมาณปูนเม็ดมีมากเพียงพอในการผลิตซีเมนต์ ดังนั้นจึงตั้งสมมติฐานว่าปริมาณปูนเม็ดที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้นมีปริมาณไม่จำกัด หม้อบดเป็นเครื่องจักรทำงานขนาน ซึ่งแต่ละเครื่องมีประสิทธิภาพในการบดซีเมนต์แตกต่างกัน

2.ขั้นตอนการจัดเก็บซีเมนต์: เมื่อสิ้นสุดกระบวนการบดซีเมนต์ ซีเมนต์ที่ผลิตได้จะถูกส่งไปเก็บรักษาภายในซีเมนต์ไซโล โดยส่งผ่านสายพานที่เชื่อมต่อระหว่างหม้อบดและไซโลโดยที่สายพานเชื่อมมิได้เชื่อมต่อระหว่างทุกหม้อบด และ ทุกไซโล นอกจากนี้ไซโลแต่ละไซโลสามารถเก็บรักษาซีเมนต์ได้เพียงหนึ่งชนิด ซึ่งปริมาณซีเมนต์จะต้องไม่เกิดความจุไซโล และ ไม่ต่ำกว่าระดับคงคลังปลอดภัย

3.ขั้นตอนการจ่ายซีเมนต์ให้แก่ลูกค้า: การจ่ายซีเมนต์จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือจ่ายซีเมนต์บรรจุถุง และ จ่ายซีเมนต์ผง ซึ่งหัวจ่ายแต่ละเครื่องจะเชื่อมต่อกับไซโลเพียงบางไซโล ซึ่งหัวจ่ายทำงานขนานกัน โดยที่หัวจ่ายแต่ละเครื่องที่มีอัตราการจ่ายซีเมนต์ต่อชั่วโมงแตกต่างกัน

ค่าใช้จ่ายที่พิจารณาในตัวแบบคณิตศาสตร์

ในงานวิจัยชิ้นนี้ ค่าใช้จ่ายพิจารณาในส่วนของหม้อบดซีเมนต์ ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง อีกทั้งกระบวนการบดซีเมนต์เป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องเมื่อมีการเปลี่ยนประเภทการผลิตจะเกิดซีเมนต์ตกระดับขึ้นดังนั้นค่าใช้จ่ายจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักคือ

1.ค่าพลังงานไฟฟ้า อัตราการคิดค่าพลังงานไฟฟ้านั้นแปรผันตามช่วงเวลาคือ ช่วง On Peak และ Off Peak โดยช่วง On Peak และ Off Peak ของแต่ละวันจะแตกต่างกัน ซึ่งค่าไฟฟ้าประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

- ค่าใช้จ่ายในการผลิตแปรผันในการผลิตปูนซีเมนต์ คือค่าพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการบดซีเมนต์ ซึ่งจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับหม้อบดและประเภทปูนซีเมนต์
- ค่าความต้องการไฟฟ้า (Demand Charge) เกิดจากกำลังไฟฟ้าที่สูงสุดที่มิเตอร์ไฟฟ้าวัดได้ในช่วงเวลา On Peak

ซึ่งตัวแบบคณิตศาสตร์ในการจัดตารางการผลิตหม้อบดซีเมนต์ค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้านั้นจะพิจารณาตลอดช่วง3 เดือน เพื่อเป็นการวางแผนผลิตซีเมนต์ล่วงหน้าเพื่อกระจายกำลังการผลิตเพื่อให้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำ

2. ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากซีเมนต์ตกระดับ: กระบวนการผลิตซีเมนต์เมื่อมีการเปลี่ยนประเภทการผลิตจะก่อให้เกิดซีเมนต์ตกมาตรฐาน ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งเครื่องจักร

ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งเครื่องจักร ในตัวแบบคณิตศาสตร์จะพิจารณาเพียง7วันแรกเท่านั้น เนื่องจาก ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้มีมูลค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้า และ ตารางการผลิตที่ฝ่ายผลิตจะรับไปปฏิบัติจะเป็นตารางการผลิตของอาทิตย์แรกอาทิตย์เดียวเท่านั้น เพราะในทุกสัปดาห์ฝ่ายการตลาดปรับปรุงข้อมูลอุปสงค์พยากรณ์ใหม่ ทำให้จะต้องมีการจัดตารางการผลิตใหม่ในทุกสัปดาห์ ส่งผลให้การพิจารณาลำดับการผลิตของสัปดาห์อื่นๆ ไม่ได้ถูกนำไปใช้ และ ยังเป็นการเพิ่มจำนวนตัวแปรคณิตศาสตร์มากขึ้นโดยไม่จำเป็น สิ้นเปลืองทรัพยากรในการคำนวณของคอมพิวเตอร์ทำให้ใช้เวลาในการหาคำตอบนาน

4.1.2 **เซต** (Set)

หัวข้อเซตสามารถออกเป็น 3 กลุ่มหลักๆดังนี้

1. เซตที่เกี่ยวข้องกับเวลา
2. เซตทั่วไป
3. เซตความสัมพันธ์
4. ดัชนีตัวแทนเซต

1. เซตที่เกี่ยวข้องกับเวลา:

ในงานวิจัยชิ้นนี้เซตทีเกี่ยวข้องกับเวลา สามารถแบ่งได้ 3 ระดับ ได้ดังต่อไปนี้คือ ระดับ เดือน วัน และ คาบ โดยที่ เดือนสามารถแบ่งย่อยเป็นวันได้ตามจำนวนวันรวมของ3เดือน และ วัน สามารถ แบ่งย่อยออกเป็นคาบ โดยแบ่งเป็นคาบเช้าและคาบดึก

I. <u>เซตของเดือน (Month):</u>

- Month: เป็นเซตของเดือนตั้งแต่เดือนแรกจนถึงวันสุดท้ายในกรอบของการจัดตารางการผลิต ตัวอย่างเช่น {June, July, August}

II. <u>เซตของวัน (day):</u>

- Day: เป็นเซตของวัน ตั้งแต่วันแรกของเดือนแรก จนถึงวันสุดท้ายในรอบ 3 เดือน ของการจัดตารางการผลิต
- Day2: เป็นเซตย่อยของDay สมาชิกคือ วันที่ตั้งแต่วันที่ 2ของเดือนแรก จนถึงวันสุดท้ายในรอบ 3 เดือน ของการจัดตารางการผลิต
- D_Exp: เป็นเซตย่อยของ Day สมาชิกคือวันตั้งแต่วันแรกของเดือนแรก จนถึง วันก่อนวันสุดท้าย 45 วัน
- Dayreset: เป็นเซตย่อยของ Day สมาชิกคือวันที่ต้องการปรับปริมาณซีเมนต์คงคลังให้เป็น ปริมาณซีเมนต์คงคลังเริ่มต้นของวันนั้น ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นปริมาณ

พัสดุคงคลังของวันก่อนหน้าวันที่เริ่มจัดตารางการผลิต ตัวอย่างเช่น เริ่มต้นจัดตารางการผลิตวันที่ 6 เซต Dayreset = {5}

- DayBuffer: เป็นเซตย่อยของ Day สมาชิกคือวันตั้งแต่วันที่เริ่มจัดตารางการผลิตจนถึงวันสุดท้าย

หมายเหตุ: อธิบายเพิ่มเติมความสำคัญของ เซต Dayreset และ Daybuffer เนื่องจากในการกรอกข้อมูลของผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูล ในส่วนของคงคลังของซีเมนต์เริ่มต้นของวันนั้นซึ่ง โดยที่การวัดปริมาณซีเมนต์คงคลังเริ่มต้นนั้นจะมีพนักงานคอยใช้ลูกดิ่งวัดปริมาณซีเมนต์ในไซโลแต่ละไซโล ซึ่งการวัดด้วยลูกดิ่งนี้ยากมากที่จะสามารถวัดปริมาณคงคลังได้ถูกต้อง100 % จึงต้องมี เซต Dayreset และ DayBuffer เพื่อช่วยปรับสมการมิให้สมการขัดแย้งกันเอง ตัวอย่างเช่นถ้าปริมาณซีเมนต์ในไซโลจากสมการคำนวณได้ 2300.1 ตัน แต่พนักงานกรอก ปริมาณคงคลังเริ่มต้น 2300 ตัน จะไม่ขัดแย้งกันเอง ซึ่งเซตทั้ง 2 เซตนี้จะถูกนำไปใช้ในสมการที่ 16 ,17

ตัวอย่างของเซตที่เกี่ยวข้องกับวัน:

เซตของวัน สร้างโดยจำนวนวันในแต่ละเดือนมาแปลงตัวอย่างเช่นถ้าเซตเดือนคือ {June ,July ,August} จะพบว่าเดือนมิถุนายน จะมี 30 วัน เดือน กรกฎาคม 31วัน เดือนสิงหาคม มี 31 วัน ดังนั้นจะมีวันทั้งหมด 92วัน คือ{1,2,3,..92} และ ถ้าวันที่เริ่มจัดตารางการผลิตของอาทิตย์นั้นคือ 7 จะได้เซตที่เกี่ยวข้องกับวันเป็นดังต่อไปนี้

Day	=	{day 1, day 2, day 3,.., day 92}
Day2	=	{day 2, day 3, day 4,.., day 92}
D_Exp	=	{day 1, day 2 ,.., day 47}
Dayreset	=	{day 6}
DayBuffer	=	{day 7, day 8,.., day 92}

III. เซตของคาบ(T) :

- T: เป็นเซตของคาบตั้งแต่คาบแรกจนถึงคาบสุดท้ายตลอด 3 เดือนที่พิจารณา
- T2: เป็นเซตของคาบตั้งแต่คาบที่2 ของถึงคาบในเดือนสุดท้าย

- Start_tsequence: เป็นเซตย่อยของ T แสดงคาบแรกของสัปดาห์ที่เริ่มจัดตารางการผลิต ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นการจัดตารางการผลิตหม้อบดซีเมนต์ซึ่งจะเริ่มจัดตารางการผลิตทุกวันจันทร์ผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูลในส่วนติดต่อผู้ใช้ว่าวันแรกของสัปดาห์นั้นเป็นวันที่เท่าใด

- Tsequence: เป็นเซตย่อยของ T แสดงถึงคาบที่การจัดลำดับของการผลิตปูนซีเมนต์มีผลค่าใช้จ่ายในการผลิต ในงานวิจัยชิ้นนี้จะกำหนดให้เป็น 7 วัน ซึ่งจะได้เป็น 14 คาบ นับจากวันแรกของการจัดตาราง

- Tsequence2: เป็นเซตย่อยของ T เช่นเดียวกับ Tsequence เพียงแต่แตกต่างที่ ไม่รวมคาบแรก

- T_old: เป็นเซตย่อยของ T สมาชิกของSet คือ คาบในอดีตที่มีการจัดตารางการผลิตไปแล้ว

<u>ตัวอย่างของเซตที่เกี่ยวข้องกับคาบ</u>

ถ้าเดือนที่พิจารณาคือ {June ,July ,August} และวันที่เริ่มจัดตารางการผลิตของอาทิตย์นั้นคือ วันที่ 7 เนื่องจาก 1 วันมีสองคาบดังนั้นถ้าเดือน July – August มี 92 วันจะ และ ถ้าเริ่มการจัดตารางในวันที่ 7 หมายความว่า เริ่มจัดตารางการผลิตในคาบที่ 13 และ ได้จัดตารางการผลิตในอดีตไปแล้ว 12 คาบ จะได้ Set ของคาบดังนี้

T	= {1,2,3,..,184}
T2	= {1,2,3,..,184}
Start_tsequence	= {13}
Tsequence	= {13,14,15,..26}
Tsequence2	= {14,15,..26}
T_old	= {1,2,3,..,12}

2. **เซตทั่วไป**:

ในหัวข้อนี้จะแสดงถึงเซตต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตหม้อบดซีเมนต์ ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

I. เซต ce : เป็นเซตของประเภทซีเมนต์ ที่เป็นผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้

II. เซต Mill : เป็นเซตของหม้อบดที่ติดตั้งอยู่ภายในโรงงานกรณีศึกษา

III. เซต Silo : เซ็นเซตแสดงไซโลเก็บปูนซีเมนต์

IV. เซต Bulk : เซตของเครื่องจ่ายซีเมนต์ประเภทปูนผง (Bulk Loader)

V. เซต Bag : เซตของเครื่องจ่ายซีเมนต์ประเภทปูนบรรจุถุง (Bag Loader)

VI. เซต Meter : เซตของมิเตอร์ไฟฟ้า

ตารางที่ 4.1 เซตทั่วไป และ สมาชิกภายในเซตทั่วไป

เซต	สมาชิกภายใน เซต
Mill	MILL1 , MILL2 , MILL3 , MILL4 , MILL5 , MILL6 , MILL7 , MILL8 , MILL9 , MILL10 , MILL11 , MILL12
Ce	Ce1, Ce2, Ce3,…, Ce7, Ce8
Silo	Silo1, Silo2 , Silo3, …, Silo20
Bag	Bag Loader 1, Bag Loader 2,.., Bag Loader 6
Bulk	Bulk Loader 1, Bulk Loader 2,.., Bulk Loader 10
Meter	Meter 1 , Meter 2

3.**เซตความสัมพันธ์**:

ในหัวข้อนี้แสดงถึง ความสัมพันธ์ระหว่างเซตที่เชื่อมต่อถึงกันในกระบวนการบดซีเมนต์ ซึ่งแบ่งได้ดังตารางที่4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.2 เซตความสัมพันธ์

	เซตความสัมพันธ์	เซตที่เกี่ยวข้อง	คำอธิบาย
1	Cementmill	Ce,Mill	เซตความสัมพันธ์ระหว่างหม้อบด และ ซีเมนต์ที่ผลิตได้ในหม้อบดนั้นๆ ตัวอย่างเช่น {(ce1,mill1),(c3,mill2),..} ความหมายของ (ce1,mill1) หมายถึง ซีเมนต์ ตราที่ 1 สามารถผลิตในหม้อบดซีเมนต์หมายเลข 1 ได้
2	Cementcement mill	Ce,Ce, Mill	เซตความสัมพันธ์ของความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนการผลิตของซีเมนต์จากประเภทหนึ่งสู่อีกประเภทในหม้อบดใดๆ ตัวอย่างเช่น {(ce1,ce2,mill1), ..} ความหมายของ (ce1,ce2,mill1) หมายถึง ซีเมนต์ ตราที่ 1 สามารถเปลี่ยนการผลิตเป็นผลิตซีเมนต์ชนิดที่ 2 ได้ ในหม้อบดที 1
3	Cementsilo	Ce,Silo	เซตแสดงความสัมพันธ์ของชนิดซีเมนต์ที่บรรจุอยู่ในไซโลใดๆ ตัวอย่างเช่น {(ce1,silo1), ..} ความหมายของ(ce1,silo1) หมายถึง ซีเมนต์ ตราที่ 1 ถูกเก็บอยู่ภายในไซโล ที่ 1
4	Cesilobag	Ce,Silo, Bag	เซตแสดงความสัมพันธ์ของชนิดซีเมนต์และหมายเลขไซโลที่เชื่อมกับหัวจ่ายประเภทบรรจุถุง ตัวอย่างเช่น{(ce1,silo1,Bag Loader1),..} หมายถึง ปูนซีเมนต์ตราที่1 บรรจุอยู่ในไซโลที่ 1 ที่เชื่อมต่อกับหัวจ่ายซีเมนต์ประเภทถุงหมายเลข 1
5	Cesilobulk	Ce,Silo, Bulk	เซตแสดงความสัมพันธ์ของชนิดซีเมนต์และหมายเลขไซโลที่เชื่อมกับหัวจ่ายประเภทปูนผง ตัวอย่างเช่น{(ce1,silo1,Bulk Loader1),..} หมายถึง ปูนซีเมนต์ตราที่1 บรรจุอยู่ในไซโลที่ 1 ที่เชื่อมต่อกับหัวจ่ายซีเมนต์ประเภทปูนผงหมายเลข 1

ตารางที่ 4.3 เซตความสัมพันธ์(ต่อ)

	เซตความสัมพันธ์	เซตที่เกี่ยวข้อง	คำอธิบาย
6	Cebag	Ce,Bag	เซตแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดซีเมนต์ที่สามารถจ่ายได้ในหัวจ่ายประเภทปูนบรรจุถุงใดๆ ตัวอย่าง: {(ce1,Bag Loader1),..} หมายถึงปูนซีเมนต์ตราที่1 สามารถทำการจ่ายได้ในหัวจ่ายซีเมนต์ประเภทถุงหมายเลข 1
7	Cebulk	Ce,Bulk	เซตแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดซีเมนต์ที่สามารถจ่ายได้ในหัวจ่ายประเภทปูนผงใดๆ ตัวอย่าง: {(ce1,Bulk Loader1),..} หมายถึงปูนซีเมนต์ตราที่1 สามารถทำการจ่ายได้ในหัวจ่ายซีเมนต์ประเภทบรรจุผงหมายเลข 1
8	Moththime	Month , T	เซตแสดงความสัมพันธ์ถึงคาบอยู่ในเดือนใด ตัวอย่าง: {(Month1,1),.. } หมายถึงคาบที่ 1 เป็นคาบที่อยู่ในเดือนที่ 1
9	Daytime	Day,T	เซตแสดงความสัมพันธ์ถึงคาบอยู่ในวันใด ตัวอย่างเช่น {(day 1,1),.. } หมายถึงคาบที่ 1 เป็นคาบที่อยู่ในวันที่ 1
10	Metermill	Meter ,Mill	เซตแสดงความสัมพันธ์ว่าหม้อบดแต่ละหม้อบดเชื่อมต่อกับมิเตอร์คิดค่าไฟฟ้า ตัวอย่างเช่น {(meter1,mill1),..}หมายถึง มิเตอร์ไฟฟ้าที่1 ใช้วัดค่าไฟฟ้าจากหม้อบดที่ 1

4.สัญลักษณ์ของดัชนีตัวแทนเซต

ในตัวแบบคณิตศาสตร์ได้มีการใช้ดัชนีเป็นสัญลักษณ์เพื่อเป็นตัวแทนสมาชิกเซตต่างๆ ดังต่อไปนี้

i,f	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต Ce
j	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต Mill
a	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต Bag
b	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต Bulk
t	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต T
ts	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต Tsequence
ts2	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต Tsequence2
t0	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต T_old
st	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต Start_Tsequence
d	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต Day
d2	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต Day2
dr	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต Dayreset
db	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต Daybuffer
mo	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต Month
me	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต Meter
m	เป็นดัชนีที่เป็นสมาชิกของเซต Meter

4.1.3 **พารามิเตอร์** (Parameter)

พารามิเตอร์สามารถแบ่งได้ 2 จำพวกดังนี้ คือ

1. พารามิเตอร์ประเภทจำนวนจริงบวก
2. พารามิเตอร์ประเภทฐานสอง

1. พารามิเตอร์ประเภทจำนวนจริงบวก: พารามิเตอร์ประเภทจริงบวกสามารถแสดงได้ดังตารางที่4.4

ตารางที่ 4.4 พารามิเตอร์ประเภทจำนวนจริงบวก

	ชื่อพารามิเตอร์	คำอธิบาย
1	$Cap_{ce,mill}$	อัตราการผลิตซีเมนต์แต่ละประเภทของแต่ละหม้อบด
2	$Cost_on_{ce,mill}$	ค่าใช้จ่ายในการผลิตซีเมนต์ของแต่ละหม้อบดในช่วงOn peak
3	$Cost_off_{ce,mill}$	ค่าใช้จ่ายในการผลิตซีเมนต์ของแต่ละหม้อบดในช่วงOff peak
4	$DemandChargeCost_{ce,mill}$	ค่าไฟฟ้าในส่วน ของค่าความต้องการพลังงาน เมื่อผลิตซีเมนต์บนหม้อบดใดๆในช่วงเวลา On Peak
5	$SiloCap_{silo}$	ปริมาณความจุสูงสุดของไซโล ของแต่ละไซโล
6	$Bulkcap_{Bulk}$	อัตราการจ่ายปูนซีเมนต์ของ หัวจ่ายประเภทผงบรรจุรถบรรทุก
7	$Bagcap_{Bag}$	อัตราการจ่ายปูนซีเมนต์ของ หัวจ่ายประเภทบรรจุถุง
8	$DemandBag_{ce,day}$	อุปสงค์ของปูนซีเมนต์แต่ละตรา ชนิดบรรจุถุง
9	$DemandBulk_{ce,day}$	อุปสงค์ของปูนซีเมนต์แต่ละตรา ชนิดบรรจุรถบรรทุก
10	$Inv0_{ce,silo}$	ซีเมนต์คงคลังเริ่มต้นในแต่ละไซโล ณ วันที่เริ่มจัดตารางการผลิต
11	$SOPS_{ce,mill}$	ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องผลิตของแต่ละหม้อบด ที่รับจากแผน S&OPS
12	$changeover_{ce,ce,mill}$	ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนการผลิตปูนซีเมนต์ในแต่ละหม้อบด
13	$changeovertime_{ce,ce,mill}$	เวลาที่หม้อบดผลิตซีเมนต์ตกระดับเมื่อเปลี่ยนการผลิตปูนซีเมนต์ในแต่ละหม้อบด
14	$Phasehr_{T}$	จำนวนชั่วโมงในการผลิตของแต่ละคาบ

2. พารามิเตอร์ประเภทฐานสอง: พารามิเตอร์จำพวกนี้สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 พารามิเตอร์ประเภทฐานสอง

	ชื่อพารามิเตอร์	คำอธิบาย
1	Phase_{T}	กำหนดว่าในคาบใดๆอัตราการคิดค่าไฟฟ้าเป็นแบบ on peak ถ้าค่าของพารามิเตอร์เป็น1 หรือ off peak ถ้าค่าของพารามิเตอร์เป็น 0
2	$\mathrm{olddata}_{ce,mill,T}$	ตารางการผลิตในอดีตของเดือนแรก
3	$z1_{ce,mill}$	เป็นพารามิเตอร์ประเภทฐานสอง แสดงชนิดปูนซีเมนต์ที่ค้างอยู่หม้อบดในคาบแรก

4.1.4 **ตัวแปรตัดสินใจ** (Variable)

ในหัวข้อนี้ได้มีการแบ่งประเภทของตัวแปรออกเป็น 2 จำพวกคือ

1. ประเภทตัวแปรฐานสอง
2. ประเภทตัวแปรจำนวนจริงบวก
3. ประเภทตัวแปรจำนวนจริง

1. ประเภทตัวแปรฐานสอง:ตัวแปรฐานสองสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตัวแปรประเภทฐานสอง

	ชื่อตัวแปร	คำอธิบาย
1	$X_{ce,mill,T}$	ตัวแปรตัดสินใจประเภท Binary ถ้าแสดง 1 หมายถึงว่าหม้อบดกำลังผลิตซีเมนต์ ประเภทนั้น ในเวลา t
2	$Z_{ce,mill,T}$	ตัวแปรตัดสินใจประเภท Binary ถ้าแสดง 1 หมายถึงว่า มีซีเมนต์ประเภทนั้นค้างอยู่ในหม้อบดก่อนเริ่มมีการผลิต ในเวลา t
3	$Y_{ce,ce,mill,T}$	ตัวแปรตัดสินใจประเภท Binary ถ้าแสดง 1 หมายถึงว่า หม้อบดมีการเปลี่ยนชนิดการผลิตซีเมนต์จากประเภทหนึ่งไปสู่อีกประเภท ในเวลา t

2. ประเภทตัวแปรจำนวนจริงบวก: ตัวแปรจำนวนจริงบวกสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ตัวแปรประเภทจำนวนจริงบวก

	ชื่อตัวแปร	คำอธิบาย
1	$inv_{ce,silo,day}$	ตัวแปรแสดงปริมาณซีเมนต์ที่บรรจุในไซโล ณ เวลาใดๆ
2	$FI_{ce,mill,silo,day}$	ตัวแปรแสดงปริมาณซีเมนต์ที่ส่งจากหม้อบดไปยังไซโลในวันใดๆ
3	$FO_Bag_{ce,,silo,bag,day}$	ตัวแปรแสดงปริมาณซีเมนต์ที่ส่งจากไซโลไปยังหัวจ่ายประเภทถุง ในวันใดๆ
4	$FO_Bu_{ce,,silo,bulk,day}$	ตัวแปรแสดงปริมาณซีเมนต์ที่ส่งจากไซโลไปยังหัวจ่ายประเภทผง ในวันใดๆ
5	$monthcharge_{meter,month}$	ตัวแปรแสดงค่าใช้จ่ายในส่วนของความต้องการไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่แต่ละมิเตอร์ของแต่ละเดือน
6	$time_demandcharge_{meter,day}$	ตัวแปรแสดงค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากส่วนความต้องการไฟฟ้า ณ วันใดๆ
7	Totaldemandcharge	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากค่าไฟฟ้าส่วนความต้องการไฟฟ้าตลอด 3 เดือน
8	Totalchangeovercost	ค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดจากการเปลี่ยนการผลิตซีเมนต์
9	TotalProductioncost	ค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดจากการผลิตซีเมนต์ในหม้อบด
10	Totalcost	ค่าใช้จ่ายรวมทุกชนิดตลอด 3 เดือน

3. ประเภทตัวแปรจำนวนจริง:ตัวแปรจำนวนจริงสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.8 ตัวแปรประเภทจำนวนจริง

	ชื่อตัวแปร	คำอธิบาย
1	$invbuffer_{ce,silo,day}$	ตัวแปรที่จะช่วยปรับค่าคงคลังในช่วงเวลาอดีตที่ได้ทำการจัดตารางการผลิตไปแล้ว

สมมติฐานของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

1. พิจารณาเฉพาะกระบวนการผลิตซีเมนต์ในส่วนหม้อบดจนถึงส่งสินค้าแก่ลูกค้า โดยพิจารณาหม้อบดและซีเมนต์ไซโลของโรงงานทั้ง 3 โรงงาน

2. คาบคือเวลาในหน่วยย่อยที่สุด ซึ่งในหนึ่งวันแบ่งได้ 2 คาบคือ คาบ 9.00 น. -22.00 น. และ คาบช่วง 20.00 – 9.00 น.

3. ช่วงเวลาในการพิจารณาในการจัดตารางการผลิตคือ 3 เดือน

4. ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งหม้อบดซีเมนต์จะพิจารณาในช่วง 7 วันแรกของการจัดตารางการผลิตเท่านั้นเนื่องจากการการจัดตารางต้องทำการปรับปรุงข้อมูลในทุกอาทิตย์

5. ทางโรงงานมีแผนการผลิต (S&OPS) ตลอด 3 เดือนซึ่งที่เป็นปริมาณปูนซีเมนต์ที่หม้อบดต้องผลิตรวมกันให้ได้เป็นอย่างต่ำ

<u>สมการวัตถุประสงค์</u>

$$\text{Min Totalcost} = \text{Totalproductioncost} + \text{Totalchangeovercost} + \text{Totaldemandcharge}$$

<u>สมการวัตถุประสงค์</u> แสดงถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการผลิตปูนซีเมนต์ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการผลิตแปรผันในการผลิตปูนซีเมนต์(Total Production Cost) ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเปลี่ยนตราการผลิตซีเมนต์ (Total changeover cost) และ ค่าใช้จ่ายจากค่าความต้องการพลังงาน (Total Demand Charge)

<u>สมการข้อจำกัด</u>

<u>สมการที่1</u>

$$\text{Totalproductioncost} = \sum_{(i,j)\in \text{cementmill},t\in T}[\text{Cost_ON}_{ij} * \text{phase}_t + \text{Cost_off}_{ij} * (1-\text{phaset}) * \text{Phasehrt} * \text{Xijt}$$

สมการ1 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตแปรผันในการผลิตปูน(Total Production Cost) ซึ่งเกิดจากผลรวมของการผลิตในแต่ละช่วงเวลา

สมการที่2

$$\text{Totalchangeovercost} = \sum_{(f,i,j)\in \text{cementcementmill},ts\in \text{Tsequence}} Y_{f,i,j,t} * \text{changeover}_{f,i,j}$$

สมการ2 แสดงค่าใช้จ่ายในการการเปลี่ยนตราตราเมื่อมีการเปลี่ยนการผลิตปูนซีเมนต์ ซึ่งพิจาราณาจากผลรวมการคูณระหว่าง การเปลี่ยนตราจากซีเมนต์ชนิดหนึ่งสู่อีกชนิดหนึ่งในแต่ละหม้อบด คูณด้วยค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเปลี่ยนตราของหม้อบดใดๆ โดยจะพิจารณาเพียง 1 อาทิตย์

สมการที่3

$$\text{Totaldemandcharge} = \sum_{\text{me}\in \text{meter},\text{mo}\in \text{month}} \text{monthcharge}_{\text{me,mo}}$$

สมการที่3 แสดงค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดจากค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า ตลอด 3 เดือน

สมการที่4

$$Y_{f,i,j,ts} \geq Z_{f,j,ts} + X_{i,j,ts} - 1$$

$$\forall: i\in ce, f\in ce, j \in mill, ts \in Tsequence$$

สมการที่4 แสดงตรวจสอบการเปลี่ยนการผลิตซีเมนต์ในหม้อบดใดๆ ตัวอย่างเช่น ถ้าให้หม้อบดในคาบนั้นมีมีปูนประเภท 1ค้างอยู่ในหม้อบด(ตัวแปร $Z_{ce1,mill1,ts} = 1$) และ ในคาบนั้นตัดสินใจผลิตซีเมนต์ประเภท 2 (ตัวแปร $x_{ce2,mill1,ts} = 1$) จะทำให้ได้ $Y_{ce1,ce2,mill1,ts} = 1$

สมการที่5

$$Z_{i,j,st} = Z1_{i,j}$$

$$\forall: i \in ce, j \in mill, st \in Start_tsequence$$

สมการที่5 แสดงการรับข้อมูลในส่วนปูนซีเมนต์ที่ค้างอยู่หม้อบดคาบแรกของสัปดาห์ที่เริ่มจัดตารางการผลิต

สมการที่6

$$Z_{i,j,ts2} \geq X_{i,j,ts2-1} + \sum_{f \in ce} X_{f,j,ts2-1} - 1$$

$$\forall: i \in ce, j \in mill, ts2 \in Tsequence2$$

สมการที่ 6 แสดงการตรวจหาชนิดซีเมนต์ที่ค้างอยู่ในหม้อบดขณะก่อนเริ่มผลิต จะเป็นปูนซีเมนต์ชนิดเดียวกันกับที่ผลิตในคาบก่อนหน้า ถ้าที่คาบก่อนหน้ามีการผลิต

<u>สมการที่7</u>

$$Z_{i,j,ts2} \geq Z_{i,j,ts2-1} - \sum_{f \in ce} X_{f,j,ts2-1}$$

$$\forall: i \in ce, j \in mill, ts2 \in Tsequence2$$

สมการที่ 7 แสดงการตรวจหาชนิดซีเมนต์ที่ค้างอยู่ในหม้อบดขณะก่อนเริ่มผลิต จะเป็นปูนซีเมนต์ชนิดเดียวกันกับปูนซีเมนต์ที่ค้างอยู่ภายในหม้อบดในคาบก่อนหน้า ถ้าที่คาบก่อนหน้าไม่มีมีการผลิต

<u>สมการที่8</u>

$$\sum_{i \in ce} X_{i,j,t} \leq 1$$

$$\forall: j \in mill, t \in T$$

สมการที่ 8 แสดงถึงหม้อบดซีเมนต์สามารถผลิตซีเมนต์ได้เพียงชนิดเดียว

<u>สมการที่9</u>

$$\sum_{f,i \in ce} Y_{f,i,j,ts} \leq 1$$

$$\forall: j \in mill, ts \in Tsequence$$

สมการที่ 9 แสดงถึงการเปลี่ยนการผลิตซีเมนต์จากประเภทหนึ่งไปสู่อีกประเภทหนึ่งสามารถทำได้ไม่เกิน 1 ครั้งต่อคาบใดๆ

<u>สมการที่10</u>

$$Timedemandcharge_{m,t} = \sum_{(i,j) \in cementmill | (j,m) \in millmeter} X_{i,j,t} * demandchargecost_{i,j} * Phase_t$$

$$\forall: m \in meter, t \in T$$

สมการที่ 10 แสดงถึงค่าความต้องการพลังงาน ณ เวลาใดๆ ของแต่ละ มิเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งจะคิดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ต่อเมื่อเดินเครื่องจักรในช่วงเวลา On peak เท่านั้น

สมการที่11

$$\text{monthcharge}_{m,mo} \geq \text{Time_demcharge}_{m,t}$$

$$\forall: m \in \text{meter}, (\text{mo} \in \text{month}, t \in \text{time}) | (mo, t) \in \text{monthtime}$$

สมการที่ 11 แสดงถึงการคิดค่าความต้องการไฟฟ้าของเดือนใดๆ ในแต่ละมิเตอร์ ซึ่งการคิดค่าไฟฟ้าฟ้าส่วนจะคิดจากค่าความต้องการพลังงานสูงสุดของเดือนนั้น

สมการที่12

$$X_{i,j,t} = \text{olddata}_{i,j,to}$$

$$\forall: i \in ce, j \in mill, to \in T_old$$

สมการที่ 12 แสดงถึงการกำหนดค่าการจัดตารางในอดีต

สมการที่13

$$\sum_{t \in daytime}(X_{i,j,t} * \text{Cap}_{(i,j)} * \text{Phasehr}_t) - \sum_{f \in ce, t \in daytime}(Y_{f,i,j,t} * \text{changeovertime}_{f,i,j} * \text{cap}_{i,j}) = \sum_{k \in silo | (i,j,k) \in cementmillsilo}(FI_{(i,j,k),d})$$

$$\forall: (i, j) \in \text{cementmill}, d \in \text{day}$$

สมการที่ 13 แสดงถึงปริมาณซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นจากหม้อบดทั้งหมดจะเท่ากับผลรวมของปริมาณซีเมนต์ถูกลำเลียงส่งไปยังไซโลบรรจุซีเมนต์ ที่มีสายพานเชื่อมต่อระหว่างหม้อบด และ ไซโล

สมการที่14

$$\text{inv}_{i,k,1} = \text{inv0}_{i,k} + \sum_{j \in mill | (i,j,k) \in cementmillsilo}(FI_{i,j,k,1}) - \sum_{a \in bag | (i,k,a) \in cementsilobag}\left(FO_{Bag_{i,k,a,1}}\right) - \sum_{b \in bulk | (i,kb) \in cementsilobulk}(FO_BU_{i,k,b,1})$$

$$\forall: (i, k) \in \text{cementsilo}$$

สมการที่ 15 การคิดปริมาณซีเมนต์คงคลังในวันที่ 1 สามารถคิดได้จากปริมาณซีเมนต์ในอดีตของแต่ละไซโล บวกกับปริมาณซีเมนต์ที่ถูกลำเลียงจากหม้อบดมายังไซโล หักลบด้วยปริมาณการจ่ายซีเมนต์จากไซโลไปยังหัวจ่ายประเภทถุง และ หัวจ่ายประเภทผง

สมการที่15

$$\mathrm{inv}_{\mathrm{i,k,d2}} = \mathrm{inv}_{\mathrm{I,k,d2-1}} + \sum_{\mathrm{j\in mill|}(i,j,k)\in cementmillsilo}\left(\mathrm{FI}_{\mathrm{i,j,k,d2}}\right) - \sum_{\mathrm{(i,k,a)\in cementsilobag}}\left(\mathrm{FO_Bag}_{\mathrm{I,k,a,d2}}\right) - \sum_{\mathrm{b\in bulk|(i,kb)\in cementsilobulk}}\left(\mathrm{FO_BU}_{\mathrm{I,k,b,d2}}\right) - \mathrm{invbuffer}_{\mathrm{i,k,d2}}$$

$$\forall: (\mathrm{i,k}) \in \mathrm{cementsilo}, \mathrm{d2} \in \mathrm{day2}$$

สมการที่ 15 การคิดปริมาณซีเมนต์คงคลังสามารถคิดได้จากปริมาณซีเมนต์ในอดีตของแต่ละไซโล บวกกับปริมาณซีเมนต์ที่ถูกลำเลียงจากหม้อบดมายังไซโล หักลบด้วยปริมาณการจ่ายซีเมนต์จากไซโลไปยังหัวจ่ายประเภทถุง และ หัวจ่ายประเภทผง โดยที่ตัวแปร invbuffer มีไว้สำหรับกรณีในคาบในอดีต เพื่อมิให้ค่าปริมาณคงคลังที่ผู้ใช้กรอก(ตัวแปร inv ในสมการที่16)ขัดแย้งกับค่าของตัวแปร inv ที่คำนวณได้จากสมการที่ 15

สมการที่16

$$\mathrm{inv}_{\mathrm{i,k,dr}} = \mathrm{inv0}_{\mathrm{i,k}} \qquad \forall: (\mathrm{i,k}) \in \mathrm{cementsilo}, \mathrm{dr} \in \mathrm{dayreset}$$

สมการที่ 16 เป็นการ ตั้งค่าปริมาณปูนซีเมนต์คงคลังของวันก่อนหน้าใหม่อีกครั้งในกรณีที่วันที่เริ่มต้นจัดตารางการผลิต มิใช่วันที่ 1

สมการที่17

$$\mathrm{invbuffer}_{\mathrm{i,k,db}} = 0 \qquad \forall: (\mathrm{i,k}) \in \mathrm{cementsilo}, \mathrm{db} \in \mathrm{daybuffer}$$

สมการที่ 17 ตัวแปร Invbuffer เป็นตัวแปรที่ช่วยปรับค่าปริมาณพัสดุคงคลังในแต่ละไซโล(inv) ในสมการที่ 15 และ สมการที่ 16 ที่มีการตั้งค่าใหม่ ไม่ให้ขัดแย้งกันเอง เนื่องมากจากการตั้งค่าปริมาณซีเมนต์คงคลังนั้นในทางปฏิบัติยากมากที่จะสามารถวัดให้ตรง 100% ดังนั้น ตัวแปร Invbuffer จะเข้าไปปรับค่าเพื่อให้เท่ากัน ตัวอย่างเช่น ค่าInventory ที่สมการที่15 คำนวณได้จากสมการได้ 2002ตัน แต่ ในการวัดของพนักงานที่วัดปริมาณซีเมนต์ในไซโลวัดได้ 2000ตัน

สมการที่18

$$\sum_{\mathrm{(i,k)|(i,k,a)\in cementsilobag}}\left(\mathrm{FO_Bag}_{\mathrm{i,k,a,d}}\right) \leq \mathrm{Bagcap}_{\mathrm{a}} * 24$$

$$\forall: \mathrm{a} \in \mathrm{bag}, \mathrm{d} \in \mathrm{day}$$

สมการที่ 18 ปริมาณซีเมนต์ที่จ่ายออกจากหัวจ่ายประเภทถุง ณ วันใดๆ จะต้องไม่เกินความสามารถในการจ่ายปูนซีเมนต์ของหัวจ่ายประเภทถุง

<u>สมการที่19</u>

$$\sum_{(i,k)|(i,k,b)\in cementsilobulk}(FO_BU_{i,k,b,d}) \leq Bulkcap_a * 24$$

$$\forall: b \in bulk, d \in day$$

สมการที่ 19 ปริมาณซีเมนต์ที่จ่ายออกจากหัวจ่ายประเภทผง ณ วันใดๆ จะต้องไม่เกินความสามารถในการจ่ายปูนซีเมนต์ของหัวจ่ายประเภทผง

<u>สมการที่20</u>

$$inv_{i,k,d} \leq Silocap_{k,d}$$

$$\forall: i \in ce, k \in silo, d \in day$$

สมการที่ 20 ปริมาณปูนซีเมนต์ที่บรรจุในไซโลห้ามมากเกินความจุของไซโล

<u>สมการที่21</u>

$$\sum_{k\in silo} inv_{i,k,d} \geq safetystock_i$$

$$\forall: i \in ce, d \in day$$

สมการที่ 21 ปริมาณปูนซีเมนต์คงคลังของแต่ละชนิดจะห้ามต่ำกว่าระดับคงคลังปลอดภัย (Safety Stock)

<u>สมการที่22</u>

$$\sum_{k\in silo, b\in bulk|(i,k,b)\in cementsilobulk}(FO_BU_{i,k,b,d}) = demandBulk_{i,d}$$

$$\forall: i \in ce, d \in day$$

สมการที่ 22 ปริมาณปูนซีเมนต์แต่ละชนิดรวมที่จ่ายออกจากหัวจ่ายประเภทปูนผงบรรจุรถบรรทุกทุกหัวจ่าย จะเท่ากับอุปสงค์ประเภทซีเมนต์ผงบรรจุรถบรรทุกของซีเมนต์ประเภทนั้นๆ

<u>สมการที่23</u>

$$\sum_{k\in silo, a\in bag|(i,k,a)\in cementsilobag}(FO_Bag_{i,k,a,d}) = demandBag_{i,d}$$

$$\forall: i \in ce, d \in day$$

สมการที่ 23 ปริมาณปูนซีเมนต์แต่ละชนิดรวมที่จ่ายออกจากหัวจ่ายประเภทบรรจุถุงทุกหัวจ่าย จะเท่ากับอุปสงค์ประเภทซีเมนต์บรรจุถุงของซีเมนต์ประเภทนั้นๆ

สมการที่24

$$\sum_{t\in T,j\in Mill}(x_{i,j,t} * cap_{i,j} * phasehr_t) \geq SOPS_i$$

$$\forall: i \in ce$$

สมการที่ 24 แสดงถึงปริมาณซีเมนต์การผลิตรวมของทุกหม้อบดจะต้องไม่น้อยกว่าแผน SOPS

สมการที่25

$$FO_{i,k,d} = \sum_{a\in bag|}(FO_Bag_{i,k,a,d}) + \sum_{b\in bulk}(FO_BU_{i,k,b,d})$$

$$\forall: (i,k) \in cementsilo, d \in day$$

สมการที่ 25 แสดงปริมาณที่จ่ายออกจากซีเมนต์ในแต่ละวัน

สมการที่26

$$inv_{i,k,d} - \sum_{d}^{d+45}(FO_{i,k,dx}) \leq 0$$

$$\forall: (i,k) \in cementsilo, dx \in D_exp$$

สมการที่ 26 แสดงถึงข้อกำหนดว่าห้ามมีซีเมนต์อายุเกิน 45 วัน

4.2 ผลการทดสอบตัวแบบคณิตศาสตร์

ในการทดสอบตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นวิธีการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบนั้นจะทำโดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้ คือ

ในช่วงแรกของการสร้างตัวแบบจะทดสอบความถูกต้อง โดยกำหนดปัญหาในการจัดตารางการผลิตที่มีขนาดเล็ก และ มีความซับซ้อนต่ำ จากนั้นผู้ทดสอบจะทำการจัดตารางการผลิตควบคู่กันไปเพื่อทำการตรวจสอบ จากนั้นเมื่อทำจนกระทั่งมั่นใจว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นมาถูกต้องจึงเพิ่มข้อจำกัดไปทีละส่วนและทดสอบตามไปทีละขั้น

จากการทดสอบในขั้นตอนต่อมาจะนำตัวแบบคณิตศาสตร์ที่สมบูรณ์ไปทำการทดสอบเปรียบเทียบกับการจัดตารางการผลิตแบบเดิมซึ่งใช้การจัดตารางจากพนักงานที่มีความเชี่ยวชาญในการจัดตารางการผลิตเป็นผู้จัด ซึ่งในการทดสอบนี้ ได้ทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการจัดตารางการผลิตระหว่างทั้ง 2 แบบ โดยกำหนดให้ข้อมูลรับเข้าเหมือนกันตัวอย่างเช่น อุปสงค์พยากรณ์เท่ากัน ปริมาณซีเมนต์ตั้งต้นเท่ากัน และ มีหลักเกณฑ์และข้อจำกัดในการผลิตที่เหมือนกัน

ผลการทดสอบของการจัดตารางการผลิตทั้ง 6 เดือน มีค่าใช้จ่ายที่เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้คือ

1. ค่าใช้จ่ายในการผลิตปูนซีเมนต์ (Production Cost)
2. ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากค่าไฟฟ้าในส่วนของค่าความต้องการพลังงาน
3. ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากเปลี่ยนประเภทการผลิตปูนซีเมนต์ในหม้อบดใดๆ

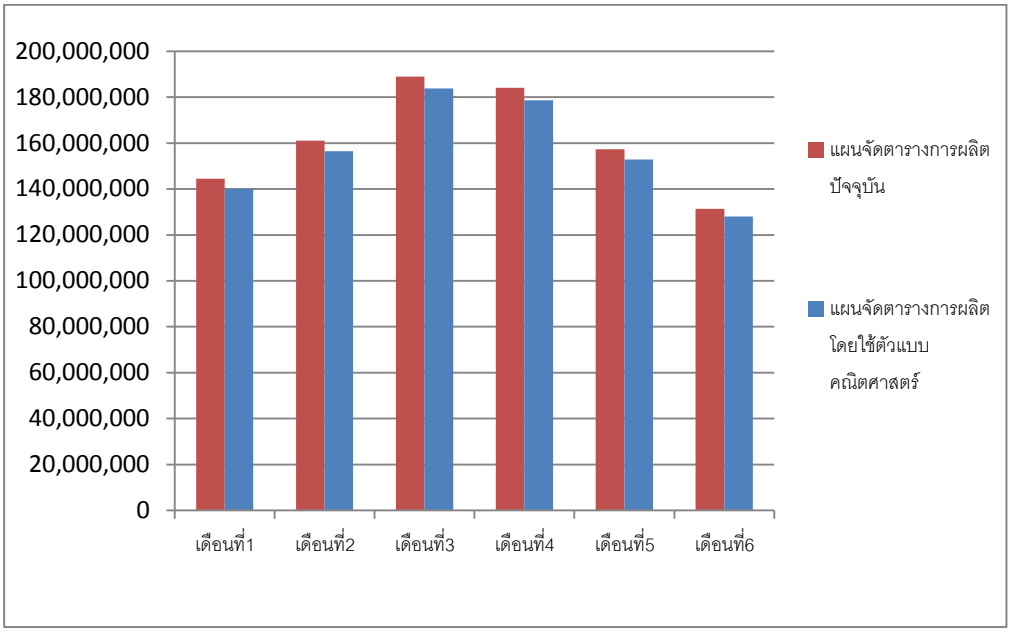
ซึ่งได้ผลลัพธ์ของการจัดตารางเปรียบเทียบนั้นพบว่าตลอดระยะเวลาหกเดือนหลังการปรับให้ปริมาณซีเมนต์คงคลังสิ้นเดือนเท่ากัน สามารถแสดงได้ยังตารางที่4.9 การจัดตารางการผลิตโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สามารถจัดตารางการผลิตได้โดยที่มีต้นทุนรวมที่ต่ำกว่า 27,482,691 บาท จากต้นทุนเดิมคือ 967,229,216 สามารถลดต้นทุนลงได้โดยเฉลี่ย 2.84 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ผลสรุปของค่าใช้จ่ายที่ลดลงในแต่ละเดือนสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 4.10

ตารางที่4.9 แสดงค่าใช้จ่ายเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทในการผลิตปัจจุบันและจากตัวแบบคณิตคณิตศาสตร์

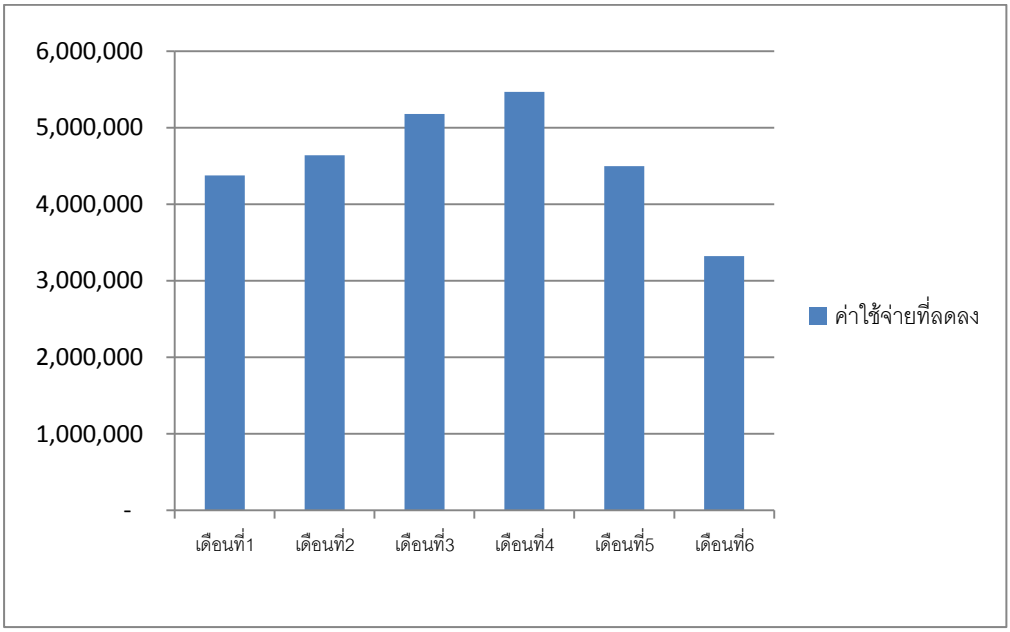
	ประเภทค่าใช้จ่าย	จัดตารางการผลิตปัจจุบัน	จัดตารางการผลิตโดยใช้ตัวแบบ
เดือนที่ 1	ค่าใช้จ่ายแปรผัน	143463727	139064303
	ค่าความต้องการไฟฟ้า	164178	246398
	ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากซีเมนต์ตกระดับ	787783	729192
	ค่าใช้จ่ายในการผลิตรวม	144415688	140039893
เดือนที่ 2	ค่าใช้จ่ายแปรผัน	160055681	155388683
	ค่าความต้องการไฟฟ้า	183546	275472
	ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากซีเมนต์ตกระดับ	879605	814454
	ค่าใช้จ่ายในการผลิตรวม	161118832	156478610
เดือนที่ 3	ค่าใช้จ่ายแปรผัน	187635233	182556178
	ค่าความต้องการไฟฟ้า	235232	287194
	ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากซีเมนต์ตกระดับ	1093295	942781
	ค่าใช้จ่ายในการผลิตรวม	188963760	183786153
เดือนที่ 4	ค่าใช้จ่ายแปรผัน	182824069	177345327
	ค่าความต้องการไฟฟ้า	211426	310389
	ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากซีเมนต์ตกระดับ	1013770	927285
	ค่าใช้จ่ายในการผลิตรวม	184049264	178583001
เดือนที่ 5	ค่าใช้จ่ายแปรผัน	156287526	151765981
	ค่าความต้องการไฟฟ้า	171537	268475
	ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากซีเมนต์ตกระดับ	861335	786579
	ค่าใช้จ่ายในการผลิตรวม	157320398	152821035
เดือนที่ 6	ค่าใช้จ่ายแปรผัน	130481276	127069759
	ค่าความต้องการไฟฟ้า	162885	247837
	ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากซีเมนต์ตกระดับ	717113	720238
	ค่าใช้จ่ายในการผลิตรวม	131361274	128037834

ตารางที่4.10 สรุปการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตปัจจุบันและจากตัวแบบคณิตคณิตศาสตร์

	แผนจัดตารางการผลิตปัจจุบัน	แผนจัดตารางการผลิตโดยใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์	ค่าใช้จ่ายที่ลดลง
เดือนที่1	144,415,688	140,039,893	4,375,795
เดือนที่2	161,118,832	156,478,610	4,640,222
เดือนที่3	188,963,760	183,786,153	5,177,607
เดือนที่4	184,049,264	178,583,001	5,466,263
เดือนที่5	157,320,398	152,821,035	4,499,363
เดือนที่6	131,361,274	128,037,834	3,323,440



ภาพที่4.1 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการจัดตารางการผลิต 2 วิธี



ภาพที่4.2 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ลดลงในแต่ละเดือน

นอกจากการทดสอบทางด้านต้นทุนในการจัดตารางการผลิต การทดสอบด้านเวลาในการหาคำตอบจากการทดสอบข้อมูลตลอดปี พบว่าเวลาที่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใช้ไปสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 เวลาในการหาคำตอบของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ข้อมูลเดือน(เริ่ม-ถึง)		เวลาในการค้นหาคำตอบ(วินาที)
มกราคม	มีนาคม	22.9
กุมภาพันธ์	เมษายน	20.7
มีนาคม	พฤษภาคม	21
เมษายน	มิถุนายน	18.5
พฤษภาคม	กรกฎาคม	24.4
มิถุนายน	สิงหาคม	21.6
กรกฎาคม	กันยายน	19
สิงหาคม	ตุลาคม	22
กันยายน	พฤศจิกายน	21.8
ตุลาคม	ธันวาคม	20

4.3 จำนวนตัวแปรฐานสองในตัวแบบคณิตศาสตร์

จากแบบตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้แสดงในหัวข้อก่อนหน้า ซึ่งเป็นกำหนดการประเภทกึ่งจำนวนเต็ม(Mixed Integer Programing) พบว่ามีจำนวนตัวแปรฐานสองประเภทที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ (Non zero discrete variable) เท่ากับ 6554 ตัว โดยที่สามารถแบ่งได้เป็น 2 จำพวกดังต่อไปนี้ 1.ตัวแปรฐานสองที่มีลำดับมีผลต่อการปรับตั้งเครื่องจักร มีจำนวนตัวแปรเท่ากับ 1694 ตัว 2. ตัวแปรฐานสองที่ลำดับไม่มีผลต่อลำดับในการการปรับตั้งเครื่องจักร มีจำนวนตัวแปรเท่ากับ 4860 ตัว

4.4 สรุปผลการทดลอง

วิธีจัดตารางการผลิตแบบใหม่พบว่าค่าใช้จ่ายในการจัดตารางการผลิตลดลงเนื่องจากระบบตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมามีความสามารถในการหาคำตอบที่พิจารณาทุกกรณีที่

เกิดขึ้นเพื่อให้ค่าใช้จ่ายต่ำ ตัวอย่างเช่น แต่เดิมการจัดตารางการผลิตพนักงานผู้จัดตารางจะใช้ขั้นตอนวิธีส่วนตัวในการจัดตารางการผลิตลงให้แก่หม้อบดซึ่งคำตอบที่ได้มักจะเป็นคำตอบที่ดี ที่แต่อาจไม่ดีที่สุดนอกจากนี้ในการจัดตารางการผลิตแต่เดิมเมื่อมีการเดินหม้อบดซีเมนต์ในช่วง On peak ซึ่งการปูนซีเมนต์แต่ละประเภทจะมีอัตราการใช้ไฟฟ้าที่ไม่เท่ากัน ชนิดที่ใช้ค่าไฟฟ้าสูงเมื่อเดินในช่วง On peak จะยิ่งมีค่าไฟฟ้าที่สูงขึ้น พนักงานผู้จัดตารางจะทำการจัดตารางการผลิตโดยพยามเปลี่ยนประเภทการผลิตให้น้อยเพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนการปรับตั้งเครื่องจักร แต่ในตัวแบบจะพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดจึงสามารถเปลี่ยนประเภทซีเมนต์ในการผลิตได้ถ้าค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนน้อยกว่าค่าใช้จ่ายในการบดซีเมนต์ที่ลดได้ ตัวแบบก็จะทำการเปลี่ยนประเภทการผลิตซีเมนต์

ยิ่งไปกว่านั้นในการจัดตารางการผลิตโดยใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ยังเสนอ แผนการบริหารไซโล ให้อีกด้วยโดยจะบอกถึงปริมาณซีเมนต์แต่ละประเภทว่าควรจัดเก็บลงในไซโลไหน นอกจากยังเสนอแผนควบคุมการจ่ายซีเมนต์ออกจากไซโล โดยรับประกันได้ว่าหัวจ่ายซีเมนต์ว่าจะสามารถจ่ายได้ทัน และ อายุปูนซีเมนต์ที่ถูกเก็บในแต่ละไซโลนั้นจะอยู่ในช่วงไม่เกิน 45 วัน ทำให้ตารางการผลิตที่ได้มีรายละเอียดมากขึ้นลดการทำงานซ้ำซ้อน และ ทำให้ปราศจากความเสี่ยงในกรณีที่ตารางผลิตที่มอบหมายมาไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้เนื่องจากข้อจำกัดทางไซโล

4.5 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในกระบวนการบดซีเมนต์

การออกแบบระบบสนับสนุนการจัดสินใจนั้น มีเป้าหมายคือเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นจากเดิมในด้านของผลลัพธ์ของคำตอบ และ แสดงรายละเอียดในส่วนต่างๆที่ส่งเสริมการนำไปใช้งานให้ละเอียดยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมุ่งให้ให้ระบบง่ายต่อการนำไปใช้งานสำหรับผู้ใช้ทั่วไป

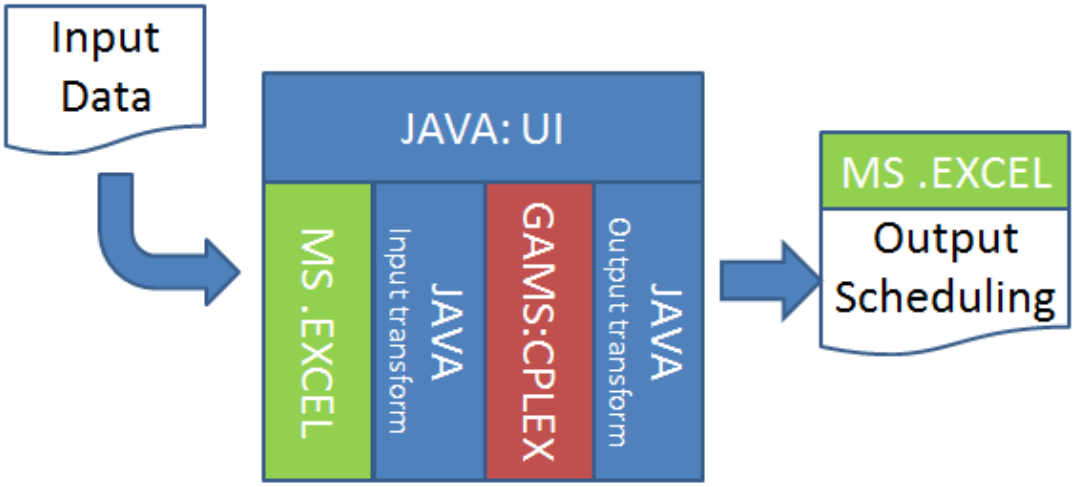
4.5.1 องค์ประกอบของระบบสนับสนุนการตัวสินใจ

องค์ประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในกระบวนการผลิตซีเมนต์ประกอบด้วยการทำงานควบคู่กัน 3 โปรแกรม คือ Microsoft Excel , GAMS:CPLEX และ Java ซึ่งแบ่งหน้าที่ออกจากกันดังนี้คือ

ในส่วนของ Microsoft Excel จะเป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต ลงยังแบบฟอร์มที่ได้จัดทำ โดยที่ถ้าพิจารณาตามมิติของข้อมูลจะสามารถแยกได้ 2 ประเภทคือข้อมูล ต่ำกว่า 2 มิติ และ 3 มิติ ถ้าเป็นข้อมูลจำพวกต่ำกว่า 2 มิติจะสามารถรับเข้าไปใช้ใน GAMS:CPLEX ได้โดยตรง แต่เป็นถ้าข้อมูลจำพวก 3 มิติ Java จะทำหน้าทีแปลงข้อมูลให้แก่ผู้ใช้

โปรแกรม GAMS:CPLEX จะเป็นส่วนประมวลผลโดยที่จะหาคำตอบในการจัดตารางการผลิตจากตัวแบบคณิตศาสตร์ที่จะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

สุดท้ายในส่วนของ Java จะเป็นส่วนซึ่งสนับสนุนการทำงานให้ผู้ใช้ทำงาน ในด้านการกรอกข้อมูลและการแปลงค่าทั้งในส่วนที่นำไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และ ในส่วนคำตอบที่ได้จากการประมวลผล รวมถึงการเรียกใช้โปรแกรม เพื่อให้ผู้ใช้ที่ไม่ได้ศึกษาการทำงานของ GAMS:CPLEX สามารถนำไปใช้งานได้โดยสะดวก

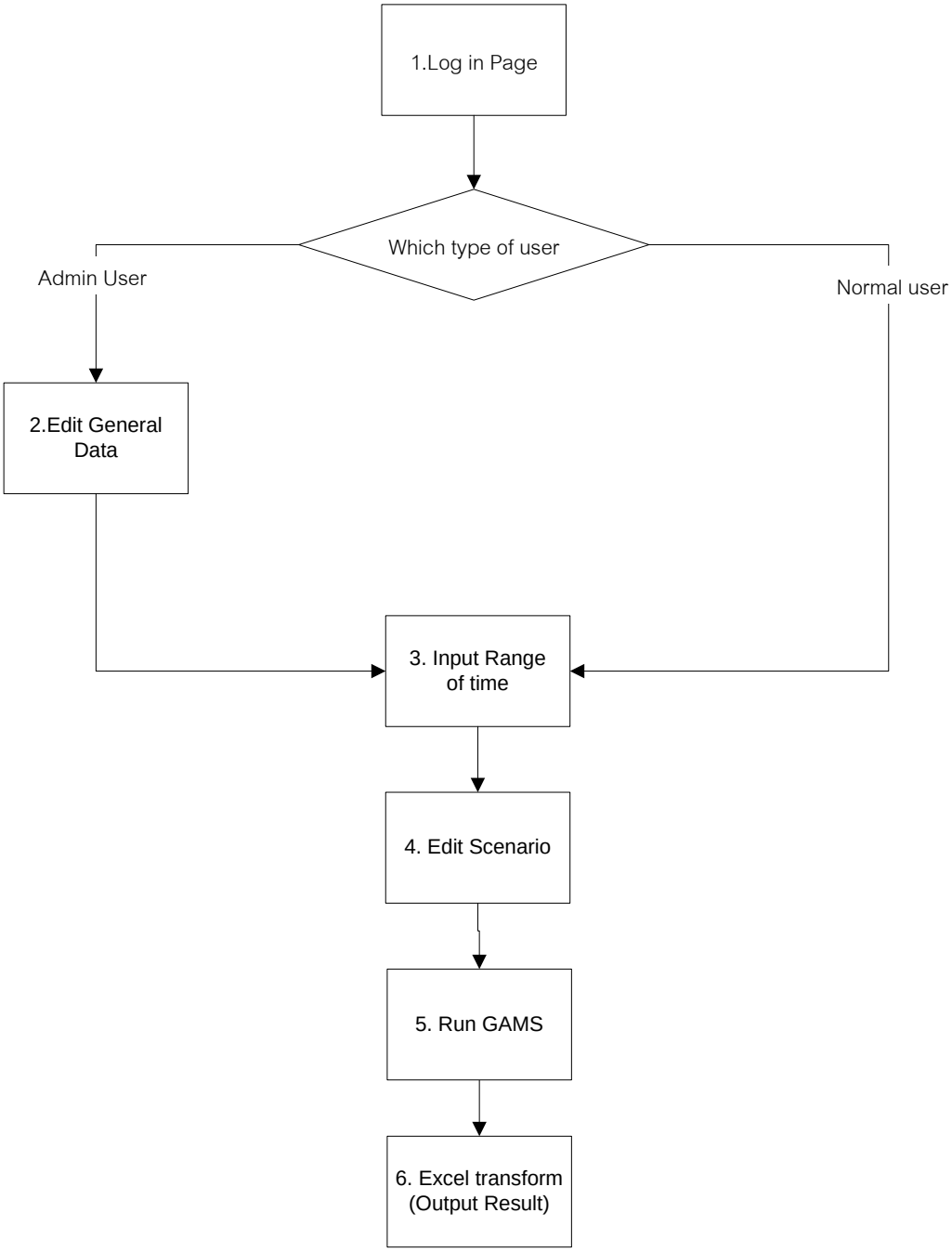


ภาพที่ 4.3 **สถาปัตยกรรมของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ**

4.6 ขั้นตอนของทำงานระบบของสนับสนุนการตัดสินใจในกระบวนการบดซีเมนต์

ขั้นตอนของโปรแกรมสามารถแบ่งได้ 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

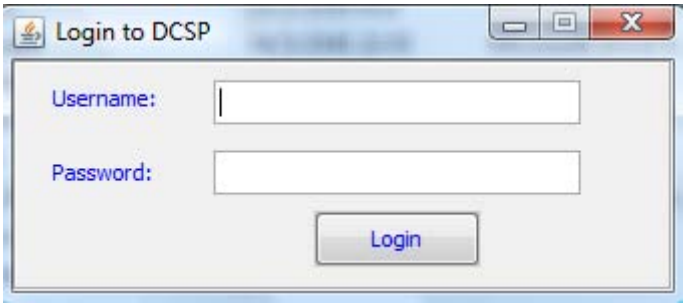
1. ขั้นตอนลงชื่อเข้าใช้งาน
2. ขั้นตอนการปรับข้อมูลทั่วไปของกระบวนการผลิตซีเมนต์
3. ขั้นตอนเลือกช่วงเวลาที่พิจารณาในการจัดตารางการผลิต
4. ขั้นตอนการปรับตั้งข้อมูลสถานการณ์ปัจจุบัน
5. คำนวณหาคำตอบโดยใช้โปรแกรม GAMS:CPLEX
6. ขั้นตอนแปลงคำตอบให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการ



ภาพที่ 4.4 **ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม**

1. ขั้นตอนลงชื่อเข้าใช้งาน:

ในขั้นตอนนี้จะมีหน้าลงชื่อเข้าใช้งานเพื่อเป็นการจำแนกผู้ใช้ออกเป็น สอง ประเภทคือ ผู้ใช้ประเภทผู้ดูแลระบบ และ ผู้ใช้ประเภททั่วไป ซึ่งผู้ใช้ต้องทำการกรอกชื่อบัญชีผู้ใช้ และ รหัสผ่านในช่องที่กำหนด ดังที่แสดงในภาพที่ 4.5โดยความแตกต่างระหว่าง ผู้ใช้ประเภทผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้ประเภททั่วไป คือ ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าไป แก้ไขข้อมูลขั้นตอนที่2 ซึ่งคือข้อมูลทั่วไปของกระบวนการผลิตซีเมนต์ได้ แต่ ผู้ใช้ประเภททั่วไปจะไม่สามารถทำได้ โดยข้ามไปยังขั้นตอนที่3 คือขั้นตอนการกำหนดช่วงเวลา



ภาพที่ 4.5 หน้าต่างลงชื่อเข้าใช้งานของโปรแกรม

2. ขั้นตอนการปรับข้อมูลทั่วไปของกระบวนการผลิตซีเมนต์

ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่ใช้ได้เฉพาะบัญชีผู้ใช้ประเภทผู้ดูแลระบบเป็นการแก้ไขข้อมูลทั่วไปของโรงงานที่มักจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงบ่อย

2.1 ส่วนการปรับแก้ฐานข้อมูล

ในส่วนนี้จะมีปุ่มดังภาพที่4.6 ซึ่งจะทำการเชื่อต่อกับไฟล์ฐานข้อมูลต่างๆที่จะถูกนำไปใช้ต่อในขั้นตอนการแก้ปัญหาแบ่งเป็น 2 จำพวกย่อยดังนี้

2.1.1 ข้อมูลที่รับจากแฟ้มเอกสารประเภท Microsoft Excel

- Edit Plant Situation: จะทำการเชื่อโยงกับไฟล์ฐานข้อมูล Excel ที่เก็บข้อมูลทั่วไปของโรงงาน ตัวอย่างเช่น กำลังการผลิตของหม้อบดซีเมนต์ ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อชั่วโมง ปริมาณความจุไซโล

- Edit Changeover cost: จะทำการเชื่อโยงกับไฟล์ฐานข้อมูล Excel ที่เก็บข้อมูลจำพวกค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อมีการปรับตั้งหม้อบดซีเมนต์

- Edit Changeover time: จะทำการเชื่อโยงกับไฟล์ฐานข้อมูล Excel ที่เก็บข้อมูลจำพวกเวลาที่ใช้เมื่อมีการปรับตั้งหม้อบดซีเมนต์

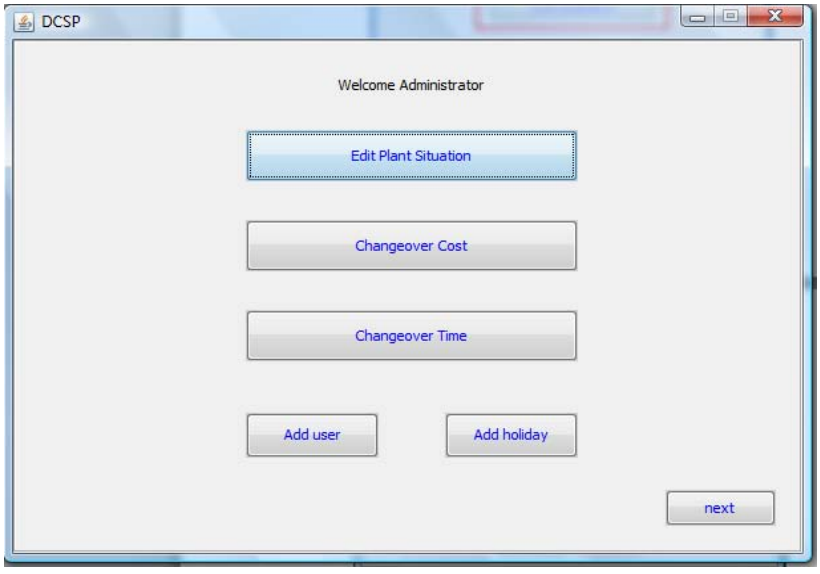
หมายเหตุ:สำหรับกรณีที่เปิดไฟล์เอกสารขึ้นมาแต่ไม่ได้ทำการบันทึกระบบจะทำการถามอีกครั้งว่าต้องการที่จะใช้ไฟล์เดิมที่ไม่ได้รับการบันทึกใช่หรือไม่ เพื่อเป็นการเตือนในกรณีผู้ใช้ทำการกรอกข้อมูลแต่ลืมบันทึกข้อมูล

2.1.2 ข้อมูลที่รับจากการกรอกของผู้ใช้โดยตรง

- Add User: จะเป็นการเพิ่มบัญชีผู้ใช้ประเภททั่วไปลงไปในฐานข้อมูล สามารถกรอกลงในช่องที่กำหนดให้ดังภาพที่ 4.7

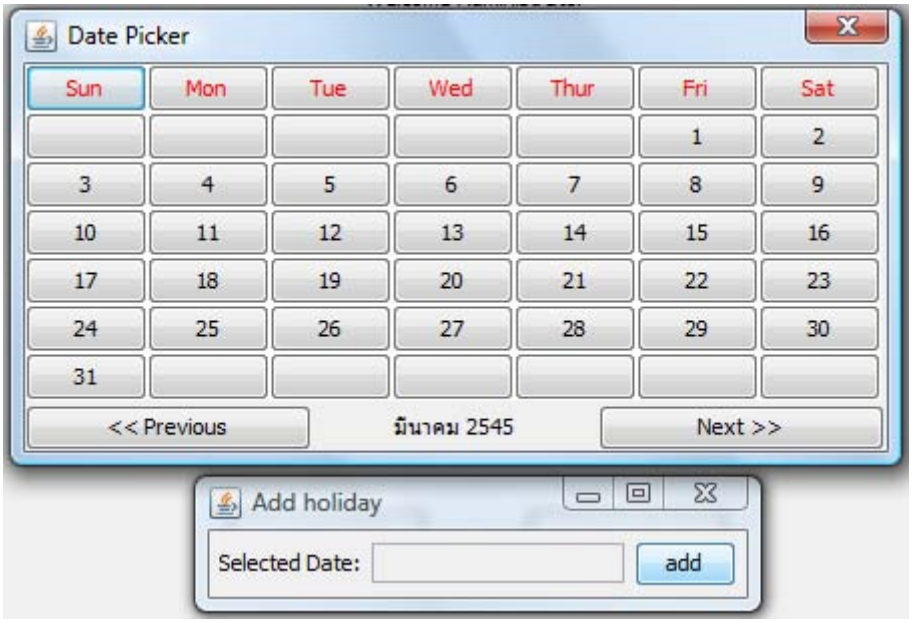
- Add Holiday: เป็นการกำหนดวันหยุดประจำปีของแต่ละเดือนตามปฏิทินของการไฟฟ้า ซึ่งวิธีเพิ่มวันหยุดจะสามารถทำได้โดยกดปุ่ม Add จากนั้นจะมีหน้าจอปฏิทินขึ้นมาผู้ใช้สามารถกำหนดเลือกวันหยุดได้โดยกดลงไปที่วันที่ต้องการในหน้าปฏิทิน ดังที่แสดงในภาพที่ 4.8

-Restore: เมื่อเรียกฟังชั่นนี้ทำงาน ข้อมูลทั้งหมดจะถูกแทนที่ด้วยข้อมูลตั้งต้นของโปรแกรมในตอนแรก



ภาพที่ 4.6 หน้าต่างในขั้นตอนของการปรับข้อมูลทั่วไป

ภาพที่ 4.7 วิธีการเพิ่มบัญชีผู้ใช้ประเภททั่วไป



ภาพที่ 4.8 วิธีการเพิ่มวันหยุดประจำปี

2.2 การเรียกข้อมูลไปใช้งานต่อในส่วนประมวลผล

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการเรียกข้อมูลไปใช้งานต่อซึ่งข้อมูลถูกแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

- ข้อมูลที่มีระดับมิติเท่ากับหรือต่ำกว่า 2 : ข้อมูลจำพวกนี้สามารถเรียกไปใช้ในส่วนประมวลผลโดยตรงได้ทันที

- ข้อมูลที่มีระดับมิติมากกว่า 2 ข้อมูลจำพวกนี้จะไม่สามารถเรียกไปใช้ในส่วนประมวลผลโดยตรงได้ ดังนั้นการทำงานของโปรแกรมนี้จะเข้าไปอ่านข้อมูลในFile Excel และแปลงเป็นไฟล์สกุล .dat (สกุลไฟล์จำพวกข้อมูล) ให้อยู่ในแบบแผนที่สวนประมวลผลสามารถรับไปใช้ได้

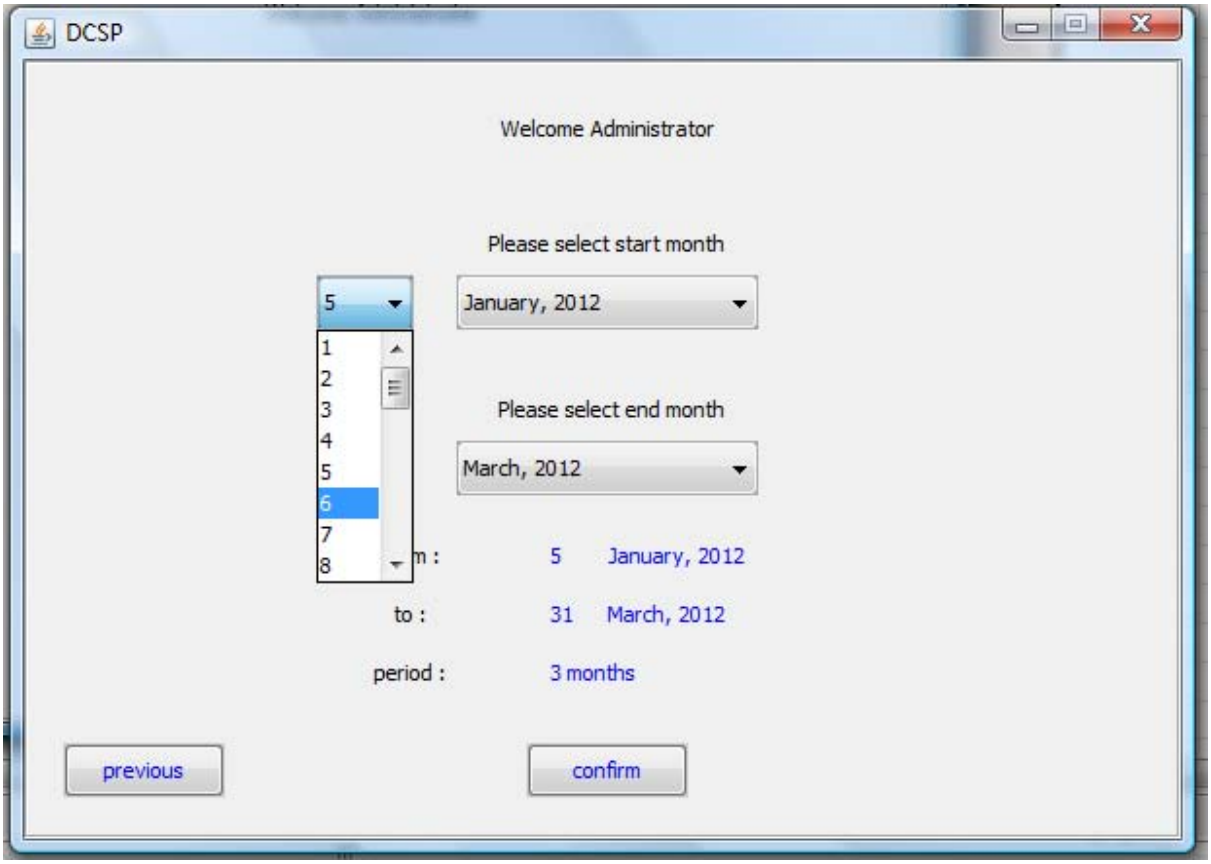
3. ขั้นตอนการปรับช่วงเวลาที่สนใจในการตารางการผลิตหม้อบด

เนื่องจากกระบวนการบดซีเมนต์นั้นต้นทุนที่สูงเกิดขึ้นจากค่าไฟฟ้า ที่มีอัตราค่าบริการแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของวันว่าในวันนั้นเป็นวันหยุดตามปฏิทินการไฟฟ้า หรือเป็นวันธรรมดา ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะเป็นการเลือกช่วงเวลาที่สนใจในการจัดตารางการผลิตโดย โดยจะมีช่องข้อมูล ให้กรอกสองส่วนดังต่อไปนี้

1. เดือน ในการเริ่มต้นจัดตารางการผลิต: ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจทำการตัดสินใจจัดตารางการผลิตโดนมีกรอบเวลาที่พิจารณา เป็นสามเดือนดังนั้นเมื่อกรอกข้อมูลเดือนเริ่มต้นระบบ กำหนดเดือนที่สิ้นสุดในการจัดตารางการผลิตให้ ตัวอย่างเช่นกำหนดเดือนเริ่มต้นคือเดือนมกราคม 2555 เดือน ระยะสิ้นสุดคือวันที่ 31 เดือนมีนาคม 2555

2. วัน ที่เริ่มต้นจัดตารางการผลิต: เนื่องจากวิธีการใช้งานระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดตารางการผลิตหม้อบดซีเมนต์จะต้องทำการ ปรับปรุงแผนทุกๆ วันจันทร์ดังนั้นวันที่เริ่มจัดตารางจึงไม่จำเป็นต้องเป็นวันที่ 1 เสมอไป ตัวอย่างเช่น ในวันจันทร์ที่เริ่มจัดตารางการผลิต เป็นวันที่ 6 ให้กรอกข้อมูลในส่วนนี้ลงไปคือ 6

จากนั้นเมื่อผู้ใช้ได้กดปุ่ม Confirm ระบบจะสร้างข้อมูลที่เกี่ยวกับเวลาเพื่อนำไปใช้ต่อในส่วนประมวลผลซึ่งในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่โปรแกรมสร้างเซตที่เกี่ยวข้องกับเวลา ซึ่งเซตจำพวกนี้จะพิเศษกว่าเซตทั่วๆไปคือ เซตจะเปลี่ยนเมื่อกำหนดช่วงเวลาที่เปลี่ยนไป โดยคำนิยามของเซตของเวลาแต่ละเซตสามารถพิจารณาได้ในหัวข้อ 4.1



ภาพที่ 4.9 การกรอกช่วงเวลาที่พิจารณาในการจัดตารางการผลิต

4.ขั้นตอนการปรับตั้งข้อมูลสถานการณ์

ในหัวข้อนี้มีเป็นการกรอกข้อมูลมันจะเปลี่ยนแปลงบ่อยๆ โดยจะมีข้อมูลให้กรอกอยู่2 ประเภท ดังที่แสดงในภาพที่ 4.10

4.1 ปรับข้อมูลสถานการณ์ (Edit Scenario)

ซึ่งข้อมูลที่ต้องกรอกลงไปใน Microsoft Excelประกอบด้วยข้อมูลต่างๆดังต่อไปนี้

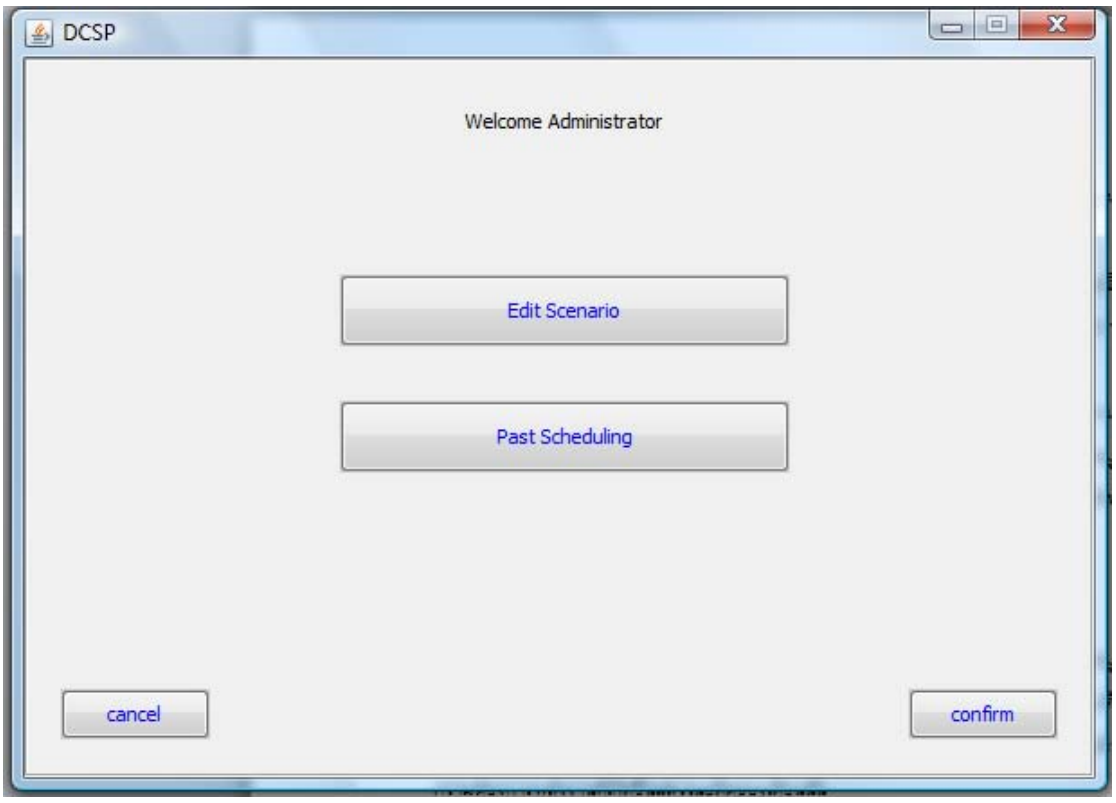
1. อุปสงค์ของปูนซีเมนต์ประเภทต่างๆชนิดผงบรรจุรถบรรทุก
2. อุปสงค์ของปูนซีเมนต์ประเภทต่างๆชนิดบรรจุถุง

3. แผนการผลิตที่จะต้องผลิตให้ได้ในกรอบระยะเวลา 3 เดือนจากแผน S&OPS

4. ปริมาณคงคลังเริ่มต้นในแต่ละไซโลของวันที่ต้องการเริ่มจัดตารางการผลิต

5. ชนิดของปูนซีเมนต์ที่ค้างอยู่ในหม้อบดของวันที่ต้องการเริ่มจัดตารางการผลิต

ซึ่งข้อมูลส่วนนี้จะกรอกค่าในโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้โปรแกรม GAMS ซึ่งเป็นส่วนประมวลผลจะสามารถรับค่าไปใช้ ต่อเมื่อทำการบันทึกข้อมูลเสียก่อน โดยที่ตัวโปรแกรมจะมีหน้าต่างเตือนขึ้นเมื่อผู้ใช้กดเรียก แฟ้มเอกสาร Excel แต่มิได้ทำการบันทึกเสียก่อน



ภาพที่ 4.10 **หน้าต่างในขั้นตอนของการปรับตั้งข้อมูลสถานการณ์**

4.2ข้อมูลการจัดตารางการผลิตในอดีต (Past Scheduling)

เนื่องจากการคิดค่าไฟฟ้าในส่วนของค่าความต้องการพลังงานขึ้นอยู่กับข้อมูลการจัดตารางในอดีตของแต่ละเดือนนั้น ขั้นตอนนี้จึงเป็นการรับการจัดตารางการผลิตในวันอดีตของเดือนแรก ซึ่งการทำงานคือจะรับตารางการผลิตในอดีตเพื่อแปลงเป็นข้อมูลเพื่อเป็นข้อมูลด้านความต้องการพลังงานที่เกิดขึ้นแล้วในอดีตของเดือนนั้น

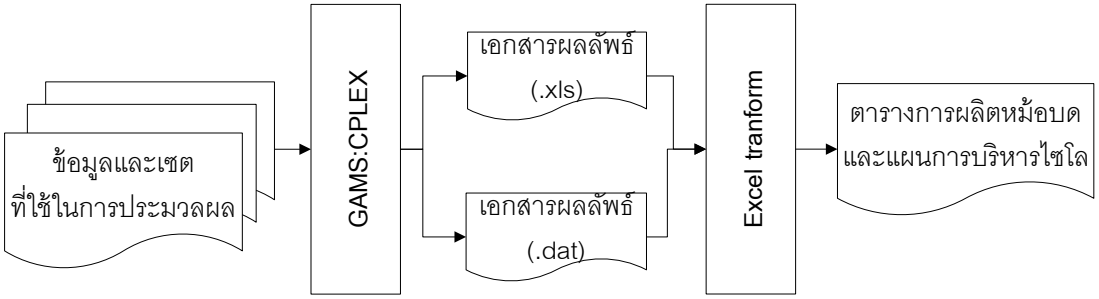
หมายเหตุ การกรอกข้อมูลจะต้องกรอกในแบบฟอร์มเดียวที่ทางบริษัทกำหนดเอาไว้ชื่อจะใช้สัญลักษณ์ย่อแทนชื่อซีเมนต์ที่สั่งผลิต

5.ขั้นตอนการสั่งประมวลผลหาคำตอบโดยโปรแกรม GAMS : Cplex

ในขั้นตอนนี้ Java จะเข้าไปสั่งให้โปรแกรม GAMS:Cplex ประมวลผลจากข้อจำกัดและ สมการวัตถุประสงค์ ที่สร้างขึ้นมาจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในหัวข้อที่ 4.1 โดย GAMS จะรับข้อมูลต่างๆ ที่ JAVA ได้ทำการแปลงข้อมูลออกมา เพื่อทำไปประมวลผลหาคำตอบ

6.ขั้นตอนการแปลงคำตอบให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการ

หลังจากการประมวลผลด้วยโปรแกรม GAMS:Cplex แล้วโปรแกรม GAMS จะให้คำตอบของการจัดตารางอยู่ในรูปแบบที่เป็นค่าของตัวแปร จะมีผลลัพธ์ 2 ประเภทคือแฟ้มผลลัพธ์ประเภท .dat และ .xls โดยผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะไม่สะดวกต่อการนำไปปฏิบัติ ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นการแปลงค่าคำตอบในการจัดตารางที่ได้จาก GAMS ซึ่ง ให้อยู่ในรูปแบบแฟ้มเอกสาร Microsoft Excel ที่ง่ายต่อความเข้าใจ ดังในภาพที่ 4.14



ภาพที่4.11 สรุปขั้นตอนการทำงานในส่วนการแปลงข้อมูล

		1	3	5	7	9
Insee_Dum	.Z1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Insee_Tong	.Z2					1.000
Insee_Tong	.Z3		1.000	1.000	1.000	1.000
Insee_Dang	.Z2			1.000		
Insee_Dang	.Z7	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Poon_Keaw	.Z8	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Poon_Keaw	.Z10	1.000	1.000			
Poon_Keaw	.Z11	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Insee_Petch	.Z5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Insee_Petch	.Z6	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Insee_Petch	.Z9	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Insee_Petch	.Z10			1.000	1.000	1.000
Insee_Petch	.Z12	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
INL	.Z2	1.000				
LH	.Z3	1.000				
		11	13	15	17	19

ภาพที่ 4.12 **ตัวอย่างคำตอบในการจัดตารางที่ ได้จาก** GAMS:CPLEX

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z1	day time	3D	3D	-	-	-	-	3D	3D	-
		3D	3D	3D	3D	3D	3D	3D	3D	3D
Z2	day time	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		LH	LH	LH	-	3D	-	-	-	-
Z3	day time	T	3D	-	-	-		3D	T	-
		3D	T	T	T	T	T	T	T	T
Z4	day time	D	-	-	-	-	-	D	D	-
		D	D	T	T	D	D	D	D	-
Z5	day time	D	-	-	-	-	-	D	D	-
		D	D	D	D	D	D	D	D	D
Z6	day time	E						E	E	E
		E	E	E	E	E	E	E	E	E
Z7	day time	D	D	D	D	D	D	D	D	D
		D	D	D	D	D	D	D	D	D
Z8	day time	D	-	-	-	-	-	-	IPK	-
		-	D	-	-	D	D	-	IPK	-
Z9	day time	D	-	-	-	-	-	D	D	-
		D	D	D	D	D	D	D	D	-
Z10	day time	IPK	-	-	-	-	-	IPK	IPK	-
		IPK	IPK	IPK	IPK	IPK	IPK	IPK	IPK	IPK
Z11	day time	D	-	-	-	-	-	-	IPK	-
		-	D	-	-	D	D	-	IPK	IPK
Z12	day time	D	-	-	-	-	-	D	D	-
		D	D	D	D	D	D	D	D	D

ภาพที่ 4.13 **ตัวอย่างคำตอบในการจัดตารางที่หลังแปลงค่า**

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดโดยสรุปเกี่ยวกับสภาพปัญหาของงานวิจัย วิธีการแก้ปัญหา ผลการดำเนินงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการพัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลงานวิจัย

กระบวนการบดซีเมนต์เป็นกระบวนแปรรูปปูนเม็ดให้เป็นปูนซีเมนต์โดยการเข้าเครื่องบดที่ทำงานขนานกัน ซึ่งในกระบวนการผลิตนั้น หม้อบดซีเมนต์เป็นเครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง ดังนั้น ต้นทุนทางด้านไฟฟ้าจึงเป็นค่าใช้จ่ายหลักที่ต้องพิจารณา โดยหม้อบดซีเมนต์แต่ละเครื่องจะมีประสิทธิภาพในการผลิตที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตในแต่ละหม้อบดมีความแตกต่าง อีกทั้งช่วงเวลาในการผลิตก็ส่งผลต่ออัตราการคิดค่าไฟฟ้าเช่นกัน นอกจากนี้แล้ว เนื่องจากกระบวนการบดซีเมนต์เป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องดังนั้นเมื่อหม้อบดทำการเปลี่ยนประเภทการผลิตซีเมนต์จากประเภทหนึ่งสู่อีกประเภทหนึ่งจะก่อให้เกิดซีเมนต์ตกมาตรฐาน เกิดค่าใช้จ่ายขึ้น ซึ่งผู้ผลิตต้องนำผลิตภัณฑ์ที่ตกมาตรฐานเหล่านั้นกลับมาผ่านกระบวนการผลิตใหม่ (reprocess) โดยปริมาณซีเมนต์ตกมาตรฐานที่เกิดจากการเปลี่ยนคู่ของชนิดผลิตภัณฑ์แต่ละคู่มีปริมาณไม่เท่ากัน ก่อให้เกิดระยะเวลาในกระปรับตั้งเครื่องจักร และ ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งเครื่องจักรที่ไม่เท่ากัน

ซึ่งวิธีการจัดตารางแต่เดิม ถูกจัดทำโดยพนักงานที่มีประสบการณ์ โดยใช้ขั้นตอนวิธีส่วนตัว ซึ่งการจัดตารางแบบเดิมยังมีข้อด้อยอยู่บ้างประการคือ เนื่องจากพึ่งพาพนักงานเพียงคนใดคนหนึ่งมากเกิดไปจึงทำให้ระบบจัดตารางการผลิตขาดความเป็นมาตรฐาน รวมถึงใช้เวลาค่อนข้างนานในการหาคำตอบ และ เนื่องจากปัญหาในการจัดตารางมีความซับซ้อน จึงเป็นการยากที่มนุษย์ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดภายเวลาอันสั้น นอกจากนี้ในระบบการจัดตารางการผลิตยังไม่ได้พิจารณาโดยละเอียดถึงแผนการบริหารไซโล ซึ่งทำให้เกิดงานซ้ำซ้อนที่พนักงานในระดับปฏิบัติการต้องรับไปวางแผนอีกครั้งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงที่แผนการผลิตไม่สามารถรับไปปฏิบัติได้เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านไซโล

ในงานวิจัยชิ้นนี้จึงเป็นการสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจในกระบวนการบดซีเมนต์ซึ่งใช้วิธีการทางด้านการวิจัยดำเนินงาน ด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ประเภทกึ่งจำนวนเต็ม (Mixed integer programming) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดค่าไฟฟ้าในการดำเนินงานบดที่ต่ำที่สุดภายใต้เงื่อนไขของแผนการผลิตของบริษัท และ ข้อจำกัดในการดำเนินงานต่างๆ โดยระบบที่สร้างขึ้นนี้จะอำนวยความสะดวกในการใช้งานแก่ผู้ใช้ในการจัดตารางการผลิต โดยผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

- ตารางการผลิตหม้อบดซีเมนต์ที่มีค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ต่ำลงโดยเฉลี่ยเดือนละ 4.5 ล้านบาท

- แผนการบริหารไซโล ซึ่งประกอบไปด้วย 1.ปริมาณซีเมนต์แต่ละประเภทที่ถูกส่งจากหม้อบดไปเก็บรักษายังไซโล 2.ปริมาณการจ่ายซีเมนต์ที่แนะนำในแต่ละวันที่หัวจ่ายประเภทบรรจุถุง และ ประเภทผง

- ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่มีความเป็นมาตรฐานขึ้น ลดการพึ่งพาพนักงานเพียงคนใดคนหนึ่ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้วิจัยพบข้อจำกัดบางประการ ซึ่งขอเสนอแนะเพื่อทำให้ใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1. เนื่องจากตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ถูกสร้างขึ้นในงานวิจัยชิ้นนี้ ได้ใช้ค่าใช้จ่ายเป็นสมการวัตถุประสงค์ ดังนั้นในก่อนการนำระบบสนับสนุนการตัดสินไปประยุกต์ใช้ควรตรวจสอบการกรอกข้อมูลนำเข้า ในส่วนค่าใช้จ่าย และ ข้อมูลต่างๆเสียก่อน เนื่องจากอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปจากในเวลาที่ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล

2.ควรมีการอบรมการใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินให้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องในการจัดตารางการผลิต เพื่อให้พนักงานมีความเข้าใจถึงวิธีการใช้งานในขั้นตอนส่วนต่างๆและสามารถใช้งานระบบได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

3.หากจะมีการนำไปใช้จริง ควรมีการทดสอบตัวแบบอีกครั้งเพื่อให้มั่นใจว่ารายละเอียดและข้อจำกัดของตัวแบบคณิตศาสตร์ นั้นไม่เปลี่ยนแปลงไปจากขณะที่ผู้ทำวิจัยได้ศึกษา

4.เนื่องจากขั้นตอนการหาคำตอบของระบบสนับสนุนในการจัดตารางการผลิตนั้นใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ ดังนั้น ขณะทดสอบระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ในส่วนการกรอกข้อมูลควรกรอกข้อมูลที่ไม่ขัดแย้งกันเอง มิฉะนั้น จะไม่สามารถหาคำตอบได้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนและการจัดตารางการผลิตของโรงงานผลิตกระดาษคราฟท์.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

ฉัตรทิพย์ กาญจนโภคิน. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนและควบคุมการผลิต: กรณีศึกษาโรงพิมพ์ธนบัตร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ธนพล มหานุกูล. การตัดสินใจเลือกลงทุนของการประปาส่วนภูมิภาค.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

นันทวัช กมลทิพย์ตระกูล. กำหนดการเชิงเส้นสำหรับการวางแผนการผลิตหลายช่วงเวลา กรณีศึกษาโรงงานผลิตกาแฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการด้านโลจิสติก บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

ปารเมศ ชุติมา. เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ยศธนา เสน่หา , การจัดตารางการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมทอผ้า: ผ้าขนหนู, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

ทวัยพร ชัยเจียมเจน.การปรับปรุงการวางแผนการผลิตโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์:กรณีศึกษาการวางแผนการผลิตในอุตสาหกรรมกระดาษ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต,

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.2548.

ภาษาอังกฤษ

Britran, G.R. , and S.M. Gilbert., Sequence production on Parallel Machine with Two Magnitude of Sequence dependent setup cost,Journal of Manufacturing Operation Management 3(1990): 24-52.

Bitran,G.R. , E.A. Hass , and A.C. Hax., Hierarchical Production Planning : A Single Stage Systems. Operations Research 29(1981): 717-43

Mertens P., Expert Systems in operation management : An assessment Journal of operation management , 1997

Oliff M.D., Burch E. and Larry D. Reeves, Multiproduct Production Scheduling at Owens-Corning Fiberglas. Interfaces 15(1985): 25-34

Pienkosz, K. and Toczylowski E., On aggregation of items in single-stage production systems with limited inventory levels. Operation Reserch. 41(1993): 363–369

Qiu, M.Y., Hierarchical production planning and scheduling in a multi-product, multi-machine environment. Dissertation Clemson University, 1993

Qiu, M.Y. and Burch, E.E., Hierarchical production planning and scheduling in a multi-product, multi-machine environment. Int. J. Prod. Res, 35, 3023–3042. , 1997

Sim T., Cherdarchuck J.,Cost-Effective and reliable grinding schedules for Inland cement. INFOR Vol 44, No 1, 65, 2006

Steefen M.S., and T.J. Greene., Automating the scheduling of parallel machine In Smart Manufacturing with Artificial Intelligence, Dissertation Clemson University, 1987

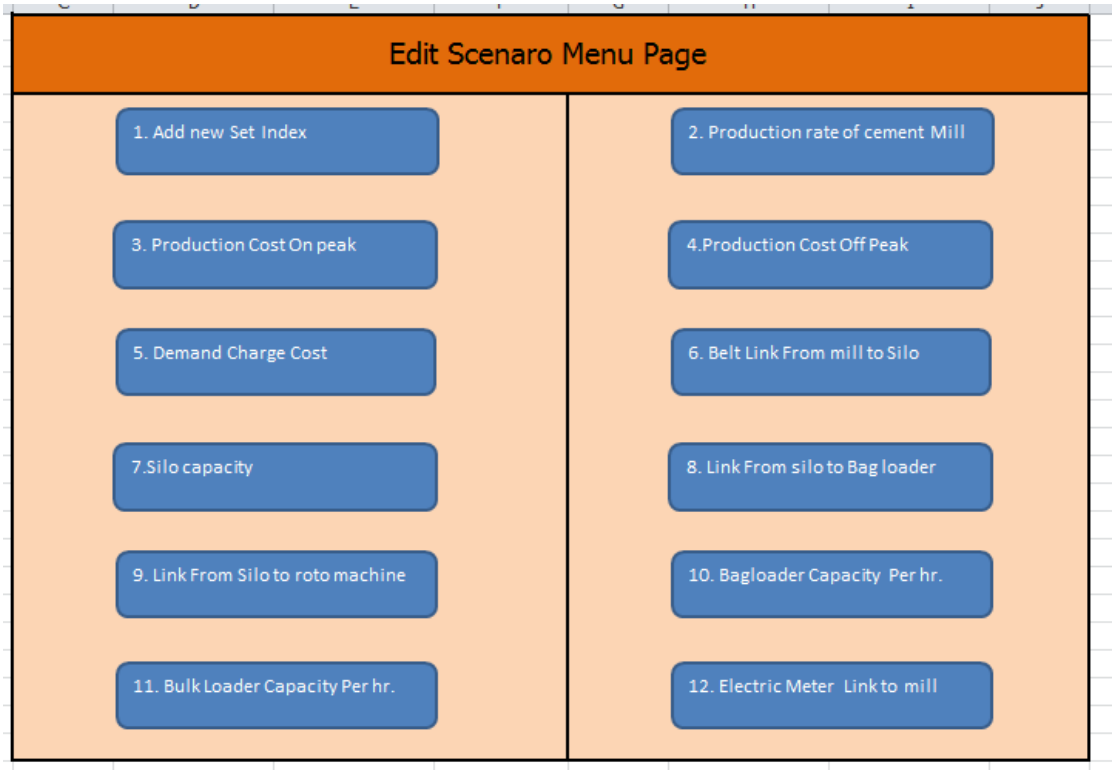
Tao S.C, M.K. Omar. Hierarchical production planning and scheduling in a multi-product, batch process environment , International Journal of Production Research, 45(1997): 1029 — 1047

Venkataraman, R. and Smith, S.B., Disaggregation to a rolling horizon master production schedule with minimum batch-size production restrictions. International Journal of Production Reserch, 6(1996): 1517–1537

ภาคผนวก

แฟ้มข้อมูล Microsoft Excel: **สำหรับการกรอกข้อมูลส่วน** Edit Plant Situation

Sheet Menu page:



เป็นเมนูสำหรับปรับตั้งค่าในส่วนต่างๆ ซึ่งเชื่อมต่อไปยัง Sheet เอกสารส่วนต่างๆดังนี้

1. Sheet: indexR

เพิ่มSet ทั่วไปที่นำไปใช้ในตัวแบบคณิตศาสตร์

Machine	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
cement	Insee_Dur	Insee_Tor	Insee_Fah	Insee_Dar	Poon_Keav	Insee_Pet	F3000	INL
Silo	ce_Silo1	ce_Silo2	ce_Silo3	ce_Silo4	ce_Silo5	ce_Silo6	ce_Silo7	ce_Silo8
Bag	BagLoad1	BagLoad2	BagLoad3	BagLoad4	BagLoad5	BagLoad6		
Bulk	bulkLoad1	bulkLoad2	bulkLoad3	bulkLoad4	bulkLoad5	bulkLoad6	bulkLoad7	bulkLoad8
Meter	meter1	meter2						

2. Production Rate of cement mill

เป็นการกรอกข้อมูลอัตราการผลิตหน่วย ตันต่อชั่วโมง ของซีเมนต์ในหม้อบดต่างๆ

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12
Cement 1	70	80	80	80								
Cement 2		75	90									
Cement 3		70	70									
Cement 4						210	210					
Cement 5		150	160					240		230	240	
Cement 6		120	130	120	175	175	175		175	195	210	195
Cement 7												
Cement 8		95	95									
Cement 9		160	160									
Cement 10		80										

3. Production Cost On Peak

เป็นการกรอกค่าใช้จ่ายในการผลิตซีเมนต์ประเภทต่างๆ ในแต่ละหม้อหมด บาทต่อ 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลา On Peak

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12
Cement 1												
Cement 2												
Cement 3												
Cement 4												
Cement 5												
Cement 6												
Cement 7												
Cement 8												
Cement 9												
Cement 10												

4. Production Cost Off Peak

เป็นการกรอกค่าใช้จ่ายในการผลิตซีเมนต์ประเภทต่างๆ ในแต่ละหม้อหมด บาทต่อ 1ชั่วโมง ในช่วงเวลา Off Peak

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12
Cement 1												
Cement 2												
Cement 3												
Cement 4												
Cement 5												
Cement 6												
Cement 7												
Cement 8												
Cement 9												
Cement 10												

5. Demand Charge cost

เป็นการกรอกค่าใช้จ่ายที่เกิดจาก ส่วน Demand Charge ที่เกิดจากการบดซีเมนต์แต่ละชนิดของหม้อบด

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12
Cement 1	393054	389119.5	508092	429933	0	0	0	0	0	0	0	0
Cement 2	0	386018.6	350130	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cement 3	0	449311.5	359151	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cement 4	0	0	0	0	0	420913	373141	0	0	0	0	0
Cement 5	0	400185.5	404843	0	0	0	0	409871	444765	446042	413551.6	357947
Cement 6	426009	458617.5	404031	443180	388510.1	361965	356418	479626.4	359156	375981	437960.6	410966
Cement 7	351132	487338.5	446756	409688	0	0	0	0	0	0	0	0
Cement 8	0	443597	386280	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cement 9	0	416958.3	361373	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cement 10	363257	484734.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6. Belt link from mill to silo

เป็นการกรอกข้อมูลของสายพานที่เชื่อมต่อระหว่างหม้อบดไปยังไซโล โดยวิธีการกรอกข้อมูลถ้าสามารถเชื่อมต่อได้ให้กรอกค่า1 แต่ถ้าไม่สามารถเชื่อมต่อได้กรอกค่า 0 หรือ เว้นข้อมูลเอาไว้

	ce_Silo1	ce_Silo2	ce_Silo3	ce_Silo4	ce_Silo5	ce_Silo6	ce_Silo7	ce_Silo8	ce_Silo9	ce_Silo10	ce_Silo11	ce_Silo12
Z1	1	1	1	1	1	1						
Z2	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Z3	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Z4	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Z5										1	1	1
Z6										1	1	1
Z7										1	1	1
Z8												
Z9												
Z10												
Z11												
Z12												

7. Silo Capacity

เป็นการกรอกค่าความจุของซีเมนต์ไซโลในหน่วยตัน ของ แต่ละไซโล

ce_Silo1	4,500
ce_Silo2	4,500
ce_Silo3	4,500
ce_Silo4	5,000
ce_Silo5	5,000
ce_Silo6	9,800
ce_Silo7	9,800
ce_Silo8	9,800
ce_Silo9	9,800
ce_Silo10	10,000

8. Link from silo to bag loader

เป็นตารางการกรอกข้อมูลในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างซีเมนต์ไซโลและตัวจ่ายแบบถุงถ้าสามารถเชื่อมต่อได้ให้กรอกค่า1 แต่ถ้าไม่สามารถเชื่อมต่อได้กรอกค่า 0 หรือ เว้นข้อมูลเอาไว้

		BagLoad1	BagLoad2	BagLoad3	BagLoad4	BagLoad5	BagLoad6
2	ce_Silo1	1	1				
3	ce_Silo2	1	1				
4	ce_Silo3	1	1				
5	ce_Silo4	1	1				
6	ce_Silo5	1	1				
7	ce_Silo6	1	1				
8	ce_Silo7	1	1				
9	ce_Silo8	1	1				
10	ce_Silo9	1	1				
11	ce_Silo10			1	1		
12	ce_Silo11			1	1		
13	ce_Silo12			1	1		
14	ce_Silo13			1	1		
15	ce_Silo14			1	1		
16	ce_Silo15			1	1		
17	ce_Silo16					1	1
18	ce_Silo17					1	1
19	ce_Silo18					1	1
20	ce_Silo19					1	1
21	ce_Silo20					1	1
22							

9. Link from silo to Bulkloader

	bulkLoad1	bulkLoad2	bulkLoad3	bulkLoad4	bulkLoad5	bulkLoad6	bulkLoad7	bulkLoad8	bulkLoad9	bulkLoad10
ce_Silo1	1	1	1							
ce_Silo2	1	1	1							
ce_Silo3	1	1	1							
ce_Silo4	1	1	1							
ce_Silo5	1	1	1							
ce_Silo6		1	1							
ce_Silo7				1	1	1				
ce_Silo8				1	1	1				
ce_Silo9				1	1	1				
ce_Silo10				1	1	1				
ce_Silo11				1	1	1				
ce_Silo12				1	1	1				
ce_Silo13				1	1	1				
ce_Silo14				1	1	1				
ce_Silo15							1	1	1	1
ce_Silo16							1	1	1	1
ce_Silo17							1	1	1	
ce_Silo18							1		1	1
ce_Silo19							1	1	1	1
ce_Silo20							1	1	1	1

10. Bag loader capacity per hr

กรอกข้อมูลความสามารถในการจ่ายของหัวจ่ายประเภทถุงในหน่วย ตัน ต่อ ชั่วโมง

BagLoader capacity (ton/hr)	
BagLoad1	1000
BagLoad2	1400
BagLoad3	3000
BagLoad4	3450
BagLoad5	5500
BagLoad6	5500

11. Bulk loader capacity per hr

กรอกข้อมูลความสามารถในการจ่ายของหัวจ่ายประเภทผงในหน่วย ตัน ต่อ ชั่วโมง

BagLoader capacity (ton/hr)	
bulkLoad1	1500
bulkLoad2	1500
bulkLoad3	3000
bulkLoad4	4500
bulkLoad5	1800
bulkLoad6	4500
bulkLoad7	4500
bulkLoad8	7500
bulkLoad9	6000
bulkLoad10	6000

12. Electricity Meter Link to Mill

กรอกข้อมูลส่วนการเชื่อมต่อของหม้อบด และ มิเตอร์วัดค่าไฟฟ้าถ้าเป็น 1 แสดงว่าหม้อบดเชื่อมต่อกับมิเตอร์วัดค่าไฟฟ้า

	meter1	meter2
Z1	1	
Z2	1	
Z3	1	
Z4	1	
Z5	1	
Z6	1	
Z7	1	
Z8		1
Z9		1
Z10		1
Z11		1
Z12		1

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอภิวัฒน์ ลิขิตเลิศล้ำ เกิดเมื่อวันที่ 21 มิถุนายน พ.ศ. 2530 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปลาย จากโรงเรียนอัสสัมชัญ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา พ.ศ. 2551 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2552