อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

การใช้แบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ช่วยในการวางแผนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ

PRODUCTION PLANNING FOR OILFIELD VIA MATHEMATICAL PROGRAMMING

นายกิตติชัย มะณีแสง รหัส 49380127

นายเจนณรงค์ ปวงขันคำ รหัส 49380646

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 15 มี.ย. 2553
เลขทะเบียน 150346 2
เลขเรียกหนังสือ TP
692.5
ก673ก
2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การใช้แบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ช่วยในการวางแผนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ

ผู้ดำเนินโครงงาน นายกิตติชัย มะณีแสง รหัส 49380127

นายเจนณรงค์ ปวงขันคำ รหัส 49380646

ที่ปรึกษาโครงงาน ดร. ขวัญนิธิ คำเมือง

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2552

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร. ขวัญนิธิ คำเมือง)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)

.....กรรมการ

(ดร.สมลักษณ์ วรรณฤมล)

.....กรรมการ

(อ.สุชาดา อยู่แก้ว)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การใช้แบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ช่วยในการวางแผนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายกิตติชัย มะณีแสง	รหัส 49380127
	นายเจนณรงค์ ปวงขันคำ	รหัส 49380646
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. ขวัญนิธิ คำเมือง	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ปีการศึกษา	2552	

.....

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาตินั้นมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและการดำเนินชีวิตของประชากรภายในประเทศ ฉะนั้นในด้านการผลิตเพื่อให้ได้ตามปริมาณความต้องการจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนผลิต โครงงานนี้ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยแก้ปัญหาการวางแผนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ ประกอบไปด้วยทั้งหมด 5 แบบจำลอง ซึ่งแต่ละแบบจำลองจะพิจารณาวัตถุประสงค์ที่ต่างกันออกไปและเพื่อให้ได้ปริมาณตามความต้องการ อาทิเช่นพิจารณาปริมาณที่ผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการเป็นหลัก พิจารณาค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำที่สุด และพิจารณาค่าใช้จ่ายในการผลิตและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่ำที่สุด เป็นต้น เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้วิชวลเบสิคบนไมโครซอฟท์เอ็กเซลมาประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับแก้ปัญหาเชิงเส้นตรงเพื่อให้สะดวกในการใช้งาน และสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยผู้ที่สนใจสามารถนำหลักการนี้ไปประยุกต์ใช้กับธุรกิจ และอุตสาหกรรมของตนเองให้ประสบผลสำเร็จได้

Project title	Production Planning for Oilfield via Mathematical Programming		
Name	Mr. Kittichai	Maneesaeng	ID. 49380127
	Mr. Jannarong	Pongkhankam	ID. 49380646
Project advisor	Dr. Kwanniti Khammuang		
Major	Industrial Engineering		
Department	Industrial Engineering		
Academic year	2009		

Abstract

Decision problems in manufacturing and business are required analysis and decision methods such as Equipment Replacement Problem, Maximal Flow Problem, Make or Buy Decision Problem, Capital Budgeting Problem, Assignment Problem. All of these problems are Linear Programming Model for cost saves and efficiency increasing in business. The main topic of this project is to apply software for solving optimization problems, with combination of Visual Basic on Microsoft Excel and software. This program is developed with easy to learn, and can be applied for another example in different.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ตลอดจนผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาชี้แนะ ข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหา เพื่อให้การทำโครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี พร้อมกันนี้ขอขอบพระคุณ

ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้ให้ความรู้พร้อมคำแนะนำที่ดีและเอื้อเฟื้อเอกสารต่างๆเพื่อใช้ประกอบในการทำโครงการนี้

คณาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยเฉพาะคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และขอขอบพระคุณบิดา – มารดา ที่คอยให้กำลังใจ และคำสั่งสอนที่ดี จนสามารถมาถึงวันนี้ได้

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายกิตติชัย มะณีแสง
นายเจนณรงค์ ปวงขันคำ
4 กุมภาพันธ์ 2553

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ซ

บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....1
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน.....2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2
1.6 แผนการดำเนินงาน.....2
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน.....3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี..... 4
2.1 การขุดเจาะน้ำมัน.....4
2.2 การวิจัยดำเนินงาน.....6
2.3 โปรแกรมสำเร็จรูปที่ช่วยสร้างแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์..... 12
2.3.1 โปรแกรม Microsoft Excel.....12
2.3.2 โปรแกรม Visual Basic 13
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 18

3.1 ปัญหาที่พบของ บริษัท ปตท. จำกัด(มหาชน) 18

3.2 ศึกษาการสร้างแบบจำลองและโปรแกรมสำเร็จรูป 19

3.3 สร้างแบบจำลอง Mathematical Programming 19

3.4 ตรวจสอบความถูกต้องของ Linear Programming 23

3.5 เขียนแบบจำลองลงบนคอมพิวเตอร์ 23

3.6 ทดลองแบบจำลองเพื่อหาคำตอบบนคอมพิวเตอร์ 23

3.7 สรุปผลและนำเสนอ 23

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ 24

4.1 ศึกษาปัญหาที่พบของ บริษัท ปตท. จำกัด(มหาชน) 24

4.2 ศึกษาการสร้างแบบจำลองและโปรแกรมสำเร็จรูป 25

4.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) 25

4.4 การเขียนโปรแกรม 72

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 74

5.1 บทสรุป 74

5.2 ข้อเสนอแนะ 75

เอกสารอ้างอิง 76

ภาคผนวก ก. คู่มือการใช้โปรแกรม 77

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ 84

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานวิจัย (Gantt Chart).....2

4.1 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 1 โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก.....32

4.2 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 1 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง..... 32

4.3 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 1 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่.....32

4.4 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 2 โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก..... ...37

4.5 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 2 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง.....37

4.6 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 2 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่..... ...38

4.7 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก.....42

4.8 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดกลาง..... ..42

4.9 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ 42

4.10 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก.....48

4.11 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดกลาง.....48

4.12 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่.....48

4.13 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก.....53

4.14 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดกลาง.....54

4.15 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่.....54

4.16 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก.....60

4.17 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดกลาง.....60

4.18 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ 61

4.19 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก.....65

4.20 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดกลาง.....65

4.21 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่.....66

4.22 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก.....71

4.23 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดกลาง.....71

4.24 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่.....72

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.1 ภาพจำลองระบบการขุดเจาะน้ำมันของ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน).....19

4.1 แสดงตัวอย่างการเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์บนโปรแกรมสำเร็จรูป.....72

4.2 แสดงตัวอย่างการสร้าง Interface บนโปรแกรม Microsoft Excel.....73

4.3 แสดงตัวอย่างแมโครและปุ่มปฏิบัติการบนโปรแกรม Microsoft Excel.....73

4.4 แสดงตัวอย่างการเขียนคำสั่งเพื่อเรียกข้อมูลตัวแปรการตัดสินใจ.....74

ก.1 แสดงการเปิดไฟล์.....77

ก.2 แสดงกรอบตอบโต้การรักษาความปลอดภัยที่สูงเกินไปของมาโคร.....78

ก.3 แสดงการลดระดับความปลอดภัยของมาโครลงมาที่ต่ำสุด.....78

ก.4 แสดงหน้าต่างการใช้งานของโปรแกรมและปุ่มการใช้งานต่าง ๆ.....79

ก.5 แสดงปุ่ม Start Program บนตัวโปรแกรม.....79

ก.6 แสดงปุ่ม Help บนตัวโปรแกรม.....80

ก.7 แสดงปุ่ม จำนวนหลุมต่าง ๆ บนตัวโปรแกรม.....80

ก.8 แสดงปุ่ม ช่วงเวลาต่าง ๆ บนตัวโปรแกรม.....80

ก.9 แสดงปุ่ม ช่วงเวลาต่าง ๆ (สำหรับแบบจำลองที่ 5) บนตัวโปรแกรม.....80

ก.10 แสดงปุ่ม Delete All บนตัวโปรแกรม.....81

ก.11 แสดงปุ่ม Delete Name Box บนตัวโปรแกรม.....81

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

เนื่องจากในปัจจุบันพลังงานเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและการดำเนินชีวิตของประชากรทั่วโลกและเป็นปัจจัยที่ทำให้โลกมีการพัฒนาขับเคลื่อนไปข้างหน้า อีกทั้งพลังงานยังเป็นสินค้าที่มีความเป็นสากลมีการซื้อขายกันทั่วโลก ซึ่งตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ จึงได้มีการขยายเครือข่ายการขนส่งท่อและสายส่งระหว่างประเทศเพิ่มมากขึ้น ทำให้การค้าพลังงานระหว่างประเทศมีความสำคัญและมีการขยายตัวมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะฉะนั้นในด้านการผลิตเพื่อให้ได้ตามปริมาณความต้องการ จึงจำเป็นต้องมีการวางแผนการผลิต จากปัญหาที่พบของบริษัท ปตท.จำกัด(มหาชน) ซึ่งมีการขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติในพื้นที่บริเวณหนึ่งประกอบไปด้วยบ่อที่มีน้ำมันดิบจำนวนมากโดยใช้วิธีการดึงน้ำมันดิบขึ้นมาจากบ่อแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบปั๊มและระบบก๊าซ ทำการผลิตน้ำมันดิบเพื่อลำเลียงเข้าสู่สถานที่กักเก็บน้ำมันดิบอย่างต่อเนื่องโดยไม่สามารถหยุดทำการผลิตได้ ซึ่งทางบริษัทต้องตัดสินใจว่าจะต้องใช้ความเร็วรอบของปั๊มและแรงดันของก๊าซเป็นเท่าใดในแต่ละบ่อ เพื่อที่จะสามารถผลิตน้ำมันเข้าสู่คลังได้ตามความต้องการ

ดั้งนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะสร้างแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) ขึ้นมาเพื่อช่วยในการวางแผนการขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติให้ได้ปริมาณเพียงพอต่อความต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อสร้างแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียมและ ก๊าซธรรมชาติ

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

สามารถสร้างแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียม และ ก๊าซธรรมชาติได้

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

ผลลัพธ์ของแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาการขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติที่ได้มีความถูกต้องและเป็นไปตามวัตถุประสงค์

1.5 ขอบเขตการทำโครงงาน

1.5.1 ศึกษาเฉพาะระบบการผลิตน้ำมันดิบโดยใช้ระบบปั๊มและระบบก๊าซในการผลิตและการแยกน้ำมัน น้ำ และก๊าซธรรมชาติออกจากกันก่อนส่งเข้าหอกลั่น เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติตามความต้องการ

1.5.2 ลักษณะของปัญหาที่จะหาคำตอบเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

มิถุนายน 2552 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการ (Gantt Chart)

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานวิจัย (Gantt Chart)

ลำดับ	การดำเนินงาน	ก.ค		ส.ค		ก.ย		ต.ค		พ.ย		ธ.ค		ม.ค	
1.	ศึกษาปัญหาที่พบของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)														
2.	ศึกษาการสร้างแบบจำลองและโปรแกรมสำเร็จรูป														
3.	สร้างแบบจำลอง Mathematical Programming														
4.	ตรวจสอบความถูกต้องของ Mathematical Programming														
5.	เขียนแบบจำลองลงบนคอมพิวเตอร์														
6	ทดลองแบบจำลองเพื่อหาคำตอบบนคอมพิวเตอร์														
7	สรุปผลและนำเสนอ														

1.9 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1. ค่าถ่ายเอกสาร	1,250	บาท
2. อุปกรณ์และเอกสารที่เกี่ยวข้อง	450	บาท
3. ค่าน้ำมัน	300	บาท
รวมเป็นเงิน	2,000	บาท

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

ปัญหาที่ได้รับข้อมูลมาของบริษัทปตท. จำกัด (มหาชน) เป็นปัญหาในการขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติและเพื่อให้ได้ปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ จึงต้องอาศัยการวางแผนการผลิตให้ได้ปริมาณตามความต้องการพอดี จึงได้ทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการวางแผนการผลิต แต่การสร้างแบบจำลองมีความยุ่งยากและซับซ้อนมาก ในบทนี้จะกล่าวถึง หลักการ ทฤษฎีและโปรแกรม ที่จะมาช่วยในการแก้ปัญหา

2.1 การขุดเจาะน้ำมัน

วิธีการขุดเจาะพื้นดินชาวจีนรู้จักกันมานานแล้วตั้งแต่นับพันปี คือการใช้ดึงหินเจาะให้สูงขึ้นแล้วปล่อยกระแทกลงบนดินบ่อยๆ ครั้งจนพื้นเป็นรู วินี้นี้ถูกดัดแปลงมาเป็นวิธีการที่เรียกว่า "Cable Tool" ใช้กันในคริสต์ศตวรรษที่ 19 – 20 โดยมีเครื่องจักรยนตร์เข้าช่วย วิธีการนี้ง่ายและใช้ได้ดีสำหรับบ่อตื้น ๆ แต่ ถ้าไปเจาะทะลุถึงชั้นน้ำมันและแก๊สเข้า แก๊สจะดันขึ้นมารวมทั้งน้ำมันด้วยราวกับน้ำพุ ซึ่งนอกจากจะเสียน้ำมันไปเปล่าๆแล้ว ยังอาจติดไฟทำให้เกิดอันตรายมากด้วย เรื่องเหล่านี้ปรากฏเสมอในสมัยแรก ๆ ของการขุดน้ำมัน

ภายหลังได้มีผู้คิดค้นวิธีการ "Rotary drilling" ขึ้นซึ่งสามารถใช้ได้ผลสำเร็จเป็นแห่งแรกที่รัฐเท็กซัส เครื่องมือที่ใช้มีลักษณะเป็นสว่านหมุนติดตั้งอยู่บนฐานเจาะใช้หัวเจาะชนิดฟันเฟืองต่อกับก้านเจาะ ซึ่งเป็นท่อสอดผ่านลงไปในแท่นหมุน ให้หัวเจาะหมุนโดยใช้แป้นหมุนเป็นเครื่องช่วยเอาหัวเจาะสวมเข้ากับปลายท่อแล้วนำท่อมาสวมเข้ากับแป้นหมุนเมื่อเดินเครื่อง ซึ่งขับเคลื่อนแป้นหมุนๆ ก็จะพาก้านเจาะและหัวเจาะหมุนกัดบดชั้นหินลงไป เวลาเจาะลงไปลึกๆ ท่อที่จะคอยหมุนหัวเจาะก็ต้องยาวตามไปด้วย จำต้องต่อลงไปเป็นท่อนๆ ท่อแต่ละท่อนมักยาว 32 ฟุต เส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก 5 นิ้ว เมื่อต่อกันยาวๆ เรียกว่า Drill string การหมุนก็อยู่ที่ราวๆ 75-250 รอบต่อนาที แล้วแต่หินที่เจาะแข็งมากน้อยเพียงไร หัวเจาะจะมีลักษณะพิเศษและออกแบบในลักษณะแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังสูบอัดน้ำโคลน (Drill mud) ซึ่งเป็นสารผสมพิเศษของโคลนผง สารเพิ่มน้ำหนัก ผงเคมีและน้ำ เข้าไปตามท่อ ให้ลงไปบริเวณหัวเจาะในระหว่างที่มันหมุน เพื่อทำหน้าที่หล่อลื่นและกวาดเอาเศษหินที่หลุดออกมา ให้ไหลออกมาตามช่องว่างระหว่างบ่อกับท่อ ขึ้นมาบนผิวดิน ส่วนน้ำโคลนที่ขึ้นมาจากหลุมก็เอามากรองเอาเศษหินออกแล้วสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้

นอกจากจะสามารถคอยกวาดเอาเศษหินที่ได้จากการเจาะขึ้นมาบนผิวดินแล้ว ยังช่วยกันไม่ให้หลุมพัง ทำให้หัวเจาะไม่ร้อนเกินไป และนอกจากนี้ยังคอยกันไม่ให้แก๊สหรือน้ำมันดันทะลักสวนขึ้นมาทางปากบ่อได้ ความดันของโคลนจะสูงกว่าความดันใต้ดินตรงชั้นที่กำลังขุดอยู่เล็กน้อย ความเร็วของโคลนที่อัดลงไปบริเวณหัวเจาะสูงประมาณ 50– 20 เมตรต่อวินาที ดังนั้นเครื่องสูบที่ใช้โคลนต้องใช้พลังงานสูง ระหว่างเจาะต้องวัดความดันของโคลนอยู่เสมอ เพราะถ้าเจาะไปถึงชั้นน้ำมันหรือแก๊สหรือชั้นน้ำ ความดันอาจสูงขึ้นทันทีทันใด อาจเกิดการไหลทะลัก (Blowout) ออกมาทางปากบ่อได้ เขาจึงติดอุปกรณ์ป้องกันการไหลทะลักขึ้นที่ปากบ่อสวมเข้าไว้เหนือท่อโคลนเรียกว่า Blowout Preventer เครื่องนี้ทำงานด้วยแรง Hydraulic ซึ่งสามารถอุดรูช่องว่างระหว่างหลุมกับท่อเจาะได้ทันที และดันอัดไว้ด้วยความดันสูงถึง 10,000 psi

เทคนิคการเจาะได้มีการพัฒนาขึ้นเรื่อยๆ นอกจากเจาะตามแนวดิ่งตรงๆ แล้วยังมีการเจาะเอียง (Deviated drilling and directional drilling) ทั้งในแบบเอียงจากผิวดินลงไปเลย หรือแบบแนวดิ่งตรงลงไปก่อนแล้วไปเอียงเอาทีหลัง มีเครื่องมือใหม่ๆ ทำให้การเจาะทำได้หลายรูปแบบ และมีประโยชน์มาก ปัจจุบันไม่เพียงแต่เจาะเอียงยังสามารถเจาะในแนวขนานกับผิวโลกที่ใต้ดินลึกๆ ซึ่งเรียกว่า Horizontal drilling ทำให้ประหยัดค่าขุดเจาะได้มาก

การเจาะที่วิวัฒนาการไปมากและได้ประโยชน์อย่างมหาศาลคือ การเจาะใต้ทะเลในปี ค.ศ. 1945 ได้เริ่มมีการเจาะในอ่าวเม็กซิโก ช่วงที่ลึกเพียง 6 เมตร จากนั้นเพิ่มเป็น 10 เมตรและความลึกก็เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ใน ค.ศ. 1967 เจาะในน้ำได้ลึกกว่า 100 เมตร และในปัจจุบันการเจาะในน้ำได้ลึกกว่า 300 เมตร

ในประเทศไทยบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) จัดจำหน่ายเชื้อเพลิงผ่านเครือข่ายสถานีบริการน้ำมันของปตท. ซึ่งมีอยู่ทั่วประเทศกว่า 1,400 แห่ง อีกทั้งเป็นผู้นำการค้นคว้าและพัฒนาพลังงานพร้อมจำหน่ายเป็นรายแรกของประเทศทั้งน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ

ในด้านการผลิตเพื่อให้ได้ตามปริมาณความต้องการ จึงจำเป็นต้องมีการวางแผนการผลิต บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) มีการขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ ในพื้นที่บริเวณหนึ่งประกอบไปด้วยบ่อน้ำมันดิบจำนวนมากโดยใช้วิธีการดึงน้ำมันดิบขึ้นมา แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบปั๊ม และระบบก๊าซ ซึ่งทำการผลิตน้ำมันดิบเพื่อลำเลียงเข้าสู่คลังโดยการดึงน้ำมันดิบขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง บริษัทต้องตัดสินใจว่าจะต้องใช้ความเร็วรอบของปั๊มและแรงดันของก๊าซเป็นเท่าใดในแต่ละบ่อ เพื่อที่จะสามารถผลิตน้ำมันเข้าสู่คลังได้ตามความต้องการภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ

2.2 การวิจัยดำเนินงาน

การวิจัยดำเนินงานเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อช่วยตัดสินใจเกี่ยวกับการปฏิบัติงานขององค์กร เป็นระเบียบวิธีที่มีหลักเกณฑ์ในการพยายามแก้ไขปัญหาและแนวทางปฏิบัติให้ได้ ผลดีที่สุด ซึ่งจะเป็นหัวใจของหลักการวิจัยดำเนินงานระเบียบวิธีที่มีหลักเกณฑ์ เป็นเรื่องของการดำเนินงานขั้นตอนในการแก้ปัญหาดังต่อไปนี้

2.2.1 การจัดตั้งปัญหา (Formulating the Problem)

ปัญหาที่เกิดขึ้นย่อมมีความซับซ้อน การกำหนดปัญหาให้ตรงกับเป้าหมายจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อที่จะหาผลลัพธ์แล้วนำไปปฏิบัติจริงได้ การจัดตั้งปัญหามีหลักพอสังเขปดังนี้

ศึกษาความสัมพันธ์เกี่ยวข้อง

2.2.1.2 กำหนดปัญหาที่พิจารณาให้ชัดเจน

2.2.1.3 กำหนดจุดประสงค์ และวิธีการวัดผลการดำเนินงาน

2.2.1.4 กำหนดขอบเขตและสมมติฐานของปัญหา

2.2.1.5 กำหนดแนวทางดำเนินงานที่เป็นไปได้ในการการแก้ปัญหา

2.2.1.6 กำหนดช่วงเวลาในการแก้ปัญหา

2.2.2 การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Constructing a Mathematical Model)

เมื่อกำหนดและเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้อง ในทางการวิจัยดำเนินงานนิยมสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับแทนระบบของปัญหา โดยมีสมการต่างๆ แสดงความสัมพันธ์และมีโครงสร้างดังนี้

2.2.2.1 สมการหรือฟังก์ชั่นเป้าหมาย (Objective Function)

2.2.2.2 ตัวแปรที่ควบคุม (Decision Variable) และตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

2.2.2.3 มีขอบเขต (Constraints)

2.2.3 การหาผลลัพธ์ของปัญหา (Deriving a Solution)

หลักการของการวิจัยดำเนินงาน เป็นการหาผลลัพธ์ที่ได้ผลดีเหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ไม่ได้หมายความว่าจะสามารถหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมาปฏิบัติงานได้

2.2.4 การทดสอบรูปแบบทางคณิตศาสตร์ และผลลัพธ์ (Testing the Model and Solution)

การใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์จำเป็นต้องมีการทดสอบ เนื่องจากความบกพร่องในการละเว้นองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญบางส่วนจะทำให้การหาผลลัพธ์ที่ดีนั้นเป็นไปไม่ได้ อาจจะใช้การทดสอบโดยตั้งรูปแบบทางคณิตศาสตร์ใหม่เปรียบเทียบกับชุดเดิม

2.2.5 การตั้งขอบข่ายแทนการควบคุมผลลัพธ์ (Establishing Control over the Solution)

ควรมีการควบคุมขอบเขตของการได้รับผลลัพธ์ในการจำกัดสภาพแวดล้อมของปัญหา

2.2.6 การนำผลลัพธ์ไปใช้งาน (Implementation)

ผลลัพธ์จากการวิจัยดำเนินงาน ต้องสามารถชี้แจงให้ผู้บริหารเข้าใจถึงการดัดแปลงผลที่ได้และวิธีการนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ โดยทีมการวิจัยดำเนินงานและฝ่ายบริหารต้องร่วมมือในการพัฒนาวิธีการเพื่อนำหลักการของผลลัพธ์นั้นๆ ออกใช้งานและต้องมีการประเมินผลและติดตามข้อพกพร่องเพื่อแก้ไขทันตามความต้องการ

2.2.7 ความหมายของคำว่า Operations Research

สำหรับความหมายของคำว่า "Operations Research" นั้น ได้มีผู้ให้ คำนิยามไว้หลายประการด้วยกัน Churchman, Ackoff, และ Arnoff ได้ให้คำจำกัดความ OR ไว้ในตำราการวิจัยการดำเนินงาน ระหว่างปี ค.ศ. 1950-1956 ว่า "การวิจัยการดำเนินงาน โดยทั่วไปหมายถึงการใช้ระเบียบวิธี และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับการนำระบบไปใช้ ด้วยวัตถุประสงค์ที่จะช่วยในการควบคุมและการปฏิบติงานให้บังเกิดผลที่ดีที่สุดสำหรับปัญหานั้น" Harvey M.Wagner ได้ให้คำจำกัดความ OR ไว้ว่า "เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้และมีความถูกต้องเหมาะสม

การวิจัยดำเนินงาน คือ วิธีการที่มีหลักเกณฑ์ (Scientific Method) ในการจัดรวบรวมและการวิเคราะห์เป็นตัวเลข (Quantitative Basis) สำหรับช่วยตัดสินใจให้กับฝ่ายบริหาร โดยคำนึงว่าทำงานนั้นต้องอยู่ ภายใต้อำนาจการควบคุมได้ด้วยการวิจัยดำเนินงาน เป็นการให้ประโยชน์ของวิธีการอย่างมีหลักเกณฑ์ โดยทีมงานที่มีความรู้ความสามารถในสาขาวิชาการต่างๆ กัน ลักษณะสำคัญของทางการวิจัยการดำเนินงาน (The Essential Characteristics of OR)

2.2.7.1 ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.7.2 เป็นการศึกษาพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของระบบที่ซับซ้อน

2.2.7.3 ใช้เป็นวิธีการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของระบบที่ซับซ้อน

2.2.7.4 ใช้เป็นพื้นฐานเพื่อช่วยในการตัดสินใจ

2.2.7.5 ใช้ทีมงานของผู้เชี่ยวชาญของสาขาวิชาการในการให้คำปรึกษา เช่น คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และ เศรษฐศาสตร์

2.2.7.6 มีการสร้างแบบจำลองระบบที่ต้องการศึกษาแบะวิเคราะห์เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด

2.2.7.7 เป็นการพบปัญหาใหม่ภายหลังจากที่ได้แก้ไขปัญหาใดปัญหาหนึ่ง ไปแล้ว

2.2.8 หลักการวิจัยดำเนินงาน

2.2.8.1 มีลักษณะเป็น (Research on Operations) คือเป็นผู้ศึกษาและวิจัยขั้น ตอนในการดำเนินงานและการประสานงาน เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

2.2.8.2 มีลักษณะพิจารณานาปัญหาของระบบองค์การเป็นส่วนรวม (Consider an Organization as a Whole) คือ เข้าใจในสถานการณ์ หน้าที่ของโครงสร้างของส่วนต่างๆ ในระบบซึ่งรวมตัวกันเป็นระบบที่ซับซ้อนโดยคำนึงการแก้ปัญหาเพื่อส่วนรวม

2.2.8.3 มีลักษณะเป็น (Interdisciplinary Team Effort) คือการดำเนินงานโดยมีทีมงานของผู้ชำนาญงานด้านต่าง ๆ

2.2.8.4 เพื่อให้ ได้ (Optimal Decision Making) คือให้ผลลัพธ์หรือแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

2.2.8.5 เป็นการใช้ (Application of Scientific Method) คือ การใช้หลักเกณฑ์อย่างมีขั้นตอน

2.2.9 ตัวอย่างลักษณะของปัญหาซึ่งวิเคราะห์ด้วยการวิจัยดำเนินงาน

2.2.9.1 ปัญหาการจัดสรร (Allocation Problem) เป็นการจัดทรัพยากรที่มีอยู่ประหยัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด หรือเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เช่น การจัดการเกี่ยวกับคน เครื่องจักร วัตถุดิบ ฯลฯ อาจเรียกว่าปัญหาการมอบหมายงาน ใช้แก้ปัญหาการจัดคนเข้ากับงาน หรืองานเข้ากับเครื่องจักรอุปกรณ์ อย่างเหมาะสม

2.2.9.2 ปัญหาสินค้าคลัง (Inventory Problem) เป็นปัญหาเกี่ยวกับการเก็บรักษาสินค้าหรือพัสดุซึ่งในหารบริหารสินค้านั้น จะเกี่ยวข้องกับกับปริมาณความต้องการค่าใช้จ่ายในการเก็บ

รักษาค่าใช้จ่ายในการผลิต การสั่งซื้อ ในปริมาณและเวลาอย่างเหมาะสมย่อมมีผลต่อการบริหารสินค้าคงคลัง

2.2.9.3 ปัญหาการรอคอย (Queuing Problem) เป็นปัญหาเกี่ยวกับการกำหนดชนิดของหน่วยบริการให้มีปริมาณเพียงพอที่จะให้ประโยชน์สูงสุด (Optimal Number of Facilities) การจัดปริมาณหน่วยบริการจำเป็นต้องศึกษาเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผู้รับบริการจะต้องเสียเวลารอกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานให้บริการในแต่ละหน่วยบริการ

2.2.9.4 ปัญหาการทดแทน (Replacement Problem) จะเกี่ยวข้องกับการบริหารการทดแทนวัตถุสิ่งของเมื่อเกิดการสึกหรอหรือเสื่อมคุณภาพหรือหมดอายุการใช้งาน เป็นปัญหาที่จะต้องพิจารณาเปลี่ยนทรัพยากรเหล่านั้นเมื่อใดจึงจะเหมาะสมและประหยัดที่สุด

2.2..9.5 ปัญหาการวางแผนและควบคุมโรงงาน เป็นปัญหาเกี่ยวกับการจัดลำดับการทำงานก่อนหลังซึ่งจะมีเงื่อนไขของเวลา แรงงาน ซึ่งนิยมใช้เทคนิค PERT (Project Evaluation & Review Technique) และ CPM (Critical Path Method)

2.2.9.6 ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) การขนส่งและการสื่อสารด้วยการหาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปสู่จุดหมายโดยมีเส้นทางหลายๆ เส้นทางจะใช้แบบ Routing Model เพื่อวิเคราะห์เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด

2.2.9.7 ปัญหาการแข่งขัน (Competitive Problem) เป็นปัญหาที่จะต้องตัดสินใจเลือกกระทำที่ดีที่สุด ในกรณีที่มีคู่แข่งขันหากมีเพียงสองฝ่าย ฝ่ายหนึ่งได้เป็นจำนวนเท่าใดอีกฝ่ายหนึ่งก็จะเสียในจำนวนเท่านั้น ตามทฤษฎีของเกมส์ (Theory of Games)

2.2.3.8 ปัญหาการทดสอบทางเลือก โดยการจำลองสถานการณ์ (Simulation) การจำลองปัญหาเป็นเทคนิคที่ยืดหยุ่น ประเภทบรรยาย (Descriptive Model) ไม่ใช่เทคนิคประเภทที่ผลคำตอบนั้นเป็นคำตอบหรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimization Model) เทคนิคการจำลองนี้จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถตอบคำถามได้

2.2.10 เทคนิคหรือวิธีการวิจัยการดำเนินงานที่สำคัญ

2.2.10.1 Linear Programming (โปรแกรมเส้นตรง) ใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรที่มีจำนวนจำกัด ให้เกิดผลดีที่สุด เช่น กิจการทำการผลิตสินค้า หลายชนิดจากปัจจัยการผลิตที่มีอยู่จำกัด จะผลิตสินค้าแต่ละชนิดเป็นจำนวนเท่าใดจะได้ผลกำไรสูงสุด การแก้ปัญหาโดยใช้ Linear Programming นี้สามารถทำได้หลายวิธี แต่ที่นิยมใช้กันมากได้แก่วิธี Simplex แนวคิดเบื้องต้นของ Simplex algorithm แบบจำลอง Linear Programming ที่มีconstraints m ตัวและมี ตัวแปรการตัดสินใจ n ตัวสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบทั่วไปดังนี้

$$\text{Max(or min)} z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n + x_n$$

s.t.

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \ldots + a_{1n}X_n = b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \ldots + a_{2n}X_n = b_2$$

.

.

.

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \ldots + a_{mn}X_n = b_m$$

$$X_i \geq 0 \quad (i=1,2,\ldots\ldots\ldots n)$$

2.2.10.2 โปรแกรมเลขจำนวนเต็ม (Integer Programming) ใช้ในการแก้ปัญหาที่มีลักษณะเช่นเดียวกับ Linear Programming แต่คำตอบที่ได้นั้นจะต้องเป็นเลขจำนวนเต็ม โดยที่กิจการจะได้ผลกำไรสูงสุดจากปัจจัยการผลิตที่มีจำนวนจำกัด

2.2.10.3 โปรแกรมเป้าหมาย (Goal Programming) ใช้ในการแก้ปัญหาสำหรับกรณีที่กิจการมีเป้าหมายในการดำเนินธุรกิจหลายๆ อย่างและเป้าหมายดังกล่าวนั้นอาจมีความสำคัญเท่ากันหรือมีลำดับความสำคัญไม่เท่ากัน จะได้คำตอบที่ต้องการ โดยให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการหรือให้ได้รับผลใกล้เคียงกับหมายที่กำหนดไว้ให้มากที่สุด

2.2.10.4 วิธีซิมเพล็กซ์ที่ปรับปรุงแล้ว (Revised Simplex Method) ใช้ในการแก้ปัญหาโปรแกรมเส้นตรงโดยใช้ให้เวลาของคอมพิวเตอร์น้อยที่สุด นอกจากนี้ยังเป็นพื้นฐานความรู้ที่สำคัญในการนำไปใช้ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความไวและโปรแกรมพาราเมตริกซ์ด้วย

2.2.10.5 ทฤษฎีที่คู่กัน (Duality Theory) ในการหาคำตอบจากวิธีการโปรแกรมเส้นตรงนั้นบางกรณีอาจหาคำตอบได้ยากจึงเปลี่ยนมาใช้วิธีการที่คู่กันมาทำการหาคำตอบ ซึ่งสามารถทำได้ง่ายกว่า

2.2.10.6 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ใช้ ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับกรณีที่กิจการประสงค์จะเปลี่ยนแปลงอัตราผลกำไรต่อชิ้นจากการผลิตสินค้าหลายๆ ชนิดหรือมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยในการผลิตที่กิจการมีอยู่เป็นผลให้ผลิตสินค้าที่ทำให้กิจการได้รับผลกำไรสูงสุดแต่เดิมเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ช่วงของการเปลี่ยนแปลงต่างๆจะสามารถทำได้เพียงใดถ้ากิจการยังคงดำรงเป้าหมายที่จะให้ได้รับผลกำไรสูงสุดจากการผลิตสินค้า

2.2.10.7 โปรแกรมพาราเมตริก (Parametric Programming) เป็นการศึกษาพิจารณาปัญหาต่อจากการวิเคราะห์ความไว ว่าถ้าผลกำไรในการผลิตต่อชิ้นจากการผลิตสินค้าหลายๆ ชนิดเปลี่ยนแปลงพร้อมกันหรือปัจจัยในการผลิตเปลี่ยนแปลงพร้อมกันหรือปัจจัยในการผลิตเปลี่ยนแปลงพร้อมกัน ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

2.2.10.8 โปรแกรมแบบพลวัต (Dynamic Programming) ใช้ ในการแก้ปัญหาที่จะต้องตัดสินใจติดต่อกันเป็นขั้นตอนหลายๆ ขั้นตอน เพื่อช่วยให้การดำเนินงานเป็นผลดี โดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดหรือได้รับผลกำไรมากที่สุด การหาคำตอบแต่ละปัญหาอาจจำเป็นต้องสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาให้เหมาะสมกับปัญหานั้นๆ โดยเฉพาะ

2.2.10.9 ตัวแบบข่ายงานรวมทั้งเพอร์และซีพีเอม (Network Models including PERT-CPM) ใช้ในปัญหาการควบคุมงานให้เสร็จทันเวลาตามกำหนดสำหรับโครงการใหญ่ๆ อาจแบ่งงานออกเป็นงานย่อยๆ มากมาย จะใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า PERT (Program Evaluation and Review Techniques)

2.2.10.10 ทฤษฎีเกมส์ (Games Theory) ใช้ช่วยการตัดสินในการประกอบธุรกิจ เพราะในการดำเนินธุรกิจปกติย่อมจะมีคู่แข่งขัน ซึ่งมีลักษณะคล้ายเล่นเกมส์ ซึ่งจะต้องมีฝ่ายตรงข้ามและแต่ละฝ่ายอาจใช้กลยุทธ์หลายๆ ทางด้วยกัน

2.2.10.11 การวิเคราะห์เชิงมาร์คอฟ (Markov Analysis) เป็นการนำเอาทฤษฎีของ Andrei A.Markov นักคณิตศาสตร์ชาวรัสเซียมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ส่วนแบ่งลูกค้าในท้องตลาด การวิเคราะห์เชิงมาร์คอฟ ยังนำไปใช้พยากรณ์คนงานแต่ละระดับ ลูกหนี้แต่ละประเภทภายหน้า และนำไปใช้ในอื่นๆ อีกมาก

2.2.10.12 ตัวแบบสินค้าคงคลัง (Inventory Models) ใช้คำนวณจำนวนสินค้าที่สั่งซื้อหรือผลิตแต่ละงวดและจะเป็นผลทำให้กิจการเสียค่าใช้จ่ายรวมยอดล่าสุด โมเดลที่เกี่ยวกับเทคนิคการควบคุมคลังสินค้านี้มีมากมาย แต่อาจแบ่งเป็นโมเดลใหญ่แต่ละคราวมีจำนวนคงที่

ก. ถ้าจำนวนสินค้าที่สั่งซื้อหรือผลิตแต่ละคราวมีจำนวนคงที่

ข. ถ้ากำหนดระยะเวลาในการสั่งซื้อหรือผลิตคงที่

2.2.10.13 ทฤษฎีการรอคอย (Queuing Theory) ใช้ช่วยการตัดสินใจเกี่ยวกับการให้บริการที่ไม่ประสงค์ จะให้ลูกค้าเสียเวลารอคอยนานเกินควรจนเกิดความเบื่อหน่าย และเปลี่ยนไปใช้บริการของผู้อื่น ทั้งนี้โดยคำนึงถึงการประหยัดค่าใช้จ่ายของกิจการด้วย

2.2.10.14 การจำลองแบบ (Simulation) เป็นวิธีการเลียนแบบของจริงให้เป็นไปตามธรรมชาติมากที่สุด

2.2.10.15 โปรแกรมยีโอเมตริก (Geometric Programming) เป็นเทคนิคเฉพาะที่ใช้หาคำตอบบางอย่างซึ่งไม่อาจจะคำนวณหาได้โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ตามปกติ

2.2.10.16 โปรแกรมที่ไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Programming) เป็นเทคนิคทางคณิตสาสตร์ที่ใช้หาคำตอบในกรณีที่ตัวแปรได้ไม่อิสระ และตัวแปรได้อิสระมีความสัมพันธ์กันในลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้มีอยู่ เป็นจำนวนมาก

2.2.10.17 การวิเคราะห์การตัดสินใจ (Decision Analysis) เป็นเทคนิคที่ใช้ช่วยในการตัดสินใจของฝ่ายบริหารในสภาวะ ต่าง ๆ กัน ว่าเมื่อ พบกับสถานการณ์ต่าง ๆ ดังกล่าว การตัดสินใจควรใช้เกณฑ์อะไรประกอบ

2.3 โปรแกรมสำเร็จรูปที่ช่วยสร้างแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์

การสร้างแบบจำลอง Mathematical Programming เพื่อแก้ปัญหาการขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียมและ ก๊าซธรรมชาตินั้น มีความยุ่งยากและซับซ้อนมาก จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาเพื่อสร้างแบบจำลองดังต่อไปนี้

2.3.1 โปรแกรม Microsoft Excel

โปรแกรม Microsoft Excel หรือเรียกว่า Excel เป็นโปรแกรมประเภท สเปรดชีต (Spread Sheet) เหมาะสำหรับการจัดการเกี่ยวกับการคำนวณหาผลลัพธ์ การสร้างกราฟ แผนภูมิ ซึ่ง Excel ยังสามารถป้อนข้อความ แทรกรูปภาพ และสัญลักษณ์พิเศษต่างๆของตัวเลข และยังจัดการเกี่ยวกับตารางข้อมูลได้ Excel มีฟังก์ชันในการคำนวณให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้มากมาย จึงทำให้สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์คำนวณค่าตัวเลขต่างๆได้สะดวก ดังนั้นจึงไม่ต้องสงสัยที่หนึ่งในโปรแกรมประยุกต์ในท้องตลาดจะต้องมีการนำ Excel ไปใช้กับงานหลายๆ สาขาอาชีพ เช่น นักบัญชี นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร นักสถิติ นักวางแผน และครู อาจารย์ เป็นต้น โดยลักษณะทั่วไปแล้ว Excel เป็นโปรแกรมที่อยู่ในชุดของ Microsoft Office เช่นเดียวกับ โปรแกรม Microsoft PowerPoint และ Microsoft Word ส่วนใหญ่จะมีรูปแบบหน้าจอเมนูคำสั่ง เมนูบาร์ที่มีการสั่งการเหมือนกัน เช่น การปรับเปลี่ยนขนาดตัวอักษร การปรับเปลี่ยนสีตัวอักษร การทำตัวอักษรให้เป็นตัวหนา ตัวเอียง การสร้างตารางข้อมูล เป็นต้น ทั้งนี้จะมีข้อแตกต่างกันในรายละเอียดเฉพาะที่เป็นจุดเด่นของโปรแกรมนั้นๆ และจุดเด่นของโปรแกรม Microsoft Excel มีดังนี้

2.3.1.1 จะมีแอปพลิเคชั่นรอบคลุมพื้นฐานต่างๆเพิ่มขึ้น ประกอบด้วย การเริ่มต้นและการออกจากเอ็กเซล การใช้เมนู แถบเครื่องมือ และไดอะล็อกบ๊อกซ์ การคีย์ข้อความและตัวเลข

2.3.1.2 การสร้างสูตรแบบง่ายๆ การแก้ไขแผ่นงานและสมุดงาน การพิมพ์และการบันทึกสมุดงาน

2.3.1.3 ปรับปรุงแผ่นงานให้น่าสนใจขึ้น การกำหนดรูปแบบต่างๆบนแผ่นงาน การเพิ่มและการแก้ไขรูปภาพ การวาดรูปทรงต่างๆ การแทรกคำอธิบาย การสร้างแผนภูมิหรือกราฟ และการนำเสนอข้อมูลด้วยแผนที่

2.3.1.4 ช่วยทำงานได้ดียิ่งขึ้นเช่นการเชื่อมโยงการประมวลผลเพื่อรวมข้อมูล

2.3.2 โปรแกรม Visual Basic

Visual Basic เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้งานพัฒนาโปรแกรมบนระบบ Windows เนื่องจากเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้เทคโนโลยีในลักษณะ Visualize นั่นก็คือจะสะดวกในการหยิบเครื่องไม้เครื่องมือที่โปรแกรมได้จัดเตรียมไว้ให้สำหรับการออกแบบหน้าจอและสิ่งต่างๆ สำหรับในการเขียนโปรแกรมให้เรียบร้อย ซึ่งแตกต่างจากสมัยก่อนเวลาจะออกแบบหน้าจอก็ยังคงต้องมานั่งเขียน Source Code ให้ลำบาก ซึ่งนักโปรแกรมเมอร์ระดับกลาง ที่จะเรียกใช้ฟังชั่นต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนโปรแกรมเมอร์ระดับมืออาชีพ ที่จะพัฒนาโปรแกรมในระดับที่สูงขึ้น โดยการใช้วิธี Object Linking and Embedding (OLE) และ Application Programming Interface (API) ของระบบ windows มาประกอบการเขียนโปรแกรม

Visual Basic เป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชั่นบน Windows ที่ง่ายและรวดเร็ว มีความสามารถดังนี้

พัฒนาแอปพลิเคชั่นทั่วไปที่รันบนระบบปฏิบัติการวินโดว์ โดยสามารถสร้างได้หลายโปรแกรม เช่น โปรแกรมด้านกราฟิก โปรแกรมคำนวณต่าง ๆ เป็นต้น

พัฒนาแอปพลิเคชั่นด้านฐานข้อมูล ซึ่ง Visual Basic จำเป็นอย่างมากในการสร้างแอปพลิเคชั่นประเภทนี้ ไม่ว่าจะเป็นความง่ายในการพัฒนา ความเร็วของแอปพลิเคชั่นที่พัฒนาหรือความพร้อมของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชั่น สามารถติดต่อกับไฟล์ฐานข้อมูลทั่วไปเช่น dBase Excel และ Access หรือติดต่อกับฐานข้อมูลบนเครื่อง Server ไม่ว่าจะเป็น Oracle Interbase SQL Server หรือฐานข้อมูลประเภทอื่นๆ ได้

ActiveX แบบต่างๆ ได้แก่ ActiveX Control และ Active From ซึ่ง ActiveX Control ก็คือเครื่องมือที่ช่วยให้เราสามารถนำส่วนของโปรแกรมที่เราสร้างเอาไว้ใน Delphi ไปใช้ในโปรแกรมอื่นๆ ได้ เช่น Delphi หรือ Microsoft Excel

2.3.3 Visual Basic for Applications (VBA)

เป็นส่วนหนึ่งของ VB ใช้ภาษาวิชวลเบสิกในการเขียนเพื่อโค้ดควบคุมโปรแกรมประยุกต์ เช่น ไมโครซอฟท์ ออฟฟิศ เป็นต้น

Excel VBA เป็นส่วนหนึ่งของ VBA ซึ่งใช้กับโปรแกรม Microsoft Excel โดยเฉพาะ ถ้าหนังสือใช้คำว่า VBA จะเป็นโปรแกรมที่ใช้กว้างๆกับ Application ต่าง ๆของ Microsoft Windows เช่น Word PowerPoint Access Excel ดังนั้นถ้าอยากหาหนังสือ VBA มาศึกษาเพิ่มเติม ต้องมีคำว่า Excel VBA เพื่อใช้เฉพาะเจาะจงกับ Excel

2.3.4 โปรแกรมสร้างแบบจำลองสำเร็จรูป

เนื่องมาจากข้อจำกัดของโปรแกรม Microsoft Excel ที่อาจทำให้ยุ่งยากมากขึ้น เมื่อต้องนำไปใช้แก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นที่มีความซับซ้อนมากขึ้น โปรแกรมสร้างแบบจำลองสำเร็จรูปจะสร้างทางเลือกในการตัดสินใจแก้ปัญหาในเชิงธุรกิจให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

โปรแกรมสร้างแบบจำลองสำเร็จรูปเป็นโปรแกรมที่ใช้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาการตัดสินใจทางธุรกิจ โดยการสร้างแบบจำลองสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การสร้างแบบจำลองด้วยภาษาแบบจำลอง และ การสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการทางพีชคณิตพื้นฐาน (Standard Algebraic Approach)

โปรแกรมนี้เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ ที่ช่วยเขียนโปรแกรม ทั้ง linear และ Non-linear ได้ดีในการตั้งคำถามที่สั้นกระชับ แก้ปัญหาและวิเคราะห์การแก้ปัญหา โปรแกรมจะทำให้ได้คำตอบที่ดี ซึ่งบรรลุวัตถุประสงค์โดยใช้ต้นทุนต่ำ ไม่สิ้นเปลือง สะดวกสบาย ซึ่งปัญหาเหล่านั้นจะมีประสิทธิภาพเพราะใช้ข้อมูลจากสิ่งที่ให้มา เช่น เงิน เวลา เครื่องมือ เป็นต้น

2.3.4.1 การแก้ไขปัญหาโดยใช้แบบจำลองวิธีการทางพีชคณิตพื้นฐานมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก. กำหนดตัวแปรการตัดสินใจ

ข. กำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ค. กำหนดฟังก์ชันข้อจำกัด

ง. Implement แบบจำลองลงบน Model Window ในรูปแบบสมการพีชคณิตอย่างง่าย

จ. ใช้คำสั่ง Solver เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด

2.3.4.2 ตัวอย่างปัญหาที่สามารถแก้ไขโดยใช้โปรแกรม Lingo

ก. ปัญหาการตัดสินใจผลิตหรือซื้อ (Make or Buy Decision Problem)

ข. ปัญหาการตัดสินใจลงทุน (Investment Decision Problem)

ค. ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem)

ง. ปัญหาส่วนผสมทางการผลิต (Production Mix Problem)

จ. ปัญหาการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (Economic Order Quantity Problem: EOQ)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

A. Ortiz-Gomez, V. Rico-Ramirez, S. Hernandez-Castro (2002) กล่าวถึงการวางแผนการผลิตน้ำมันดิบโดยใช้ระบบธรรมชาติ กล่าวคือเป็นระบบการผลิตแบบมีการเปิด-ปิดบ่อ เพื่อเพิ่มความดันและปล่อยให้น้ำมันดิบไหลขึ้นมาเองตามธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากความต่างของความดันปากบ่อและท้ายบ่อ เมื่อเปิดบ่อเพื่อผลิตน้ำมันและปล่อยให้ความดันภายในบ่อลดลงจนถึงจุดที่กำหนดไว้จะต้องทำการปิดบ่อเพื่อให้ความดันเพิ่มขึ้น ไม่เช่นนั้นหากปล่อยให้ความดันลดลงต่ำกว่าที่กำหนดจะส่งผลให้เมื่อเปิดบ่อเพื่อทำการผลิตในช่วงเวลาถัดไป น้ำมันภายในบ่อจะไม่ไหลขึ้นมาเองจะต้องทำการอัดความดันลงไปภายในบ่อหรือต้องปิดบ่อจนกว่าความดันภายในบ่อจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ปริมาณการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการในช่วงเวลาที่กำหนด ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการวางแผนการผลิตว่าจะต้องทำการเปิด-ปิดบ่อในช่วงเวลาใดในแต่ละบ่อเพื่อให้สามารถผลิตปริมาณน้ำมันดิบได้ตามความต้องการโดยใช้ multiperiod model เนื่องจากราคาและความต้องการน้ำมันเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไม่เท่ากันในแต่ละช่วงเวลา

งานวิจัยฉบับนี้ได้กล่าวถึงการสร้างแบบจำลองการผลิตน้ำมันดิบ ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นแบ่งออกเป็นสามแบบจำลอง ประกอบไปด้วย แบบจำลองแบบแรก เป็นแบบจำลองอย่างง่าย มีการกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ เป็นค่าคงที่เพื่องานต่อความเข้าใจและลดความซับซ้อนของแบบจำลอง ในส่วนของแบบจำลองแบบที่สองและสาม เป็นแบบจำลองที่มีการเพิ่มค่าตัวแปรการตัดขึ้นเพื่อให้แบบจำลองใกล้เคียงกับระบบการผลิตจริง ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างแบบจำลองอย่างง่ายของงานวิจัยดังนี้

The MILP model p1 includes the following constraints and objective function:

Minimize

$$\sum_i \sum_j \gamma_{ij} q_{ij} T + \sum_i \sum_j \delta_{ij} y_{ij} T + \sum_i \sum_j \alpha_{ij} \left(1 - y_{ij}\right) T \qquad (2.1)$$

Constraints:

$$\sum_j q_{ij} T \geq d_j \quad \forall j \in P \qquad (2.2)$$

$$\begin{bmatrix} Y_{ij} \\ p_{ij}^{f} = p_{ij}^{in} - D_{ij} \\ p_{ij}^{in} - D_{ij} \geq p_{i}^{low} \end{bmatrix} v$$

$$\begin{bmatrix} -Y_{ij} \\ \begin{bmatrix} W_{ij1} \\ p_{ij}^{f} = p_{ij}^{in} + I_{ij} \\ p_{ij}^{in} + I_{ij} \leq p_{i}^{up} \end{bmatrix} v \begin{bmatrix} W_{ij2} \\ p_{ij}^{f} = p_{ij}^{up} \\ p_{ij}^{in} + I_{ij} > p_{i}^{up} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$\forall i \in W, j \in P$

$$D_{ij} = q_{ij}\left\{c_{1i}\left[\ln(T) + c_{2i}\right]\right\} \quad \forall i \in W, j \in P \tag{2.3}$$

$$I_{ij} = \left\{c_{1i}^{rec}\left[\ln(T) + c_{2i}^{rec}\right]\right\}\left(1 - y_{ij}\right) \quad \forall i \in W, j \in P$$

$$q_{ij}^{\max}\left\{c_{1}\left[\ln(T) + c_{2}\right]\right\} = \left(p_{ij}^{in} - p_{i}^{low}\right) \quad \forall i \in W, j \in P$$

$$q_{ij} \leq q_{ij}^{\max} \quad \forall i \in W, j \in P \tag{2.4}$$

$$q_{ij} \leq q_{i}^{up} y_{ij} + q^{low}\left(1 - y_{ij}\right) \quad \forall i \in W, j \in P$$

$$q_{ij} \geq q^{low} \quad \forall i \in W, j \in P \tag{2.5}$$

$$p_{ij}^{in} = p_{ij-1}^{f} \quad \forall i \in W, j \in P \tag{2.6}$$

$$p_{i1}^{in} = given \quad \forall i \in W \tag{2.7}$$

$$p_{ij}^{f} - p_{ij}^{in} + D_{ij} \geq -M\left(1 - y_{ij}\right)$$

$$p_{ij}^{f} - p_{ij}^{in} + I_{ij} \geq -M\left(1 - w_{ij1}\right)$$

$$p_{ij}^{f} - p_{i}^{up} \geq -M\left(1 - w_{ij2}\right)$$

$$p_{ij}^{f} - p_{ij}^{in} + D_{ij} \leq M\left(1 - y_{ij}\right)$$

$$p_{ij}^{f} - p_{ij}^{in} + I_{ij} \leq M\left(1 - w_{ij1}\right) \quad p_{ij}^{f} - p_{i}^{up} \leq M\left(1 - w_{ij2}\right)$$

$$p_{ij}^{in} - p_i^{low} - D_{ij} \geq -M\left(1 - y_{ij}\right)$$

$$p_{ij}^{in} + I_{ij} - p_i^{up} \leq M\left(1 - w_{ij1}\right)$$

$$p_{ij}^{in} + I_{ij} - p_i^{up} \geq -M\left(1 - w_{ij2}\right)$$

$$w_{ij1} + w_{ij2} = 1 - y_{ij} \qquad \textbf{(2.8)}$$

For incorporating operational constraints $\left(q^{low} \neq 0\right)$, an alternative to Eq. **(2.5)** is to incorporate the constraints:

$$q_{ij} \geq q_i^{low} + S_{ij} \quad \forall i \in W, j \in P \qquad \textbf{(2.9)}$$

$$S \leq \left(q_{ij}^{up} \geq q_i^{low}\right) y_{ij} \quad \forall i \in W, j \in P \qquad \textbf{(2.10)}$$

The results presented in this paper corresponds to the use of Eq. **(2.5)** though

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงปัญหาที่ได้รับข้อมูลมาของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) เป็นปัญหาในการขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติและเพื่อให้ได้ปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ จึงต้องอาศัยการวางแผนการผลิตให้ได้ปริมาณตามความต้องการ จึงได้ทำการสร้างแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการวางแผนการผลิต

3.1 ปัญหาที่พบของ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

จากการศึกษาปัญหาที่ได้รับข้อมูลมาของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) พบว่ามีการขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติในพื้นที่บริเวณหนึ่งประกอบไปด้วยบ่อน้ำมันดิบจำนวนมาก โดยใช้วิธีการดึงน้ำมันดิบขึ้นมาอย่างต่อเนื่องและไม่สามารถหยุดทำการผลิตได้ แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ ใช้ระบบปั๊มและใช้ระบบก๊าซ ซึ่งทำการผลิตน้ำมันดิบเพื่อลำเลียงเข้าสู่สถานที่กักเก็บตลอดเวลาโดยผ่านท่อลำเลียงที่แยกระหว่างน้ำมันน้ำและก๊าซ ซึ่งน้ำและน้ำมันจะถูกลำเลียงผ่านท่อลำเลียงที่ 1 ส่วนก๊าซจะถูกลำเลียงผ่านท่อที่ 2 บริษัทต้องตัดสินใจว่าจะต้องใช้ความเร็วรอบของปั๊มและแรงดันของก๊าซเป็นเท่าใดในแต่ละบ่อ เพื่อที่จะสามารถผลิตน้ำมันเข้าสู่คลังได้ตามความต้องการ ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ

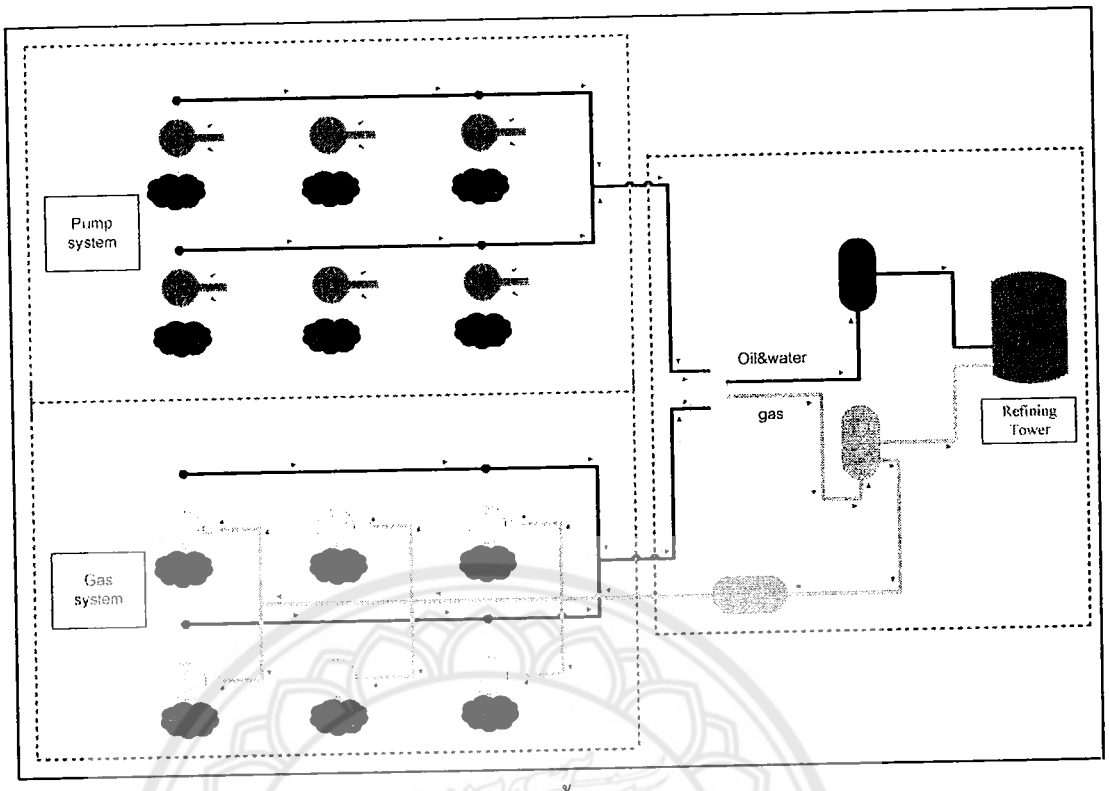
3.1.1 ปริมาณน้ำมันดิบที่ทำการดึงขึ้นมาได้ประกอบด้วยน้ำมัน น้ำและก๊าซธรรมชาติ

3.1.2 แยกน้ำมันและน้ำที่ได้ไปยังท่อลำเลียงที่ 1 ซึ่งสามารถรองรับได้ในปริมาณที่จำกัดภายในช่วงเวลา t

3.1.3 แยกก๊าซธรรมชาติที่ได้ไปยังท่อลำเลียงที่ 2 ซึ่งสามารถรองรับได้ในปริมาณหนึ่งภายในช่วงเวลา t

3.1.4 ก๊าซธรรมชาติที่ได้ต้องแบ่งไปเพื่อทำการสูบน้ำมันดิบขึ้นมาจากบ่อและต้องเพียงพอสำหรับความต้องการอุปโภคในช่วงเวลา t

3.1.5 กรณีใช้ระบบก๊าซในการสูบน้ำมันดิบขึ้นมา จะมีปริมาณจำกัดภายใต้ช่วงเวลา t ที่สามารถสูบน้ำมันดิบขึ้นมาและแยกก๊าซธรรมชาติออกมาเพื่อใช้ในการสูบน้ำมันดิบและต้องเพียงพอสำหรับความต้องการอุปโภคในช่วงเวลา t นั้นๆ



รูปที่ 3.1 ภาพจำลองระบบการขุดเจาะน้ำมันของ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

3.2 ศึกษาการสร้างแบบจำลองและโปรแกรมสำเร็จรูป

3.2.1 ศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ รายละเอียด และ ข้อจำกัดของแบบจำลอง

3.2.2 ศึกษาการใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูป

3.2.3 ศึกษาการใช้งานงานโปรแกรม Microsoft Excel และ Visual Basic for Applications

3.3 สร้างแบบจำลอง Mathematical Programming

3.3.1 ข้อตกลงเบื้องต้น

3.3.1.1 กำลังการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติที่สามารถผลิตได้มากกว่าปริมาณความต้องการอุปโภค

3.3.1.2 ระบบการผลิตไม่สามารถหยุดได้ ทุกบ่อจะต้องทำการดึงน้ำมันดิบขึ้นมาตลอดเวลาทั้งระบบปั๊มและระบบก๊าซ

3.3.1.3 สามารถความคุมความเร็วรอบของปั๊มและความดันของก๊าซได้อย่างอิสระ

3.3.1.4 ความเร็วรอบของปั๊มและความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบขึ้นมาจากบ่อน้ำมันดิบมีค่าคงที่ในช่วงเวลา

3.3.1.5 อัตราส่วนของปริมาณน้ำมันดิบต่อความเร็วรอบของปั๊มและความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบขึ้นมาจากบ่อน้ำมันดิบมีค่าคงที่

3.3.1.6 ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจทราบอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ของน้ำมัน น้ำ และก๊าซธรรมชาติในน้ำมันดิบที่ดึงขึ้นมาได้จากแต่ละบ่อ

3.3.2 กำหนดตัวแปรการตัดสินใจ

i คือ หมายเลขหลุมน้ำมันดิบที่ทำการผลิตน้ำมันดิบเข้าสู่คลังด้วยระบบปั๊ม (i=1,2,...,P)

j คือ หมายเลขหลุมน้ำมันดิบที่ทำการผลิตน้ำมันดิบเข้าสู่คลังด้วยระบบก๊าซ (j=1,2,…,G)

t คือ ช่วงเวลา (t=1,2,...,T)

X_{it} คือ ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากหลุม i ในเวลา t

Y_{it} คือ ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากหลุม j ในเวลา t

C_i คือ เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่ได้จากการสูบในหลุม i

G_i คือ เปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่ได้จากการสูบในหลุม i

W_i คือ เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ได้จากการสูบในหลุม i

C_j คือ เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่ได้จากการสูบในหลุม j

G_j คือ เปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่ได้จากการสูบในหลุม j

W_j คือ เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ได้จากการสูบในหลุม j

VC_{it} คือ ปริมาณน้ำมันที่ได้จากหลุม i ในช่วงเวลา t

VG_{it} คือ ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม i ในช่วงเวลา t

VW_{it} คือ ปริมาณน้ำที่ได้จากหลุม i ในช่วงเวลา t

VC_{jt} คือ ปริมาณน้ำมันที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t

VG_{jt} คือ ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t

VW_{jt} คือ ปริมาณน้ำที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t

R_i คือ ปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

R_j คือ ปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความดันก๊าซธรรมชาติ Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

ULX_i คือ ขีดจำกัดความเร็วรอบสูงสุดของปั๊มที่ใช้ในหลุม i

LLX_i คือ ขีดจำกัดความเร็วรอบต่ำสุดของปั๊มที่ใช้ในหลุม i

ULY_j คือ ขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในหลุม j

LLY_j คือ ขีดจำกัดปริมาณความดันต่ำสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในหลุม j

LRP_t คือ ปริมาณน้ำมันและน้ำที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$LRGP_t$ คือ ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$C_{Required}$ คือ ปริมาณความต้องการของน้ำมันที่ต้องผลิต

$G_{Required}$ คือ ปริมาณความต้องการของก๊าซธรรมชาติที่ต้องผลิต

r_c คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของปริมาณน้ำมันปิโตรเลียม

r_g คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของปริมาณก๊าซธรรมชาติ

3.3.3 กำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$Min\,Z = (r_c)\left[\left(\sum_t\sum_i VC_{it}\right)+\left(\sum_t\sum_j VC_{jt}\right)-C_{\text{Required}}\right] + (r_g)\left[\left(\sum_t\sum_i VG_{it}\right)+\left(\sum_t\sum_j VG_{jt}\right)-G_{\text{Required}}\right] \quad (3.1)$$

3.3.4 ระบุข้อจำกัดของปัญหา

$$\left[\left(\sum_t\sum_i VC_{it}\right)+\left(\sum_t\sum_j VC_{jt}\right)-C_{\text{Required}}\right]\geq 0 \quad (3.2)$$

$$\left[\left(\sum_t\sum_i VG_{it}\right)+\left(\sum_t\sum_j VG_{jt}\right)-G_{\text{Required}}\right]\geq 0 \quad (3.3)$$

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t} \quad (3.4)$$

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t} \quad (3.5)$$

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t} \quad (3.6)$$

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \qquad \forall_{i,t} \quad (3.7)$$

$$VC_{jt} = C_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t} \quad (3.8)$$

$$VW_{jt} = W_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t} \quad (3.9)$$

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t} \quad (3.10)$$

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \leq LRP_t \qquad \forall_t \quad (3.11)$$

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \leq LRGP_t \qquad \forall_t \quad (3.12)$$

$$\sum_j Y_{jt} \leq ULY_j \qquad \forall_t \quad (3.13)$$

$$ULY_j \geq Y_{jt} \geq LLY_j \qquad \forall_{j,t} \quad (3.14)$$

$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \qquad \forall_{i,j,t} \quad (3.15)$$

โดยสามารถอธิบายความหมายของสมการและอสมการของแบบจำลองข้างต้นได้ดังนี้

สมการที่ (3.1) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองนี้ คือ การหาปริมาณต่ำสุดในการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติจากปริมาณความต้องการที่วางแผนไว้

อสมการที่ (3.2) ปริมาณน้ำมันปิโตรเลียมที่ผลิตได้ทั้งในระบบปั๊มและระบบก๊าซรวมกันแล้วจะต้องมีค่ามากกว่า 0

อสมการที่ 3.3 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตได้ทั้งในระบบปั๊มและระบบก๊าซ รวมกันแล้วจะต้องมีค่ามากกว่า 0

สมการที่ 3.4 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

สมการที่ 3.5 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

สมการที่ 3.6 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

อสมการที่ 3.7 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดความเร็วรอบสูงสุดและขีดจำกัดความเร็วรอบต่ำสุดของปั๊มที่กำหนด

สมการที่ 3.8 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

สมการที่ 3.9 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

สมการที่ 3.10 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

อสมการที่ 3.11 ปริมาณทั้งหมดของน้ำมันและน้ำ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณน้ำมันและน้ำที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

อสมการที่ 3.12 ปริมาณทั้งหมดของก๊าซธรรมชาติ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

อสมการที่ 3.13 ปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในบ่อน้ำมันดิบที่ j

อสมการที่ 3.14 ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดและขีดจำกัดปริมาณความดันต่ำสุดของระบบก๊าซที่กำหนด

อสมการที่ (3.15) ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t และปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

3.4 ตรวจสอบความถูกต้องของ Linear Programming

3.4.1 ตรวจสอบครบถ้วนของตัวแปรและข้อจำกัดในการสร้างแบบจำลองเพื่อช่วยวางแผนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติว่าครบถ้วนหรือไม่

3.4.2 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น ใช้การทดสอบโดยตั้งรูปแบบทางคณิตศาสตร์ใหม่เปรียบเทียบกับแบบจำลอง ด้วยการตั้งโจทย์ปัญหาขนาดเล็กเพื่อวิเคราะห์ดูผลลัพธ์ของแบบจำลองว่าผลลัพธ์ที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่

3.5 เขียนแบบจำลองลงบนคอมพิวเตอร์

3.5.1 เขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นลงบนโปรแกรมสำเร็จรูป

3.5.2 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของแบบจำลองก่อนการทดลองหาคำตอบ

3.6 ทดลองแบบจำลองเพื่อหาคำตอบบนคอมพิวเตอร์

3.6.1 คำตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์บนคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

3.6.2 ตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินการหาคำตอบบนโปรแกรมสำเร็จรูป

3.6.3 ปรับปรุงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

3.7 สรุปผลและนำเสนอ

หลังจากที่ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาที่พบของทางบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)แล้ว นำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่ของคำตอบที่ได้จากแบบจำลองและสรุปผล

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์

บทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินการวิจัย และแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาการขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติที่สร้างขึ้น ประกอบไปด้วย

1. แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการ
2. แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการและ Inventory ณ ช่วงเวลาสุดท้าย
3. แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการและค่าใช้จ่ายในการผลิต
   - 3.1 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซเป็นค่าคงที่
   - 3.2 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซ แปรผันตามช่วงของความเร็วรอบและความดัน ที่ใช้ในการผลิต
4. แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการ โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการผลิตและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา สำหรับการวางแผนการผลิตที่มีความต้องการ ณ ช่วงเวลาสุดท้าย
   - 4.1 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซเป็นค่าคงที่
   - 4.2 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซ แปรผันตามช่วงของความเร็วรอบและความดัน ที่ใช้ในการผลิต
5. แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการ โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการผลิตและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา สำหรับการวางแผนการผลิตที่มีความต้องการทุกช่วงเวลา
   - 5.1 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซเป็นค่าคงที่
   - 5.2 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซ แปรผันตามช่วงของความเร็วรอบและความดัน ที่ใช้ในการผลิต

ซึ่งตารางแสดงผลลัพธ์ของแต่ละแบบจำลองนั้นจำนวนของหลุมที่แสดงจะหมายถึงจำนวนหลุมที่ใช้ระบบปั๊มในการผลิตและจำนวนหลุมที่ใช้ระบบก๊าซในการผลิต

4.1 ศึกษาปัญหาที่พบของ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

จากการศึกษาปัญหาที่ได้รับข้อมูลมาของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) จากนิสิตปริญาโทที่เข้าฝึกงานกับทางบริษัท พบว่าต้องการให้มีการวางแผนการผลิตโดยการขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ บริษัทต้องตัดสินใจว่าจะต้องใช้ความเร็วรอบของปั๊มและแรงดันของก๊าซเป็นเท่าใด

ฝ
TP
692.5
ก673ก
2552
ส.034632 สำนักหอสมุด
15 ธ.ค. 2553

ในแต่ละบ่อ เพื่อที่จะสามารถผลิตน้ำมันเข้าสู่คลังได้ตามความต้องการ ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ที่ได้รับข้อมูลมา ดังนี้

4.1.1 ปริมาณน้ำมันดิบที่ทำการดึงขึ้นมาได้ประกอบด้วยน้ำมัน น้ำและก๊าซธรรมชาติ

4.1.2 แยกน้ำมันและน้ำที่ได้ไปยังท่อลำเลียงที่ 1 ซึ่งสามารถรองรับได้ในปริมาณหนึ่งภายในช่วงเวลา t

4.1.3 แยกก๊าซธรรมชาติที่ได้ไปยังท่อลำเลียงที่ 2 ซึ่งสามารถรองรับได้ในปริมาณหนึ่งภายในช่วงเวลา t

4.1.4 ก๊าซธรรมชาติที่ได้ต้องแบ่งไปเพื่อทำการสูบน้ำมันดิบขึ้นมาจากบ่อและต้องเพียงพอสำหรับความต้องการอุปโภคในช่วงเวลา t

4.1.5 กรณีใช้ระบบก๊าซในการสูบน้ำมันดิบขึ้นมา จะมีปริมาณจำกัดภายใต้ช่วงเวลา t ที่สามารถสูบน้ำมันดิบขึ้นมาและแยกก๊าซธรรมชาติออกมาเพื่อใช้ในการสูบน้ำมันดิบและต้องเพียงพอสำหรับความต้องการอุปโภคในช่วงเวลา t นั้น ๆ

4.2 ศึกษาการสร้างแบบจำลองและโปรแกรมสำเร็จรูป

4.2.1 ศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ รายละเอียด และข้อจำกัดของแบบจำลอง

นำข้อมูลที่ได้ข้างต้นมาวิเคราะห์ เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลองในเบื้องต้น

4.2.2 ศึกษาการใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูป

นำข้อมูลที่ได้ข้างต้นมาวิเคราะห์ เพื่อรศึกษาการใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูป

4.2.3 ศึกษาการใช้งานงานโปรแกรม Microsoft Excel และ Visual Basic for Applications

นำข้อมูลที่ได้ข้างต้นมาวิเคราะห์ เพื่อศึกษาการใช้งานของโปรแกรม ในการกรอกข้อมูลเบื้องต้นของปัญหาลงบนโปรแกรม Microsoft Excel และใช้ Visual Basic for Applications เพื่อส่งข้อมูลไปยังโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อประมวลผล

4.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model)

4.3.1 ข้อตกลงเบื้องต้น

4.3.1.1 กำลังการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติที่สามารถผลิตได้มากกว่าปริมาณความต้องการอุปโภค

4.3.1.2 ระบบการผลิตไม่สามารถหยุดได้ ทุกบ่อจะต้องทำการดึงน้ำมันดิบขึ้นมาตลอดเวลาทั้งระบบปั๊มและระบบก๊าซ

4.3.1.3 สามารถความคุมความเร็วรอบของปั๊มและความดันของก๊าซได้อย่างอิสระ

4.3.1.4 ความเร็วรอบของปั๊มและความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบขึ้นมาจากบ่อน้ำมันดิบมีค่าคงที่ในช่วงเวลา

4.3.1.5 อัตราส่วนของปริมาณน้ำมันดิบต่อความเร็วรอบของปั๊มและความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบขึ้นมาจากบ่อน้ำมันดิบมีค่าคงที่

4.3.1.6 ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจทราบอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ของน้ำมัน น้ำ และก๊าซธรรมชาติในน้ำมันดิบที่ดึงขึ้นมาได้จากแต่ละบ่อ

4.3.2 กำหนดตัวแปรการตัดสินใจ

4.3.2.1 Indices

i คือ หมายเลขหลุมน้ำมันดิบที่ทำการผลิตน้ำมันดิบเข้าสู่คลังด้วยระบบปั๊ม (i=1,2,...,P)

j คือ หมายเลขหลุมน้ำมันดิบที่ทำการผลิตน้ำมันดิบเข้าสู่คลังด้วยระบบก๊าซ (j=1,2,...,G)

t คือ ช่วงเวลา (t=1, 2,...,T)

4.3.2 .2 Parameters

X_{it} คือ ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากหลุม i ในเวลา t

Y_{it} คือ ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากหลุม j ในเวลา t

C_i คือ เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่ได้จากการสูบในหลุม i

G_i คือ เปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่ได้จากการสูบในหลุม i

W_i คือ เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ได้จากการสูบในหลุม i

C_j คือ เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่ได้จากการสูบในหลุม j

G_j คือ เปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่ได้จากการสูบในหลุม j

W_j คือ เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ได้จากการสูบในหลุม j

VC_{it} คือ ปริมาณน้ำมันที่ได้จากหลุม i ในช่วงเวลา t

VG_{it} คือ ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม i ในช่วงเวลา t

VW_{it} คือ ปริมาณน้ำที่ได้จากหลุม i ในช่วงเวลา t

VC_{jt} คือ ปริมาณน้ำมันที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t

VG_{jt} คือ ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t

VW_{jt} คือ ปริมาณน้ำที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t

R_i คือ ปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

R_j คือ ปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความดันก๊าซธรรมชาติ Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

ULX_i คือ ขีดจำกัดความเร็วรอบสูงสุดของปั๊มที่ใช้ในหลุม i

LLX_i คือ ขีดจำกัดความเร็วรอบต่ำสุดของปั๊มที่ใช้ในหลุม i

ULY_j คือ ขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในหลุม j

LLY_j คือ ขีดจำกัดปริมาณความดันต่ำสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในหลุม j

LRP_t คือ ปริมาณน้ำมันและน้ำที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$LRGP_t$ คือ ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$C_{Requied}$ คือ ปริมาณความต้องการของน้ำมันที่ต้องผลิต

$G_{Requied}$ คือ ปริมาณความต้องการของก๊าซธรรมชาติที่ต้องผลิต

r_c คือ การถ่วงน้ำหนักของปริมาณน้ำมันปิโตรเลียม

r_g คือ การถ่วงน้ำหนักของปริมาณก๊าซธรรมชาติ

In_C คือ ปริมาณของคงคลังของน้ำมันปิโตรเลียม

In_G คือ ปริมาณของคงคลังของก๊าซธรรมชาติ

Index คือ ตัวทวีคูณที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณ Inventory (% ป้องกันของขาดมือที่ความชื่อมั่น 95% กำหนดให้ Index = 1.65)

T คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิต

Cost คือ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลังระหว่างการผลิต

Cost P_{it} คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตของระบบปั๊มของหลุม i ในช่วงเวลาที่ t

Cost G_{jt} คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตของระบบก๊าซของหลุม j ในช่วงเวลาที่ t

LP_{it} คือ ระดับความเร็วที่ใช้ในการผลิตของระบบปั๊มของหลุม i ในช่วงเวลาที่ t

LG_{jt} คือ ระดับความดันก๊าซที่ใช้ในการผลิตของระบบก๊าซของหลุม j ในช่วงเวลาที่ t

4.3.3 การอธิบายแบบจำลอง

จากการศึกษาปัญหาที่ได้รับข้อมูลมาของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) พบว่ามีการขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติในพื้นที่บริเวณหนึ่งประกอบไปด้วยบ่อน้ำมันดิบจำนวนมาก โดยใช้วิธีการดึงน้ำมันดิบขึ้นมาอย่างต่อเนื่องและไม่สามารถหยุดทำการผลิตได้ แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ ใช้ระบบปั๊มและใช้ระบบก๊าซ ซึ่งทำการผลิตน้ำมันดิบเพื่อลำเลียงเข้าสู่สถานที่กักเก็บตลอดเวลาโดยผ่านท่อลำเลียงที่แยกระหว่างน้ำมันน้ำและก๊าซ ซึ่งน้ำและน้ำมันจะถูกลำเลียงผ่านท่อ

ลำเลียงที่ 1 ส่วนก๊าซจะถูกลำเลียงผ่านท่อที่ 2 บริษัทต้องตัดสินใจว่าจะต้องใช้ความเร็วรอบของปั๊ม และแรงดันของก๊าซเป็นเท่าใดในแต่ละบ่อ เพื่อที่จะสามารถผลิตน้ำมันเข้าสู่คลังได้ตามความต้องการ ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ที่ได้รับข้อมูลมา

4.3.3.1 แบบจำลองที่ 1 แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการ

ก. Math Model

$$Min\,Z = (r_c)\left[\left(\sum_t\sum_i VC_{it}\right)+\left(\sum_t\sum_j VC_{jt}\right)-C_{\text{Required}}\right] + (r_g)\left[\left(\sum_t\sum_i VG_{it}\right)+\left(\sum_t\sum_j VG_{jt}\right)-G_{\text{Required}}\right] \quad (4.1)$$

ข. Constraints

$$\left[\left(\sum_t\sum_i VC_{it}\right)+\left(\sum_t\sum_j VC_{jt}\right)-C_{\text{Required}}\right]\geq 0 \quad (4.2)$$

$$\left[\left(\sum_t\sum_i VG_{it}\right)+\left(\sum_t\sum_j VG_{jt}\right)-G_{\text{Required}}\right]\geq 0 \quad (4.3)$$

$$VC_{it} = C_t X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.4)$$

$$VW_{it} = W_t X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.5)$$

$$VG_{it} = G_t X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.6)$$

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.7)$$

$$VC_{jt} = C_t Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.8)$$

$$VW_{jt} = W_t Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.9)$$

$$VG_{jt} = G_t Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.10)$$

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \leq LRP_t \quad \forall_t \quad (4.11)$$

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \leq LRGP_t \quad \forall_t \quad (4.12)$$

$$\sum_j Y_{jt} \leq ULY_j \quad \forall_t \quad (4.13)$$

$$ULY_j \geq Y_{jt} \geq LLY_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.14)$$

$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \quad \forall_{i,j,t} \quad (4.15)$$

ค. Minimize

(ค่าถ่วงน้ำหนัก) X [ปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบปั๊มทั้งหมด + ปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบก๊าซทั้งหมด – ความต้องการปริมาณน้ำมัน] + (ค่าถ่วงน้ำหนัก) X [ปริมาณ

ก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบปั๊มทั้งหมด + ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบก๊าซทั้งหมด – ความต้องการปริมาณก๊าซธรรมชาติ]

ง. Objective function มีองค์ประกอบดังนี้

ง.1 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากหลุม i ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_i VC_{it}$

ง.2 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_j VC_{jt}$

ง.3 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม i ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_i VG_{it}$

ง.4 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_j VG_{jt}$

ง.5 ปริมาณความต้องการของน้ำมันที่ต้องผลิตในช่วงเวลา t = C_{Required}

ง.6 ปริมาณความต้องการของก๊าซธรรมชาติที่ต้องผลิตในช่วงเวลา t = G_{Required}

ง.7 การถ่วงน้ำหนักของปริมาณน้ำมันปิโตรเลียม = r_c

ง.8 การถ่วงน้ำหนักของปริมาณก๊าซธรรมชาติ = r_g

เพื่อหาปริมาณน้ำมันและก๊าซธรรมชาติที่ใกล้เคียงกับความต้องการในแต่ละช่วงเวลา โดยทำการสร้างแบบจำลองเส้นตรง (Linear programming model) ประกอบไปด้วย (Objective function) ดังที่แสดงในสมการที่ 4.1 สมการเงื่อนไขต่างๆ (Constraints) ดังแสดงในสมการที่ 4.2 - สมการที่ 4.15

$$Min\,Z = (r_c)\left[\left(\sum_t \sum_i VC_{it}\right) + \left(\sum_t \sum_j VC_{jt}\right) - C_{\text{Required}}\right] + (r_g)\left[\left(\sum_t \sum_i VG_{it}\right) + \left(\sum_t \sum_j VG_{jt}\right) - G_{\text{Required}}\right]$$

จ. Constraints

อสมการที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันปิโตรเลียมที่ผลิตได้ทั้งในระบบปั๊มและระบบก๊าซ รวมกันแล้วจะต้องมีค่ามากกว่า 0

$$\left[\left(\sum_t \sum_i VC_{it}\right) + \left(\sum_t \sum_j VC_{jt}\right) - C_{\text{Required}}\right] \geq 0$$

อสมการที่ 4.3 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตได้ทั้งในระบบปั๊มและระบบก๊าซ รวมกันแล้วจะต้องมีค่ามากกว่า 0

$$\left[\left(\sum_t \sum_i VG_{it}\right) + \left(\sum_t \sum_j VG_{jt}\right) - G_{\text{Required}}\right] \geq 0$$

สมการที่ 4.4 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.5 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.6 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.7 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดความเร็วรอบสูงสุดและขีดจำกัดความเร็วรอบต่ำสุดของปั๊มที่กำหนด

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.8 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{it} = C_i Y_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.9 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{it} = W_i Y_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.10 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_t \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.11 ปริมาณทั้งหมดของน้ำมันและน้ำ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณน้ำมันและน้ำที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \le LRP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.12 ปริมาณทั้งหมดของก๊าซธรรมชาติ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \le LRGP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.13 ปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในบ่อน้ำมันดิบที่ j

$$\sum_i Y_{jt} \le ULY_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.14 ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดและขีดจำกัดปริมาณความดันต่ำสุดของระบบก๊าซที่กำหนด

$$ULY_t \ge Y_{jt} \ge LLY_t \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.15 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t และปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \qquad \forall_{i,j,t}$$

4.3.3.2 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 1

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 1 โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก

โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
5 หลุม 7 ช่วงเวลา	2,583.896	00:00:00	Global Optimum	2,584.14	03:01:56	Feasible
10 หลุม 7 ช่วงเวลา	0.36379 E-10	00:00:00	Global Optimum	0.2592	03:00:00	Feasible
20 หลุม 7 ช่วงเวลา	0.36379 E-10	00:00:00	Global Optimum	0.1344	03:00:24	Feasible

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 1 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง

โจทย์ปัญหาขนาดกลาง	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
25 หลุม 14 ช่วงเวลา	0.9094947 E-10	00:00:00	Global Optimum	0.1344	03:21:05	Feasible
30 หลุม 14 ช่วงเวลา	0.1527951 E-09	00:00:00	Global Optimum	0.0928	03:13:00	Feasible
35 หลุม 14 ช่วงเวลา	0.5820766 E-10	00:00:00	Global Optimum	0.0512	03:05:00	Feasible

ตารางที่ 4.3 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 1 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่

โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
40 หลุม 30 ช่วงเวลา	900.0000	00:00:00	Global Optimum	900.37	03:09:50	Feasible
45 หลุม 30 ช่วงเวลา	313.8000	00:00:00	Global Optimum	314.029	03:40:10	Feasible
50 หลุม 30 ช่วงเวลา	1,142.400	00:00:00	Global Optimum	1,142.69	03:00:00	Feasible

4.3.3.3 แบบจำลองที่ 2 แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการและ Inventory ณ ช่วงเวลาสุดท้าย

ก. Math Model

$$Min\ Z = (r_c)\left[\left(\sum_t\sum_i VC_{it}\right)+\left(\sum_t\sum_j VC_{jt}\right)-C_{\text{Required}}-In_C\right] + (r_g)\left[\left(\sum_t\sum_i VG_{it}\right)+\left(\sum_t\sum_j VG_{jt}\right)-G_{\text{Required}}-In_G\right] \quad (4.1)$$

ข. Constraints

$$\left[\left(\sum_t\sum_i VC_{it}\right)+\left(\sum_t\sum_j VC_{jt}\right)-C_{\text{Required}}-In_C\right]\geq 0 \quad (4.2)$$

$$\left[\left(\sum_t\sum_i VG_{it}\right)+\left(\sum_t\sum_j VG_{jt}\right)-G_{\text{Required}}-In_G\right]\geq 0 \quad (4.3)$$

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.4)$$

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.5)$$

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.6)$$

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.7)$$

$$VC_{jt} = C_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.8)$$

$$VW_{jt} = W_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.9)$$

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.10)$$

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \leq LRP_t \quad \forall_t \quad (4.11)$$

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \leq LRGP_t \quad \forall_t \quad (4.12)$$

$$\sum_j Y_{jt} \leq ULY_j \quad \forall_t \quad (4.13)$$

$$ULY_j \geq Y_{jt} \geq LLY_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.14)$$

$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \quad \forall_{i,j,t} \quad (4.15)$$

$$In_C = Index\sqrt{C_{\text{Required}} * T} \quad (4.16)$$

$$In_G = Index\sqrt{G_{\text{Required}} * T} \quad (4.17)$$

ค. Minimize

(ค่าถ่วงน้ำหนัก) X [ปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบปั๊มทั้งหมด + ปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบก๊าซทั้งหมด – ความต้องการปริมาณน้ำมัน – ปริมาณน้ำมันคงคลัง] + (ค่า

ถ่วงน้ำหนัก) X [ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบปั๊มทั้งหมด + ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบก๊าซทั้งหมด – ความต้องการปริมาณก๊าซธรรมชาติ – ปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลัง]

ง. Objective function มีองค์ประกอบดังนี้

ง.1 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากหลุม i ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_i VC_{it}$

ง.2 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_j VC_{jt}$

ง.3 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม i ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_i VG_{it}$

ง.4 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_j VG_{jt}$

ง.5 ปริมาณความต้องการของน้ำมันที่ต้องผลิตในช่วงเวลา t = C_{Required}

ง.6 ปริมาณความต้องการของก๊าซธรรมชาติที่ต้องผลิตในช่วงเวลา t = G_{Required}

ง.7 การถ่วงน้ำหนักของปริมาณน้ำมันปิโตรเลียม = r_c

ง.8 การถ่วงน้ำหนักของปริมาณก๊าซธรรมชาติ = r_g

ง.9 ปริมาณน้ำมันคงคลัง = In_C

ง.10 ปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลัง = In_G

เพื่อหาปริมาณน้ำมันและก๊าซธรรมชาติที่ใกล้เคียงกับความต้องการในแต่ละช่วงเวลา โดยทำการสร้างแบบจำลองเส้นตรง (Linear programming model) ประกอบไปด้วย (Objective function) ดังที่แสดงในสมการที่ 4.1 สมการเงื่อนไขต่างๆ (Constraints) ดังแสดงในสมการที่ 4.2 - สมการที่ 4.17

$$Min\,Z = (r_c)\left[\left(\sum_t \sum_i VC_{it}\right) + \left(\sum_t \sum_j VC_{jt}\right) - C_{\text{Required}} - In_C\right] + (r_g)\left[\left(\sum_t \sum_i VG_{it}\right) + \left(\sum_t \sum_j VG_{jt}\right) - G_{\text{Required}} - In_G\right]$$

จ. Constraints

อสมการที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันปิโตรเลียมที่ผลิตได้ทั้งในระบบปั๊มและระบบก๊าซ รวมกันแล้วจะต้องมีค่ามากกว่า 0

$$\left[\left(\sum_t \sum_i VC_{it}\right) + \left(\sum_t \sum_j VC_{jt}\right) - C_{\text{Required}} - In_C\right] \geq 0$$

อสมการที่ 4.3 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตได้ทั้งในระบบปั๊มและระบบก๊าซ รวมกันแล้วจะต้องมีค่ามากกว่า 0

$$\left[\left(\sum_{t}\sum_{i} VG_{it}\right)+\left(\sum_{t}\sum_{j} VG_{jt}\right)-G_{\text{Required}}-In_{G}\right]\geq 0$$

สมการที่ 4.4 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.5 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.6 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.7 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดความเร็วรอบสูงสุดและขีดจำกัดความเร็วรอบต่ำสุดของปั๊มที่กำหนด

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.8 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{jt} = C_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.9 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{jt} = W_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.10 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{jt} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_t \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.11 ปริมาณทั้งหมดของน้ำมันและน้ำ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณน้ำมันและน้ำที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \le LRP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.12 ปริมาณทั้งหมดของก๊าซธรรมชาติ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \le LRGP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.13 ปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในบ่อน้ำมันดิบที่ j

$$\sum_j Y_{jt} \le ULY_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.14 ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดและขีดจำกัดปริมาณความดันต่ำสุดของระบบก๊าซที่กำหนด

$$ULY_j \ge Y_{jt} \ge LLY_t \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.15 ปริมาณน้ำมันคงคลังมีค่าเท่ากับตัวทวีคูณคูณกับรากที่สองของปริมาณความต้องการน้ำมันคูณกับระยะเวลาที่ใช้ผลิต

$$In_t = Index\sqrt{C_{Required} * T}$$

สมการที่ 4.16 ปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลังมีค่าเท่ากับตัวทวีคูณคูณกับรากที่สองของปริมาณความต้องการก๊าซธรรมชาติคูณกับระยะเวลาที่ใช้ผลิต

$$In_{ij} = Index\sqrt{G_{Required} * T}$$

อสมการที่ 4.17 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t และปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \qquad \forall_{i,j,t}$$

4.3.3.4 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 2

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 2 โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก

โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
5 หลุม 7 ช่วงเวลา	2,826.760	00:00:00	Global Optimum	2,827.15	03:02:05	Feasible
10 หลุม 7 ช่วงเวลา	0.2546585 E-10	00:00:00	Global Optimum	0.19655	03:00:00	Feasible
20 หลุม 7 ช่วงเวลา	0.2546585 E-10	00:00:00	Global Optimum	0.076233	03:19:50	Feasible

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 2 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง

โจทย์ปัญหาขนาดกลาง	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
25 หลุม 14 ช่วงเวลา	0.1018634 E-09	00:00:00	Global Optimum	0.2533	03:25:00	Feasible
30 หลุม 14 ช่วงเวลา	0.1600711 E-09	00:00:00	Global Optimum	0.2669	03:00:10	Feasible
35 หลุม 14 ช่วงเวลา	0.7275958 E-09	00:00:00	Global Optimum	0.10474	03:00:50	Feasible

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 2 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่

โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
40 หลุม 30 ช่วงเวลา	955.9784	00:00:00	Global Optimum	956.249	03:00:00	Feasible
45 หลุม 30 ช่วงเวลา	353.9370	00:00:00	Global Optimum	353.9411	03:05:00	Global Optimum
50 หลุม 30 ช่วงเวลา	1,197.963	00:00:00	Global Optimum	1,198.15	03:00:20	Feasible

4.3.3.5 แบบจำลองที่ 3 แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการและค่าใช้จ่ายในการผลิต

ก. กรณีค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซเป็นค่าคงที่

ก.1 Math Model

$$MinZ = \sum_t \sum_i CostP_{it} X_{it} + \sum_t \sum_j CostG_{jt} Y_{jt} \quad (4.1)$$

ก.2 Constraints

$$\left[\left(\sum_t \sum_i VC_{it}\right) + \left(\sum_t \sum_j VC_{jt}\right) - C_{\text{Required}}\right] \geq 0 \quad (4.2)$$

$$\left[\left(\sum_t \sum_i VG_{it}\right) + \left(\sum_t \sum_j VG_{jt}\right) - G_{\text{Required}}\right] \geq 0 \quad (4.3)$$

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_t \quad \forall_{i,t} \quad (4.4)$$

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_t \quad \forall_{i,t} \quad (4.5)$$

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_t \quad \forall_{i,t} \quad (4.6)$$

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.7)$$

$$VC_{jt} = C_j Y_{jt} R_t \quad \forall_{j,t} \quad (4.8)$$

$$VW_{jt} = W_j Y_{jt} R_t \quad \forall_{j,t} \quad (4.9)$$

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_t \quad \forall_{j,t} \quad (4.10)$$

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \leq LRP_t \quad \forall_t \quad (4.11)$$

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \leq LRGP_t \quad \forall_t \quad (4.12)$$

$$\sum_j Y_{jt} \leq ULY_t \quad \forall_t \quad (4.13)$$

$$ULY_j \geq Y_{jt} \geq LLY_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.14)$$

$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \quad \forall_{i,j,t} \quad (4.15)$$

ก.3 Minimize

ค่าใช้จ่ายในการผลิตจากระบบปั๊ม X ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังของทุกหลุมทุกช่วงเวลา + ค่าใช้จ่ายในการผลิตจากระบบก๊าซ X ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังของทุกหลุมทุกช่วงเวลา

ก.4 Objective function มีองค์ประกอบดังนี้

ก.4.1 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตของระบบปั๊มหลุมที่ i ในช่วงเวลา t = $\sum_{t}\sum_{i} CostP_{it}$

ก.4.2 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตของระบบก๊าซหลุมที่ j ในช่วงเวลา t = $\sum_{t}\sum_{j} CostG_{jt}$

ก.4.3 ความเร็วรอบที่ใช้หลุมที่ i ในช่วงเวลา t = X_{it}

ก.4.4 ปริมาณก๊าซปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t = Y_{jt}

เพื่อหาค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดในการผลิตปริมาณน้ำมันและก๊าซธรรมชาติที่ใกล้เคียงกับปริมาณความต้องการในแต่ละช่วงเวลา โดยทำการสร้างแบบจำลองเชิงเส้นตรง (Linear programming model) ประกอบไปด้วย (Objective function) ดังที่แสดงในสมการที่ 4.1 สมการเงื่อนไขต่างๆ (Constraints) ดังแสดงในสมการที่ 4.2 - สมการที่ 4.15

$$MinZ = \sum_{t}\sum_{i} CostP_{it}X_{it} + \sum_{t}\sum_{j} CostG_{jt}Y_{jt}$$

ก.5 Constraints

อสมการที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันปิโตรเลียมที่ผลิตได้ทั้งในระบบปั๊มและระบบก๊าซ รวมกันแล้วจะต้องมีค่ามากกว่า 0

$$\left[\left(\sum_{t}\sum_{i} VC_{it}\right)+\left(\sum_{t}\sum_{j} VC_{jt}\right)-C_{\text{Required}}\right]\geq 0$$

อสมการที่ 4.3 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตได้ทั้งในระบบปั๊มและระบบก๊าซ รวมกันแล้วจะต้องมีค่ามากกว่า 0

$$\left[\left(\sum_{t}\sum_{i} VG_{it}\right)+\left(\sum_{t}\sum_{j} VG_{jt}\right)-G_{\text{Required}}\right]\geq 0$$

สมการที่ 4.4 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.5 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.6 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.7 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดความเร็วรอบสูงสุดและขีดจำกัดความเร็วรอบต่ำสุดของปั๊มที่กำหนด

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.8 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{jt} = C_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.9 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{jt} = W_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.10 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.11 ปริมาณทั้งหมดของน้ำมันและน้ำ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณน้ำมันและน้ำที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \le LRP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.12 ปริมาณทั้งหมดของก๊าซธรรมชาติ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \le LRGP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.13 ปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในบ่อน้ำมันดิบที่ j

$$\sum_j Y_{jt} \le ULY_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.14 ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดและขีดจำกัดปริมาณความดันต่ำสุดของระบบก๊าซที่กำหนด

$$ULY_t \ge Y_{jt} \ge LLY_t \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.15 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t และปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \qquad \forall_{i,j,t}$$

4.3.3.6 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 (ก)

ตารางที่ 4.7 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก

โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
5 หลุม 7 ช่วงเวลา	30,389.79	00:00:00	Global Optimum	30,390.00	00:00:00	Global Optimum
10 หลุม 7 ช่วงเวลา	33,613.64	00:00:00	Global Optimum	33,614.3	03:00:21	Feasible
20 หลุม 7 ช่วงเวลา	48,068.18	00:00:00	Global Optimum	48,068.5	03:20:00	Feasible

ตารางที่ 4.8 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดกลาง

โจทย์ปัญหาขนาดกลาง	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
25 หลุม 14 ช่วงเวลา	38,818.18	00:00:00	Global Optimum	38,818.5	03:00:09	Feasible
30 หลุม 14 ช่วงเวลา	43,803.03	00:00:00	Global Optimum	43,803.25	00:00:00	Global Optimum
35 หลุม 14 ช่วงเวลา	48,537.88	00:00:00	Global Optimum	48,538.00	00:00:00	Global Optimum

ตารางที่ 4.9 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่

โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
40 หลุม 30 ช่วงเวลา	51,295.45	00:00:00	Global Optimum	51,295.50	03:34:00	Feasible
45 หลุม 30 ช่วงเวลา	54,210.23	00:00:00	Global Optimum	54,210.5	03:00:00	Feasible
50 หลุม 30 ช่วงเวลา	58,613.64	00:00:00	Global Optimum	58,614.00	03:00:40	Global Optimum

ข. ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซ แปรผันตามช่วงของความเร็วรอบและความดัน ที่ใช้ในการผลิต

ข.1 Math Model

$$MinZ = \sum_t \sum_i CostP_{it} X_{it} + \sum_t \sum_j CostG_{jt} Y_{jt} \quad (4.1)$$

ข.2 Constraints

$$\left[\left(\sum_t \sum_i VC_{it}\right) + \left(\sum_t \sum_j VC_{jt}\right) - C_{\text{Required}}\right] \geq 0 \quad (4.2)$$

$$\left[\left(\sum_t \sum_i VG_{it}\right) + \left(\sum_t \sum_j VG_{jt}\right) - G_{\text{Required}}\right] \geq 0 \quad (4.3)$$

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.4)$$

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.5)$$

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.6)$$

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.7)$$

$$VC_{jt} = C_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.8)$$

$$VW_{jt} = W_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.9)$$

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.10)$$

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \leq LRP_t \quad \forall_t \quad (4.11)$$

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \leq LRGP_t \quad \forall_t \quad (4.12)$$

$$\sum_i Y_{jt} \leq ULY_j \quad \forall_t \quad (4.13)$$

$$ULY_j \geq Y_{jt} \geq LLY_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.14)$$

$$X_{i,t} \leq 100 * LP(i,1,t) + 500 * LP(i,2,t) + 2500 * LP(i,3,t) \quad \forall_{i,t} \quad (4.15)$$

$$X_{i,t} \geq LP(i,1,t) + 100 * LP(i,2,t) + 500 * LP(i,3,t) \quad \forall_{i,t} \quad (4.16)$$

$$Y_{j,t} \leq 100 * LG(j,1,t) + 500 * LG(j,2,t) + 1500 * LG(j,3,t) \quad \forall_{j,t} \quad (4.17)$$

$$Y_{j,t} \geq LG(j,1,t) + 100 * LG(j,2,t) + 500 * LG(j,3,t) \quad \forall_{j,t} \quad (4.18)$$

$$CostP_{it} = 0.5 * LP(i,1,t) + 0.75 * LP(i,2,t) + 1 * LP(i,3,t) \quad \forall_{i,t} \quad (4.19)$$

$$CostG_{jt} = 0.25 * LG(j,1,t) + 0.5 * LG(j,2,t)$$
$$+0.75 * LG(j,3,t) \qquad \forall_{j,t} \qquad \textbf{(4.20)}$$
$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad \textbf{(4.21)}$$

ข.3 Minimize

ค่าใช้จ่ายในการผลิตจากระบบปั๊ม X ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังของทุกหลุมทุกช่วงเวลา + ค่าใช้จ่ายในการผลิตจากระบบก๊าซ X ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังของทุกหลุมทุกช่วงเวลา

ข.4 Objective function มีองค์ประกอบดังนี้

ข.4.1 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตของระบบปั๊มหลุมที่ i ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_i CostP_{it}$

ข.4.2 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตของระบบก๊าซหลุมที่ j ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_j CostG_{jt}$

ข.4.3 ความเร็วรอบที่ใช้หลุมที่ i ในช่วงเวลา t = X_{it}

ข.4.4 ปริมาณก๊าซปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t = Y_{jt}

เพื่อหาปริมาณน้ำมันและก๊าซธรรมชาติที่ใกล้เคียงกับความต้องการในแต่ละช่วงเวลา โดยทำการสร้างแบบจำลองเส้นตรง (Linear programming model) ประกอบไปด้วย (Objective function) ดังที่แสดงในสมการที่ 4.1 สมการเงื่อนไขต่างๆ (Constraints) ดังแสดงในสมการที่ 4.2 - สมการที่ 4.21

$$MinZ = \sum_t \sum_i CostP_{it} X_{it} + \sum_t \sum_j CostG_{jt} Y_{jt}$$

ข.5 Constraints

อสมการที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันปิโตรเลียมที่ผลิตได้ทั้งในระบบปั๊มและระบบก๊าซ รวมกันแล้วจะต้องมีค่ามากกว่า 0

$$\left[\left(\sum_t \sum_i VC_{it}\right) + \left(\sum_t \sum_j VC_{jt}\right) - C_{\text{Required}}\right] \geq 0$$

อสมการที่ 4.3 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตได้ทั้งในระบบปั๊มและระบบก๊าซ รวมกันแล้วจะต้องมีค่ามากกว่า 0

$$\left[\left(\sum_t \sum_i VG_{it}\right) + \left(\sum_t \sum_j VG_{jt}\right) - G_{\text{Required}}\right] \geq 0$$

สมการที่ 4.4 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.5 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.6 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.7 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดความเร็วรอบสูงสุดและขีดจำกัดความเร็วรอบต่ำสุดของปั๊มที่กำหนด

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.8 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{jt} = C_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.9 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{jt} = W_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.10 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.11 ปริมาณทั้งหมดของน้ำมันและน้ำ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณน้ำมันและน้ำที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \le LRP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.12 ปริมาณทั้งหมดของก๊าซธรรมชาติ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \le LRGP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.13 ปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในบ่อน้ำมันดิบที่ j

$$\sum_j Y_{jt} \le ULY_j \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.14 ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดและขีดจำกัดปริมาณความดันต่ำสุดของระบบก๊าซที่กำหนด

$$ULY_j \ge Y_{jt} \ge LLY_j \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.15 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่งร้อยคูณระดับความเร็วที่หนึ่งบวกห้าร้อยคูณระดับความเร็วที่สองบวกสองพันห้าร้อยคูณระดับความเร็วที่สาม

$$X_{i,t} \le 100 * LP(i,1,t) + 500 * LP(i,2,t) + 2500 * LP(i,3,t) \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.16 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับระดับความเร็วที่หนึ่งบวกหนึ่งร้อยคูณระดับความเร็วที่สองบวกห้าร้อยคูณระดับความเร็วที่สาม

$$X_{i,t} \geq LP(i,1,t) + 100 * LP(i,2,t) + 500 * LP(i,3,t) \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.17 ความดันของก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่งร้อยคูณระดับความดันที่หนึ่งบวกห้าร้อยคูณระดับความดันที่สองบวกหนึ่งพันห้าร้อยคูณระดับความดันที่สาม

$$Y_{j,t} \leq 100 * LG(j,1,t) + 500 * LG(j,2,t) + 1500 * LG(j,3,t) \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.18 ความดันของก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับระดับความดันที่หนึ่งบวกหนึ่งร้อยคูณระดับความดันที่สองบวกห้าร้อยคูณระดับความดันที่สาม

$$Y_{j,t} \geq LG(j,1,t) + 100 * LG(j,2,t) + 500 * LG(j,3,t) \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.19 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มมีค่าเท่ากับศูนย์จุดห้าคูณระดับความเร็วที่หนึ่งบวกศูนย์จุดเจ็ดห้าคูณระดับความเร็วที่สองบวกระดับความเร็วที่สาม

$$CostP_{it} = 0.5 * LP(i,1,t) + 0.75 * LP(i,2,t) + 1 * LP(i,3,t) \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.20 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบก๊าซมีค่าเท่ากับศูนย์จุดสองห้าคูณระดับความเร็วที่หนึ่งบวกศูนย์จุดห้าคูณระดับความเร็วที่สองบวกศูนย์จุดเจ็ดห้าคูณระดับความเร็วที่สาม

$$CostG_{it} = 0.25 * LG(j,1,t) + 0.5 * LG(j,2,t) + 0.75 * LG(j,3,t) \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.21 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t และปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

$$X_{it} > 0, Y_{it} > 0 \qquad \forall_{i,j,t}$$

4.3.3.2 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 (ข)

ตารางที่ 4.10 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก

โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก	ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
5 หลุม 7 ช่วงเวลา	42,565.5	03:05:19	Feasible
10 หลุม 7 ช่วงเวลา	51,933.9	03:00:52	Feasible
20 หลุม 7 ช่วงเวลา	59,134.8	03:29:14	Feasible

ตารางที่ 4.11 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดกลาง

โจทย์ปัญหาขนาดกลาง	ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
25 หลุม 14 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	31:05:12	Unknown
30 หลุม 14 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	30:04:09	Unknown
35 หลุม 14 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	03:08:42	Unknown

ตารางที่ 4.12 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่

โจทย์ปัญหาขนาใหญ่	ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
40 หลุม 30 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	03:00:17	Unknown
45 หลุม 30 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	03:24:42	Unknown
50 หลุม 30 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	04:15:24	Unknown

4.3.3.8 แบบจำลองที่ 4 แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการ โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการผลิตและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา สำหรับการวางแผนการผลิตที่มีความต้องการ ณ ช่วงเวลาสุดท้าย

ก. กรณีค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซเป็นค่าคงที่

ก.1 Math Model

$$MinZ = \sum_t \sum_i CostP_{it} X_{it} + \sum_t \sum_j CostG_{jt} Y_{jt} + \sum_t Cost * InC_t + \sum_t Cost * InG_t \quad \textbf{(4.1)}$$

ก.2 Constraints

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t} \quad \textbf{(4.2)}$$

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t} \quad \textbf{(4.3)}$$

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t} \quad \textbf{(4.4)}$$

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \qquad \forall_{i,t} \quad \textbf{(4.5)}$$

$$VC_{jt} = C_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t} \quad \textbf{(4.6)}$$

$$VW_{jt} = W_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t} \quad \textbf{(4.7)}$$

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t} \quad \textbf{(4.8)}$$

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \leq LRP_t \qquad \forall_t \quad \textbf{(4.9)}$$

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \leq LRGP_t \qquad \forall_t \quad \textbf{(4.10)}$$

$$\sum_j Y_{jt} \leq ULY_j \qquad \forall_t \quad \textbf{(4.11)}$$

$$ULY_j \geq Y_{jt} \geq LLY_j \qquad \forall_{j,t} \quad \textbf{(4.12)}$$

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} - InC_{t-1} = InC_t \quad \textbf{(4.13)}$$

$$\sum_i VC_{iT} + \sum_j VC_{jT} - InC_{T-1} = C_{\text{Required}} \qquad \forall_{t<T} \quad \textbf{(4.14)}$$

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} - InG_{t-1} = InG_t \quad \textbf{(4.15)}$$

$$\sum_i VG_{iT} + \sum_j VG_{jT} - InG_{T-1} = G_{\text{Required}} \qquad \forall_{t<T} \quad \textbf{(4.16)}$$

$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \qquad \forall_{i,j,t} \quad \textbf{(4.17)}$$

ก.3 Minimize

ค่าใช้จ่ายในการผลิตจากระบบปั๊ม X ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังของทุกหลุมทุกช่วงเวลา + ค่าใช้จ่ายในการผลิตจากระบบก๊าซ X ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังของทุกหลุมทุกช่วงเวลา + ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลัง X ปริมาณน้ำมันคงคลัง ณ ช่วงเวลา t + ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลัง X ปริมาณก๊าซคงคลัง ณ ช่วงเวลา t

ก.4 Objective function มีองค์ประกอบดังนี้

ก.4.1 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตของระบบปั๊มหลุมที่ i ในช่วงเวลา t = $\sum_{t}\sum_{i} CostP_{it}$

ก.4.2 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตของระบบก๊าซหลุมที่ j ในช่วงเวลา t = $\sum_{t}\sum_{j} CostG_{jt}$

ก.4.3 ความเร็วรอบที่ใช้หลุมที่ i ในช่วงเวลา t = X_{it}

ก.4.4 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t = Y_{jt}

ก.4.5 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลัง = $Cost$

ก.4.6 ปริมาณน้ำมันคงคลังที่ผลิต ในช่วงเวลา t = InC_t

ก.4.7 ปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลังที่ผลิต ในช่วงเวลา t = InG_t

เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ต่ำที่สุดในแต่ละช่วงเวลา โดยทำการสร้างแบบจำลองเส้นตรง (Linear programming model) ประกอบไปด้วย (Objective function) ดังที่แสดงในสมการที่ 4.1 สมการเงื่อนไขต่างๆ (Constraints) ดังแสดงในสมการที่ 4.2 - สมการที่ 4.17

$$MinZ = \sum_{t}\sum_{i} CostP_{it}X_{it} + \sum_{t}\sum_{j} CostG_{jt}Y_{jt} + \sum_{t} Cost * InC_t + \sum_{t} Cost * InG_t$$

ก.5 Constraints

สมการที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.3 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.4 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.5 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดความเร็วรอบสูงสุดและขีดจำกัดความเร็วรอบต่ำสุดของปั๊มที่กำหนด

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.6 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{jt} = C_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.7 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{jt} = W_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.8 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.9 ปริมาณทั้งหมดของน้ำมันและน้ำ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณน้ำมันและน้ำที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \le LRP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.10 ปริมาณทั้งหมดของก๊าซธรรมชาติ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \le LRGP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.11 ปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในบ่อน้ำมันดิบที่ j

$$\sum_j Y_{jt} \le ULY_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.12 ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดและขีดจำกัดปริมาณความดันต่ำสุดของระบบก๊าซที่กำหนด

$$ULY_t \ge Y_{jt} \ge LLY_t \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.13 ปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบปั๊มบวกกับปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบก๊าซที่ช่วงเวลา t ลบด้วยปริมาณน้ำมันคงคลังที่ผลิตได้ก่อนหน้ามีค่าเท่ากับปริมาณน้ำมันคงคลัง ณ เวลา t

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} - InC_{t-1} = InC_t$$

อสมการที่ 4.14 ปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบปั๊มบวกกับปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบก๊าซที่ช่วงเวลา T ลบด้วยปริมาณน้ำมันคงคลังที่ผลิตได้ก่อนหน้ามีค่าเท่ากับปริมาณความต้องการน้ำมัน

$$\sum_i VC_{iT} + \sum_j VC_{jT} - InC_{T-1} = C_{Required} \qquad \forall_{t<T}$$

อสมการที่ 4.15 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบปั๊มบวกกับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบก๊าซที่ช่วงเวลา t ลบด้วยปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลังที่ผลิตได้ก่อนหน้ามีค่าเท่ากับปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลัง ณ เวลา t

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} - InG_{t-1} = InG_t$$

อสมการที่ 4.16 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบปั๊มบวกกับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบก๊าซที่ช่วงเวลา T ลบด้วยปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลังที่ผลิตได้ก่อนหน้ามีค่าเท่ากับปริมาณความต้องการก๊าซธรรมชาติ

$$\sum_i VG_{iT} + \sum_j VG_{jT} - InG_{T-1} = G_{\text{Required}} \qquad \forall_{t<T}$$

อสมการที่ 4.15 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t และปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \qquad \forall_{i,j,t}$$

4.3.3.9 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 (ก)

ตารางที่ 4.13 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก

โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
5 หลุม 7 ช่วงเวลา	69,054.8	00:00:00	Global Optimum	69,054.77	00:00:00	Global Optimum
10 หลุม 7 ช่วงเวลา	73,318.72	00:00:00	Global Optimum	73,319.25	00:00:00	Global Optimum
20 หลุม 7 ช่วงเวลา	101,987.2	00:00:00	Global Optimum	101,990	03:06:00	Feasible

ตารางที่ 4.14 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดกลาง

โจทย์ปัญหาขนาดกลาง	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
25 หลุม 14 ช่วงเวลา	121,979.7	00:00:00	Global Optimum	121,909	03:00:00	Feasible
30 หลุม 14 ช่วงเวลา	139,893.2	00:00:00	Global Optimum	139,909	03:07:12	Feasible
35 หลุม 14 ช่วงเวลา	159,075.8	00:00:00	Global Optimum	159,078	03:15:00	Feasible

ตารางที่ 4.15 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่

โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
40 หลุม 30 ช่วงเวลา	193,403.1	00:00:00	Global Optimum	193,406	03:10:32	Feasible
45 หลุม 30 ช่วงเวลา	328,250.9	00:00:00	Global Optimum	328,253	03:00:52	Feasible
50 หลุม 30 ช่วงเวลา	362,146.7	00:00:00	Global Optimum	362,150	03:40:37	Feasible

ข. ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซ แปรผันตามช่วงของความเร็วรอบและความดัน ที่ใช้ในการผลิต

ข.1 Math Model

$$MinZ = \sum_t \sum_i CostP_{it} X_{it} + \sum_t \sum_j CostG_{jt} Y_{jt} + \sum_t Cost * InC_t + \sum_t Cost * InG_t \quad (4.1)$$

ข.2 Constraints

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad \textbf{(4.2)}$$

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad \textbf{(4.3)}$$

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad \textbf{(4.4)}$$

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \quad \forall_{i,t} \quad \textbf{(4.5)}$$

$$VC_{jt} = C_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad \textbf{(4.6)}$$

$$VW_{jt} = W_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad \textbf{(4.7)}$$

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad \textbf{(4.8)}$$

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \leq LRP_t \quad \forall_t \quad \textbf{(4.9)}$$

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \leq LRGP_t \quad \forall_t \quad \textbf{(4.10)}$$

$$\sum_j Y_{jt} \leq ULY_j \quad \forall_t \quad \textbf{(4.11)}$$

$$ULY_j \geq Y_{jt} \geq LLY_j \quad \forall_{j,t} \quad \textbf{(4.12)}$$

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} - InC_{t-1} = InC_t \quad \textbf{(4.13)}$$

$$\sum_i VC_{iT} + \sum_j VC_{jT} - InC_{T-1} = C_{\text{Required}} \qquad \forall_{t<T} \qquad \textbf{(4.14)}$$

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} - InG_{t-1} = InG_t \qquad \textbf{(4.15)}$$

$$\sum_i VG_{iT} + \sum_j VG_{jT} - InG_{T-1} = G_{\text{Required}} \qquad \forall_{t<T} \qquad \textbf{(4.16)}$$

$$X_{i,t} \le 100 * LP(i,1,t) + 500 * LP(i,2,t) + 2500 * LP(i,3,t) \qquad \forall_{i,t} \qquad \textbf{(4.17)}$$

$$X_{i,t} \ge LP(i,1,t) + 100 * LP(i,2,t) + 500 * LP(i,3,t) \qquad \forall_{i,t} \qquad \textbf{(4.18)}$$

$$Y_{j,t} \le 100 * LG(j,1,t) + 500 * LG(j,2,t) + 1500 * LG(j,3,t) \qquad \forall_{j,t} \qquad \textbf{(4.19)}$$

$$Y_{j,t} \ge LG(j,1,t) + 100 * LG(j,2,t) + 500 * LG(j,3,t) \qquad \forall_{j,t} \qquad \textbf{(4.20)}$$

$$CostP_{it} = 0.5 * LP(i,1,t) + 0.75 * LP(i,2,t) + 1 * LP(i,3,t) \qquad \forall_{i,t} \qquad \textbf{(4.21)}$$

$$CostG_{jt} = 0.25 * LG(j,1,t) + 0.5 * LG(j,2,t) + 0.75 * LG(j,3,t) \qquad \forall_{i,t} \qquad \textbf{(4.22)}$$

$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad \textbf{(4.23)}$$

ข.3 Minimize

ค่าใช้จ่ายในการผลิตจากระบบปั๊ม X ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังของทุกหลุมทุกช่วงเวลา + ค่าใช้จ่ายในการผลิตจากระบบก๊าซ X ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังของทุกหลุมทุกช่วงเวลา + ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลัง X ปริมาณน้ำมันคงคลัง ณ ช่วงเวลา t + ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลัง X ปริมาณก๊าซคงคลัง ณ ช่วงเวลา t

ข.4 Objective function มีองค์ประกอบดังนี้

ข.4.1 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตของระบบปั๊มหลุมที่ i ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_i CostP_{it}$

ข.4.2 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตของระบบก๊าซหลุมที่ j ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_j CostG_{jt}$

ข.4.3 ความเร็วรอบที่ใช้หลุมที่ i ในช่วงเวลา t = X_{it}

ข.4.4 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t = Y_{jt}

ข.4.5 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลัง = $Cost$

ข.4.6 ปริมาณน้ำมันคงคลังที่ผลิต ในช่วงเวลา t = InC_t

ข.4.7 ปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลังที่ผลิต ในช่วงเวลา t = InG_t

เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ต่ำที่สุดในแต่ละช่วงเวลา โดยทำการสร้างแบบจำลองเส้นตรง (Linear programming model) ประกอบไปด้วย (Objective function) ดังที่แสดงในสมการที่ 4.1 สมการเงื่อนไขต่างๆ (Constraints) ดังแสดงในสมการที่ 4.2 - สมการที่ 4.23

$$MinZ = \sum_t \sum_i CostP_{it} X_{it} + \sum_t \sum_j CostG_{jt} Y_{jt} + \sum_t Cost * InC_t + \sum_t Cost * InG_t$$

ข.5 Constraints

สมการที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.3 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.4 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.5 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดความเร็วรอบสูงสุดและขีดจำกัดความเร็วรอบต่ำสุดของปั๊มที่กำหนด

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.6 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{it} = C_i Y_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.7 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{it} = W_i Y_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.8 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{it} = G_i Y_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.9 ปริมาณทั้งหมดของน้ำมันและน้ำ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณน้ำมันและน้ำที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \le LRP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.10 ปริมาณทั้งหมดของก๊าซธรรมชาติ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \le LRGP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.11 ปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในบ่อน้ำมันดิบที่ j

$$\sum_j Y_{jt} \le ULY_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.12 ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดและขีดจำกัดปริมาณความดันต่ำสุดของระบบก๊าซที่กำหนด

$$ULY_j \geq Y_{jt} \geq LLY_j \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.13 ปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบปั๊มบวกกับปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบก๊าซที่ช่วงเวลา t ลบด้วยปริมาณน้ำมันคงคลังที่ผลิตได้ก่อนหน้ามีค่าเท่ากับปริมาณน้ำมันคงคลัง ณ เวลา t

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} - InC_{t-1} = InC_t \qquad \forall_{t<T}$$

อสมการที่ 4.14 ปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบปั๊มบวกกับปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบก๊าซที่ช่วงเวลา T ลบด้วยปริมาณน้ำมันคงคลังที่ผลิตได้ก่อนหน้ามีค่าเท่ากับปริมาณความต้องการน้ำมัน

$$\sum_i VC_{iT} + \sum_j VC_{jT} - InC_{T-1} = C_{Required}$$

อสมการที่ 4.15 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบปั๊มบวกกับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบก๊าซที่ช่วงเวลา t ลบด้วยปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลังที่ผลิตได้ก่อนหน้ามีค่าเท่ากับปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลัง ณ เวลา t

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} - InG_{t-1} = InG_t \qquad \forall_{t<T}$$

อสมการที่ 4.16 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบปั๊มบวกกับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบก๊าซที่ช่วงเวลา T ลบด้วยปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลังที่ผลิตได้ก่อนหน้ามีค่าเท่ากับปริมาณความต้องการก๊าซธรรมชาติ

$$\sum_i VG_{iT} + \sum_j VG_{jT} - InG_{T-1} = G_{Required}$$

อสมการที่ 4.17 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่งร้อยคูณระดับความเร็วที่หนึ่งบวกห้าร้อยคูณระดับความเร็วที่สองบวกสองพันห้าร้อยคูณระดับความเร็วที่สาม

$$X_{i,t} \leq 100 * LP(i,1,t) + 500 * LP(i,2,t) + 2500 * LP(i,3,t) \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.18 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับระดับความเร็วที่หนึ่งบวกหนึ่งร้อยคูณระดับความเร็วที่สองบวกห้าร้อยคูณระดับความเร็วที่สาม

$$X_{i,t} \geq LP(i,1,t) + 100 * LP(i,2,t) + 500 * LP(i,3,t) \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.19 ความดันของก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่งร้อยคูณระดับความดันที่หนึ่งบวกห้าร้อยคูณระดับความดันที่สองบวกหนึ่งพันห้าร้อยคูณระดับความดันที่สาม

$$Y_{j,t} \leq 100 * LG(j,1,t) + 500 * LG(j,2,t) + 1500 * LG(j,3,t) \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.20 ความดันของก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับระดับความดันที่หนึ่งบวกหนึ่งร้อยคูณระดับความดันที่สองบวกห้าร้อยคูณระดับความดันที่สาม

$$Y_{j,t} \geq LG(j,1,t) + 100 * LG(j,2,t) + 500 * LG(j,3,t) \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.21 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มมีค่าเท่ากับศูนย์จุดห้าคูณระดับความเร็วที่หนึ่งบวกศูนย์จุดเจ็ดห้าคูณระดับความเร็วที่สองบวกระดับความเร็วที่สาม

$$CostP_{it} = 0.5 * LP(i,1,t) + 0.75 * LP(i,2,t) + 1 * LP(i,3,t) \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.22 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบก๊าซมีค่าเท่ากับศูนย์จุดสองห้าคูณระดับความเร็วที่หนึ่งบวกศูนย์จุดห้าคูณระดับความเร็วที่สองบวกศูนย์จุดเจ็ดห้าคูณระดับความเร็วที่สาม

$$CostG_{jt} = 0.25 * LG(j,1,t) + 0.5 * LG(j,2,t) + 0.75 * LG(j,3,t) \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.23 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t และปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

$$X_{ij} > 0, Y_{ij} > 0 \qquad \forall_{i,j,d}$$

4.3.3.10 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 (ข)

ตารางที่ 4.16 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก

โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก	ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
5 หลุม 7 ช่วงเวลา	99,302	03:00:18	Local Optimum
10 หลุม 7 ช่วงเวลา	114,003	03:11:18	Feasible
20 หลุม 7 ช่วงเวลา	150,883	03:10:18	Feasible

ตารางที่ 4.17 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดกลาง

โจทย์ปัญหาขนาดกลาง	ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
25 หลุม 14 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	03:21:34	Unknown
30 หลุม 14 ช่วงเวลา	313,038	04:47:18	Feasible
35 หลุม 14 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	03:08:42	Unknown

ตารางที่ 4.18 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่

โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่	ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
40 หลุม 30 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	03:00:17	Unknown
45 หลุม 30 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	03:24:42	Unknown
50 หลุม 30 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	04:15:24	Unknown

4.3.3.10 แบบจำลองที่ 5 แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการ โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการผลิตและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา สำหรับการวางแผนการผลิตที่มีความต้องการทุกช่วงเวลา

ก. กรณีค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซเป็นค่าคงที่

ก.1 Math Model

$$MinZ = \sum_t \sum_i CostP_{it} X_{it} + \sum_t \sum_j CostG_{jt} Y_{jt} + \sum_t Cost * InC_t + \sum_t Cost * InG_t \quad \textbf{(4.1)}$$

ก.2 Constraints

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad \textbf{(4.2)}$$

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad \textbf{(4.3)}$$

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad \textbf{(4.4)}$$

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \quad \forall_{i,t} \quad \textbf{(4.5)}$$

$$VC_{jt} = C_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad \textbf{(4.6)}$$

$$VW_{jt} = W_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad \textbf{(4.7)}$$

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad \textbf{(4.8)}$$

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \leq LRP_t \quad \forall_t \quad \textbf{(4.9)}$$

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \leq LRGP_t \quad \forall_t \quad \textbf{(4.10)}$$

$$\sum_j Y_{jt} \leq ULY_j \quad \forall_t \quad \textbf{(4.11)}$$

$$ULY_j \geq Y_{jt} \geq LLY_j \quad \forall_{j,t} \quad \textbf{(4.12)}$$

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} - InC_{t-1} = C_{Required} + InC_t \quad \forall_t \quad \textbf{(4.13)}$$

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} - InG_{t-1} = G_{Required} + InG_t \quad \forall_t \quad \textbf{(4.14)}$$

$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \quad \forall_{i,j,t} \quad \textbf{(4.15)}$$

ก.3 Minimize

ค่าใช้จ่ายในการผลิตจากระบบปั๊ม X ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังของทุกหลุมทุกช่วงเวลา + ค่าใช้จ่ายในการผลิตจากระบบก๊าซ X ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังของทุกหลุมทุกช่วงเวลา + ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลัง X ปริมาณน้ำมันคงคลัง ณ ช่วงเวลา t + ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลัง X ปริมาณก๊าซคงคลัง ณ ช่วงเวลา t

ก.4 Objective function มีองค์ประกอบดังนี้

ก.4.1 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตของระบบปั๊มหลุมที่ i ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_i CostP_{it}$

ก.4.2 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตของระบบก๊าซหลุมที่ j ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_j CostG_{jt}$

ก.4.3 ความเร็วรอบที่ใช้หลุมที่ i ในช่วงเวลา t = X_{it}

ก.4.4 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t = Y_{jt}

ก.4.5 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลัง = $Cost$

ก.4.6 ปริมาณน้ำมันคงคลังที่ผลิต ในช่วงเวลา t = InC_t

ก.4.7 ปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลังที่ผลิต ในช่วงเวลา t = InG_t

เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ต่ำที่สุดในแต่ละช่วงเวลา โดยทำการสร้างแบบจำลองเส้นตรง (Linear programming model) ประกอบไปด้วย (Objective function) ดังที่แสดงในสมการที่ 4.1 สมการเงื่อนไขต่างๆ (Constraints) ดังแสดงในสมการที่ 4.2 - สมการที่ 4.15

$$MinZ = \sum_t \sum_i CostP_{it} X_{it} + \sum_t \sum_j CostG_{jt} Y_{jt} + \sum_t Cost * InC_t + \sum_t Cost * InG_t$$

ก.5 Constraints

สมการที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.3 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.4 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.5 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดความเร็วรอบสูงสุดและขีดจำกัดความเร็วรอบต่ำสุดของปั๊มที่กำหนด

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.6 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{jt} = C_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.7 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{jt} = W_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.8 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.9 ปริมาณทั้งหมดของน้ำมันและน้ำ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณน้ำมันและน้ำที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \leq LRP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.10 ปริมาณทั้งหมดของก๊าซธรรมชาติ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \leq LRGP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.11 ปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในบ่อน้ำมันดิบที่ j

$$\sum_{i} Y_{ijt} \le ULY_j \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.12 ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดและขีดจำกัดปริมาณความดันต่ำสุดของระบบก๊าซที่กำหนด

$$ULY_j \ge Y_{ijt} \ge LLY_i \qquad \forall_{i,j}$$

สมการที่ 4.13 ปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบปั๊มบวกกับปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบก๊าซที่ช่วงเวลา t ลบด้วยปริมาณน้ำมันคงคลังที่ผลิตได้ก่อนหน้ามีค่าเท่ากับปริมาณความต้องการน้ำมันบวกกับปริมาณน้ำมันคงคลัง ณ เวลา t

$$\sum_{i} VC_{it} + \sum_{j} VC_{jt} - InC_{t-1} = C_{Required} + InC_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.14 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบปั๊มบวกกับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบก๊าซที่ช่วงเวลา t ลบด้วยปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลังที่ผลิตได้ก่อนหน้ามีค่าเท่ากับปริมาณความต้องการก๊าซธรรมชาติบวกกับปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลัง ณ เวลา t

$$\sum_{i} VG_{it} + \sum_{j} VG_{jt} - InG_{t-1} = G_{Required} + InG_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.15 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t และปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \qquad \forall_{i,j,t}$$

4.3.3.11 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 (ก)

ตารางที่ 4.19 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก

โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
5 หลุม 7 ช่วงเวลา	22,141.48	00:00:00	Global Optimum	22,142.4	00:00:02	Global Optimum
10 หลุม 7 ช่วงเวลา	20,727.7	00:00:00	Global Optimum	20,728.7	03:10:33	Feasible
20 หลุม 7 ช่วงเวลา	29,600.6	00:00:00	Global Optimum	29,602.8	03:38:00	Feasible

ตารางที่ 4.20 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดกลาง

โจทย์ปัญหาขนาดกลาง	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
25 หลุม 14 ช่วงเวลา	59,870.70	00:00:00	Global Optimum	59,875.7	03:17:03	Feasible
30 หลุม 14 ช่วงเวลา	66,325.40	00:00:00	Global Optimum	66,329.6	04:35:32	Feasible
35 หลุม 14 ช่วงเวลา	72,873.66	00:00:00	Global Optimum	72,877.6	04:55:00	Feasible

ตารางที่ 4.21 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 (ก) โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่

โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่	ค่า X และ Y ไม่เป็นจำนวนเต็ม			ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
40 หลุม 30 ช่วงเวลา	172,352.2	00:00:00	Global Optimum	172,368	04:00:00	Feasible
45 หลุม 30 ช่วงเวลา	186,364.7	00:00:00	Global Optimum	186,377	03:19:06	Feasible
50 หลุม 30 ช่วงเวลา	200,462.5	00:00:00	Global Optimum	200,475	03:00:00	Feasible

ข. ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซ แปรผันตามช่วงของความเร็วรอบและความดัน ที่ใช้ในการผลิต

ข.1 Math Model

$$MinZ = \sum_t \sum_i CostP_{it} X_{it} + \sum_t \sum_j CostG_{jt} Y_{jt} + \sum_t Cost * InC_t + \sum_t Cost * InG_t \quad (4.1)$$

ข.2 Constraints

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.2)$$

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.3)$$

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.4)$$

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \quad \forall_{i,t} \quad (4.5)$$

$$VC_{jt} = C_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.6)$$

$$VW_{jt} = W_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.7)$$

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.8)$$

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \leq LRP_t \quad \forall_t \quad (4.9)$$

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \leq LRGP_t \quad \forall_t \quad (4.10)$$

$$\sum_j Y_{jt} \leq ULY_j \quad \forall_t \quad (4.11)$$

$$ULY_j \geq Y_{jt} \geq LLY_j \quad \forall_{j,t} \quad (4.12)$$

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} - InC_{t-1} = C_{Required} + InC_t \quad \forall_t \quad (4.13)$$

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} - InG_{t-1} = G_{Required} + InG_t \quad \forall_t \quad (4.14)$$

$$X_{i,t} \leq 100 * LP(i,1,t) + 500 * LP(i,2,t) + 2500 * LP(i,3,t) \quad \forall_{i,t} \quad (4.15)$$

$$X_{i,t} \geq LP(i,1,t) + 100 * LP(i,2,t) + 500 * LP(i,3,t) \quad \forall_{i,t} \quad (4.16)$$

$$Y_{j,t} \leq 100 * LG(j,1,t) + 500 * LG(j,2,t) + 1500 * LG(j,3,t) \quad \forall_{j,t} \quad (4.17)$$

$$Y_{j,t} \geq LG(j,1,t) + 100 * LG(j,2,t) + 500 * LG(j,3,t) \quad \forall_{j,t} \quad (4.18)$$

$$CostP_{it} = 0.5 * LP(i,1,t) + 0.75 * LP(i,2,t) + 1 * LP(i,3,t) \quad \forall_{i,t} \quad (4.19)$$

$$CostGjt = 0.25 * LG(j,1,t) + 0.5 * LG(j,2,t)$$
$$+0.75 * LG(j,3,t) \qquad \forall_{i,t} \qquad (4.20)$$
$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \qquad \forall_{i,j,t} \qquad (4.21)$$

ข.3 Minimize

ค่าใช้จ่ายในการผลิตจากระบบปั๊ม X ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังของทุกหลุมทุกช่วงเวลา + ค่าใช้จ่ายในการผลิตจากระบบก๊าซ X ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังของทุกหลุมทุกช่วงเวลา + ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลัง X ปริมาณน้ำมันคงคลัง ณ ช่วงเวลา t + ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลัง X ปริมาณก๊าซคงคลัง ณ ช่วงเวลา t

ข.4 Objective function มีองค์ประกอบดังนี้

ข.4.1 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตของระบบปั๊มหลุมที่ i ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_i CostP_{it}$

ข.4.2 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตของระบบก๊าซหลุมที่ j ในช่วงเวลา t = $\sum_t \sum_j CostG_{jt}$

ข.4.3 ความเร็วรอบที่ใช้หลุมที่ i ในช่วงเวลา t = X_{it}

ข.4.4 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t = Y_{jt}

ข.4.5 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลัง = $Cost$

ข.4.6 ปริมาณน้ำมันคงคลังที่ผลิต ในช่วงเวลา t = InC_t

ข.4.7 ปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลังที่ผลิต ในช่วงเวลา t = InG_t

เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ต่ำที่สุดในแต่ละช่วงเวลา โดยทำการสร้างแบบจำลองเส้นตรง (Linear programming model) ประกอบไปด้วย (Objective function) ดังที่แสดงในสมการที่ 4.1 สมการเงื่อนไขต่างๆ (Constraints) ดังแสดงในสมการที่ 4.2 - สมการที่ 4.23

$$MinZ = \sum_t \sum_i CostP_{it} X_{it} + \sum_t \sum_j CostG_{jt} Y_{jt}$$
$$+\sum_t Cost * InC_t + \sum_t Cost * InG_t$$

ข.4 Constraints

สมการที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{it} = C_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.3 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{it} = W_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.4 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ i คูณความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{it} = G_i X_{it} R_i \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.5 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดความเร็วรอบสูงสุดและขีดจำกัดความเร็วรอบต่ำสุดของปั๊มที่กำหนด

$$ULX_i \geq X_{it} \geq LLX_i \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.6 ปริมาณน้ำมันที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VC_{jt} = C_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.7 ปริมาณน้ำที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{it} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VW_{jt} = W_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.8 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้หาจากเปอร์เซ็นต์ของก๊าซธรรมชาติที่มีในบ่อน้ำมันดิบที่ j คูณปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t คูณปริมาณน้ำมันดิบที่ได้ โดยใช้ความเร็วรอบของปั๊ม Y_{jt} ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$VG_{jt} = G_j Y_{jt} R_j \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.9 ปริมาณทั้งหมดของน้ำมันและน้ำ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณน้ำมันและน้ำที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} + \sum_i VW_{it} + \sum_j VW_{jt} \le LRP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.10 ปริมาณทั้งหมดของก๊าซธรรมชาติ จากทุกบ่อน้ำมันดิบที่ i และบ่อน้ำมันดิบที่ j ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t

$$\sum_i VG_{it} + \sum_j VG_{jt} \le LRGP_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.11 ปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในบ่อน้ำมันดิบที่ j

$$\sum_j Y_{jt} \le ULY_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.12 ปริมาณความดันก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดและขีดจำกัดปริมาณความดันต่ำสุดของระบบก๊าซที่กำหนด

$$ULY_t \ge Y_{jt} \ge LLY_t \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.13 ปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบปั๊มบวกกับปริมาณน้ำมันที่ผลิตจากระบบก๊าซที่ช่วงเวลา t ลบด้วยปริมาณน้ำมันคงคลังที่ผลิตได้ก่อนหน้ามีค่าเท่ากับปริมาณความต้องการน้ำมันบวกกับปริมาณน้ำมันคงคลัง ณ เวลา t

$$\sum_i VC_{it} + \sum_j VC_{jt} - InC_{t-1} = C_{Required} + InC_t \qquad \forall_t$$

อสมการที่ 4.14 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบปั๊มบวกกับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตจากระบบก๊าซที่ช่วงเวลา t ลบด้วยปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลังที่ผลิตได้ก่อนหน้ามีค่าเท่ากับปริมาณความต้องการก๊าซธรรมชาติบวกกับปริมาณก๊าซธรรมชาติคงคลัง ณ เวลา t

$$\sum_{i} VG_{it} + \sum_{j} VG_{jt} - InG_{t-1} = G_{\text{Required}} + InG_{t} \qquad \forall_{t}$$

อสมการที่ 4.15 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่งร้อยคูณระดับความเร็วที่หนึ่งบวกห้าร้อยคูณระดับความเร็วที่สองบวกสองพันห้าร้อยคูณระดับความเร็วที่สาม

$$X_{i,t} \le 100 * LP(i,1,t) + 500 * LP(i,2,t) + 2500 * LP(i,3,t) \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.16 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับระดับความเร็วที่หนึ่งบวกหนึ่งร้อยคูณระดับความเร็วที่สองบวกห้าร้อยคูณระดับความเร็วที่สาม

$$X_{i,t} \ge LP(i,1,t) + 100 * LP(i,2,t) + 500 * LP(i,3,t) \qquad \forall_{i,t}$$

อสมการที่ 4.17 ความดันของก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่งร้อยคูณระดับความดันที่หนึ่งบวกห้าร้อยคูณระดับความดันที่สองบวกหนึ่งพันห้าร้อยคูณระดับความดันที่สาม

$$Y_{j,t} \le 100 * LG(j,1,t) + 500 * LG(j,2,t) + 1500 * LG(j,3,t) \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.18 ความดันของก๊าซที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับระดับความดันที่หนึ่งบวกหนึ่งร้อยคูณระดับความดันที่สองบวกห้าร้อยคูณระดับความดันที่สาม

$$Y_{j,t} \ge LG(j,1,t) + 100 * LG(j,2,t) + 500 * LG(j,3,t) \qquad \forall_{j,t}$$

สมการที่ 4.19 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มมีค่าเท่ากับศูนย์จุดห้าคูณระดับความเร็วที่หนึ่งบวกศูนย์จุดเจ็ดห้าคูณระดับความเร็วที่สองบวกระดับความเร็วที่สาม

$$CostP_{it} = 0.5 * LP(i,1,t) + 0.75 * LP(i,2,t) + 1 * LP(i,3,t) \qquad \forall_{i,t}$$

สมการที่ 4.20 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบก๊าซมีค่าเท่ากับศูนย์จุดสองห้าคูณระดับความเร็วที่หนึ่งบวกศูนย์จุดห้าคูณระดับความเร็วที่สองบวกศูนย์จุดเจ็ดห้าคูณระดับความเร็วที่สาม

$$CostG_{jt} = 0.25 * LG(j,1,t) + 0.5 * LG(j,2,t) + 0.75 * LG(j,3,t) \qquad \forall_{j,t}$$

อสมการที่ 4.15 ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ i ในเวลา t และปริมาณความดันก๊าซทั้งหมดที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากบ่อน้ำมันดิบที่ j ในเวลา t ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

$$X_{it} > 0, Y_{jt} > 0 \qquad \forall_{i,j,t}$$

4.3.3.12 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 (ข)

ตารางที่ 4.22 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก

โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก	ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
5 หลุม 7 ช่วงเวลา	30,020.4	03:05:12	Feasible
10 หลุม 7 ช่วงเวลา	27799.6	03:02:54	Feasible
20 หลุม 7 ช่วงเวลา	44,375.4	03:00:17	Feasible

ตารางที่ 4.23 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดกลาง

โจทย์ปัญหาขนาดกลาง	ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
25 หลุม 14 ช่วงเวลา	206,728	04:02:42	Feasible
30 หลุม 14 ช่วงเวลา	203,743	03:15:38	Feasible
35 หลุม 14 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	03:10:46	Unknown

ตารางที่ 4.24 ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 (ข) โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่

โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่	ค่า X และ Y เป็นจำนวนเต็ม		
	ผลลัพธ์	เวลา	หมายเหตุ
40 หลุม 30 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	03:00:46	Unknown
45 หลุม 30 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	04:41:31	Unknown
50 หลุม 30 ช่วงเวลา	ไม่ทราบค่า	03:11:57	Unknown

4.4 การเขียนโปรแกรม

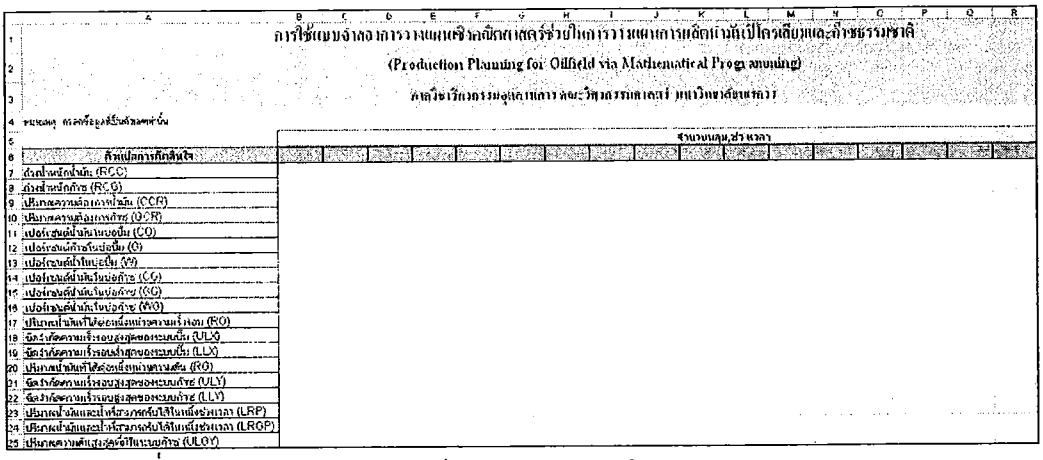
การเขียนโปรแกรมช่วยในการแก้ปัญหาการวางแผนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติโดยใช้ Visual Basic for Application (VBA) บนโปรแกรม Microsoft Excel 2003 ซึ่งทำการประมวลผลบนโปรแกรมสำเร็จรูป

4.4.1 ส่วนของการสร้างโปรแกรม

การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดนั้นจะทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาเป็นอันดับแรก หลังจากนั้นจะนำไปเขียนแบบจำลองลงบนโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ โดยอ้างอิงข้อมูลจากเซลล์ใน Microsoft Excel เพื่อช่วยในการคำนวณหาคำที่เหมาะสมที่สุด

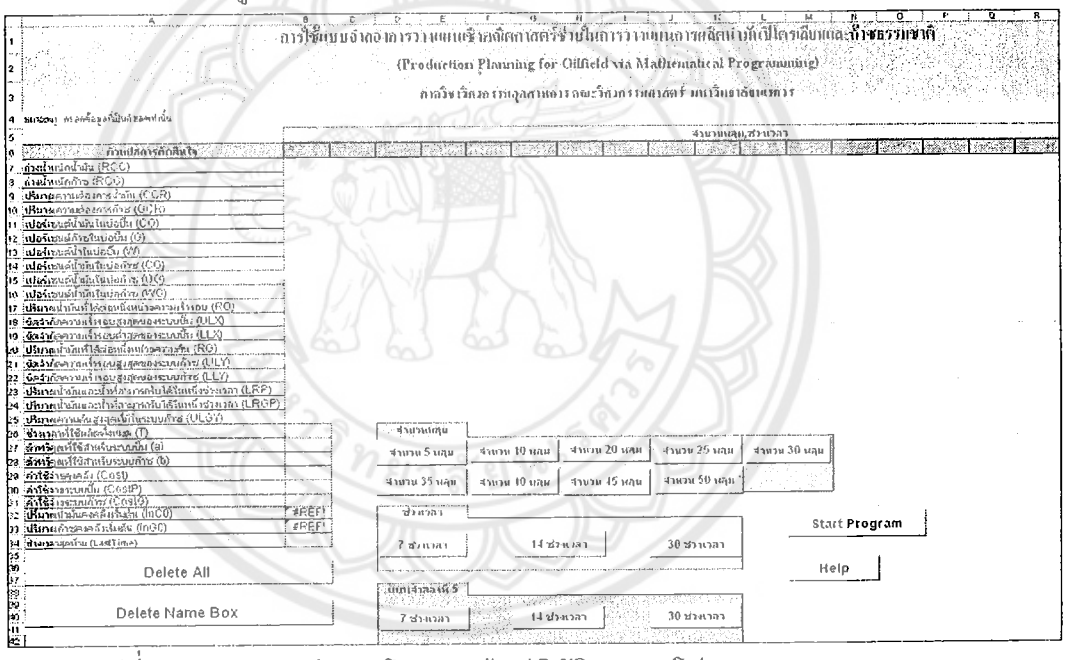
4.4.1.1 เขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ลงบนโปรแกรมสำเร็จรูป

4.4.1.2 สร้าง Interface สำหรับรองรับข้อมูลของตัวแปรการตัดสินใจ (Decision Variables) แต่ละตัวทั้งหมด 28 ตัว คือ RCC, RCG, CCR, GCR, CO, G, W, CG, GG, WG, RO, ULX , LLX, RG , ULY, LLY, LRP, LRGP, ULGY, T, a, b, Cost, CostP, CostG, InC0, InG0 และ LastTime



รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างการสร้าง Interface บนโปรแกรม Microsoft Excel

4.4.1.3 สร้างแมโครและปุ่มปฏิบัติการขึ้นมาบน Interface เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการกรอกข้อมูล



รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างแมโครและปุ่มปฏิบัติการบนโปรแกรม Microsoft Excel

4.4.1.4 เขียนคำสั่งบนโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อดึงข้อมูลข้อมูลตัวแปลการตัดสินใจจาก Interface บนโปรแกรม Microsoft Excel

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การใช้โปรแกรมแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ช่วยในการวางแผนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ แก้ไข้ปัญหาการวางแผนการผลิตในสถานการณ์จำลองต่าง ๆ ดังนี้

1. แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการ

2. แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการและ Inventory ณ ช่วงเวลาสุดท้าย

3. แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการและค่าใช้จ่ายในการผลิต

3.1 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซเป็นค่าคงที่

3.2 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซ แปรผันตามช่วงของความเร็วรอบและความดัน ที่ใช้ในการผลิต

4. แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการ โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการผลิตและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา สำหรับการวางแผนการผลิตที่มีความต้องการ ณ ช่วงเวลาสุดท้าย

4.1 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซเป็นค่าคงที่

4.2 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซ แปรผันตามช่วงของความเร็วรอบและความดัน ที่ใช้ในการผลิต

5. แบบจำลองเพื่อวางแผนการผลิตด้านปริมาณความต้องการ โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการผลิตและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา สำหรับการวางแผนการผลิตที่มีความต้องการทุกช่วงเวลา

5.1 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซเป็นค่าคงที่

5.2 ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับระบบปั๊มและระบบก๊าซ แปรผันตามช่วงของความเร็วรอบและความดัน ที่ใช้ในการผลิต

ได้ให้ผลการทดลองออกมา 2 รูปแบบ คือ 1.คำตอบของแบบจำลองในกรณีต้องการป้อนค่า X และค่า Y เป็นจำนวนเต็ม 2. คำตอบของแบบจำลองในกรณีต้องการป้อนค่า X และค่า Y เป็นเลขทศนิยม

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของแบบจำลองทั้งสองกรณีนั้นใช้เวลาต่างกันโดยสิ้นเชิง ในกรณีคำตอบของแบบจำลองที่ต้องการป้อนค่า X และค่า Y เป็นจำนวนเต็มนั้น ใช้เวลาในการหาคำตอบนานมากสำหรับคำตอบที่ดีที่สุดและผลการทดลองส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ ซึ่งเมื่อนำผลมาเทียบกับกรณีคำตอบของแบบจำลองที่ต้องการป้อนค่า X และค่า Y เป็นเลขทศนิยมจะให้คำตอบที่ดีที่สุดและใช้เวลาน้อยมากในการหาคำตอบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เพื่อลดเวลาในการหาคำตอบ กรณีป้อนค่า X และค่า Y เป็นจำนวนเต็มนั้นควรจะใช้วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีการอื่นที่ให้คำตอบ และใช้เวลาในการหาคำตอบน้อย เช่น วิธีฮิวริสติกส์ สามารถหาคำตอบที่มีคุณภาพดีได้ภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว หรือภายในระยะเวลาจำกัด (Good enough fast enough solution)

5.2.2 ผู้ที่มีความรู้ในเรื่องการเขียนโปรแกรมวิชวลเบสิคจะทำให้สามารถใช้งานโปรแกรมและปรับปรุงรูปแบบของการกรอกข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

อำนาจ นุตะมาน. (2550). **เขียนโปรแกรมและพัฒนาแอปพลิเคชั่นด้วย VBA บน Excel.** กรุงเทพ ฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

วิศัลย์ พัวรุ่งโรจน์ (2549). **เรียนลัดการเขียน VBA บน Excel.** กรุงเทพ ฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

ธนทัต นิลแนมและเวธกา สีนวล. (2551). **โปรแกรมช่วยในการวางแผนการผลิตขิงดอง.** พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ดร.ปราโมทย์ ไชยเวช และดร.นุรักษ์ กฤษดานุรักษ์. (2551). **ปิโตรเลียมเทคโนโลยี (Petroleum Technology).**กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

A. Ortiz-Gomez, V. Rico-Ramirez, S. Hernandez-Castro (2002). Mixed-integer mutiperiod model for the planning of oilfield production. Elsevier Scientce Ltd.

บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2552, จาก http://www.pttplc.com/TH/

การวิจัยดำเนินงาน. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2552, จาก http://regelearning.payap.ac.th

โปรแกรม Microsoft Excel. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2552, จาก http://www2.cs.science.cmu.ac.th/

การวิเคราะห์ปัญหาด้วยโปรแกรมแบบจำลอง Lingo. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2552, จาก http://www.ktpbook.com/download/

โปรแกรม โปรแกรม Visual Basic. สืบค้นเมื่อ 2 สิงหาคม 2552, จาก http://202.28.94.55/web/320491/2546/seminar/g15/bee.doc

โปรแกรม Visual Basic for Applications (VBA). สืบค้นเมื่อ 3 สิงหาคม 2552, จาก http://www.excelexperttraining.com/blogs/archives/z210-CourseManual000667.php

การบริหารจัดการพัสดุคลังย่อย สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2552, จาก http:// www.lopburi.go.th/account.doc

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้โปรแกรม

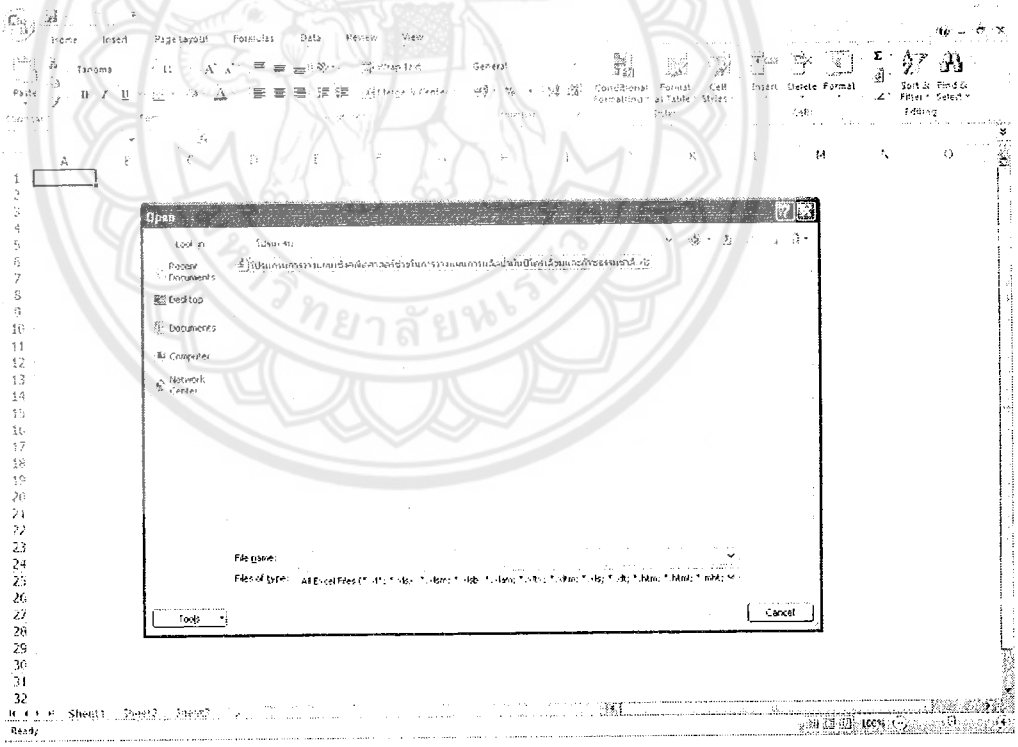
ในส่วนนี้จะกล่าวถึงส่วนประกอบของโปรแกรม ขั้นตอนและวิธีการใช้โปรแกรมและสิ่งที่ควรรู้ในการในการใช้โปรแกรม เช่น การเข้าโปรแกรม หน้าที่แต่ละปุ่มกด การกรอกข้อมูลเพื่อการคำนวณ และ รายละเอียดต่าง ๆ ก็จะกล่าวในเนื้อหาในส่วนนี้

1. การเริ่มเข้าสู่โปรแกรม

การเริ่มเข้าสู่โปรแกรมนั้นผู้ใช้ต้องเข้าโปรแกรม Microsoft Excel เป็นอันดับแรก จากนั้นให้เปิดไฟล์เพื่อเชื่อมต่อกับมาโรดังนี้

1.1 การเข้าสู่โปรแกรม

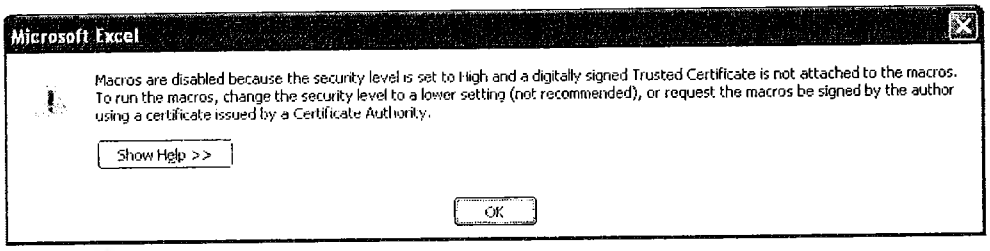
การเริ่มเข้าสู่โปรแกรมให้เปิดไฟล์ ที่ชื่อ โปรแกรมวางแผนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ ดังรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 แสดงการเปิดไฟล์

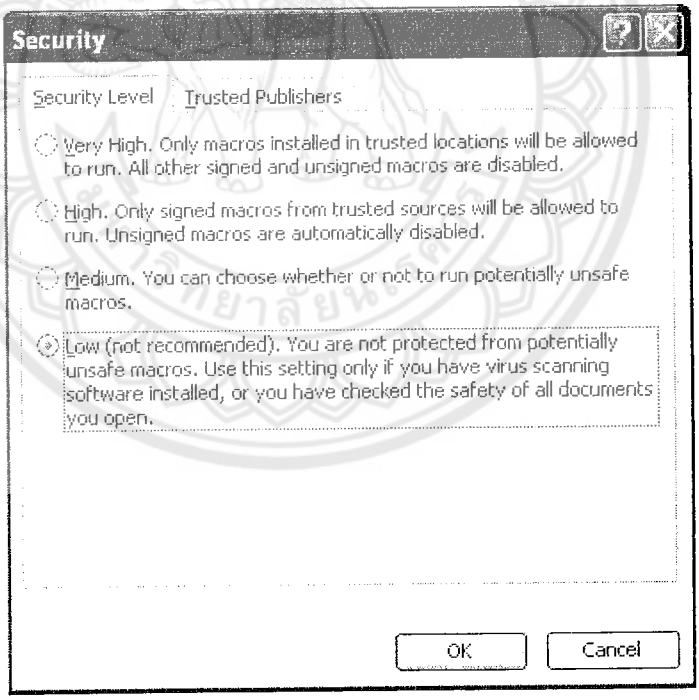
1.2 การเปิดใช้งานมาโคร

ในการเปิดการใช้งานโปรแกรมนั้น ในครั้งแรกของการใช้งานนั้น ระบบจะมีการรักษาความปลอดภัยที่สูงเกินไปของมาโครไว้ ดังนั้นทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ จึงปรากฏหรอบตอบโต้ขึ้นมาเตือนผู้ใช้ดังรูปที่ ก.2



รูปที่ ก.2 แสดงกรอบตอบโต้การรักษาความปลอดภัยที่สูงเกินไปของมาโคร

ให้ทำการลดระดับการรักษาความปลอดภัยลงมาที่ระดับต่ำที่สุด ทำได้โดยไปเลือกที่ Tolls>Macro>security จะได้ดังรูปที่ ก.3 แล้วทำการปิดโปรแกรมแล้วเปิดขึ้นมาใหม่

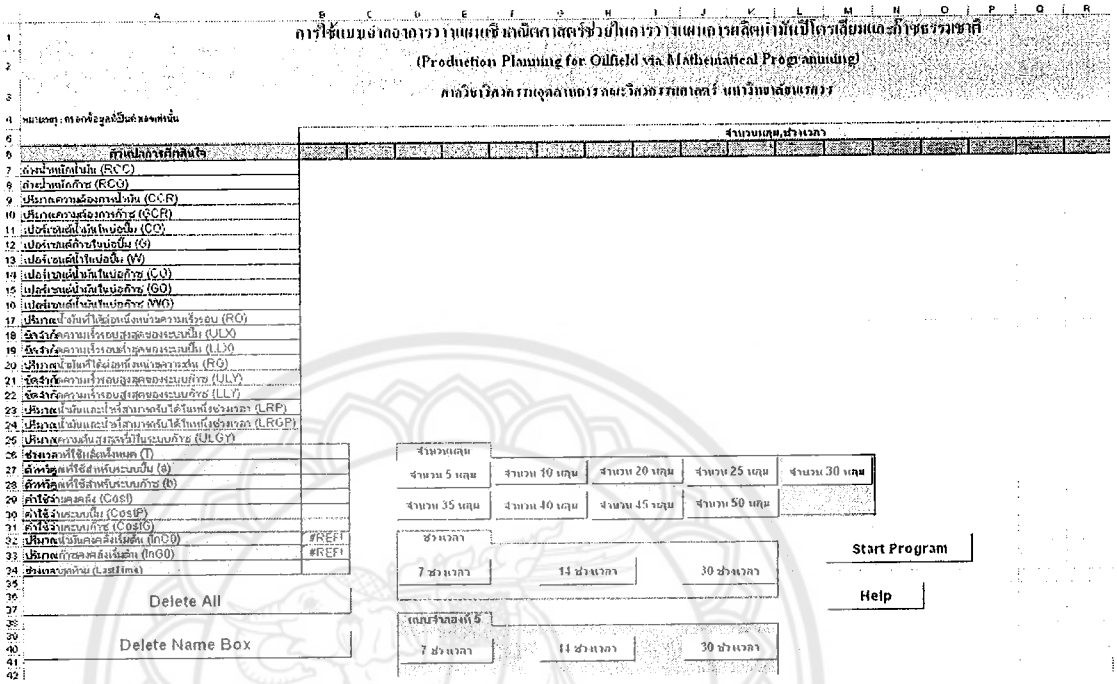


รูปที่ ก.3 แสดงการลดระดับความปลอดภัยของมาโครลงมาที่ต่ำสุด

จากนั้นให้ทำการเปิดลดระดับความปลอดภัยลงมาที่ ระดับต่ำที่สุด ตามหมายเลข 1 และคลิกปุ่ม OK ตามหมายเลข 2 ดังรูปที่ ก.3 แล้วทำการเปิดโปรแกรมใหม่

1.3 การใช้งานโปรแกรม

เมื่อเปิดใช้งานมาโครแล้วก็จะเข้าสู่หน้าแรกของโปรแกรม ซึ่งจะมีปุ่มกดอยู่หลายปุ่ม ด้วยกันประกอบไปด้วย 7 ส่วน ดังรูปที่ ก.4



รูปที่ ก.4 แสดงหน้าต่างการใช้งานของโปรแกรมและปุ่มการใช้งานต่าง ๆ

2. หน้าที่ปุ่มกดและการใช้งาน

การเข้าใช้งานโดยการคลิกปุ่มต่าง ๆ ดังรูปที่ ก.4 โดยเริ่มจากปุ่ม Start Program และปุ่มต่าง ๆ มีหน้าที่ดังต่อไปนี้

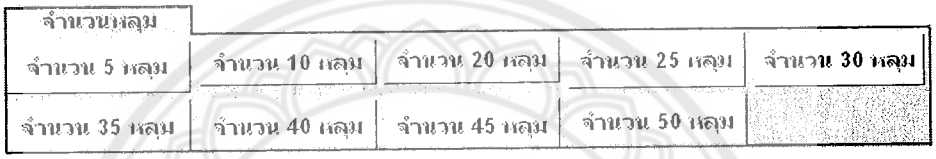
2.1 ส่วนที่ 1 ปุ่ม Start Program คลิกเพื่อเข้าสู่ตำแหน่งสำหรับการสร้างตาราง สำหรับกรอกข้อมูลตัวแปรการตัดสินใจที่จำเป็นต่อการใช้คำนวนในโปรแกรมสำเร็จรูปต่อไป

รูปที่ ก.5 แสดงปุ่ม Start Program บนตัวโปรแกรม

2.2 ส่วนที่ 2 ปุ่ม Help คลิกเพื่ออ่านวิธีการใช้งานของโปรแกรมแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ช่วยในการวางแผนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ

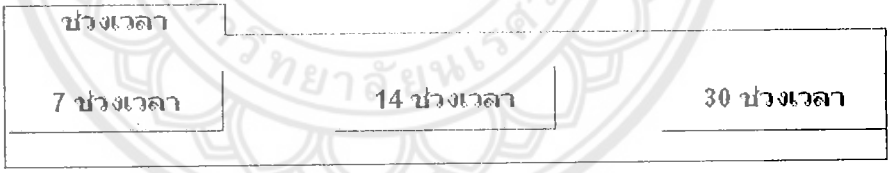
รูปที่ ก.6 แสดงปุ่ม Help บนตัวโปรแกรม

2.3 ส่วนที่ 3 ปุ่ม จำนวนหลุม คลิกเพื่อสร้างตาราง สำหรับกรอกข้อมูลตัวแปรการตัดสินใจที่จำเป็นต่อการใช้คำนวนในโปรแกรมสำเร็จรูปต่อไป ซึ่งมีทั้งหมด 9 ปุ่มดังรูปที่ ก.7



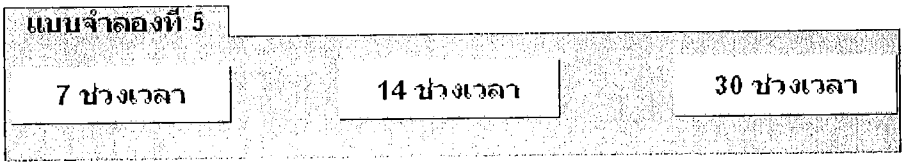
รูปที่ ก.7 แสดงปุ่ม จำนวนหลุมต่าง ๆ บนตัวโปรแกรม

2.4 ส่วนที่ 4 ปุ่ม ช่วงเวลา คลิกเพื่อสร้างตาราง สำหรับกรอกข้อมูลตัวแปรการตัดสินใจที่จำเป็นต่อการใช้คำนวนในโปรแกรมสำเร็จรูปต่อไป ซึ่งมีทั้งหมด 3 ปุ่มดังรูปที่ ก.8



รูปที่ ก.8 แสดงปุ่ม ช่วงเวลาต่าง ๆ บนตัวโปรแกรม

2.5 ส่วนที่ 5 ปุ่ม ช่วงเวลา (สำหรับแบบจำลองที่ 5) คลิกเพื่อสร้างตาราง สำหรับกรอกข้อมูลตัวแปรการตัดสินใจที่จำเป็นต่อการใช้คำนวนในโปรแกรมสำเร็จรูปต่อไป ซึ่งมีทั้งหมด 3 ปุ่ม ดังรูปที่ ก.9



รูปที่ ก.9 แสดงปุ่ม ช่วงเวลาต่าง ๆ (สำหรับแบบจำลองที่ 5) บนตัวโปรแกรม

2.6 ส่วนที่ 6 ปุ่ม Delete All คลิกเพื่อลบข้อมูลตัวแปรการตัดสินใจในตารางทั้งหมดที่สร้างขึ้น ดังรูปที่ ก.10

รูปที่ ก.10 แสดงปุ่ม Delete All บนตัวโปรแกรม

2.7 ส่วนที่ 7 ปุ่ม Delete Name Box คลิกเพื่อลบข้อมูลทั้งหมดในตารางทั้งหมดที่สร้างขึ้นดังรูปที่ ก.11

รูปที่ ก.11 แสดงปุ่ม Delete Name Box บนตัวโปรแกรม

3. หน่วยต่าง ๆ ที่ใช้โครงงาน

ความเร็วรอบของปั๊ม X_{it} ที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบจากหลุม i ในเวลา t (หน่วย Revolution per Minute: RPM)

ปริมาณความดันก๊าซ Y_{it} ที่ใช้ในการดึงน้ำมันดิบเข้าสู่คลังจากหลุม j ในเวลา t (หน่วย kPa)

VC_{it} คือ ปริมาณน้ำมันที่ได้จากหลุม i ในช่วงเวลา t (หน่วย barrel)

VG_{it} คือ ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม i ในช่วงเวลา t (หน่วย kPa)

VC_{jt} คือ ปริมาณน้ำมันที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t (หน่วย barrel)

VG_{jt} คือ ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ได้จากหลุม j ในช่วงเวลา t (หน่วย kPa)

ULX_i คือ ขีดจำกัดความเร็วรอบสูงสุดของปั๊มที่ใช้ในหลุม i (หน่วย Revolution per Minute: RPM)

LLX_i คือ ขีดจำกัดความเร็วรอบต่ำสุดของปั๊มที่ใช้ในหลุม i (หน่วย Revolution per Minute: RPM)

ULY_j คือ ขีดจำกัดปริมาณความดันสูงสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในหลุม j (หน่วย kPa)

LLY_j คือ ขีดจำกัดปริมาณความดันต่ำสุดของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในหลุม j (หน่วย kPa)

LRP_t คือ ปริมาณน้ำมันและน้ำที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t (หน่วย barrel)

$LRGP_t$ คือ ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่คลังสามารถรับได้ในช่วงเวลา t (หน่วย kPa)

$C_{Requied}$ คือ ปริมาณความต้องการของน้ำมันที่ต้องผลิต (หน่วย barrel)

$G_{Requied}$ คือ ปริมาณความต้องการของก๊าซธรรมชาติที่ต้องผลิต (หน่วย kPa)

r_c คือ การถ่วงน้ำหนักของปริมาณน้ำมันปิโตรเลียม (อัตราส่วน 60%)

r_g คือ การถ่วงน้ำหนักของปริมาณก๊าซธรรมชาติ (อัตราส่วน 40%)

In_C คือ ปริมาณของคงคลังของน้ำมันปิโตรเลียม (หน่วย barrel)

In_G คือ ปริมาณของคงคลังของก๊าซธรรมชาติ (หน่วย kPa)

Index คือ ตัวทวีคูณที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณ Inventory (% ป้องกันของขาดมือที่ความชื่อมั่น 95% กำหนดให้ Index = 1.65)

T คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิต (ช่วงเวลาที่ต้องการ)

Cost คือ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของคงคลังระหว่างการผลิต (หน่วย Baht)

Cost P_{it} คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตของระบบปั๊มของหลุม i ในช่วงเวลาที่ t (หน่วย Baht)

Cost G_{jt} คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตของระบบก๊าซของหลุม j ในช่วงเวลาที่ t (หน่วย Baht)

4. บทความ เรื่อง การบริหารจัดการพัสดุคลังย่อย

กรอบแนวคิด

ภารกิจหลักของฝ่ายการช่างกล คือ การซ่อมบำรุงล้อเลื่อน ให้มีพร้อมใช้การเพียงพอต่อการใช้งานและมีความสมบูรณ์ ปัจจัยที่สำคัญส่วนหนึ่ง คือ เรื่อง พัสดุอะไหล่ ที่จะต้องมีความพร้อมและมีคุณภาพ ซึ่งทางผู้บริหารทุกระดับจะต้องให้ความสำคัญและใส่ใจดูแล กำหนดนโยบายบริหารจัดการให้เกิดประสิทธิภาพ ประสิทธิผล เปรียบเสมือนการรบ ถ้าหากหน่วยสนับสนุนส่งเสบียง กระสุน ไม่ทัน ก็จะไม่มีวันที่จะรบชนะ เช่นเดียวกับการซ่อมบำรุงล้อเลื่อน ถ้าหากมีพัสดุอะไหล่ ไม่เพียงพอ ไม่มีคุณภาพ ซ่อมอย่างไรก็จะไม่มีวันที่มีความพร้อมและความสมบูรณ์ ปัญหาก็จะวนเวียนอยู่ ไม่มีวันจบสิ้น

ที่ผ่านมาในอดีต ทางผู้บังคับบัญชาในแต่ละระดับ ค่อนจะให้ความสำคัญกับสิ่งเหล่านี้น้อยมาก ไม่อยากเข้าไปยุ่ง กลัวจะเปลืองตัว และทางเจ้าหน้าที่พัสดุเองก็ไม่อยากให้เข้าไปยุ่ง ไม่มีความไว้วางใจซึ่งกันและกัน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนแนวความคิดกันใหม่ การบริหารจัดการพัสดุคลังย่อย ถือว่าเป็นเรื่องของทุกคนที่จะต้องช่วยกันเข้าไปดูแล ปรับปรุง จัดวางระบบ โดยเฉพาะระดับหัวหน้างานจะต้องให้ความสำคัญ ใส่ใจและจัดวางนโยบาย พร้อมสร้างความเข้าใจให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องได้รับทราบ

การจัดวางนโยบาย

1.การวางนโยบายเกี่ยวกับการปรับปรุงสภาพพื้นที่ ห้องทำงาน

สิ่งแวดล้อมในการทำงานที่ดี จะส่งผลต่อการปฏิบัติงานที่ดี ระดับหัวหน้างานจะต้องให้ความสำคัญกับสิ่งเหล่านี้ โดยเฉพาะห้องทำงาน โต๊ะทำงาน อุปกรณ์เครื่องมือ สำนักงาน การสร้างบรรยากาศในการทำงาน

2.การวางนโยบายเกี่ยวกับระบบควบคุม

<u>วัตถุประสงค์ของการควบคุมสินค้าคงเหลือ(Inventory Control)</u>

1) เพื่อการดำรงและรักษาไว้ซึ่งการลงทุนในสินค้าคงเหลือ ณ ระดับที่ดีที่สุด ซึ่งจะช่วยให้กิจการสามารถวางแผนทางการเงินในการลงทุนในสินค้าคงเหลือได้ เช่น
   - พยายามควบคุมราคาในการซื้อสินค้าคงเหลือให้ได้ถูกที่สุดและคุณภาพดีที่สุด(Low Price & High Quality)

- การจัดการให้มีการหมุนเวียนของสินค้าคงเหลือในระดับที่สูง(High inventory turnover)

2) เพื่อให้สินค้าคงเหลือเกิดประโยชน์ต่อการกิจการมากที่สุด โดยพยายามจัดการให้มีสินค้าคงเหลือมีเพียงพออยู่ตลอดเวลา ไม่พยายามเก็บสต็อกสินค้าคงเหลือไว้มากเกินไปโดยเปล่าประโยชน์ เพราะนอกจากเงินจะจมอยู่แล้ว ยังทำให้เปลืองสถานที่เก็บและเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาเพิ่มขึ้นด้วย

ระบบการควบคุมสินค้าคงเหลือ มีอยู่ 2 ระบบ คือ

1.ระบบการควบคุมโดยใช้เอกสาร (Manual & Stock Card) เป็นระบบที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากไม่ว่าจะใช้กับกิจการขนาดเล็ก กลางหรือใหญ่แค่ไหนก็ตาม เพราะว่า

- ระบบนี้เป็นระบบที่ต้องมีเอกสารหรือบัญชีเป็นหลักฐานในการบันทึกรายละเอียดทุกอย่างเกี่ยวกับสินค้าคงเหลือทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นจำนวนที่เหลืออยู่ จำนวนที่ซื้อเข้ามา จำนวนที่เบิกจ่ายออกไป ตลอดจนถึงลักษณะ ขนาด ของสินค้าแต่ละอย่างด้วย

ระดับวัตถุดิบที่มีไว้เพื่อความปลอดภัย (Safety Stock)

วัตถุประสงค์ของการรักษาระดับวัตถุดิบไว้เพื่อความปลอดภัยนี้ ก็เพื่อป้องกันมิให้วัตถุดิบขาดมือ อันเนื่องมากจากความไม่แน่นอนในการคาดคะเนอัตราการขาย หรืออัตราการใช้ระยะเวลาในการสั่งซื้อและระยะเวลาในการผลิตผลิต

หลักเกณฑ์ในการคำนวณหา Safety Stock มีอยู่ 2 ลักษณะ

ก.ใช้คำนวณอย่างง่ายๆต่อการปฏิบัติ คือ คาดคะเนการใช้รายวัน หรือรายสัปดาห์ แล้วกำหนดว่าจะสำรองวัตถุดิบไว้ในอัตรากี่วัน ก็จะรู้ถึงระดับสำรองไว้เพื่อความปลอดภัย

ตัวอย่าง กิจการแห่งหนึ่งมีอัตราการใช้วัตถุดิบวันละ 50 อัน และกิจการแห่งนี้มีนโยบายที่จะสำรองวัตถุดิบไว้เพื่อความปลอดภัย 5 วัน

1.ระดับของวัตถุดิบที่มีไว้เพื่อความปลอดภัย

=50 x 5 = 250 อัน

2.การคำนวณโดยใช้สถิติ ซึ่งจำเป็นจะต้องเอาเรื่องของโอกาสอันจะเกิดขึ้นมาเป็นตัวพิจารณา นั้นคือ โอกาสเกี่ยวกับ % ความเสี่ยงของการป้องกันวัตถุดิบขาดมือ ซึ่งได้มาจากการจัดเตรียมไว้เป็นตารางสำเร็จรูปไว้แล้ว