

การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์เพื่อการจัดการการผลิตไฟฟ้า  
ของเขื่อนน้ำจิม 2 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

นายมานพ วิเชียรสาร

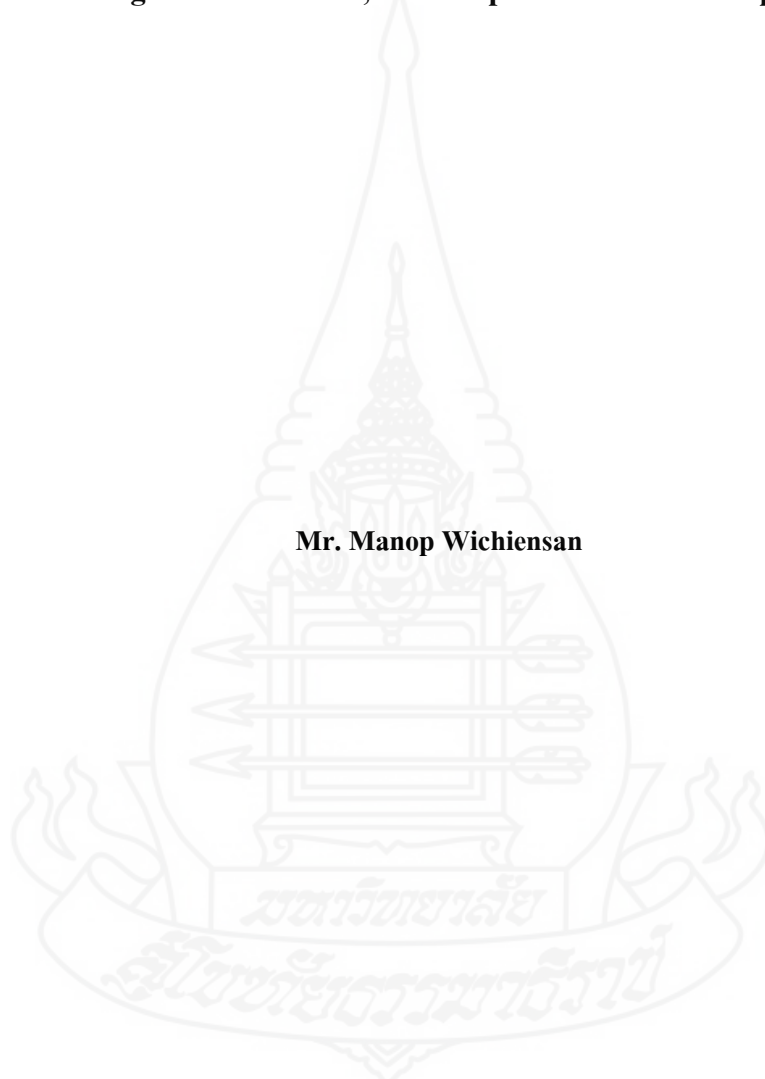


การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต  
แขนงวิชาบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2555

**The Application of Forecasting Techniques for Power Producing Management of  
Nam Ngum II Reservoir, Lao People's Democratic Republic**

**Mr. Manop Wichiansan**



An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for  
the Degree of Master of Business Administration

School of Management Science

Sukhothai Thammathirat Open University

2012

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ	การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์เพื่อการจัดการการผลิตไฟฟ้าของเขื่อนน้ำงึม 2 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
ชื่อและนามสกุล	นายมานพ วิเชียรสาร
แขนงวิชา	บริหารธุรกิจ
สาขาวิชา	วิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีย์ เข้มทอง

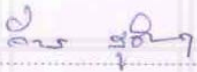
การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดมหลักสูตระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2555

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ



ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีย์ เข้มทอง)



กรรมการ

(รองศาสตราจารย์จักรกรณ์ สุธัมมสภา)



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีย์ เข้มทอง)

ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาการจัดการ

**ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ** การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์เพื่อการจัดการการผลิตไฟฟ้าของ  
เขื่อนน้ำงึม 2 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

**ผู้ศึกษา** นายมานพ วิเชียรสาร **รหัสนักศึกษา** 2533000101 **ปริญญา** บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต

**อาจารย์ที่ปรึกษา** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุริย์ เจริมทอง **ปีการศึกษา** 2555

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) วิเคราะห์ตัวแบบของการจัดการปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำงึม 1 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เพื่อการผลิตไฟฟ้า ช่วงปี พ.ศ.2547-2546 (2) ศึกษาข้อมูลการจัดการปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำงึม 2 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เพื่อการผลิตไฟฟ้า ช่วงปี พ.ศ.2551-2554 และ 3) พยากรณ์การผลิตไฟฟ้าจากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำงึม 2 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ช่วงปี พ.ศ.2556-2558

วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ (1) นำข้อมูลสถิติของการจัดการปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำงึม 1 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ช่วงปี พ.ศ.2497-2546 รวมเป็นเวลา 50 ปี มาสร้างเป็นตัวแบบโค้งปฏิบัติของการจัดการปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำงึม 1 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (2) นำข้อมูลสถิติของการจัดการปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำงึม 2 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ช่วงปี พ.ศ.2551-2554 รวมเป็นเวลา 4 ปีมาใช้ในการพยากรณ์การจัดการปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำงึม 2 ช่วงปี พ.ศ.2556-2558 วิเคราะห์โดยใช้สถิติอนุกรมเวลา ได้แก่ อัตราส่วนฤดูกาล ดัชนีฤดูกาล ค่าแนวโน้ม และสมการการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

ผลการศึกษาพบว่า (1) ตัวแบบของการจัดการปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนน้ำงึม 1 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ช่วงปี พ.ศ.2497-2546 ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยปริมาตรน้ำ 6,300 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1,168 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และได้ค่าพิสัยของระดับน้ำในแต่ละเดือนค่าสูงสุด 375.00 และค่าต่ำสุด 344.72 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง (2) ข้อมูลการจัดการปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำงึม 2 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ช่วงปี พ.ศ.2551-2554 พบว่า มีค่าเฉลี่ย 7,572.9 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยมีค่าสูงสุด 8,793.5 และค่าต่ำสุด 5,970.0 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และ 3) ข้อมูลการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าจากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำงึม 2 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ช่วงปี พ.ศ.2556-2558 พบว่า การผลิตไฟฟ้ามีปริมาณลดลงเนื่องจากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมีแนวโน้มลดลง คือ 3.1) ในช่วงปี พ.ศ.2556 จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 2,197.57 ล้านหน่วย จากการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ 6,079.75 ล้านลูกบาศก์เมตร 3.2) การพยากรณ์ปี พ.ศ.2557 พบว่าจะมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเป็น 5,766.28 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 2,136.89 ล้านหน่วย และ 3.3) ในปี พ.ศ.2558 พบว่าจะมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเป็น 5,452.82 ล้านลูกบาศก์เมตรและจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 2,020.70 ล้านหน่วย

**คำสำคัญ** การพยากรณ์ อนุกรมเวลา การผลิตไฟฟ้า เขื่อนน้ำงึม 2 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว



**Independent Study title:** The Application of Forecasting Techniques for Power Producing Management of Nam Ngum II Reservoir, Lao People's Democratic Republic

**Author:** Mr. Manop Wichiansan; **ID:** 2533000101; **Degree:** Master of Business Administration; **Independent Study advisor:** Dr. Suree khemthong, Assistant Professor; **Academic year:** 2012

### Abstract

The purposes of this study were: 1) to analyze the model of water inflow management for power producing of Nam Ngum I Reservoir during the year 1954 to 2003; 2) to study data of water inflow management for power producing of Nam Ngum II Reservoir during the year 2008 to 2011; and 3) to forecast the power producing from the water inflow volume of Nam Ngum II Reservoir during the year 2013 to 2015.

The research method comprises of 2 steps as follow: 1) utilizing the data from water inflow management of Nam Ngum I Reservoir for 50 consecutive years (during 1954 to 2003) to create its rule curves; 2) utilizing the data from water inflow management of Nam Ngum II Reservoir for 4 consecutive years (during 2008 to 2011) to forecast water inflow during 2013 to 2015. Time-Series statistics such as seasonal ratio, seasonal index, secular trend, and Equation to were used to forecast the amount of water flowing into the reservoir.

The results showed that 1) the model of water inflow management for power producing of Nam Ngum I Reservoir during 1954 to 2003 comprises of 6,300 million cubic meters per year of volume of water in average, 1,168 million cubic meters per year of standard deviation, and 375.00 m.asl., and 344.72 m.asl at highest and lowest of coordinates with the water respectively in each month. 2) The data of water inflow management for power producing of Nam Ngum II Reservoir during 2008 to 2011 was 7,572.9 Million Cubic Meters per year with 8,793.5 and 5,970.0 Million Cubic Meters of highest and lowest respectively. 3) The water inflow management for power producing of Nam Ngum II Reservoir during 2013 to 2015 showed that the power producing had tended to be reduced because of the decreasing water inflow as follows: 3.1) in the year 2013, with 6,079.75 million cubic meters forecasted water inflow, the power would be produced at 2,197.57 million unit; 3.2) from the forecasted data for the year 2014, with 5,766.28 Million Cubic Meter of water inflow, the power would be produced at 2,136.89 Million unit; and 3.3) in the year 2015, with 5,452.82 Million Cubic Meter of water inflow, the power would be produced at 2,020.70 Million unit.

**Keywords:** Forecasting, Time series, Power Producing, Nam Ngum II Reservoir  
Lao People's Democratic Republic

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์ เข้มทอง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและติดตามการทำการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้อย่างใกล้ชิดมาโดยตลอดรวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงการศึกษาค้นคว้าอิสระจนถูกต้องสมบูรณ์และขอบพระคุณคณาจารย์แขนงวิชาบริหารธุรกิจทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ รวมทั้งให้กำลังใจมาโดยตลอดระยะเวลาการศึกษา

ผู้ศึกษาขอขอบคุณอย่างสูงต่อ คุณระวี สิทธิพนธ์ ผู้บริหารของ บริษัท เชื้อนน้ำจืด 2 จำกัด ที่ให้ความรู้และให้แนวคิดเรื่องของการจัดการน้ำมาโดยตลอด

ขอกราบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ให้การเลี้ยงดูอบรมสั่งสอน คุณแลอย่างใกล้ชิดผู้บังคับบัญชาและเพื่อนร่วมงานทุกท่าน ที่ให้กำลังใจเสมอมา สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอให้การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้เป็นประโยชน์แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจเพื่อนำข้อมูลไปใช้เป็นแนวทางและเป็นประโยชน์ต่อไป

มานพ วิเชียรสาร

กรกฎาคม 2555

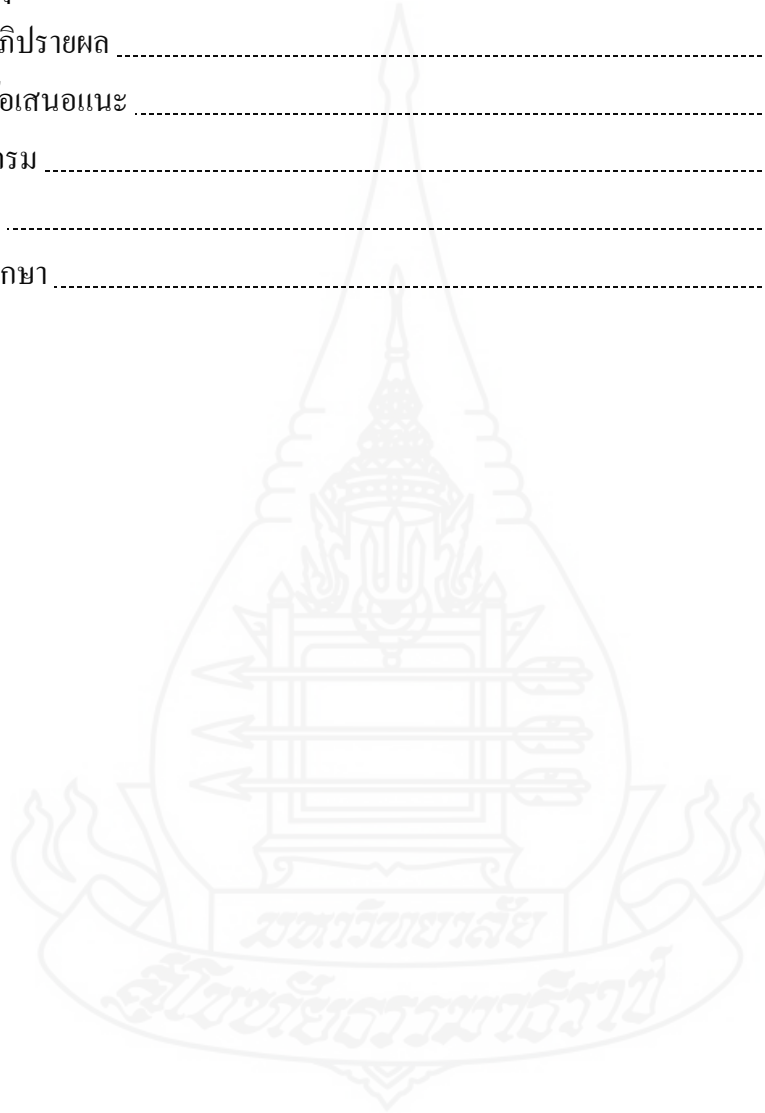


## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ฅ
สารบัญภาพ .....	ญ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
วัตถุประสงค์การศึกษา .....	3
กรอบแนวคิดการศึกษา .....	4
สมมติฐานการศึกษา .....	5
ขอบเขตของการศึกษา .....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ .....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	6
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง .....	7
แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์ .....	7
แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบโคงปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ .....	16
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	28
การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	28
ลักษณะการนำเสนอ .....	28
การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์ .....	31
การวิเคราะห์ข้อมูล .....	32
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	33
ตอนที่ 1 การสร้างตัวแบบโคงปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curves) .....	33
ตอนที่ 2 การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเพื่อวางแผนผลิตไฟฟ้า .....	42

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	62
สรุปผลการศึกษา .....	62
อภิปรายผล .....	66
ข้อเสนอแนะ .....	70
บรรณานุกรม .....	71
ภาคผนวก .....	75
ประวัติผู้ศึกษา .....	85



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง ช่วง ปี พ.ศ.2497-2546.....	35
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการสร้างเส้นโค้งขอบเขตบน (Upper Rule Curve: URC).....	38
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการสร้างเส้นโค้งขอบเขตล่าง (Lower Rule Curve: LRC).....	41
ตารางที่ 4.4 ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำช่วงปี พ.ศ.2551-2554 และอัตราส่วนฤดูกาล .....	44
ตารางที่ 4.5 ค่าดัชนีฤดูกาลรอบ 12 เดือน .....	47
ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง.....	48
ตารางที่ 4.7 ค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปี พ.ศ.2556.....	51
ตารางที่ 4.8 ค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปี พ.ศ.2557.....	52
ตารางที่ 4.9 ค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปี พ.ศ.2558.....	53
ตารางที่ 4.10 ค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรอบ 12 เดือน ปี พ.ศ.2556-2558.....	53
ตารางที่ 4.11 แผนการดำเนินงานผลิตไฟฟ้า ปี พ.ศ.2556.....	54
ตารางที่ 4.12 แผนการดำเนินงานผลิตไฟฟ้า พ.ศ.2557.....	57
ตารางที่ 4.13 แผนดำเนินการผลิตไฟฟ้าในปี พ.ศ.2558.....	59
ตารางที่ 5.1 การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง .....	65
ตารางที่ 5.2 แผนดำเนินการผลิตไฟฟ้าในปี พ.ศ.2556.....	69
ตารางที่ 5.3 แผนดำเนินการผลิตไฟฟ้าในปี พ.ศ.2557.....	69
ตารางที่ 5.4 แผนดำเนินการผลิตไฟฟ้าในปี พ.ศ.2558.....	69

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการศึกษา.....	4
ภาพที่ 2.1 การแบ่งปริมาตรอ่างเก็บน้ำ.....	17
ภาพที่ 4.1 แสดงตัวแบบโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ รอบ 12 เดือน .....	42
ภาพที่ 4.2 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรอบ 12 เดือน ปี พ.ศ.2551-2554.....	43
ภาพที่ 4.3 แผนควบคุมระดับน้ำในปี พ.ศ.2556.....	54
ภาพที่ 4.4 แผนการผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ.2556.....	55
ภาพที่ 4.5 การควบคุมระดับน้ำในปี พ.ศ.2557.....	58
ภาพที่ 4.6 แผนการผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ.2557.....	58
ภาพที่ 4.7 การควบคุมระดับน้ำในปี พ.ศ.2558.....	60
ภาพที่ 4.8 แผนผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ.2558.....	60
ภาพที่ 5.1 พิกัดควบคุมระดับน้ำบนและระดับน้ำล่าง.....	63



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เขื่อนน้ำจิม 2 เป็นชื่อของโครงการเขื่อนกักเก็บน้ำและโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังน้ำตั้งอยู่บนร่องน้ำจิมบ้านห้วยหม้อแขวงเวียงจันทน์สปป.ลาว แม่น้ำจิมเป็นแม่น้ำที่ไหลจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของสปป.ลาวประมาณว่าต้นน้ำอยู่ในบริเวณแขวงเชียงขวางไหลลงมาทางทิศใต้จนมาถึงแขวงเวียงจันทน์ก่อนหน้าที่จะมีเขื่อนและโรงไฟฟ้าน้ำจิม 2 บนสายน้ำจิมได้มีเขื่อนและโรงไฟฟ้าน้ำจิม 1 ซึ่งสร้างโดยญี่ปุ่นสร้างเสร็จและ เปิดดำเนินการมาแล้วกว่า 30 ปี ลูกค้ำหลักที่ซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าน้ำจิม 1 คือการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เป็นปฐมบทที่ทำให้ สปป.ลาว มองเห็นถึงจุดเด่นของที่ตั้งของประเทศ ซึ่งแม้จะมีจุดอ่อนตรงที่ไม่มี ทางออกสู่ทะเลแต่ก็มีจุดแข็งตรงที่มีลำน้ำหลากสายสามารถสร้างเขื่อนกักเก็บน้ำและโรงไฟฟ้าพลังน้ำได้ หลายแห่งสามารถป้อนพลังงานไฟฟ้าให้กับประเทศเพื่อนบ้าน ได้อย่างไม่รู้จบนำเงินตราต่างประเทศเข้าประเทศได้อย่างมหาศาลในอนาคต สปป.ลาวจึงนำจุดแข็งดังกล่าวมาวางตำแหน่งของประเทศว่าเป็น “แบตเตอรี่แห่งเอเชีย”เรียบร้อยแล้ว เขื่อนและโรงไฟฟ้าน้ำจิม 2 ตั้งอยู่บนเหนือเขื่อนและโรงไฟฟ้าน้ำจิม 1 ขึ้นไปทาง ต้นน้ำห่างกันประมาณ 35 กิโลเมตร โครงการนี้ใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 760 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (30,832 ล้านบาท) มีบริษัท ช.การช่าง (ลาว) เป็นผู้รับเหมาก่อสร้างเริ่มดำเนินการก่อสร้างมาตั้งแต่วันที่ 27 พฤษภาคม 2549 ใน โครงการประกอบด้วยเขื่อนหินทิ้งฉาบหน้าด้วยคอนกรีตสันเขื่อนมีความสูงเหนือระดับลำน้ำจิม 181 เมตรมีความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 381 เมตร ถือเป็นเขื่อนที่มีความสูงที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ความกว้างของสันเขื่อน 9 เมตร ความยาว 485 เมตร ความกว้างของฐานเขื่อน 518 เมตรนอกจากนี้ยังมีทาง ระบายน้ำล้นแบ่งเป็น 3 ช่องทางแต่ละช่องทางมีความกว้าง 15 เมตรและสูง 17 เมตร อุโมงค์ระบายน้ำเพื่อนำ น้ำเข้าไปปั่นกังหันเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 ช่อง ทางรูปเกือกม้าแต่ละช่องทางมีความกว้าง 11.70 เมตร มีความยาว 1,100 เมตรและ 1,200 เมตรตามลำดับนับเป็นอุโมงค์ระบายน้ำที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในภูมิภาค เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อีกเช่นกันส่วนอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนสามารถกักเก็บน้ำได้เต็มที่ 4,486 ลูกบาศก์เมตร ในขณะที่น้ำเต็มเขื่อนระดับน้ำมีความสูง 375 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลครอบคลุมพื้นที่ 107 ตาราง กิโลเมตร



ผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ มีกำลังการผลิต 615 เมกะวัตต์ ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เครื่อง เครื่องละ 205 เมกะวัตต์ มีอัตราการผลิตไฟฟ้า 2,218 กิกะวัตต์ชั่วโมงต่อปี ต่อจากโรงผลิตไฟฟ้าได้มีการเดิน สายส่งไฟฟ้าขนาด 230 และ 500 กิโลโวลต์ มาจนถึงสถานีย่อยบ้านนาบงซึ่งอยู่ห่างจากโรงผลิตไฟฟ้า 80 กิโลเมตรต่อจากนั้นได้เดินสายมาอีก 27 กิโลเมตร ถึงจุดส่งมอบริมแม่น้ำโขงและโยงสายส่งไฟฟ้าข้ามแม่น้ำโขง เข้ามายังประเทศไทยบริเวณ หมู่บ้านจอมแจ้ง อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย การวางระบบสายส่งจาก โรงผลิตไฟฟ้ามาถึงบ้านจอมแจ้งระยะทางกว่า 100 กิโลเมตรดำเนินการโดยบริษัทศรีอุทองจากประเทศไทยโดยกฟผ.ได้วางระบบสายส่งภายในประเทศไทยเพื่อรับไฟจากจุดส่งมอบส่งต่อไปถึงสถานีไฟฟ้าย่อยที่จังหวัดอุดรธานีเพื่อป้อนเข้าสู่ระบบปัจจุบันการวางระบบสายส่งจากโรงไฟฟ้าน้ำจิม 2 มาจนถึงสถานีไฟฟ้าย่อยที่จังหวัดอุดรธานี โดยมีอายุสัมปทาน 27 ปี กฟผ.เป็นลูกค้าหลักของโรงไฟฟ้าน้ำจิม 2 โดยมีพิธีเซ็นสัญญา รับซื้อไฟฟ้าระหว่างกฟผ.กับบริษัทเซาท์อีสเอเชียเอ็นเนอจี (SEAN) ผู้ดำเนินโครงการนี้ตั้งแต่วันที่ 26 พฤษภาคม 2549 ก่อสร้างและดำเนินการโดยผู้ประกอบการคนไทยได้รับการสนับสนุนจากสถาบันการเงิน ของไทยที่สำคัญผู้ประกอบการแต่ละรายที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการนี้ล้วนกำลังมีบทบาทสำคัญทางด้านการลงทุนอยู่ในประเทศในอนุภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง (GMS) บริษัทไฟฟ้าน้ำจิม 2 เป็นบริษัทที่ถูกจดทะเบียนจัดตั้ง ขึ้นมาใน สปป.ลาว เพื่อรับช่วงเป็นเจ้าของสัมปทานบริษัทแห่งนี้มีผู้ถือหุ้นหลัก 2 รายได้แก่ SEAN ซึ่งจดทะเบียนในประเทศไทยถือหุ้น 75% ส่วนหุ้นที่เหลืออีก 25% ถือโดย EDL เงินลงทุนที่รัฐบาล สปป.ลาว นำมาให้ EDL เพื่อเข้ามาถือหุ้นเขื่อนน้ำจิม 2 ใช้เวลาการก่อสร้างเป็นระยะเวลา 5 ปี และเริ่มเดินเครื่องระยะแรกเดือน มีนาคม 2554

ก่อนสร้างเขื่อนได้มีการเก็บสถิติการไหลเข้าของน้ำโดยใช้ข้อมูลของเขื่อนน้ำจิม 1 ซึ่งอยู่ในลำน้ำเดียวกันมีการเก็บข้อมูลช่วงแรกตั้งแต่ปี พ.ศ.2497-2546 ช่วงที่ 2 จากอ่างเก็บน้ำของเขื่อนน้ำจิม 2 ในปี พ.ศ.2556-2558 เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อการพยากรณ์และเรื่องบริหารจัดการน้ำเช่นโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule curve), พยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ, การวางแผนเพื่อผลิตไฟฟ้าด้วยความที่ไม่แน่นอนของปริมาณน้ำในลำน้ำธรรมชาติซึ่งจะผันแปรตามเวลา (Temporal) และสถานที่ (Spatial) เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความไม่สอดคล้องกับความต้องการน้ำของผู้ใช้น้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณน้ำในลำน้ำมากกว่าความต้องการจนกระทั่งทำให้เกิดน้ำท่วมได้และในช่วงฤดูแล้งจะมีปริมาณน้ำในลำน้ำน้อยกว่าความต้องการจึงทำให้เกิดการขาดน้ำดังนั้นมนุษย์จึงคิดที่จะแก้ปัญหาโดยการควบคุมปริมาณน้ำในลำน้ำธรรมชาติให้เก็บกักปริมาณน้ำส่วนที่เกินความต้องการในฤดูฝนสำหรับไว้ใช้ในฤดูแล้งและสามารถลดขนาดการเกิดน้ำท่วมด้วยการพัฒนาแหล่งน้ำเป็นสำคัญเช่นอ่างเก็บน้ำเขื่อนระบายน้ำฝายเป็นต้น



ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและผลผลิตของอ่างเก็บน้ำจะบอกให้รู้ถึงความจุของอ่างเก็บน้ำที่ต่างกันย่อมมีผลผลิตที่แตกต่างกันด้วยดังนั้นผลผลิตของอ่างเก็บน้ำจึงเป็นปริมาณน้ำที่จะสามารถนำไปใช้จากอ่างเก็บน้ำได้ในช่วงระยะเวลาที่กำหนดโดยปกติช่วงระยะเวลาที่กำหนดคือ 1 ปีและผลผลิตของอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดความจุที่กำหนดจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำซึ่งจะมีความผันแปรในแต่ละปีในการออกแบบเพื่อความปลอดภัยจึงใช้ผลผลิตที่แน่นอน (Firm Yield) เป็นผลผลิตที่น้อยที่สุดซึ่งจะเป็นปริมาณน้ำที่มากที่สุดที่จะประกันได้ว่าสามารถนำไปใช้จากอ่างเก็บน้ำที่มีความจุที่กำหนดไว้ในช่วงเวลาที่วิกฤต (Critical Period) ซึ่งช่วงเวลาวิกฤตคือช่วงที่มีความแตกต่างของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำกับความต้องการใช้น้ำมากที่สุดซึ่งก็คือฤดูแล้งผลผลิตที่แน่นอนคือผลผลิตที่มีค่าน้อยที่สุดในช่วงอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำดังนั้นในปีที่แล้งที่สุดสามารถประกันได้ว่าจะมีน้ำใช้อย่างเพียงพอสำหรับความต้องการน้ำประเภทต่างๆและหากมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากจะทำให้ผลผลิตมากกว่าผลผลิตที่แน่นอนซึ่งส่วนนั้นเรียกว่าผลผลิตรอง (Secondary Yield) สามารถนำไปใช้กับวัตถุประสงค์อื่นที่รองลงมาได้และอ่างเก็บน้ำไม่ว่าจะสร้างให้มีความจุขนาดใหญ่ได้เพียงใดผลผลิตที่แน่นอนก็จะไม่มากเกินกว่าผลผลิตที่เป็นไปได้สูงสุด (Maximum Possible Yield) ซึ่งผลผลิตที่เป็นไปได้สูงสุดจะเท่ากับปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย (Mean Flow) หักด้วยการสูญเสียต่างๆ จากอ่างเก็บน้ำ

มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องรู้หรือพยากรณ์ล่วงหน้าในเรื่องของการไหลเข้าของปริมาณน้ำในแต่ละเดือนของรอบปีเพื่อนำข้อมูลมาจัดการอ่างเก็บน้ำเพื่อให้ได้มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงสุดและยังสามารถพยากรณ์ปริมาณการรายได้ล่วงหน้าได้

## 2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1) วิเคราะห์ตัวแบบของการจัดการปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำจิม 1 สปป.ลาว เพื่อการผลิตไฟฟ้า ช่วงปี พ.ศ.2597-2546
- 2) ศึกษาข้อมูลการจัดการปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำจิม 2 สปป.ลาว เพื่อการผลิตไฟฟ้า ช่วงปี พ.ศ.2551-2554
- 3) พยากรณ์การผลิตไฟฟ้าจากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำจิม 2 สปป.ลาว ช่วงปี พ.ศ.2556-2558

### 3. กรอบแนวคิดในการศึกษา

ผู้ศึกษาได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการปริมาณน้ำโดยใช้ตัวแบบโคงปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำเป็นทฤษฎีสู่เป้าหมาย การไหลของน้ำตามธรรมชาติจะมีความแตกต่างกันตามฤดูกาลการจัดการข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเพื่อสร้างเส้นควบคุมระดับน้ำได้จากการเก็บรวบรวมจากปริมาณน้ำที่ไหลเข้าเขื่อนน้ำจิม 1 โดยแบ่งปริมาณน้ำเป็น ปีนํ้ามาก ปีนํ้าปกติ ปีนํ้าน้อย มาเป็นตัวกำหนดตัวแบบโคงปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำโดยการให้ปีนํ้ามากเป็นเส้นโคงขอบเขตบน (URC) ปีนํ้าน้อยเป็นเส้นโคงขอบเขตล่าง (LRC) การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำจะต้องให้อยู่ในระหว่างขอบเขตล่างและ ขอบเขตบน ข้อมูลการไหลเข้าอ่างของน้ำพบว่าช่วงฤดูฝนจะครอบคลุมระยะเวลา 5 เดือน นับตั้งแต่เดือน มิถุนายนถึงตุลาคม และอีก 7 เดือนที่เหลือเป็นช่วงฤดูแล้งเริ่มตั้งแต่เดือน พฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคม ในการบริหารจัดการระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำโดยพิจารณาจากอัตราการไหลของน้ำจะเห็นได้ว่าควรเก็บกักน้ำในอ่าง ให้มีระดับน้ำสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้เมื่อสิ้นสุดฤดูฝนเพื่อให้มีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าในช่วงฤดูแล้งและ ระดับน้ำในอ่างจะอยู่ที่ระดับต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม เพื่อจะทำให้อ่างเก็บน้ำมีพื้นที่ว่างเพียงพอสำหรับกักเก็บน้ำ ในช่วงฤดูในต่อไปเพื่อให้การตัวแบบโคงปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำสะท้อนให้เห็นถึงอัตราการไหลของน้ำตามธรรมชาติและความเป็นจริง การสร้างเส้นโคงกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำสามารถหาได้จากการวางแผนการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำด้วยแบบจำลองที่ใช้กระบวนการของการจำลอง (Simulation) และแบบจำลองที่ใช้กระบวนการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization)

ข้อมูลที่ได้จากการวัดปริมาณน้ำไหลเข้าของเขื่อนน้ำจิม 2 ปี พ.ศ.2551-2554 นำมาทดสอบในรูปแบบของสถิติอนุกรมเวลาเพื่อพยากรณ์การไหลเข้าของน้ำเมื่อนำมาสมคูลยน้ำจะได้แผนการผลิตไฟฟ้าในช่วง ปี พ.ศ.2556-2558



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการศึกษา

#### 4. สมมติฐานการศึกษา

ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและระบายออกจากอ่างเก็บน้ำมีความสัมพันธ์กับการจัดการงานผลิตไฟฟ้า ของ เขื่อนน้ำจิม 2 สปป.ลาว ให้เพียงพอและทันต่อความต้องการของผู้บริโภค

#### 5. ขอบเขตของการศึกษา

5.1 ขอบเขตด้านข้อมูล ใช้ข้อมูลสถิติภูมิของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนน้ำจิม 1 เป็นรายเดือนในช่วง ปี พ.ศ.1954-2546 และ เขื่อนน้ำจิม 2 ช่วง ปี พ.ศ.2551-2554

5.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา ศึกษาโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคสถิติเพื่อสร้างตัวแบบโค้งปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำและพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเพื่อวางแผนการดำเนินงานผลิตไฟฟ้า ปี พ.ศ.2556-2558

5.3 ขอบเขตด้านเวลา ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา คือ ตั้งแต่เดือน เมษายน 2555 ถึง เดือนกรกฎาคม 2555

#### 6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 ตัวแบบโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำหมายถึง เครื่องมือบริหารจัดการและควบคุมระดับน้ำให้เป็นไปตามความต้องการและให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านเศรษฐศาสตร์

6.3 เส้นโค้งขอบเขตบนหมายถึง เส้นควบคุมที่ใช้ข้อมูลของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของปีน้ำมาก

6.3 เส้นโค้งขอบเขตล่างหมายถึง เส้นควบคุมที่ใช้ข้อมูลของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของปีน้ำน้อย

6.4 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำหมายถึง ปริมาณของน้ำจากธรรมชาติที่ไหลมาตามลำน้ำแล้วมาสะสมในอ่างเก็บน้ำ

6.5 การระบายน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าหมายถึง การระบายน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นรายเดือนในรอบ 1 ปี

6.6 เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า หมายถึง เครื่องจักรที่ใช้พลังงานของน้ำเป็นต้นกำลังเพื่อขับเคลื่อนใบพัดที่ต่อติดกับเจนเนอเรเตอร์หมุนตามความเร็วรอบกำหนด ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น

6.7 ประตุน้ำล้นหมายถึง ช่องทางระบายน้ำที่ทำหน้าที่ระบายน้ำส่วนเกิน

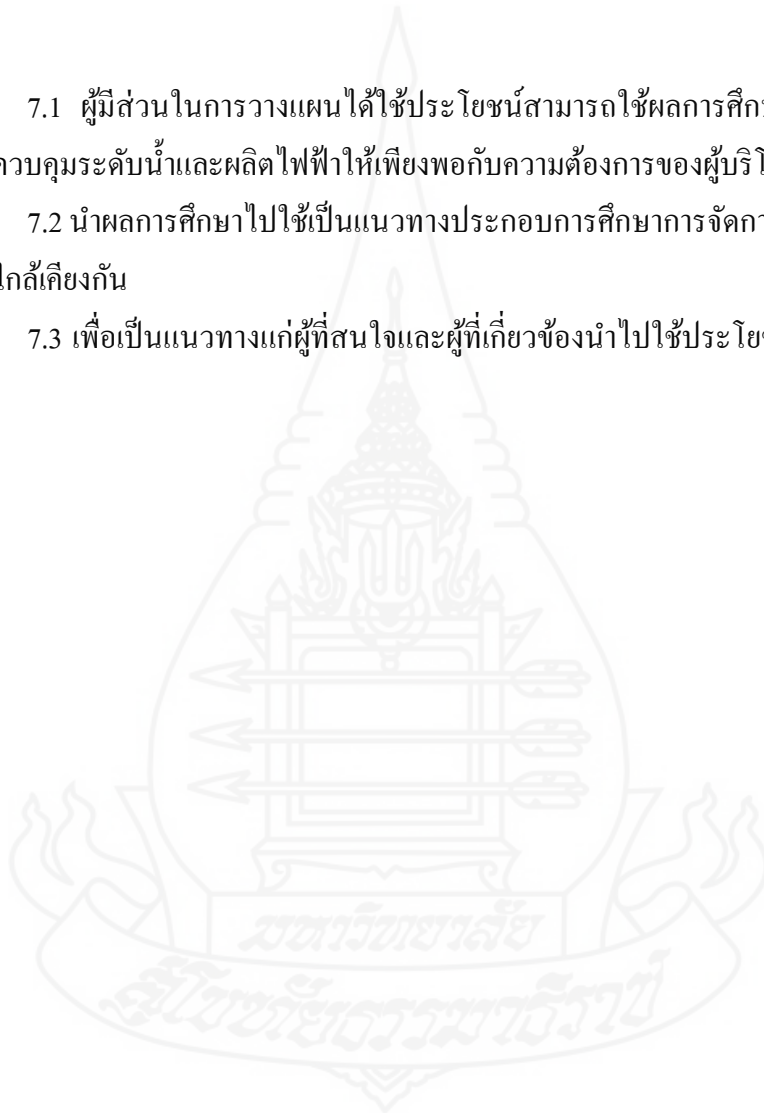
6.8 อ่างเก็บน้ำ หมายถึง คลก่อกที่มนุษย์สร้างขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลมาตามธรรมชาติใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์กำหนด

## 7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 ผู้มีส่วนในการวางแผนได้ใช้ประโยชน์สามารถใช้ผลการศึกษาไปจัดการอ่างเก็บน้ำในการควบคุมระดับน้ำและผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภค

7.2 นำผลการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางประกอบการศึกษาการจัดการอ่างเก็บน้ำอื่นได้ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

7.3 เพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้ที่สนใจและผู้ที่เกี่ยวข้องนำไปใช้ประโยชน์หรือทำการศึกษาเพิ่มเติม



## บทที่ 2

### วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์เพื่อการจัดการการผลิตไฟฟ้าของ  
เขื่อนน้ำงึม 2 สปป.ลาว ผู้ศึกษาได้ศึกษาแนวคิดและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์
2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการใช้ข้อมูลปริมาณน้ำเพื่อวางแผนดำเนินการผลิตไฟฟ้า  
ควบคุมโดยตัวแบบโคงปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ
3. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์

การหาค่าเฉลี่ย (Average) เมื่อได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้  
นั้น นอกจากจะทำการแจกแจงความถี่และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ แล้ว ยังสามารถกำหนด  
ตัวแทนของข้อมูลได้ และตัวแทนของข้อมูลดังกล่าวนี้เรียกว่า ค่ากลางของข้อมูล วิธีการกำหนดค่า  
กลางของข้อมูลนี้เรียกว่า การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง ซึ่งการกำหนดค่ากลางหรือการวัด  
แนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางนี้ อาจดำเนินการได้สามวิธีด้วยกันคือ การกำหนดค่าโดยใช้มัชฌิมเลขคณิต  
หรือเรียกย่อว่าค่าเฉลี่ย (Mean) มัชฐฐาน (Median) และฐานนิยม (Mode)

ค่าเฉลี่ยเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ยของข้อมูลใช้สัญลักษณ์  $\bar{X}$  (อ่านว่า เอกซ์บาร์) เป็นการ  
คำนวณค่าโดยการนำเอาผลรวมของข้อมูลทุกตัวหารด้วยจำนวนหรือความถี่ของข้อมูลทั้งหมด

ในทางธุรกิจนั้นบางโอกาสผู้ประกอบการมีความต้องการทราบตัวแทนของข้อมูล  
ทั้งหมด เช่น ต้องการทราบค่าเฉลี่ยเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ยของรายได้ ซึ่งเกิดจากการประกอบธุรกิจใน  
รอบหนึ่งเดือน เป็นต้น ซึ่งค่าเฉลี่ยนี้จะกลายเป็นตัวแทนของรายได้ทั้งเดือน ซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการ  
กิจการทราบโดยประมาณว่า ในหนึ่งวันมีรายได้ อันเกิดจากการประกอบกิจการเป็นจำนวนเท่าใด  
ในเดือนถัดไปถ้ามีรายได้เกิดขึ้นในแต่ละวันจะทำให้ผู้ประกอบการบอกได้โดยทันทีว่ามากหรือน้อยกว่า  
รายได้ของเดือนที่ผ่านมาเท่าใด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจในการบริหารงาน  
ธุรกิจของตน การคำนวณค่าเฉลี่ยกระทำได้สองวิธีคือ การคำนวณค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีการแจกแจง  
โดยมิได้จัดกลุ่มข้อมูลหรือกลุ่มข้อมูลที่มีอันตรภาคชั้นเท่ากับหนึ่ง กับการคำนวณค่าเฉลี่ยของ

ข้อมูลที่มีการแจกแจงโดยจัดข้อมูลเป็นกลุ่มหรือกลุ่มข้อมูลที่มีอันตรภาคชั้นมากกว่าหนึ่ง ซึ่งการคำนวณค่าเฉลี่ยทั้งสองวิธีนั้นจะมีแนวคิดอย่างเดียวกัน แต่สูตรที่ใช้ในการคำนวณค่าจะแตกต่างกัน ซึ่งจะได้กล่าวดังต่อไปนี้

### คำนวณค่าเฉลี่ยข้อมูลที่มีได้จัดกลุ่ม

ข้อมูลที่ไม่มีการจัดกลุ่มและไม่มีการแจกแจงความถี่ ข้อมูลทางธุรกิจที่อาจจะใช้การคำนวณด้วยวิธีนี้เป็นข้อมูลที่มีได้มีการแจกแจงความถี่นั้นมักจะเป็นข้อมูลจำนวนน้อย สูตรที่ใช้ในการคำนวณคือ

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

เมื่อ  $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$$\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \text{คือผลบวกของข้อมูลทั้งหมดซึ่งมีค่า } n \text{ ค่า}$$

$$N = \text{คือจำนวนข้อมูลทั้งหมด}$$

### ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นการวัดการเบี่ยงเบนของข้อมูลจากค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุด โดยใช้วิธีกำลังสองสมบูรณ์ การคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนี้มีหลายวิธีด้วยกัน โดยดูจากลักษณะของข้อมูลเป็นหลัก ซึ่งจำแนกได้เป็นการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่จัดกลุ่มกับข้อมูลที่มีได้จัดกลุ่ม ซึ่งแต่ละวิธีมีดังต่อไปนี้

#### การคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่ไม่ได้จัดกลุ่ม

ข้อมูลที่มีได้มีการจัดกลุ่ม ข้อมูลนี้ยังแยกออกเป็นข้อมูลที่มีได้มีการแจกแจงความถี่ และข้อมูลที่มีการแจกแจงความถี่โดยมีการอันตรภาคชั้นเป็นหนึ่ง ซึ่งทั้งสองวิธีการคำนวณที่แตกต่างกัน ดังนี้

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่ไม่ได้จัดกลุ่มและไม่มีการแจกแจงความถี่ สูตรที่ใช้คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับข้อมูลที่ไม่มีการจัดกลุ่มและไม่มีการแจกแจงความถี่ มี 2 สูตรคือ

$$\text{S.D.} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

$$\text{หรือ S.D.} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N X_i^2}{N} - \left(\frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}\right)^2}$$

เมื่อ S.D. คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 $X_i$  คือ ข้อมูล  
 $\bar{X}$  คือ ค่าเฉลี่ย  
 $N$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด  
 $i = 1, 2, 3, \dots, N$

เพื่อสะดวกและง่ายต่อการคำนวณจึงนิยมใช้สูตรที่สองมากกว่าสูตรแรก

### แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการทางสถิติ

พิภพ สถิตดาภรณ์ (2545) การวางแผนและควบคุมการผลิต จำต้องประมาณการความต้องการที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่งในอนาคต ทั้งนี้เพื่อจะได้จัดเตรียมปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต่อการผลิตไว้ให้พร้อม การพยากรณ์การผลิตเป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการวางแผนและควบคุมการผลิต เนื่องจากการพยากรณ์การผลิตเป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการวางแผนและควบคุมการผลิต เนื่องจากการพยากรณ์เป็นส่วนหนึ่งของการวางแผน

### รูปแบบของข้อมูล (Pattern of Data)

การเลือกวิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณต้องคำนึงถึงรูปแบบของข้อมูลในอดีต เนื่องจากเทคนิคการพยากรณ์แบบต่างๆ มีความเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลแต่ละประเภทที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งรูปแบบของข้อมูลเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การพยากรณ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปข้อมูลแบ่งได้ 4 รูปแบบ

1. ข้อมูลที่มีรูปแบบแนวระดับ (Trend) เป็นลักษณะข้อมูลที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงราบไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

2. ข้อมูลที่มีรูปแบบแนวโน้ม (Trend) เป็นลักษณะข้อมูลมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามเวลา ซึ่งอาจเป็นเส้นโค้งหรือเป็นเส้นตรง



3. ข้อมูลที่มีรูปแบบฤดูกาล (Seasonal) เป็นลักษณะข้อมูลขึ้นลง เนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาล ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละปี

4. ข้อมูลที่มีรูปแบบวัฏจักร (Cyclical) เป็นลักษณะข้อมูลที่เกิดซ้ำๆ กัน คล้ายฤดูกาล โดยมีการขึ้นลงแต่ไม่มีรอบที่แน่นอน การเคลื่อนไหวที่มีระยะเวลานานกว่า 1 ปี

#### ระยะเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์ (Time Horizon)

เทคนิคการพยากรณ์แต่ละวิธีมีความเหมาะสมกับช่วงเวลาการพยากรณ์ในอนาคตที่แตกต่างกัน ซึ่งกันพยากรณ์สามารถแบ่งตามช่วงเวลาได้ ดังนี้

การพยากรณ์ 1 หน่วยเวลาล่วงหน้า (Immediate-Term Forecasting) เป็นการพยากรณ์ที่มีช่วงเวลาน้อยกว่า 1 เดือน โดยทั่วไปจะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมด้านปฏิบัติงานเป้าหมายของการพยากรณ์จะมุ่งเน้นเพื่อการปรับปรุงวิธีการทำงานให้ดีกว่าการเปลี่ยนแปลงวิธีการ การพยากรณ์ประเภทนี้ต้องมีรายละเอียดของข้อมูลมากกว่าวิธีอื่นๆ

การพยากรณ์ระยะสั้น (Short-Term Forecasting) เป็นการพยากรณ์ที่ครอบคลุมระยะเวลา 1-3 เดือน ใช้พยากรณ์ การจัดการการผลิตในช่วงเวลาแต่ละสัปดาห์ แต่ละเดือน หรือแต่ละไตรมาส หรืออีกนัยหนึ่งคือ การพยากรณ์ระยะสั้นใช้ในการวางแผนระยะสั้น

การพยากรณ์ระยะปานกลาง (Medium-Term Forecasting) เป็นการพยากรณ์ที่ครอบคลุมระยะเวลา 3 เดือน - 2 ปี ใช้พยากรณ์ เพื่อใช้ในการวางแผนด้านบุคลากร การวางแผนการผลิต การจัดการการผลิตรวม ระยะเวลาที่นิยมพยากรณ์คือ 1 ปี การพยากรณ์ระยะปานกลางที่ใช้ในการวางแผนระยะปานกลาง

การพยากรณ์ระยะยาว (Long-Term Forecasting) เป็นการพยากรณ์ที่ครอบคลุมระยะเวลามากกว่า 2 ปี ใช้พยากรณ์สิ่งอำนวยความสะดวก การวางแผนกำลังการผลิตและการจัดการกระบวนการผลิตในระยะยาว การพยากรณ์ระยะยาวใช้ในการวางแผนระยะยาว

#### การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (Measuring Forecast Error)

เมื่อมีวิธีการพยากรณ์หลายๆ วิธีที่สามารถนำมาใช้พยากรณ์กับข้อมูลที่มีอยู่ ผู้พยากรณ์จะต้องพิจารณาว่าวิธีการพยากรณ์แบบใดเหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงต้องมีการประเมินผลของวิธีการพยากรณ์เหล่านั้นด้วยการวัดค่าคลาดเคลื่อนการพยากรณ์ การวัดความแม่นยำของการพยากรณ์เหล่านั้นด้วยการวัดค่าคลาดเคลื่อนการพยากรณ์ การวัดความแม่นยำของการพยากรณ์แต่ละช่วงเวลาได้จากการเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นระหว่างค่าความต้องการจริง ( $Y$ ) กับค่าพยากรณ์ ( $\hat{Y}_t$ ) สามารถวัดได้จากค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation : MAD)



$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|$$

ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Squared Error MSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2$$

ร้อยละค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t}$$

เมื่อ	$\hat{Y}_t$	คือ	ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t=1
	$Y_t$	คือ	ค่าความต้องการจริง ณ เวลา t
	n	คือ	จำนวนข้อมูลที่นำมาเฉลี่ย

### ขั้นตอนการเลือกตัวแบบการพยากรณ์

ข้อมูลเชิงตัวเลขในอดีตที่รวบรวมมาต้องนำมาวิเคราะห์รูปแบบของข้อมูลว่าเป็นแบบใด ซึ่งการพิจารณารูปแบบข้อมูลเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจเลือกเทคนิคการพยากรณ์ ตามคำกล่าวของ (Hanke and Wichern, 2005: 74-78) การเลือกเทคนิคการพยากรณ์แบ่งตามรูปแบบของข้อมูลทั้ง 4 ประเภท เมื่อได้เทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลต้องมีการประมาณค่าพารามิเตอร์ การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ เพื่อนำตัวแบบที่เหมาะสมมาใช้พยากรณ์ในช่วงเวลาต่อไปในอนาคต

#### การเลือกเทคนิคการพยากรณ์

ลักษณะของข้อมูลเป็นแนวระดับ มีเทคนิคการพยากรณ์ดังนี้

เทคนิคค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average (ARMA) เทคนิคการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing) เทคนิคบอซเจนกินส์ที่เป็นสเตชันนารี (Box-Jenkins Methods; Autohods; Autoregressive Moving Average (ARMA Models)

ลักษณะของข้อมูลเป็นแนวโน้ม มีเทคนิคการพยากรณ์ดังนี้

เทคนิคการปรับเรียบแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลหรือเทคนิคของโฮลต์ (Double Exponential Smoothing or Holt's Method) เทคนิคการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regrssion) เทคนิคบอซเจนกินส์ที่ไม่เป็นสเตชันนารี (Box-Jenkins Methods; Autoregressive Moving Average (ARMA)

ลักษณะของข้อมูลเป็นฤดูกาล มีเทคนิคการพยากรณ์ดังนี้

เทคนิคการวิเคราะห์แบบแยกส่วน (Classical Decomposition) เทคนิคการปรับเรียบแบบวินเตอร์ (Winter's Exponential Smoothing) เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เทคนิคบอซเจนกินส์ที่ไม่เป็นสเตชันนารี (Box-Jenkins Methods; Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA Models)

ลักษณะของข้อมูลเป็นวัฏจักร มีเทคนิคการพยากรณ์ดังนี้

เทคนิคการแยกส่วน (Classical Decomposition) เทคนิคการถดถอยอย่างพหุคูณ (Multiple Regression) เทคนิคบอซเจนกินส์ที่ไม่เป็นสเตชันนารี (Box-Jenkins Methods; Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA Models)

### **ประเภทของการพยากรณ์**

การพยากรณ์ (Forecasting) หมายถึง การคาดคะเนหรือการทำนายสภาพการณ์ต่างๆ ในอนาคต โดยอาศัยข้อมูล ประสบการณ์ ความรู้ความสามารถของผู้พยากรณ์ที่เกิดขึ้นในอดีต มาทำการศึกษาถึงรูปแบบของการเกิดเหตุการณ์ในอนาคต เช่น การพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Forecasting)

### **การพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Forecasting)**

การพยากรณ์โดยใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์และสถิติแบบต่างๆ มาสร้างตัวแบบ (Model) ด้วยการใช้ข้อมูลในอดีตหรือข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์มาทำการพยากรณ์ค่าของข้อมูลชุดนั้นในอนาคต ซึ่งเทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณแบ่งได้ 2 แบบ คือ การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Model) และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Causal Model)

### **การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Model)**

การวิเคราะห์อนุกรมเวลามีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับใช้ในการพยากรณ์หรือคาดการณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาในอนาคต ทั้งผู้วิจัยได้สรุปเทคนิคการพยากรณ์ของวิธีการอนุกรมเวลาที่นิยมใช้ไว้ ดังนี้

### **เทคนิคค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average)**

เทคนิคการพยากรณ์นี้เหมาะสำหรับการพยากรณ์ระยะสั้น และข้อมูลที่มีลักษณะค่อนข้างเรียบที่ไม่มีแนวโน้มไม่มีฤดูกาล (วันชัย, 2547: 49) กล่าวไว้ว่า การกำหนดจำนวนข้อมูลที่นำมาเฉลี่ยมีค่าตั้งแต่ 2 ค่าขึ้นไป และทดลองนำจำนวนข้อมูลหลายๆ จำนวนมาคำนวณ โดยเปรียบเทียบจากค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งผลจากการใช้จำนวนข้อมูลใดที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดถือว่าเป็นจำนวนข้อมูลที่ดีที่สุด ซึ่งค่าเฉลี่ยทุกค่ามีการให้น้ำหนักกับค่าสังเกตแต่ละค่าเท่ากัน ดังคำกล่าวของ (มุกดา, 2549: 21) วิธีการนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยจากจำนวนข้อมูลในอดีตเป็นค่า

พยากรณ์ เมื่อได้ข้อมูลใหม่มาจะทิ้งข้อมูลที่เก่าที่สุดไปหนึ่งค่าแล้วหาค่าพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลใหม่แทน

สำหรับตัวแบบของข้อมูลที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวอยู่ในระดับที่มีตัวแบบ คือ

$$Y_t = \beta_0 + \varepsilon_t$$

เมื่อ  $Y_t$  คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา  $t$

$\beta_0$  คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

$\varepsilon_t$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา  $t$

สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k}$$

โดยที่  $\hat{Y}_{t+1}$  คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t+1$

$Y_t$  คือ ค่าความต้องการจริง ณ เวลา  $t$

$k$  คือ จำนวนข้อมูลที่นำมาหาค่าเฉลี่ย

### เทคนิคการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing)

เทคนิคการพยากรณ์นี้เหมาะสำหรับการพยากรณ์ระยะสั้น และข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวในแนวระดับซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่มีแนวโน้ม และไม่มี ความแปรผันตามฤดูกาล มีเฉพาะความผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติอย่างเดียว ค่าพยากรณ์คำนวณจากข้อมูลที่ผ่านมามาทั้งหมด โดยมีการให้น้ำหนักของข้อมูลไม่เท่ากัน การให้น้ำหนักจะให้กับค่าที่เกิดขึ้นล่าสุดมากที่สุดและจะลดหลั่นกันไป ในลักษณะเอ็กซ์โปเนนเชียลตามช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้น ส่วนน้ำหนักที่ให้นั้นขึ้นอยู่กับค่าคงที่การทำให้เรียบ ( $\alpha$ )

### เทคนิคการแยกส่วน (Classical Decomposition)

เทคนิคการพยากรณ์นี้เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ระยะสั้น โดยวิธีการนี้แสดงถึงความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกับระหว่างส่วนประกอบของอนุกรมเวลา 4 ส่วน คือ แนวโน้ม ความผันแปรตามฤดูกาล ความผันแปรตามวัฏจักร และความผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติ

ตัวแบบการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบแยกส่วนมีตัวแบบการพยากรณ์ 2 ตัวแบบ คือ

ตัวแบบการบวก (The additive components model) ส่วนประกอบของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบการบวก มาจากแนวคิดพื้นฐานว่าส่วนประกอบทั้ง 4 เป็นอิสระต่อกัน เมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจะไม่กระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบอื่นๆ ที่เหลือ โดยมีตัวแบบดังนี้

$$Y_t = T_t + C_t + S_t + I_t$$

ตัวแบบการคูณ (The multiplicative components mode) ส่วนประกอบทั้งสี่ของอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบการคูณมีความสัมพันธ์กัน เมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบอื่นๆ ที่เหลือ ตัวแบบการคูณเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยมีตัวแบบดังนี้

$$Y_t = T_t \times C_t \times S_t \times I_t$$

การวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend) เป็นส่วนประกอบหนึ่งของอนุกรมเวลาที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในระยะยาวว่าข้อมูลควรมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไร สำหรับวิธีการหาเส้นแนวโน้มมีหลายวิธี ซึ่งเส้นแนวโน้มมีลักษณะเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้ง

สมการของการประมาณแนวโน้มแบบเส้นตรง คือ

$$T_t = b_0 + b_1 t$$

เมื่อ  $T_t$  คือ ค่าพยากรณ์สำหรับแนวโน้ม ณ เวลา  $t$

$b_1$  คือ ค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าแนวโน้ม

$b_0$  คือ ค่าแนวโน้ม ณ จุดเริ่มต้นของอนุกรมเวลา

สมการของการประมาณฤดูกาล (Seasonal) คือ

$$\frac{Y_t}{S_t} = T_t - I_t$$

สมการของการประมาณวัฏจักร (Cyclical) คือ

$$\frac{Y_t}{T_t \times S_t} = C_t \times I_t$$

สมการของการประมาณเหตุการณ์ผิดปกติ (Irregular) คือ

$$I_t = \frac{C_t \times I_t}{C_t}$$

โดยที่  $Y_t$  คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t$

$T_t$  คือ ค่าประมาณการแนวโน้ม

$C_t$  คือ ค่าประมาณการแปรผันตามวัฏจักร

$S_t$  คือ ค่าประมาณการแปรผันตามฤดูกาล

$I_t$  คือ ค่าประมาณการแปรผันเหตุการณ์ผิดปกติ

### การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Causal Model)

เทคนิคนี้เป็นการพิจารณาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสิ่งที่ต้องการพยากรณ์ ดังนั้นในตัวแบบการพยากรณ์จะรวบรวมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการพยากรณ์ไว้ เพื่อใช้บ่งบอกว่าตัวแบบเหล่านั้นสามารถอธิบายค่าพยากรณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างไร เทคนิคการพยากรณ์นี้มักใช้หลักการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายหรือการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ

สุวีณา ตั้งโพธิ์สุวรรณ (2552, หน้า 7-5, 7-6, 7-7) ความต้องการของผู้บริโภคเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การดำเนินธุรกิจให้ประสบความสำเร็จส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถของการพยากรณ์ความต้องการได้อย่างถูกต้อง และการพยากรณ์มีความสำคัญต่อการตัดสินใจในเรื่องสำคัญของผู้บริหาร การพยากรณ์เป็นพื้นฐานของการวางแผนในฝ่ายต่างๆ ขององค์กร เช่น ค่าการพยากรณ์นำไปใช้วางแผนงบประมาณ และควบคุมต้นทุนของฝ่ายบัญชีและการเงิน การพยากรณ์มีบทบาทต่อฝ่ายผลิตในการเลือกกระบวนการผลิต การกำหนดกำลังการผลิต

การพยากรณ์ คือ การคาดคะเน หรือทำนายเหตุการณ์ในอนาคตจากข้อมูลในอดีต ปัจจุบัน และ/หรือประสบการณ์ การพยากรณ์เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ ตั้งแต่สมัยโบราณมนุษย์รู้จักจัดการพยากรณ์เพื่อการดำรงชีวิต เช่น การพยากรณ์ดินฟ้าอากาศ เพื่อการล่าสัตว์และเพาะปลูก ปัจจุบันการพยากรณ์ได้ถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจสำหรับการดำเนินชีวิตประจำวันสำหรับแต่ละคน จนถึงการค้าในกิจกรรมในองค์กรต่างๆ

การพยากรณ์จะให้ค่าพยากรณ์ คือ จำนวนหรือปริมาณที่ต้องการทราบในอนาคต ในธุรกิจค่าพยากรณ์ที่สำคัญ คือ ปริมาณความต้องการในอนาคตที่ฝ่ายการตลาดจะทำการพยากรณ์ออกมาหรือฝ่ายผลิตจะนำไปใช้ในการวางแผนการผลิตต่อไป

ความสำคัญของการพยากรณ์ที่มีต่อการดำเนินงานและการตัดสินใจโดยการเลือกการพยากรณ์มีความสำคัญพอกล่าวสรุปได้ดังนี้

การพยากรณ์ทำให้ความสามารถคาดคะเนปริมาณการผลิต ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการวางแผนดำเนินงานขององค์กร

การพยากรณ์ช่วยในการวางแผนดำเนินงานทางการผลิต ได้แก่ วางแผนกำลังการผลิต การวางแผนการผลิต การวางแผนด้านการจ้างแรงงาน

### การควบคุมการพยากรณ์

พิภพ ลลิตาภรณ์ (2545) เนื่องจากการพยากรณ์เป็นการคาดคะเนถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ดังนั้น ค่าที่ได้จากการพยากรณ์กับค่าที่เกิดขึ้นจริงจะตรงกันเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ยาก และถึงแม้ว่าสมการที่เราใช้ในการพยากรณ์จะมีค่าคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริงในอดีต ในขอบเขตที่ยอมรับได้ แต่เหตุการณ์ต่างๆ ในอนาคตที่เกิดขึ้นจริงอาจจะเปลี่ยนแปลงได้เราจึงต้องมีวิธีการที่จะ

ตรวจสอบและควบคุมค่าพยากรณ์ ให้อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ กล่าวคือ ยอมให้มีการเบี่ยงเบนออกไปจากค่าที่ใช้พยากรณ์มากน้อยเพียงไร โดยการนำเอาค่าที่เกิดขึ้นจริงมาเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ถ้าความแตกต่างมีไม่มากหรืออยู่ในขอบเขตกำหนดไว้ ก็แสดงว่าวิธีการพยากรณ์นั้นยังน่าเชื่อถืออยู่ ไม่มีความจำเป็นจะต้องเปลี่ยนรูปแบบหรือวิธีการพยากรณ์ แต่ถ้าหากค่าที่ออกนอกขอบเขตที่กำหนดไว้ก็แสดงว่า มีบางสิ่งบางอย่างเกิดขึ้น ซึ่งมีผลกระทบต่อการดำเนินงาน จึงจำเป็นจะต้องทำการตรวจสอบเพื่อหาสาเหตุขึ้น และทำการแก้ไขให้ทันกับความต้องการ

สรุปได้ว่า การพยากรณ์มีความสำคัญต่อการดำเนินงานในทุกๆ ด้านขององค์กร ผลที่ได้จากการพยากรณ์เป็นปัจจัยนำเข้าส่วนหนึ่ง (input) ของการวางแผนทุกประเภท จึงเป็นความจำเป็นที่ผู้บริหารจะต้องตระหนักถึงความสำคัญของการพยากรณ์ และสามารถเลือกใช้ประเภทของการพยากรณ์ที่เหมาะสม เพื่อนำผลของการพยากรณ์ไปใช้ในการวางแผนได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อไป

## 2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการใช้ข้อมูลปริมาณน้ำเพื่อวางแผนดำเนินการผลิตไฟฟ้าควบคุมโดยตัวแบบโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

หลักการของการของตัวแบบโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำคือในช่วงฤดูฝนจะพร่องน้ำในแต่ละเวลาที่กำหนดในปริมาณเท่าใดเพื่อให้มีปริมาตรว่างสำหรับรับปริมาณน้ำหลากที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยไม่เกิดการไหลล้นอ่างซึ่งจะก่อให้เกิดอุทกภัยบริเวณด้านท้ายอ่างเก็บน้ำหรือหากเกิดการไหลล้นอ่างเก็บน้ำก็ให้เกิดน้อยที่สุดและในขณะเดียวกันต้องรักษาปริมาณน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำสำหรับใช้ในฤดูแล้งซึ่งตัวแบบโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเส้นนี้เรียกว่า Upper Rule Curve (URC) และในช่วงฤดูแล้งจะรักษาปริมาณน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำในแต่ละเวลาที่กำหนดไว้เท่าใดและลดความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำแห้งอ่างเก็บน้ำซึ่งโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเส้นนี้เรียกว่า Lower Rule Curve (LRC) (ดร.ทองเปลว:2545)

การไหลของน้ำตามธรรมชาติจะมีความแตกต่างกันตามฤดูกาลการวางแผนการผลิตการบริหารจัดการน้ำเป็นเรื่องสำคัญมากดังนั้นจึงต้องมีเครื่องบริหารจัดการและควบคุมระดับน้ำให้เป็นไปตามความต้องการและให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านเศรษฐศาสตร์จึงต้องมีเส้นควบคุมหรือเส้นโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการน้ำให้เป็นไปตามความต้องการ

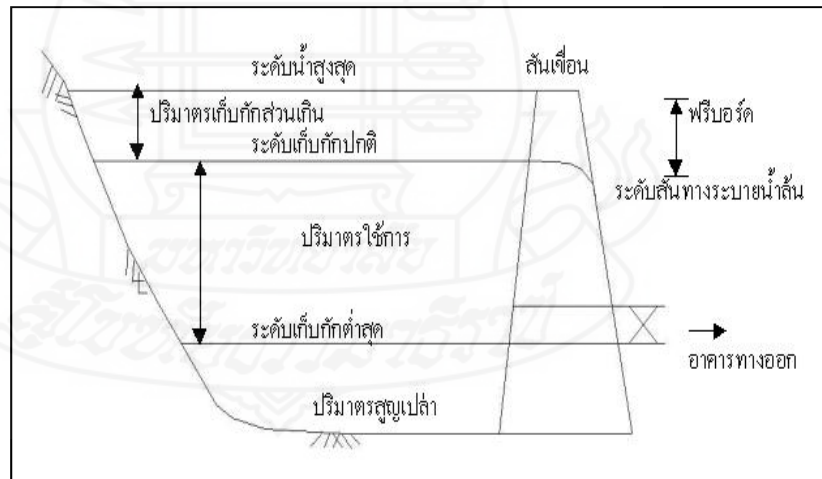
ดังนั้นการสร้างเส้นควบคุมจึงต้องใช้ข้อมูลสำหรับเป็นตัวแทนปริมาณน้ำ โดยแบ่งเป็นปีน้ำมาก ปีน้ำปกติ ปีน้ำน้อย มาเป็นตัวกำหนดเส้นโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ โดยการให้ปีน้ำมาก



เป็นเส้นโค้งขอบเขตบน (URC) ปีนํ้าน้อยเป็นเส้นโค้งขอบเขตล่าง (LRC) การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำจะต้องให้อยู่ในระหว่างขอบเขตล่างและ ขอบเขตบน

ข้อมูลการไหลเข้าอ่างของน้ำพบว่าช่วงฤดูฝนจะครอบคลุมระยะเวลา 5 เดือน นับตั้งแต่เดือน มิถุนายนถึงตุลาคม และอีก 7 เดือนที่เหลือเป็นช่วงฤดูแล้งเริ่มตั้งแต่เดือน พฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคม ในการบริหารจัดการระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำโดยพิจารณาจากอัตราการไหลของน้ำ จะเห็นได้ว่าควรเก็บกักน้ำในอ่าง ให้มีระดับน้ำสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้เมื่อสิ้นสุดฤดูฝนเพื่อให้มีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าในช่วงฤดูแล้งและ ระดับน้ำในอ่างจะอยู่ที่ระดับต่ำสุดในเดือน พฤษภาคม เพื่อจะทำให้อ่างเก็บน้ำมีพื้นที่ว่างเพียงพอสำหรับกักเก็บน้ำ ในช่วงฤดูในต่อไปเพื่อให้การสร้างเส้นโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสะท้อนให้เห็นถึงอัตราการไหลของน้ำตามธรรมชาติและความเป็นจริง

ดังนั้นจึงได้นำข้อสมมติฐานดังต่อไปนี้มาใช้ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างมีการบันทึกไว้เป็นเวลา 50ปี จากการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวพบว่าปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปีไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ 6,300 ล้านลูกบาศก์เมตร ในการกำหนดเส้นโค้งขอบเขตบน (URC) จะใช้ปริมาณน้ำ 7 เดือน ของฤดูแล้งในปีน้ำปกติและใช้น้ำปริมาณรายเดือน 5 เดือนของฤดูฝนในปีน้ำหลากมาเป็นตัวแทนของปริมาณน้ำสำหรับการสร้างเส้นโค้งขอบเขตบนการกำหนดเส้นขอบ เขตล่าง (LRC) ใช้ปริมาณน้ำรายปีในปีแห้งแล้งมาเป็นพื้นฐานเพื่อกำหนดปริมาณน้ำตัวแทนสำหรับสร้างเส้น โค้ง ขอบเขตล่าง



ภาพที่ 2.1 การแบ่งปริมาตรอ่างเก็บน้ำ

ที่มา: วราวุธ (2539)

ดังนั้น ใ้คงกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำจึงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ใช้เป็นแนวทางในการเก็บน้ำหรือระบายน้ำในชวงเวลาต่างๆ เพื่อให้การใช้งานของอ่างเก็บน้ำมีศักยภาพมากที่สุดและมีความจำเป็นที่ทุกอ่างเก็บน้ำต้องมีใ้คงกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำและในการสร้างใ้คงกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำนั้นต้องมีการเปลี่ยนแปลงทุก 3-5 ปี ทั้งนี้เนื่องจากอาจมีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางอุทกวิทยาและปริมาณความต้องการใช้น้ำแต่วิธีที่จะใช้ในการสร้างใ้คงกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำจะใช้วิธีใดก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลและความชำนาญของเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบแต่ขอให้พิจารณาถึงข้อจำกัดและโอกาสของแต่ละวิธีเป็นสำคัญ (ดร.ทองเปลว:2545)

### **ทฤษฎีการวางแผนการผลิต**

การวางแผนและควบคุมการผลิตแนวคิดใหม่ที่สอดคล้องกับกระแสธุรกิจในยุคไร้พรมแดน คือ การวางแผนและควบคุมการผลิตที่ยืดตลาคเป็นหลัก ซึ่งฝ่ายวางแผนการผลิตต้องพยายามทำความเข้าใจกับความต้องการของตลาด และปรับปรุงกระบวนการของการวางแผนและควบคุมการผลิตให้สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดได้อย่างรวดเร็ว ขอบข่ายการตัดสินใจการผลิต

ในปัจจุบันได้มีมีประยุกต์เอาวิธีการควบคุมการผลิตไปใช้ในงานต่างๆ อย่างกว้างขวาง ซึ่งวิธีการดังกล่าวคือ เทคนิคของแผนภูมิแกนต์ที่เป็นวิธีกำหนดตารางการทำงานอย่างง่าย ๆ เพื่อแสดงให้เห็นว่างานต่างๆ มีความสัมพันธ์กันจะเริ่มต้นทำงานเมื่อไร มีงานใดต้องทำก่อนหน้าหรือทำตามหลัง หรือต้องทำไปพร้อมๆ กัน รวมทั้งช่วยให้สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์เต็มที่

### **การวางแผนการผลิต (Production Planning)**

การวางแผนการผลิตเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานทั้งหมดขององค์กรตามระยะเวลาที่กำหนดขึ้นมาจากพยากรณ์และการสั่งซื้อจากลูกค้า ซึ่งจะถูกนำมาจัดทำเป็นแผนการใช้แรงงาน วัสดุคิบ และอุปกรณ์ ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยทั่วไปการวางแผนการผลิตแบ่ง 3 ประเภทคือ

#### **การวางแผนระยะยาว (Long Range Planning)**

การวางแผนการผลิตที่มีระยะเวลาครอบคลุมอยู่ในช่วง 3-5 ปี ซึ่งส่วนใหญ่่มักเกี่ยวข้องกับการวางแผนด้านความสามารถในการผลิตในอนาคต สำหรับของผลลัพธ์การวางแผนระยะยาวคือ กลยุทธ์การผลิต (Manufacturing Strategy) และแผนการผลิตประจำปี ซึ่งทำให้เกิดตารางการผลิตหลัก

#### **การวางแผนระยะกลาง (Medium Range Planning)**



การวางแผนการผลิตที่ครอบคลุมในช่วงระยะเวลา 1-12 เดือน โดยการวางแผนการผลิตรวม (Aggregate Production Planning) เป็นขั้นตอนแรกของการวางแผนการผลิตระยะกลาง เนื่องจากเป็นแผนที่สร้างเพื่อเชื่อมโยงความสามารถในการผลิตทั้งหมดที่มีอยู่ให้สอดคล้องกับความต้องการที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา เป็นการวางแผนแบบภาพรวมเพราะเป็นการจัดเตรียมทรัพยากรการผลิตให้สอดคล้องกับแผนการผลิต ภายใต้กำลังการผลิตที่ได้กำหนดไว้โดยมุ่งเน้นให้ต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด นอกจากนี้การวางแผนการผลิตระยะกลางยังเกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตหลัก

#### การวางแผนระยะสั้น (Short Range Planning)

การวางแผนการผลิตที่มีช่วงเวลารายสัปดาห์หรือรายวัน มักเรียกว่าการวางแผนระดับปฏิบัติการโดยกำหนดเวลาในการทำงานให้กับทรัพยากรการผลิตที่เกี่ยวข้อง เช่น แรงงาน เครื่องมือ เครื่องจักร รวมถึงช่วงเวลาในการปฏิบัติงานของแต่ละสถานงาน ทั้งนี้การวางแผนการผลิตระยะสั้นมุ่งเน้นเรื่องการจัดตารางการผลิต (Production Scheduling) เป็นหลัก ซึ่งถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายของระบบการวางแผนการผลิต โดยต้องมีความยืดหยุ่นค่อนข้างสูง เพื่อให้สอดคล้องกับสถานภาพของกระบวนการผลิต

#### การจัดตารางการผลิตหลัก (Master Production Scheduling)

ตารางการผลิตหลักคือ แผนการผลิตที่ระบุอย่างชัดเจนถึงผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ต้องทำการผลิต ปริมาณที่ต้องผลิต และเวลาที่จะต้องทำการผลิตให้เสร็จ โดยช่วงระยะเวลาของแผนมักเป็นรายสัปดาห์หรือรายเดือน การผลิตหลักสร้างขึ้นจากคำพยากรณ์หรือแผนการผลิตรวมที่ได้กำหนดไว้เป็นหลัก แต่สำหรับการผลิตตามสั่งการกำหนดตารางการผลิตหลักสร้างขึ้นจากใบสั่งของลูกค้าเป็นหลัก ตารางการผลิตหลักเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการกำหนดตารางหลัก (Master Scheduling Process)

#### การวางแผนกำลังการผลิต (Capacity Planning)

การวางแผนกำลังการผลิตคือ การวางแผนในการจัดสรรกำลังการผลิตที่มีอยู่ของหน่วยการผลิตไปตอบสนองความต้องการกำลังการผลิตที่เกิดจากการตัดสินใจทำการผลิตตามปริมาณที่ต้องการในช่วงเวลาต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ จุดประสงค์ของการวางแผนกำลังการผลิตคือ ลดงานระหว่างการผลิต เพื่อตอบสนองวันกำหนดส่งงาน เพื่อลดสภาพภาระงานสูงเกินไปและต่ำเกินไปให้น้อยลง เป็นต้น

การวางแผนกำลังการผลิตเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากถ้าพบว่ากำลังการผลิตในช่วงเวลาใดที่มีอยู่ไม่เพียงพอที่จะตอบสนองความต้องการที่วางแผนไว้ ผู้บริหารสามารถดำเนินการแก้ไขเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตได้ เช่น ทำล่วงเวลา เพิ่มกะการทำงาน

### การวางแผนกำลังการผลิตแบบคร่าวๆ (Rough-Cut Capacity Planning)

ภายหลังจากการกำหนดตารางการผลิตหลักในรอบแรกเสร็จ เรายังไม่อาจมั่นใจได้ว่า ตารางการผลิตดังกล่าวจะสามารถปฏิบัติได้ เราจะต้องมีการตรวจสอบภาระงานที่เกิดขึ้นบนหน่วยการผลิตที่สำคัญจากตารางผลิตหลักที่ได้จัดทำขึ้น เราเรียกว่าการตรวจสอบกำลังการผลิตในขั้นนี้ว่าการวางแผนกำลังการผลิตขั้นต้น (Rough-Cut Capacity Planning)

การวางแผนกำลังการผลิตขั้นต้น เป็นเทคนิคในการทวนสอบกำลังการผลิตในการดำเนินการตามตารางผลิตหลัก เพื่อเป็นการยืนยันว่าการผลิตที่กำหนดในตารางผลิตนั้นสามารถดำเนินการได้ โดยมีกำลังการผลิตรองรับอย่างเพียงพอ หากมีปัญหาด้านกำลังการผลิตผู้จัดทำตารางการผลิตจะต้องหาทางแก้ไข โดยหาทางปรับตารางการผลิตหลักใหม่ เพื่อให้กำลังการผลิตที่เกิดบนหน่วยผลิตมีความสมดุลยิ่งขึ้น เพราะนั่นจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงการวางแผนกำลังการผลิตที่มีประสิทธิภาพ สำหรับวัตถุประสงค์หลักของการวางแผนกำลังการผลิตขั้นต้นคือ เพื่อป้องกันการเกิดสถานะภาระงานเกินกำลังการผลิต (Overload) หรือสถานะภาระงานต่ำกว่ากำลังการผลิต (Underload) โดยไม่จำเป็น สถานะทั้งสองแสดงให้เห็นถึงการใช้กำลังการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น สำหรับวัตถุประสงค์อีกประการหนึ่งคือ เพื่อให้ตารางการผลิตหลักมีความน่าเชื่อถือและมีความมั่นใจในตารางการผลิตหลักที่กำหนดขึ้น

### ทฤษฎีการจัดตารางการผลิต

ปารเมศ (2546) ได้กล่าวถึง การจัดตาราง หมายถึง การจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้กับงานจำนวนหนึ่งภายใต้ระยะเวลาที่กำหนดให้ เพื่อที่จะทำให้องค์กรสามารถบรรลุถึงเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์สูงสุดขององค์กร และผู้จัดทำตารางการผลิตควรคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

ข้อจำกัดในการจัดตารางการผลิต

ข้อจำกัดด้านทรัพยากร (Resource Constraint)

ข้อจำกัดด้านทรัพยากรเกี่ยวข้องกับทรัพยากรที่มีความสามารถในการทำงานอย่างจำกัด เช่น เครื่องจักรเครื่องหนึ่งสามารถทำงานได้เท่ากับชิ้นงานเพียงชิ้นเดียวเท่านั้นที่เวลาใดเวลาหนึ่ง

ข้อจำกัดในการจัดลำดับก่อนหลังของการทำงาน (Precedence Constraint)

นิริมา (2549) ได้ศึกษาปัญหาของโรงงานเครื่องประดับตัวอย่างพบว่า การวางแผนและจัดตารางการผลิตจะใช้ประสบการณ์เป็นหลัก ขาดการกำหนดขั้นตอนรายละเอียดการผลิตที่ชัดเจน ทำให้การติดตามงานไม่มีประสิทธิภาพ และไม่ทราบกำลังการผลิตที่แท้จริง ทำให้การจัดตารางการผลิตเป็นไปอย่างไม่เหมาะสม ทำให้การผลิตไม่ทันตามกำหนด ผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือการ

ใช้เครื่องจักร มาตรฐานการทำงาน และหาเวลามาตรฐานของแต่ละผลิตภัณฑ์ เพื่อนำมาคำนวณหา กำลังการผลิตที่แท้ และได้ทำการปรับปรุงใบรายงานการบัญชีของผลิตภัณฑ์ และได้ประยุกต์ใช้ โปรแกรมไมโครซอฟต์โพรเจกต์เข้ามาช่วยในการวางแผนและจัดตารางการผลิต ผลการวิจัยพบว่า สามารถประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น 47.35 เปอร์เซ็นต์ และทำให้จำนวนครั้งการส่งมอบงาน ค่าใช้จ่ายลด 5.52 เปอร์เซ็นต์

#### การวางแผนการผลิต

ชุมพล ศฤงคารศิริ (2545) ได้กล่าวถึงระบบการผลิตไว้ว่า การผลิตเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการสร้างสิ่งใดขึ้นมา จากการใช้ทรัพยากรหรือปัจจัยการผลิตที่มีอยู่ดำเนินการผลิตจะเป็นไปตามลำดับขั้นตอนของการกระทำก่อนหลัง

การวางแผนเป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่และการวางแผนการใช้ทรัพยากรให้ตรงตามความคาดหมายที่ต้องการและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในแผนการผลิตจะกำหนดเป้าหมายย่อยๆ ไว้ในแผนกต่างๆ ในเทอมของเวลาที่กำหนดไว้ก่อนล่วงหน้า

การควบคุมเป็นขั้นตอนของการตรวจตราให้คำแนะนำและติดตามผลเกี่ยวกับการดำเนินงานโดยใช้การป้อนกลับของข้อมูล (Feedback Information) ในทุกๆ ขณะทำงานก้าวหน้าไป ผ่านกลไกการควบคุม (Control Mechanism) โดยที่กลไกนี้จะทำหน้าที่ปรับปรุงแผนงาน

### 3. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุนทรี นิลน้า (2537) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการพยากรณ์ค่าในอนาคตโดยวิธีแยกส่วนประกอบ วิธีวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรดัมมี่และตัวแปรตรีโกณมิติ โดยใช้ข้อมูลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองข้อมูลที่เขียนด้วยภาษาฟอร์เทน โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ผลการศึกษาพบว่าวิธีแยกส่วนประกอบสามารถสร้างสมการและให้ค่าพยากรณ์ได้ดีกว่าวิธีอื่น ทั้งอนุกรมเวลาขนาดสั้นและยาวที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาลเป็นแบบคูณ โดยเฉพาะกรณีฤดูกาลมีความแตกต่างกันน้อย วิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่สร้างสมการและให้ค่าพยากรณ์ได้ดีกว่าวิธีอื่น ทั้งอนุกรมเวลาขนาดสั้นและยาว สำหรับอนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้มมีอิทธิพลฤดูกาลเป็นแบบบวกและแบบคูณ อนุกรมเวลาที่แนวโน้มเป็นเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาลเป็นแบบบวกไม่ว่าดัชนีฤดูกาลมีความแตกต่างกันน้อยหรือมากก็ตาม วิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรตรีโกณมิติ สร้างสมการได้ดีสำหรับอนุกรมเวลาขนาดสั้นที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาลเป็นแบบคูณ

อนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้มหรือมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล ทั้งอนุกรมเวลาขนาดสั้นและยาว วิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี สร้างสมการและให้ค่าพยากรณ์ได้ดีเท่ากัน กรณีอนุกรมเวลามีขนาดและข้อสมมติต่างกัน สำหรับวิธีการพยากรณ์และลักษณะอนุกรมเวลาเดียวกัน ไม่ว่าจะอนุกรมเวลาจะมีขนาดสั้นหรือยาว อนุกรมเวลาที่มีค่า  $\sigma^2$  เท่ากับ 1 และ  $\sigma$  เท่ากับ 0.1 สร้างสมการและให้ค่าพยากรณ์ได้ดีกว่าค่าอื่น

กานต์พิชชา แดงอ่อน (2538) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีแยกส่วนประกอบ 3 วิธี ได้แก่ วิธีเฉลี่ยอย่างง่าย วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ และวิธี Census II กับอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลและการรวมกันแบบบวกและแบบคูณ โดยการสร้างอนุกรมเวลาขนาด 36 และ 60 สำหรับรูปแบบ กำหนดค่า  $\sigma^2$  เท่ากับ 1 และ 25 และค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลระดับสูงและต่ำ สำหรับรูปแบบคูณ กำหนดค่า  $\sigma^2$  เท่ากับ 0.04 และ 0.64 และค่าดัชนีฤดูกาลระดับสูงและต่ำรวม 32 ลักษณะละ 100 ชุด โดยใช้เทคนิคอนติคาร์โล ผลการศึกษาพบว่าวิธีเฉลี่ยอย่างง่ายจะเหมาะสมที่จะใช้ในการสร้างสมการพยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาที่มีการรวมกันแบบบวกทุกกรณีที่มีค่าความแปรปรวนสูง ส่วนวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่เหมาะสมที่จะใช้สร้างสมการพยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาที่มีการรวมกันแบบคูณในกรณีที่มีค่าความแปรปรวนต่ำและวิธี Census II เหมาะสมที่จะใช้ในการสร้างสมการพยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาที่มีการรวมกันแบบบวกแต่ต้องไม่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มรวมอยู่ด้วย

ชนพร มุฑุตานนท์ (2547) การเลือกเทคนิคการพยากรณ์โดยคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้อง การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธี ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรคัมมี วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ และวิธีปรับให้เรียบเอ็กโปเนนเชียลของโฮลท์และวินเทอร์ ข้อมูลที่นำมาใช้เป็นอนุกรมที่จำลองขึ้นให้การเคลื่อนที่ไหวเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาลที่มีการรวมตัวกันทั้งแบบบวกและแบบคูณ โดยอนุกรมเวลาที่จำลองขึ้นมี 4 ขนาด คือ 48, 60, 84 และ 108 เดือน กำหนดค่า  $\sigma^2$  ของแต่ละขนาดเป็น 1, 9, 25 และ 36 ค่าพารามิเตอร์  $\beta_1$  เท่ากับ 5 และ 20 และค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลทั้งแบบบวกและแบบคูณในระดับสูงและระดับต่ำ รวม 32 ลักษณะๆ ละ 1,000 ชุด โดยวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมเป็นวิธีให้ค่า MSE เล็ก น้อยที่สุด ผลการศึกษาพบว่า

สำหรับอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาลรวมกันเป็นแบบบวก วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาทุกลักษณะ ยกเว้นในกรณีที่ช่วงเวลากการพยากรณ์เป็นระยะสั้น และอนุกรมเวลาเป็น 60 เดือน วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ วิธีปรับให้เรียบเอ็กโปเนนเชียลของโฮลท์และวินเทอร์ ปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้อง ได้แก่ ความแปรปรวน ขนาดของอนุกรมเวลา และ ช่วงเวลากการพยากรณ์ สำหรับอนุกรมเวลาที่มี

การเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาลรวมกันเป็นแบบคูณ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลของโสลท์และวินเทอร์เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาทุกลักษณะ ยกเว้นใน 2 กรณีที่มีค่า  $\beta_1$  เท่ากับ 20 คือ กรณีที่ช่วงเวลาการพยากรณ์เป็นระยะสั้น ขนาดอนุกรมเวลาเป็น 60 เดือน และกรณีที่ช่วงเวลาการพยากรณ์เป็นระยะยาว ขนาดอนุกรมเวลาเป็น 48 และ 60 เดือน และกรณีที่เหมาะสมของทั้ง 2 กรณีนี้คือ วิธีตัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้อง ได้แก่ ความแปรปรวน ลักษณะแนวโน้ม ลักษณะฤดูกาล ขนาดของอนุกรมเวลา และช่วงเวลาพยากรณ์

เพ็ญญา คำธัญญา (2548) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาวิธีการพยากรณ์ โดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้อง ได้แก่ ขนาดของอนุกรมเวลา ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล และระยะเวลาการพยากรณ์ เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม สำหรับพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนและปริมาณปลาที่จับได้ในเขื่อนอุบลรัตน์ ด้วยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาและการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยอนุกรมเวลาที่ใช้ในการศึกษาเป็นอนุกรมเวลารายเดือน และรายไตรมาส อนุกรมเวลารายเดือนขนาด 48, 60, 84, 108, 132 และ 156 เดือน ส่วนอนุกรมเวลารายไตรมาสขนาด 20, 28, 36, 44, และ 52 ไตรมาส

Hla (1992) ใช้วิธี Stochastic Dynamic Programming (SDP) หากการดำเนินงานที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ ใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 1974 – 1989 วัตถุประสงค์ คือ การผลิตกระแสไฟฟ้ามากที่สุด ภายใต้ข้อจำกัด การปล่อยน้ำ ความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ และอื่นๆ ตอบสนองความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทาน การอุปโภคบริโภค และการผลิตกระแสไฟฟ้า ใช้แบบจำลองของ Thomas – Fiering สร้างข้อมูลน้ำทำในอนาคต 4 ชุดข้อมูล หากการดำเนินงานที่เหมาะสมสำหรับวัตถุประสงค์การผลิตกระแสไฟฟ้ามากที่สุด และทำการจำลองสภาพเพื่อตรวจสอบการดำเนินงาน เปรียบเทียบผลการดำเนินงานของเขื่อน โดยใช้ค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นตัวเปรียบเทียบ เปรียบเทียบผลจากการดำเนินงานที่ใช้ในขณะนั้น กับการดำเนินงานที่ศึกษา ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของตัวแปร โดยอยู่ในรูปของความน่าเชื่อถือของตัวแปรเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปร เปลี่ยนค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้วตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของวัตถุประสงค์

พรชัย ตู่ไชย (2535) ใช้วิธี Stochastic Dynamic Programming (SDP) ในการหา นโยบายที่เหมาะสม และเลือกอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์เป็นกรณีศึกษา ในการทำกรณีศึกษาได้พิจารณาวัตถุประสงค์รวม ซึ่งประกอบด้วย ผลประโยชน์จากการผลิตพลังงานไฟฟ้า การชลประทาน และการใช้น้ำอุปโภค-บริโภคสำหรับชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรม นโยบายการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม หาได้จากขบวนการ Optimization โดยใช้วิธี SDP และทดสอบนโยบายที่ได้โดยวิธีการจำลองสภาพการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำ สำหรับการจำลองสภาพ ได้สังเคราะห์แผนรายปี 30 ปี



จำนวน 20 ชุด โดยใช้แบบจำลอง Autoregressive Lag-One จากข้อมูลฝน และความคาดหมายการใช้ที่ดินในอนาคต สามารถหาปริมาณน้ำท่าเข้าอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลอง Regression ของ Boripun (1989) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความต้องการน้ำและปริมาณน้ำท่าด้วย จากการทดสอบการหานโยบายการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำ โดยใช้วิธี SDP พบว่าวิธีดังกล่าวสามารถให้นโยบายที่เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำ และเมื่อความต้องการใช้น้ำมากขึ้น ก็จะสามารถลดการเก็บกักได้ ซึ่งตรงตามสมมูลของน้ำเป็นรายปี

ธนะ บุญญศิริกุล (2543) ใช้วิธี Stochastic Dynamic Programming (SDP) ในการหานโยบายการจัดการสรรน้ำที่เหมาะสม และเลือกอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์เป็นกรณีศึกษา สำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำในสภาพจริง เพื่อศึกษานโยบายการจัดการสรรน้ำที่เหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับตัวแปรควบคุมหลายค่าสำหรับสภาพการจัดการจริงด้วยการวิเคราะห์ผลตอบแทนสูงสุด ซึ่งจากการจำลองการจัดการอ่างเก็บน้ำพบว่า นโยบายการจัดการน้ำที่ได้จากการศึกษาให้ผลตอบแทนที่ดีกว่า และมีประสิทธิภาพสูงกว่าการจัดการอ่างเก็บน้ำที่ใช้ในปัจจุบัน

รุ่งทิพย์ กนกศิลป์ (2544) ใช้วิธี Dynamic Programming (DP) ในการหานโยบายการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำเพื่อทำให้เกิดความขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดในสภาวะขาดแคลนนํ้าและสภาวะปกติ และพัฒนา Rule Curve ที่เหมาะสมเพื่อทำให้เกิดความขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด โดยเลือกอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์เป็นกรณีศึกษา และพิจารณาความต้องการน้ำ 3 ประเภท คือ การผลิตพลังงานไฟฟ้า การชลประทาน และการอุปโภคบริโภค-อุตสาหกรรม ในการพิจารณาการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำเป็นรายสัปดาห์โดยถือว่าสภาพการใช้พื้นที่ทำนํ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลง จากการศึกษาพบว่า Rule Curve ที่ปรับขึ้นใหม่สามารถตอบสนองความต้องการน้ำประเภทต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม และสามารถลดปริมาณความขาดแคลนนํ้าในปีที่ปริมาณนํ้าน้อย และปีต่อเนื่องหลังจากปีที่มีปริมาณนํ้าทำนํ้า

เฉลิมเกียรติ ทักษิณเวศน์ (2548) ฝนเป็นตัวแปรสำคัญในแบบจำลองทางชลศาสตร์ โดยเฉพาะในกรณีการวางแผนการบริหารทางด้านการจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำซึ่งต้องอาศัยการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมเพื่อวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแบบจำลองเชิงคาดคะเน ได้มีการพัฒนาขึ้นให้เหมาะสมและให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการพัฒนางานทางด้านทรัพยากรน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นกรณีศึกษา ใช้แบบจำลอง AP(p), MA(q), ARMA(p,q), ARIMA(p,d,q), ARIMA(P,D,Q)<sub>L</sub> ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายหลายวัน ตัวแปรที่ใช้เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนในอดีต 50 ปี พร้อมกับการสอบเทียบปริมาณฝน 4 ปี ของสถานีวัดปริมาณฝน 16 แห่ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในการศึกษาครั้งนี้ทำการวิเคราะห์เลือกแบบจำลองที่

เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณฝน ผลการวิเคราะห์จากชุดข้อมูลฝนราย 15 วัน พบว่าสมการอยู่ในรูปแบบ  $ARIMA(P,D,Q)_L$  ชุดข้อมูลฝนรายเดือนพบว่าสมการอยู่ในรูปแบบ  $ARIMA(P,D,Q)_L$  ส่วนชุดข้อมูลฝนรายปีพบว่าสมการอยู่ในรูปแบบ  $ARIMA(p,d,q)$  ผลการสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลฝนจริงปี พ.ศ. 2543 ถึง 2547 พบว่าแบบจำลองฝนราย 15 วัน มีความน่าเชื่อถือพอประมาณ ค่า  $R^2$  มีค่าอยู่ระหว่าง 0.40 ถึง 0.72 แบบจำลองฝนรายเดือน มีความน่าเชื่อถือพอสมควร ค่า  $R^2$  มีค่าอยู่ระหว่าง 0.47 ถึง 0.93 ส่วนแบบจำลองฝนรายปี มีความน่าเชื่อถือพอสมควร ค่า MAPE มีค่าไม่เกิน 20 เมื่อพิจารณาฝนเฉลี่ยรายเดือนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าค่า  $R^2$  มีค่าเท่ากับ 0.85 หากพิจารณาตามลุ่มน้ำจากการศึกษาพบว่า ลุ่มน้ำโขงมีค่า  $R^2$  มีค่าเท่ากับ 0.86 ลุ่มน้ำชีมีค่า  $R^2$  มีค่าเท่ากับ 0.72 และลุ่มน้ำมูลมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.79

ศิริพร กมลธรรม (2543) ได้วิเคราะห์รูปแบบน้ำฝนเชิงพื้นที่และเชิงเวลาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและสร้างฐานข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำฝน โดยการใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันจาก 264 สถานีครอบคลุมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นำค่ามัธยฐานของข้อมูลน้ำฝนในช่วงเวลาต่างๆ ไปประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ร่วมกับการถ่วงน้ำหนักแบบการลดลงเชิงเส้น ผลจากการวิเคราะห์คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีมีรูปแบบการเพิ่มจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปยังทิศตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดนครราชสีมาปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุด จังหวัดนครพนมและหนองคายมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของพื้นที่ด้านตะวันตกเฉียงใต้ของภาคสูงสุดในเดือนกันยายน ส่วนพื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของภาคสูงสุดในเดือนสิงหาคม จากการศึกษาค้นคว้าข้อสรุปผลการศึกษาสอดคล้องกับสภาพความจริงของพื้นที่ สามารถนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ใช้ในการพยากรณ์น้ำฝนได้ว่าสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของพื้นที่ได้

จักรพงษ์ แต้วิจิตร (2547) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างด้วยการวิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ Box – Jenkins เพื่อหาตัวแบบสมการที่เหมาะสมของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง แล้วพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างในอนาคต 12 เดือน และประยุกต์ใช้วิธี Genetic Algorithms (GAs) ในการหาโค้งปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ที่เหมาะสม เพื่อลดความขาดแคลนน้ำด้านท้ายอ่างเก็บน้ำ โดยพิจารณาความต้องการน้ำ 3 ประเภท คือ ความต้องการน้ำด้านชลประทาน การอุปโภค-บริโภค และความต้องการน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศวิทยาท้ายอ่าง ผลที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับการจัดการด้วยโค้งปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำแบบ Standard Operating Policy ในการศึกษาได้พัฒนาโปรแกรม GRCURVE มาช่วยในการวิเคราะห์และใช้โครงการอ่างเก็บน้ำทับเสลา อำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานีเป็นกรณีศึกษาทดสอบ

จากผลการศึกษาพบว่าโค้งปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำด้วยวิธี GAs สามารถลดความรุนแรงจากการขาดแคลนน้ำ ควบคุมปริมาณการไหลล้นให้น้อยลง ทั้งสามารถตอบสนองความต้องการน้ำในช่วงที่มีความต้องการน้ำได้สูงดีกว่าโค้งปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำแบบ Standard Operating Policy ในส่วนของการศึกษาการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างด้วยการวิเคราะห์อนุกรมเวลา พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างทับเสลาไม่มีอิทธิพลแนวโน้มแต่มีอิทธิพลฤดูกาลและรูปแบบ ARIMA (2,0,2)(2,1,2)<sup>12</sup> เป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการพยากรณ์อนุกรมเวลาปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างทับเสลา สรุปได้ว่า เทคนิคการพยากรณ์แบบ Box – Jenkins เป็นวิธีที่สามารถใช้ในการพยากรณ์อนุกรมเวลาปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างได้และมีความแม่นยำและวิธี GAs สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อหาโค้งปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำได้อย่างเหมาะสม

สมฤทัย ทะสวดกและคณะ (2548) แบบจำลอง KU-RuleCurves Version 1.0 ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้กำหนดระดับควบคุมที่เหมาะสมสำหรับอ่างเก็บน้ำให้สอดคล้องกับศักยภาพแหล่งน้ำ โดยวิธีการเงินดิกแอลกอริทึม แบบจำลองได้ออกแบบและพัฒนามาจากโปรแกรม ProRuleves\_1 ซึ่งได้มีการปรับปรุงโมเดลต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานได้จริงในหลายลักษณะเงื่อนไข ในการทดสอบแบบจำลองนี้ ได้ใช้กรณีศึกษาของการจัดการอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี ผลจากการใช้แบบจำลองได้โค้งปฏิบัติการสำหรับอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม โดยสามารถจัดการน้ำได้อย่างเหมาะสมระหว่างการเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำเพื่อลดการขาดแคลนน้ำและการพร่องน้ำในอ่างสำหรับรับน้ำเพื่อบรรเทาปัญหาน้ำท่วมของพื้นที่ด้านท้ายน้ำ ดังนั้นแบบจำลอง KU-RuleCurves Version 1.0 จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดระดับควบคุมที่เหมาะสมสำหรับอ่างเก็บน้ำที่ไม่มีการกำหนดระดับควบคุมมาก่อน และใช้เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของระดับควบคุมของอ่างๆ เดิมที่ใช้อยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้นำแบบจำลองนี้ออกเผยแพร่เพื่อเป็นแบบจำลองสาธารณสิทธิในการนำไปใช้งาน และศึกษาวิจัยต่อไป

พินชัย วิบูลศิริกุลและคณะ (2548) ขั้นตอนการสร้าง Rule Curves เพื่อการบริหารจัดการ เขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในการประเมินผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการเพื่อให้บรรลุข้อตกลงของสัญญาการซื้อขายไฟฟ้า (PPA) ของโครงการเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำที่ใช้เป็นตัวอย่างโครงการหนึ่งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องสร้าง Rule Curves ขึ้นเพื่อมาใช้สำหรับการศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากนั้น Rule Curves ยังมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโครงการ เพื่อให้การประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างคุ้มค่า และเรายังสามารถใช้ Rule Curves เป็นแนวทางในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในอนาคตได้อีกด้วย



ศูนย์ปฏิบัติการจัดสรรน้ำ (2550) การศึกษาเกณฑ์การปฏิบัติอ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยหลวง ปี 2550 มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการรักษาระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยหลวงให้เหมาะสมในแต่ละช่วงฤดูกาล เพื่อควบคุมและเก็บกักปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลากและบรรเทาปัญหาน้ำท่วมเพื่อให้ทราบถึงศักยภาพของแหล่งน้ำต้นทุนที่จำเป็นต้องจัดสรรน้ำให้กับการใช้ในกิจกรรมต่างๆ ให้บริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสถานะน้ำต้นทุนที่มีอยู่ เพื่อเป็นทางเลือกในการประยุกต์ใช้โปรแกรม Excel วิเคราะห์สมดุลน้ำแทนโปรแกรม Hec-3

ตัวแบบโคงปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจะสร้างขึ้นโดยยึดหลัก การผลิตกระแสไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงหรือทำให้มีการสูญเสียน้ำซึ่งมีโอกาสดันผ่านเขื่อนโดยเปล่าประโยชน์น้อยที่สุดในขณะเดียวกันต้องผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอและทันกับความต้องการใช้ไฟฟ้า แนวความคิดของตัวแบบโคงปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ คือ การบริหารจัดการระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาใดๆ ให้เป็นไปตาม ตัวแบบโคงปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ที่สร้างขึ้นมาในการสร้าง ตัวแบบโคงปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ นั้นมีเงื่อนไขมากมายที่ต้องนำมาพิจารณา เช่น ข้อกำหนดและเงื่อนไขของสัญญาการซื้อขายไฟ (PPA), ปริมาณน้ำในเดือนต่างๆ ดังนั้นการตั้งสมมติฐานจะตั้งขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการสร้าง ตัวแบบโคงปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ หลังจากได้ ตัวแบบโคงปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลทุกวิทยาดั้วแทนแล้ว เรายังมีการทดสอบการใช้ ตัวแบบโคงปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยการสร้างแบบจำลองการจัดการผลิตไฟฟ้าที่ข้อมูลปริมาณน้ำระยะยาว 50 ปี จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่า ตัวแบบโคงปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำและกฎเกณฑ์ของการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำสามารถใช้ได้เป็นอย่างดีกับข้อมูลชุดดังกล่าว โดยให้ผลลัพธ์เป็นไปตามเงื่อนไขของสัญญาการซื้อขายไฟฟ้าได้อีกด้วย

จากการทบทวน แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะพบว่ามีวิธีทางสถิติที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลายด้าน โดยเฉพาะการนำข้อมูลสถิติที่เกิดขึ้นมาเป็นเวลานานก็จะสามารถนำมากำหนดรูปแบบการจัดการน้ำเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งสามารถเป็นตัวแทนของข้อมูลแล้วนำไปสร้างตัวแบบโคงปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ได้แก่เส้นโคงขอบเขตบน เส้นโคงขอบเขตล่าง เพื่อเป็นแนวทางควบคุมระดับน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพจนเกิดมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงสุด และการพยากรณ์ด้วยเทคนิคอนุกรมเวลามีรูปแบบฤดูกาล โดยใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์และสถิติแบบต่างๆ มาสร้างตัวแบบ (Model) ด้วยการใช้ข้อมูลในอดีตหรือข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์มาทำการพยากรณ์ค่าของข้อมูลชุดนั้นในอนาคต และให้เกิดความแม่นยำ ถูกต้องและรวดเร็ว โดยประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ มีฟังก์ชันทางสถิติของโปรแกรม Excel ในการคำนวณ

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาสถิติเชิงปริมาณเรื่องการประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์เพื่อจัดการการผลิตไฟฟ้าของเขื่อนน้ำงึม 2 สปป.ลาว ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ดำเนินการศึกษาตามขั้นตอนดังนี้ คือ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ลักษณะการนำเสนอ
3. การวิเคราะห์ข้อมูล
4. การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์

#### 1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้ศึกษาได้รวบรวมข้อมูลจากสถิติของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างจากลำน้ำงึม สปป.ลาว อ้างอิงจากผลการศึกษา Rule Curves and Reservoir Simulation Studies for Nam Ngum 2 Hydroelectric Power Project Lao PDR by TEAM Consulting เป็นรายเดือนของรอบปีจากสถิติของเขื่อนน้ำงึม 1 โดยเริ่มจากเดือนมกราคมถึงธันวาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ.2497-2546 และนำข้อมูลล่าสุดที่รวบรวมจากข้อมูลจริงจากเครื่องมือวัดของเขื่อนน้ำงึม 2 คือปี พ.ศ.2551-2554 เพื่อนำข้อมูลมาใช้สำหรับพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง ส่วนข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ.2547-2550 ไม่มีข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำข้อมูลแสดงไว้ในตารางที่ 9 และ 10 ภาคผนวก

#### 2. ลักษณะการนำเสนอ

##### 2.1 การนำเสนอข้อมูลด้วยตาราง

หลังจากที่ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว ข้อมูลดิบ (Raw Data) ที่ได้ยังกระจัดกระจายไปเป็นระเบียบ จำเป็นต้องมีการนำมาจัดระเบียบหรือเรียบเรียงให้อยู่ในลักษณะที่เป็นตาราง แผนภูมิ หรือกราฟ การจัดการดังกล่าวเรียกว่า การนำเสนอข้อมูล (Data Presentation)

การนำเสนอข้อมูล หมายถึง การนำเอาข้อมูลที่ได้รวบรวมแล้วมาสรุปให้เห็นลักษณะสำคัญของข้อมูลชุดนั้นๆ เปรียบเทียบส่วนสำคัญๆ ออกมาอย่างชัดเจนเด่นชัด เพื่อให้ข้อมูลมีความหมายและเข้าใจได้ง่าย วัตถุประสงค์ของการนำเสนอข้อมูลที่สำคัญมี 2 ประการ ประการแรก เพื่อเป็นการเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ขั้นต้นต่อไป ประการที่สอง เป็นผลลัพธ์ขั้นสุดท้ายของการเสนอผลการสำรวจหรือการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อผู้บริหารหรือสาธารณชนผู้สนใจ เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจที่เกี่ยวข้อง ด้วยวัตถุประสงค์ทั้งสองประการดังกล่าวทำให้การนำเสนอข้อมูลต้องมีความชัดเจน ถูกต้องตามหลักการของศาสตร์ (Science) และมีความดึงดูดน่าสนใจตามหลักของศิลป์ (Art) หรือกล่าวโดยสรุปได้ว่า การนำเสนอข้อมูลต้องมีทั้งลักษณะที่เป็นศาสตร์และศิลป์ (Science and Art)

การนำเสนอข้อมูลทำได้หลายวิธี อาจนำเสนอในรูปแบบบทความ ตาราง แผนภูมิ กราฟ หรือใช้วิธีต่างๆ ผสมผสานกัน แต่ละวิธีมีข้อแตกต่างกันออกไป การจะนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีใดควรจะขึ้นกับลักษณะของข้อมูลเป็นสำคัญ

การนำเสนอข้อมูลนี้มีประโยชน์ในการดำเนินการ เพราะจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จะช่วยให้ผู้บริหารและผู้ใช้งานสามารถตัดสินใจได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น ดังนั้นข้อมูลจึงควรอยู่ในรูปที่สรุปเพื่อให้สะดวกต่อการอ่าน ช่วยให้ผู้บริหารเห็นลักษณะสำคัญของข้อมูล

## 2.2 ตารางทางสถิติ (Statistical table)

การนำเสนอข้อมูลทางธุรกิจด้วยตาราง (Tabular Presentation) เป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบย่อ แต่มีข้อเท็จจริงที่ต้องการเสนออยู่ครบ ทำให้สามารถหาข้อความที่ต้องการได้สะดวกรวดเร็ว ช่วยให้เปรียบเทียบได้ง่าย เพราะข้อความที่ต้องการได้รวมกันอยู่อย่างเป็นระเบียบ ไม่กระจัดกระจาย และบางครั้งอาจจะช่วยชี้บอได้ว่าควรวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีใด

ดังนั้น การนำเสนอข้อมูลด้วยตาราง คือการจัดข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ อ่านความหมายได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ตารางทางสถิติ (Statistical table) เป็นการจัดข้อมูลอย่างเป็นระบบทั้งในแนวตั้งและแนวนอน

หลักการสร้างตารางทางสถิติ โดยทั่วไปการสร้างตารางทางสถิติมีหลักการ ตารางทางสถิติทุกตาราง ประกอบด้วยชุดของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน โดยที่ในแต่ละตารางจะต้องแสดงความสัมพันธ์ในทางใดทางหนึ่ง แม้ว่าข้อมูลจะมีความสัมพันธ์ไขว้ได้หลายทางก็ตาม

## 2.3 แผนภูมิแท่งและกราฟเส้น

การนำเสนอข้อมูลทางธุรกิจด้านแผนภูมิ (Chart) เป็นการแสดงข้อมูลทางธุรกิจให้เป็นภาพชัดเจนขึ้น เข้าใจได้ง่าย และสามารถดึงดูดความสนใจของผู้อ่านได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับ

การนำเสนอข้อมูลโดยตาราง จะเห็นว่าแผนภูมิสามารถดึงดูดความสนใจได้มากกว่า ช่วยให้เห็นการแจกแจงความถี่ได้ชัดเจนขึ้นกว่าตารางตัวเลขธรรมดา และยังใช้วิเคราะห์ได้เหมือนวิธีคำนวณจากตาราง แผนภูมิ นอกจากจะใช้แสดงขนาด หรือความถี่ของข้อมูล ยังสามารถใช้ในการเปรียบเทียบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่างๆ ได้อีกด้วย การนำเสนอข้อมูลทำธุรกิจด้วยแผนภูมิมียหลายวิธี การจะเลือกใช้วิธีใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล ตัวอย่างเช่น หากข้อมูลทางธุรกิจนั้นเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ก็มักจะนำเสนอข้อมูลนั้นโดยใช้แผนภูมิแท่ง (Bar Chart) แผนภูมิรูปวงกลม (Pie Chart) แผนภูมิรูปภาพ (Pictograms) แผนภูมิแบบแผนที่ (Statistical maps) และอื่นๆ แต่หากข้อมูลทางธุรกิจนั้นเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ เราอาจจะนำเสนอข้อมูลนั้นโดยใช้ฮิสโตแกรม (Histogram) แผนภูมิก้านและใบ (Stem and Leaf displays) รูปหลายเหลี่ยม (Polygon) เส้นโค้งของความถี่สะสม (Cumulative frequency curve or give) และอื่นๆ นอกจากลักษณะข้อมูลดังกล่าวข้างต้นแล้ว ลักษณะของข้อมูลทางธุรกิจที่เรามักจะพบมากก็คือ ข้อมูลเชิงเวลา (Chronological data) การนำเสนอข้อมูลประเภทนี้มักจะใช้กราฟเส้น (Line Graph)

#### 2.4 แผนภูมิแท่ง (Bar Chart)

แผนภูมิแท่ง เป็นการนำเสนอข้อมูลอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก มักจะใช้กับข้อมูลเชิงคุณภาพ แผนภูมิแท่งจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ และแสดงให้เห็นถึงปริมาณของข้อมูลในแต่ละชุดข้อมูลแท่งแต่ละแท่ง (Bar) จะแสดงถึงชั้นหรือประเภท (Categories) ต่างๆ ของข้อมูล ความกว้างของแต่ละแท่งจะเท่ากันตลอดแท่ง ส่วนความสูงของแท่งจะแทนความถี่ของข้อมูล วัตถุประสงค์ของการนำเสนอข้อมูลแบบแผนภูมิแท่งก็เพื่อการเปรียบเทียบข้อมูลหรือแสดงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล

#### 2.5 กราฟเส้น (Line Graph)

กราฟเส้น เป็นการนำเสนอข้อมูลอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากข้อมูลบางอย่างเป็นข้อมูลเชิงเวลา กราฟเส้นจะเสนอข้อมูลในรูปเส้นตรง ซึ่งจะชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ ดังนั้น บางครั้งเราอาจเรียกการนำเสนอข้อมูลวิธีนี้ว่า กราฟเส้นอนุกรมเวลา (time series graph) นอกจากจะชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลแล้ว กราฟเส้นยังอาจใช้พยากรณ์แนวโน้มของข้อมูลชุดนั้นในอดีตและอนาคต

#### 2.6 ตารางการผลิตหลัก (Master Production Scheduling)

แผนการผลิตที่ระบุอย่างชัดเจนถึงสิ่งที่ต้องทำการผลิต ปริมาณที่ต้องผลิต และเวลาที่จะต้องทำการผลิตให้เสร็จ โดยช่วงระยะเวลาของแผนเป็นรายเดือนในรอบปี สำหรับตารางการผลิตหลักสร้างขึ้นจากค่าพยากรณ์หรือแผนการผลิตรวมที่ได้กำหนดไว้เป็นหลัก แต่สำหรับการ

ผลิตตามสั่งการกำหนดตารางการผลิตหลักสร้างขึ้นจากการสั่งของลูกค้าเป็นหลัก ตารางการผลิตหลักเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการกำหนดตารางหลัก (Master Scheduling Process)

กระบวนการกำหนดตารางหลักมีข้อมูลป้อนเข้า คือ ค่าพยากรณ์ความต้องการผลิตไฟฟ้า (Demand Forecast) ในแต่ละช่วงเวลา และข้อมูลด้านกำลังการผลิต มากำหนดตารางการผลิต โดยผู้จัดตารางหลักต้องประมาณการความต้องการรวมของการผลิต

### 3. การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์

ข้อมูลในการศึกษาคือ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ เขื่อนน้ำจิม 2 ช่วงปี พ.ศ.2497-2546 และปี พ.ศ.2551-2554 ในรอบ 12 เดือน เป็นข้อมูลทุติยภูมิในรูปแบบของตาราง โดยแบ่งข้อมูลเป็นราย 12 เดือน เริ่มตั้งแต่ เดือน มกราคม ถึง ธันวาคม ของทุกปี มีหน่วยวัดเป็น ล้านลูกบาศก์เมตร

#### 3.1 ตัวแบบของโคงปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

ข้อกำหนดในการผลิตพลังงาน ไฟฟ้าเพื่อให้ได้มูลค่าสูงสุดต้องรักษาระดับน้ำให้เป็นไปตามตัวแบบโคงกฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำที่ดีจะต้องปฏิบัติตามกฎของโคงปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำ เพราะจะทำให้ทราบถึงปริมาณของไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งค่าสูงสุดและต่ำสุดที่สามารถผลิตได้ และลดความเสี่ยงเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าไม่เป็นไปตามแผน วัตถุประสงค์ของโคงกฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำคือ

- ใช้สำหรับดำเนินการวางแผนการผลิตไฟฟ้า
- ใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของคู่สัญญา
- ใช้สำหรับเป็นแนวทางควบคุมระดับน้ำให้เป็นไปตามกำหนด

#### 3.2 การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเพื่อวางแผนผลิตไฟฟ้า

การวางแผนและควบคุมการผลิต จำต้องประมาณการความต้องการที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่งในอนาคต ทั้งนี้เพื่อจะได้จัดเตรียมปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต่อการผลิตไว้ให้พร้อม การพยากรณ์การผลิตเป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการวางแผนและควบคุมการผลิต ดำเนินการดังต่อไปนี้

- 3.2.1 ใช้ข้อมูลปริมาณของน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปี พ.ศ.2551-2554
- 3.2.2 วิเคราะห์ข้อมูลสถิติเชิงปริมาณ
- 3.2.3 การแตกข้อมูลอนุกรมเวลา
- 3.2.4 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง

### 3.2.5 การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างรอบ 12 เดือน ปี พ.ศ.2556-2558

การวางแผนการผลิตเกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน ตามระยะเวลาที่กำหนดขึ้นมามีค่าพยากรณ์ ซึ่งจะถูกนำมาจัดทำเป็นแผนการผลิตไฟฟ้าเป็นการวางแผนระยะยาว (Long Range Planning) การวางแผนการผลิตที่มีระยะเวลาครอบคลุมอยู่ในช่วง 3-5 ปี ซึ่งส่วนใหญ่มักเกี่ยวข้องกับการวางแผนด้านความสามารถในการผลิตในอนาคต สำหรับของผลลัพธ์การวางแผนระยะยาวคือ กลยุทธ์การผลิต (Manufacturing Strategy) และแผนการผลิตประจำปี

## 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 นำข้อมูลจากสถิติน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมาจัดไว้ในรูปแบบของตารางโดยจัดเป็น 2 ช่วงเริ่มต้นในปี พ.ศ.2497-2546 ของเขื่อนน้ำจี้ม 1 และช่วงปี พ.ศ.2551-2554 ของเขื่อนน้ำจี้ม 2

4.2 การประยุกต์ใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย

4.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย (Average) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

4.2.2 การแตกข้อมูลอนุกรมเวลา (Decomposition of time series)

4.3 การสร้างตัวแบบโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในรอบ 12 เดือน

4.4 นำค่าพยากรณ์ไปวางแผนดำเนินการผลิตไฟฟ้า ปี พ.ศ.2556-2558



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูล ผู้ศึกษาได้แบ่งการนำเสนอเป็น 2 ตอน จำแนกตามแนวทางการศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์เพื่อการจัดการดำเนินงานผลิตไฟฟ้าของ เขื่อนน้ำจึม 2 สปป.ลาว ผู้ศึกษาได้รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเป็น 2 ช่วง คือข้อมูลของเขื่อนน้ำจึม 1 ปี พ.ศ.2497-2546 และข้อมูลของเขื่อนน้ำจึม 2 ปี พ.ศ.2551-2554

ผลการวิเคราะห์วัตถุประสงค์สามารถนำเทคนิคทางสถิติมาประยุกต์ใช้วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อดำเนินการวางแผนผลิตไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การสร้างตัวแบบโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curves)

ตอนที่ 2 การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเพื่อการวางแผนผลิตไฟฟ้า

#### ตอนที่ 1 การสร้างตัวแบบโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curves)

การสร้าง Rule Curves ขึ้นมานั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ โดยให้การผลิตกระแสไฟฟ้าของโครงการเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในสัญญาซื้อขายไฟฟ้า และโครงการสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดตามศักยภาพที่มีอยู่ เพื่อให้โครงการฯ มีผลประโยชน์สูงสุดและเพื่อการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า

Rule Curves จะสร้างขึ้นมาโดยยึดหลักการการผลิตกระแสไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดหรือทำให้มีการสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์น้อยที่สุด ในขณะที่เดียวกันต้องผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการใช้ไฟฟ้าหรือลดความเสี่ยงของกรณีไฟตก แนวความคิดของ Rule Curves คือ การบริหารจัดการระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาใดๆ ให้เป็นไปตาม Rule Curves ที่สร้างขึ้น

นอกจากนี้ Rule Curves ไม่เพียงแต่ช่วยผู้ประกอบการใช้สำหรับการวางแผนระยะยาวในการผลิตไฟฟ้าเท่านั้น แต่ยังช่วยในการวางแผนการผลิตไฟฟ้าระยะสั้นด้วย เช่น แผนการผลิตรายสัปดาห์และรายวันซึ่งสามารถทำได้อย่างง่ายดายและถูกต้องโดยการปรับแต่งการบริหารจัดการ Rule Curves ด้วยข้อมูลระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เป็นรายวัน

### การตั้งสมมติฐาน

เนื่องจากการไหลของน้ำตามธรรมชาติจะมีแตกต่างกันตามฤดูกาลในแต่ละเดือนและในแต่ละปี ดังนั้นการสร้าง Rule Curves จึงต้องใช้ข้อมูลสำหรับเป็นตัวแทนของปีน้ำมาก ปีน้ำปกติ และปีน้ำแล้ง มาเป็นตัวกำหนดหรือสร้าง Rule Curves กล่าวคือ ปริมาณน้ำตัวแทนปีน้ำมากจะใช้สร้างเส้นขอบเขตบน (Upper Rule Curves : URC) และปริมาณน้ำตัวแทนปีน้ำแล้งจะใช้สร้างเส้นขอบเขตล่าง (Lower Rule Curves : LRC) โดยการบริหารจัดการน้ำในปีต่างๆ จะต้องพยายามควบคุมให้อยู่ในช่วงระหว่าง URC และ LRC

จากข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ พบว่า ช่วงฤดูฝนจะครอบคลุมระยะเวลา 5 เดือน นับตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม และอีก 7 เดือนที่เหลือจะเป็นช่วงแล้งเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคม ในการบริหารจัดการระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำโดยพิจารณาจากอัตราการไหลของน้ำ จะเห็นได้ว่าการผลิตไฟฟ้าในช่วงฤดูแล้งและระดับน้ำในอ่างจะอยู่ที่ระดับต่ำสุดในเดือนพฤษภาคมเพื่อจะทำให้อ่างเก็บน้ำมีพื้นที่ว่างเพียงพอสำหรับกักเก็บน้ำในช่วงฤดูฝนต่อไป เพื่อให้การสร้าง Rule Curves สะท้อนให้เห็นถึงอัตราการไหลของน้ำตามธรรมชาติและความเป็นจริง พินชัย วิบูลศิริกุลและคณะ (2548) ดังนั้นจึงได้นำข้อสมมติฐานดังต่อไปนี้มาใช้

- ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำใช้ข้อมูลซึ่งมีการบันทึกไว้เป็นเวลา 50 ปี จากการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวพบว่าปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปีไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ 6,300 ล้านลูกบาศก์เมตร, 7,500 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับปีน้ำมาก และ 5,000 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับปีน้ำแล้ง

- ในการกำหนด URC ใช้ปริมาณน้ำรายเดือน 7 เดือนของฤดูแล้งในปีน้ำปกติ และใช้ปริมาณน้ำรายเดือน 5 เดือนของฤดูฝนในปีน้ำหลากมาเป็นตัวแทนของปริมาณน้ำสำหรับใช้สร้าง URC โดยมีปริมาณน้ำรายปีเท่ากับ 7,500 ล้านลูกบาศก์เมตร

- การกำหนด LRC ใช้ปริมาณน้ำรายปีในปีแล้งแห่งมาเป็นพื้นฐานเพื่อกำหนดปริมาณน้ำ ตัวแทนสำหรับใช้สร้าง LRC โดยมีค่าปริมาณน้ำรายปีเท่ากับ 5,000 ล้านลูกบาศก์เมตร

- ในช่วงสิ้นสุดของฤดูฝน เช่น สิ้นเดือนตุลาคม ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำจะถูกกักเก็บไว้ที่ระดับกักเก็บสูงสุด คือ 375.00 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง สำหรับปีน้ำมาก และสำหรับปีน้ำแล้งระดับน้ำในอ่างจะถูกเก็บไว้ที่ระดับ 367.88 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง ในขณะที่ช่วงสิ้นสุดฤดูแล้ง เช่น สิ้นเดือนพฤษภาคม ระดับน้ำในอ่างจะถูกกักเก็บไว้ที่ระดับ 344.72 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง สำหรับปีน้ำมาก และระดับน้ำในอ่างจะถูกกักเก็บไว้ที่ระดับ 345.00 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง สำหรับปีน้ำแล้ง

- อัตราการใช้น้ำในการผลิตไฟฟ้าขึ้นอยู่กับค่าประสิทธิภาพของเครื่องผลิตไฟฟ้าซึ่งได้จากผู้ผลิต

- การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำจะดำเนินตามเงื่อนไขของสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

Rule Curves จะสร้างขึ้นโดยยึดหลักการ การผลิตไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุดหรือทำให้มีการสูญเสียน้ำซึ่งมีโอกาสผันผ่านเขื่อนโดยเปล่าประโยชน์น้อยที่สุด ในขณะที่เดียวกันต้องผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการใช้ไฟฟ้าหรือลดความเสี่ยงของกรณีไฟตก แนวความคิดของ Rule Curves คือ การบริหารจัดการระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาใดๆ ให้เป็นไปตาม Rule Curves ที่สร้างขึ้นมา

ในการสร้าง Rule Curves นั้นมีเงื่อนไขมากมายที่ต้องนำมาพิจารณา เช่น ข้อกำหนดและเงื่อนไขของสัญญาซื้อขายไฟ (PPA), ปริมาณน้ำในเดือนต่างๆ ดังนั้นการตั้งสมมติฐานจะตั้งขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการสร้าง Rule Curves หลังจากได้ Rule Curves ที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลอุทกวิทยาตัวแทนแล้ว เรายังมีการทดสอบการใช้ Rule Curves โดยการสร้างแบบจำลองการบริหารจัดการการผลิตไฟฟ้าที่มีข้อมูลปริมาณน้ำระยะยาว 50 ปี

ข้อมูลที่นำมาจัดทำตัวแบบ ใ้คงปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำอ้างอิงจากผลการศึกษา Rule Curves and Reservoir Simulation Studies for Nam Ngum 2 Hydroelectric Power Project Lao PDR by TEAM Consulting และได้ปรับปรุงแก้ไขข้อมูลบางส่วนเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพปัจจุบัน การเก็บรวบรวมข้อมูลการไหลเข้าของปริมาณน้ำใช้ข้อมูลน้ำเริ่มต้น ปี พ.ศ.2497-2546 เป็นระยะเวลา 50 ปี ดังแสดงในตารางที่ 9 ภาคผนวก

การกำหนดปี น้ำปกติ น้ำมาก นำน้อยหาได้จาก

ปีน้ำปกติ = ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง

ปีน้ำมาก = (ค่าเฉลี่ยของปริมาณของน้ำไหลเข้าอ่าง)+(ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ปีน้ำน้อย = (ค่าเฉลี่ยของปริมาณของน้ำไหลเข้าอ่าง)-(ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างช่วง ปี พ.ศ.2497-2546

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
ค่าเฉลี่ย	157.1	121.1	119.4	126.2	241.7	621.0	1,233.9	1,555.3	1,148.1	518.2	272.0	186.6	6,300.0
ค่าสูงสุด	239.0	199.9	331.0	320.5	563.0	1,156.5	2,626.2	2,814.0	2,487.4	1,054.6	500.1	254.5	9,513.1
ค่าต่ำสุด	67.1	50.2	49.3	54.7	85.4	217.6	521.5	749.1	569.6	188.1	116.5	81.5	3,948.4

### วิธีการคำนวณ

การหาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำรอบ 12 เดือน

$$= (157.1+121.1+119.4+126.2+241.7+621.0+1,233.9 \\ +1,555.3+1,148.1+518.2+272.0+186.6) \div 12 \\ = 6,300$$

การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N}} \\ = \sqrt{\frac{68,156,024.2}{50}} \\ = 1,168$$

### การสร้างเส้นโค้งขอบเขตบน (Upper Rule Curve: URC)

(1) ขั้นตอนที่ 1 : สำหรับในช่วง 7 เดือนของฤดูแล้ง

- ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในระหว่าง 7 เดือนของฤดูแล้งนั้น สามารถหาได้จากผลต่างของความจุของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 375.00 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง กับความจุของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 344.72 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง บวกกับผลรวมของ ปริมาณน้ำรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างฯ ของปีน้ำปกติในช่วงเวลาเดียวกัน แล้วลบด้วยปริมาณการระเหย ของน้ำในอ่างเก็บน้ำ คือปริมาณน้ำรวมสำหรับการบริหารจัดการในช่วงฤดูแล้ง โดยการที่ปล่อยออก จากอ่างฯ ในปริมาณที่เท่าๆ กัน

- จากที่เราทราบปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างฯ และปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่างฯ ใน แต่ละเดือนและรู้ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำตอนเริ่มต้นคือสิ้นเดือนตุลาคม ทำให้เราสามารถคำนวณหา ระดับน้ำในอ่างตอนสิ้นเดือนของ 7 เดือนในฤดูแล้ง ได้จากการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Water Balance)

- เมื่อเรารู้ค่าระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยรายเดือน ทำให้สามารถประมาณค่ากำลัง ผลิตกระแสไฟฟ้าในเดือนนั้นๆ ได้

- เมื่อเรารู้ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้า ทำให้สามารถคำนวณอัตราการใช้น้ำสำหรับการ ผลิตไฟฟ้าได้

- จากปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างฯ และอัตราการใช้น้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้า จึงทำให้สามารถคำนวณพลังงานที่ผลิตในเดือนนั้นๆ ได้

- จำนวนชั่วโมงสำหรับการผลิตพลังงานในเดือนนั้นๆ สามารถคำนวณได้จากพลังงานที่ผลิตได้กับกำลังการผลิต

ดังนั้นสรุปได้ว่า ค่าขอบเขตบนของ Rule Curves (URC) สำหรับขั้นตอนที่ 1 หรือในช่วง 7 เดือนของฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคม) สามารถกำหนดได้โดยบริหารจัดการปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างฯ เท่าๆ กัน

(2) ขั้นตอนที่ 2 : สำหรับในช่วง 5 เดือนของฤดูฝน

- ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในระหว่าง 5 เดือนของฤดูฝนนั้น สามารถหาได้จาก ผลรวมของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างรายเดือนของปีน้ำหลากในช่วง 5 เดือนนี้ลบ ด้วยผลต่างความจุของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 375.00 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง กับความจุของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 344.72 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง และลบด้วยปริมาณการระเหยของน้ำในอ่าง ซึ่งการบริหารจัดการปริมาณน้ำรายเดือนที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าใน 5 เดือนนั้น จะมีค่าไม่เท่ากันในแต่ละเดือนขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างฯ

- จำนวนชั่วโมงในการผลิตไฟฟ้าในเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมถูกกำหนดไว้ให้ไม่เกิน 16 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นจึงสามารถคำนวณปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างในแต่ละเดือนได้

- ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ สิ้นเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมนั้นสามารถคำนวณได้จากการสมดุลปริมาณที่ไหลเข้าอ่างกับปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่าง

- ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ สิ้นเดือนสิงหาคม, กันยายนและตุลาคม สามารถคำนวณได้จากการสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Water Balance)

- จากความรู้ค่าระดับในอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน ทำให้สามารถคำนวณกำลังการผลิต, พลังงานและจำนวนชั่วโมงในการผลิตได้

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการสร้างเส้นโค้งขอบเขตบน (Upper Rule Curve: URC)

รายละเอียด	เดือน												รวม
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
<b>เส้นโค้งขอบเขตล่าง</b>													
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ด้าน ลูกบาศก์เมตร)	160	120	120	130	240	820	1440	1770	1370	740	270	320	7,500.00
ปริมาณน้ำที่ระบายเพื่อผลิตไฟฟ้า (ด้าน ลูกบาศก์เมตร)	550	500	550	540	550	600	620	770	780	720	540	550	7,270.00
ระดับน้ำเหนือเขื่อน (เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง)	364.29	359.98	354.73	349.26	344.72	348.11	358.41	369.19	374.88	375.00	372.35	370.01	
ระดับน้ำเหนือเขื่อนเฉลี่ย (เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง)	366.37	362.13	357.36	352.00	346.99	346.41	353.26	363.80	372.03	374.94	373.67	371.18	
พลังไฟฟ้า (เมกะวัตต์)	575.91	551.25	523.41	493.20	465.25	462.06	500.13	561.02	596.60	596.60	596.60	596.60	
พลังงานไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	216.77	190.38	197.17	186.08	182.89	198.72	215.61	290.11	314.34	297.49	220.68	220.07	2,730.32
ผลิตไฟฟ้า (ชั่วโมงต่อวัน)	15.68	14.39	15.70	15.72	16.38	17.92	17.96	21.55	21.95	20.78	15.41	15.37	17.40

ตัวอย่างวิธีการคำนวณ ตามตารางที่ 4.2 ข้อมูลเดือน มกราคม ดังนี้  
ขั้นตอนที่ 1 หากระดับน้ำเหนือเขื่อน

สูตรการคำนวณ

$$\begin{aligned} V_a &= V_p + I_n - O_t - E_v \\ &= 4,213 + 160 - 550 - 9 \\ &= 3,814 \end{aligned}$$

โดยที่ :

- $V_a$  = ปริมาตรของน้ำในอ่างเก็บน้ำท้ายเขื่อน (MCM)
- $V_p$  = ปริมาตรของน้ำในอ่างเก็บน้ำ (MCM)
- $I_n$  = ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (MCM)
- $O_t$  = ปริมาณน้ำระบายผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (MCM)
- $E_v$  = ปริมาณน้ำที่ระเหย (MCM)

ขั้นตอนที่ 2 นำปริมาตรน้ำที่ได้จากการคำนวณเทียบในตารางที่ 2 และ 5 ภาคผนวก  
เพื่อหาระดับน้ำ (m.asl)

$$L_a = (L_e + L_f) / 2$$



$$= (364.09 + 368.45) / 2$$

$$= 366.37 \text{ m.asl}$$

โดยที่ :  $L_e$  = ระดับน้ำเหนือเขื่อนปลายเดือน (m.asl)

$L_f$  = ระดับน้ำเหนือเขื่อนต้นเดือน (m.asl)

$L_a$  = ระดับน้ำเฉลี่ย (m.asl)

ขั้นตอนที่ 3 นำระดับน้ำในขั้นตอนที่ 2 เทียบค่าในตารางที่ 1 ภาคผนวกเพื่อหาพลังงานไฟฟ้า (MW)

$$P = 575.91 \text{ MW}$$

โดยที่ :  $P$  = พลังไฟฟ้า (MW)

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาพลังงานไฟฟ้า (GWh)

สูตรการคำนวณ

$$P_t = O_t / W_a$$

$$= 550 / 2.53$$

$$= 216.77 \text{ GWh}$$

โดยที่:  $P_t$  = พลังงานไฟฟ้า (GWh)

$W_a$  = อัตราการใช้ไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้า ( $\text{m}^3 / \text{kWh}$ )

$O_t$  = ปริมาณน้ำระบายผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (MCM)

สัญลักษณ์ : MCM คือ million cubic meter

m.asl คือ meters above sea level

$\text{m}^3 / \text{kWh}$  คือ cubic meters per kilowatt hours

GWh คือ Gigawatt hours

MW คือ Megawatt

การจัดทำเส้นโค้งขอบเขตบนได้จากการนำค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Inflow) คือ 6,300 บวกด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) คือ 1,168 ล้าน ลูกบาศก์เมตรจะได้ค่าประมาณน้ำรวมคือ 7,500 ล้าน ลูกบาศก์เมตร ซึ่งในแต่ละเดือนก็จะมีการระบายน้ำรวม (Out Flow) คือ 7,270 ล้าน ลูกบาศก์เมตร ตามตารางที่ 4 ภาคผนวก จากนั้นจะได้ระดับน้ำของเส้นขอบเขตบน ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ระดับน้ำต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม คือ 344.72 เมตร (เหนือ

ระดับทะเลปานกลาง) เป็นค่ากักเก็บน้ำต่ำสุดและค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม คือ 375.00 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) ซึ่งเป็นระดับกักเก็บน้ำสูงสุดที่เขื่อนรองรับได้ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้คือ 2,730.32 ล้านหน่วย ชั่วโมงการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยคือ 17.40 ต่อวัน ตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้าค่าเฉลี่ยไม่เกิน 16 ชั่วโมงต่อวัน ระดับน้ำกักเก็บเมื่อสิ้นเดือนธันวาคม คือ 370.01 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง)

### การสร้างเส้นโค้งขอบเขตล่าง (Lower Rule Curve: LRC)

เส้นขอบเขตล่างจะเป็นตัวแทนบริหารจัดการของปีน้ำน้อย โดยมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างประมาณ 5,000 ล้าน ลูกบาศก์เมตร

#### (1) ขั้นตอนที่ 1 : สำหรับในช่วง 7 เดือนของฤดูแล้ง

- ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในระหว่าง 7 เดือนของฤดูแล้งนั้นสามารถหาได้จากผลต่างของความจุของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 367.88 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง กับความจุของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 345.00 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง บวกกับผลรวมของปริมาณน้ำรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างในช่วงเวลาเดียวกัน แล้วลบด้วยปริมาณการระเหยของน้ำในอ่างเก็บน้ำ จะเป็นปริมาณน้ำรวมสำหรับใช้บริหารจัดการตลอดช่วงฤดูแล้ง

- จากการที่เราทราบอัตราการไหลที่ปล่อยออกจากอ่างฯ และระดับน้ำในอ่างเมื่อสิ้นเดือนตุลาคมทำให้เราสามารถคำนวณ ระดับน้ำในอ่างฯ ในช่วงสิ้นเดือนต่างๆ กำลังการผลิตไฟฟ้า, พลังงานที่ผลิตได้และจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในแต่ละเดือนก็สามารถคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เช่นเดียวกับการคำนวณของ URC

#### (2) ขั้นตอนที่ 2 : สำหรับในช่วง 5 เดือนของฤดูฝน

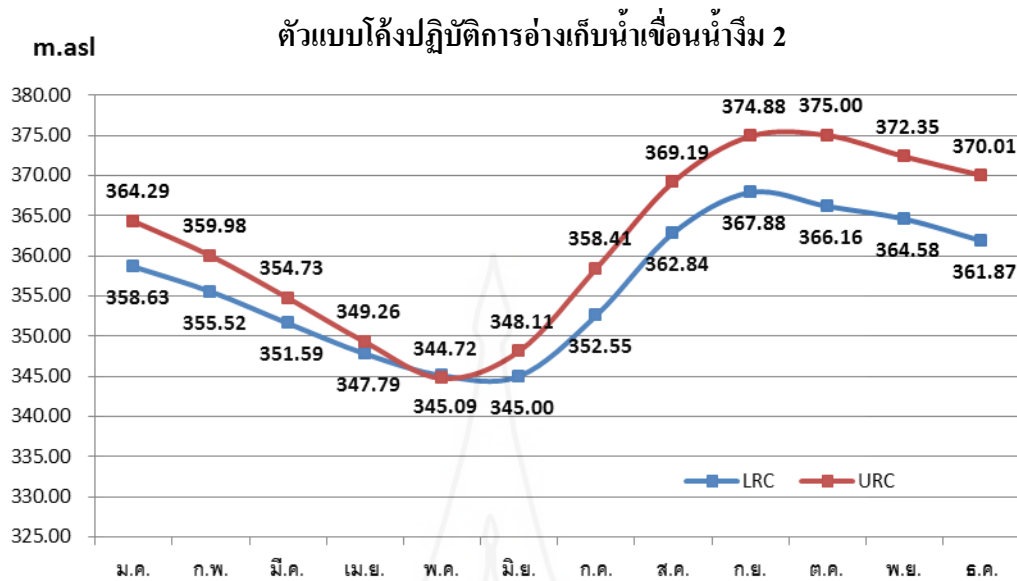
- ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในระหว่าง 5 เดือนของฤดูฝนนั้นสามารถหาได้จาก ผลรวมของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างฯ รายเดือนในช่วง 5 เดือนนี้ ลบด้วยผลต่างความจุของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 367.88 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง กับความจุของอ่างเก็บน้ำที่ระดับ 345.00 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง และลบด้วยปริมาณการระเหยของน้ำในอ่าง จะเป็นปริมาณน้ำรวมสำหรับใช้บริหารจัดการในช่วงฤดูฝน โดยการระบายเพื่อผลิตไฟฟ้าในแต่ละวันนั้น จะใช้ในปริมาณที่เท่ากันทุกวัน

- จากการที่เราทราบอัตราการไหลที่ปล่อยออกจากอ่างฯ, ระดับน้ำในอ่างฯ ในช่วงสิ้นเดือน กำลังการผลิตไฟฟ้า พลังงานและจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในแต่ละเดือนก็สามารถคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการสร้างเส้นโค้งขอบเขตล่าง (Lower Rule Curve: LRC)

รายละเอียด	เดือน											รวม	
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.		ธ.ค.
<b>เส้นโค้งขอบเขตล่าง</b>													
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	140	100	100	110	220	400	990	1320	920	290	250	160	5,000.00
ปริมาณน้ำที่ระบายเพื่อผลิตไฟฟ้า (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	400	350	400	380	400	470	440	450	440	450	390	400	4,970.00
ระดับน้ำเหนือเขื่อน (เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง)	358.63	355.52	351.59	347.79	345.09	345.00	352.55	362.84	367.88	366.16	364.58	361.87	
ระดับน้ำเหนือเขื่อน (เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง)	358.63	355.52	351.59	347.79	345.09	345.00	352.55	362.84	367.88	366.16	364.58	361.87	
พลังไฟฟ้า (เมกะวัตต์)	481.65	480.44	478.46	476.36	474.71	473.45	471.57	469.35	467.64	466.61	465.53	464.15	
พลังงานไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	146.42	125.15	139.34	128.73	132.45	153.57	147.07	160.63	166.77	160.63	147.83	149.05	1,757.65
ผลิตไฟฟ้า (ชั่วโมงต่อวัน)	12.67	10.85	12.13	11.26	11.63	13.52	13.00	14.26	14.86	14.34	13.23	13.38	12.93

วิธีการคำนวณเช่นเดียวกับการคำนวณเส้นโค้งขอบเขตบนการจัดทำเส้นโค้งขอบเขตล่างได้จากการนำค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Inflow) คือ 6,300 ลบด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) คือ 1,168 ล้าน ลูกบาศก์เมตรจะได้ค่าประมาณน้ำรวมคือ 5,000 ล้าน ลูกบาศก์เมตร ซึ่งในแต่ละเดือนก็จะมีการระบายน้ำรวม (Out Flow) คือ 4,970 ล้าน ลูกบาศก์เมตร จากนั้นจะได้ระดับน้ำของเส้นขอบเขตล่างในแต่ละเดือนดังแสดงในตารางที่ 4.3 ระดับน้ำต่ำสุดในเดือนมิถุนายนคือ 345.00 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) เป็นค่ากักเก็บต่ำสุดและค่าสูงสุดในเดือนกันยายนคือ 367.88 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) ซึ่งเป็นระดับกักเก็บสูงสุด พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้คือ 1,757.65 ล้านหน่วย ชั่วโมงการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าเฉลี่ย คือ 12.93 ต่อวัน ตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้าค่าเฉลี่ยระหว่าง 10 -16 ชั่วโมงต่อวัน ระดับน้ำกักเก็บเมื่อสิ้นเดือนธันวาคม คือ 361.87 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง)



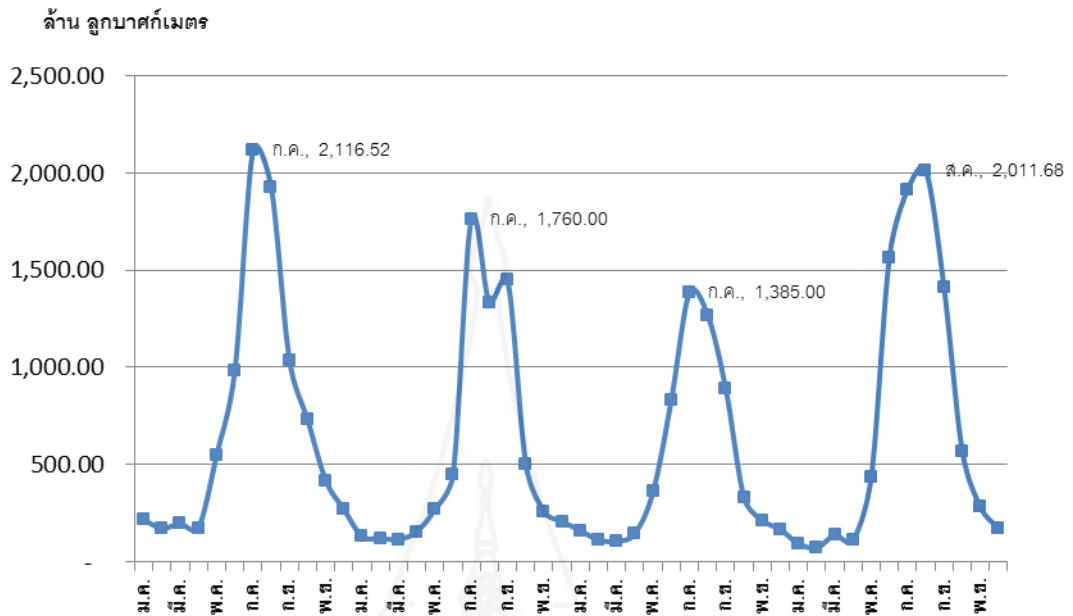
ภาพที่ 4.1 แสดงตัวแบบโค้งปฏิบัติการควบคุมระดับน้ำ รอบ 12 เดือน

เส้นโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำได้จากการคำนวณหาจุดที่เหมาะสมและสมดุลวิธีที่ดีที่สุดในการเดินเครื่องเพื่อผลิตไฟฟ้าคือควรระบายให้เป็นไปตามระดับน้ำที่อยู่ระหว่างเส้นทั้งสองเส้นคือเส้นควบคุมขอบเขตล่างและเส้นขอบเขตบน โดยมีแนวทางแผนดำเนินการตามตารางที่ 4 ในภาคผนวก โค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเมื่อจัดทำแล้วสามารถใช้ติดต่อกัน 3-4 ปีจึงจะปรับให้เหมาะสมอีกครั้งทองเปลว กองจันทร์ (2545)

## ตอนที่ 2 การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเพื่อวางแผนผลิตไฟฟ้า

ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจาก ปี พ.ศ.2551-2554 เป็นจำนวน 4 ปี เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับพยากรณ์ระดับน้ำและปริมาณการผลิตไฟฟ้า ดัง ตารางที่ 10 ภาคผนวกเพ็ญภา คำธัญญา (2548) ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล และระยะเวลาการพยากรณ์ เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม ด้วยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาและการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยอนุกรมเวลาที่ใช้ในการศึกษาเป็นอนุกรมเวลารายเดือน ขนาด 48 เดือน

### ขั้นตอนที่ 1 ทดสอบชนิดของข้อมูล



ภาพที่ 4.2 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรอบ 12 เดือน ปี พ.ศ.2551-2554

ข้อมูลจะมีรูปแบบฤดูกาล (Seasonal) เป็นลักษณะข้อมูลขึ้นลง เนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาล ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละปีดังจะเห็นได้จากแผนภาพที่ 4.1 มีลักษณะเป็นฤดูกาลมีปริมาณน้ำเข้าสูงสุดซ้ำกันอยู่ในเดือนเดียวกันในรอบ 12 เดือนคือ กรกฎาคมของทุกปี

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดหาอัตราส่วนฤดูกาล

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำช่วงปี พ.ศ.2551-2554 และอัตราส่วนฤดูกาล

ปี	ลำดับ	เดือน	ปริมาณน้ำ	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	อัตราส่วนฤดูกาล
				12 เดือน	2 เดือน	
<u>พ.ศ.2551</u>	1	ม.ค.	214.87	-	-	-
	2	ก.พ.	172.21	-	-	-
	3	มี.ค.	195.79	-	-	-
	4	เม.ย.	175.02	-	-	-
	5	พ.ค.	549.32	-	-	-
	6	มิ.ย.	984.43	732.79	-	-
	7	ก.ค.	2,116.52	725.72	729.25	2.90
	8	ส.ค.	1,926.84	721.53	723.63	2.66
	9	ก.ย.	1,038.22	714.80	718.17	1.45
	10	ต.ค.	731.49	713.13	713.97	1.02
	11	พ.ย.	419.04	689.86	701.49	0.60
	12	ธ.ค.	269.73	645.32	667.59	0.40
<u>พ.ศ.2552</u>	13	ม.ค.	130.00	615.61	630.47	0.21
	14	ก.พ.	122.00	565.87	590.74	0.21
	15	มี.ค.	115.00	600.19	583.03	0.20
	16	เม.ย.	155.00	580.90	590.54	0.26
	17	พ.ค.	270.00	567.64	574.27	0.47
	18	มิ.ย.	450.00	562.50	565.07	0.80
	19	ก.ค.	1,760.00	565.00	563.75	3.12
	20	ส.ค.	1,330.00	564.33	564.67	2.36
	21	ก.ย.	1,450.00	563.50	563.92	2.57
	22	ต.ค.	500.00	562.75	563.13	0.89



ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ปี	ลำดับ	เดือน	ปริมาณน้ำ	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	อัตราส่วนฤดูกาล
				12 เดือน	2 เดือน	
พ.ศ.2553	23	พ.ย.	260.00	570.25	566.50	0.46
	24	ธ.ค.	208.00	601.92	586.08	0.35
	25	ม.ค.	160.00	570.67	586.29	0.27
	26	ก.พ.	114.00	565.67	568.17	0.20
	27	มี.ค.	105.00	519.00	542.33	0.19
	28	เม.ย.	146.00	504.83	511.92	0.29
	29	พ.ค.	360.00	501.00	502.92	0.72
	30	มิ.ย.	830.00	497.50	499.25	1.66
	31	ก.ค.	1,385.00	492.00	494.75	2.80
	32	ส.ค.	1,270.00	488.50	490.25	2.59
	33	ก.ย.	890.00	491.17	489.84	1.82
	34	ต.ค.	330.00	488.25	489.71	0.67
	35	พ.ย.	214.00	494.55	491.40	0.44
36	ธ.ค.	166.00	555.93	525.24	0.32	
พ.ศ.2554	37	ม.ค.	93.95	600.02	577.98	0.16
	38	ก.พ.	72.07	661.83	630.93	0.11
	39	มี.ค.	137.03	705.24	683.53	0.20
	40	เม.ย.	110.89	725.30	715.27	0.16
	41	พ.ค.	435.63	731.01	728.16	0.60
	42	มิ.ย.	1,566.63	731.53	731.27	2.14
	43	ก.ค.	1,914.07	-	-	-
	44	ส.ค.	2,011.68	-	-	-
	45	ก.ย.	1,410.90	-	-	-
	46	ต.ค.	570.71	-	-	-

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ปี	ลำดับ	เดือน	ปริมาณน้ำ	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	อัตราส่วนฤดูกาล
				12 เดือน	2 เดือน	
47	พ.ย.		282.62	-	-	-
48	ธ.ค.		172.21	-	-	-

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k}$$

โดยที่  $\hat{Y}_{t+1}$  คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t+1

$Y_t$  คือ ค่าความต้องการจริง ณ เวลา t

k คือ จำนวนข้อมูลที่นำมาหาค่าเฉลี่ย

การหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 12 งวด

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k}$$

$$= \frac{8,793.48}{12}$$

$$= 732.79$$

การหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 งวด

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k}$$

$$= \frac{732.79 + 725.72}{2}$$

$$= 729.25$$

การคำนวณหาอัตราส่วนฤดูกาล

สมการของการประมาณฤดูกาล (Seasonal) คือ

$$\frac{Y_t}{S_t} = T_t - I_t$$

โดยที่  $Y_t$  คือ ค่าความต้องการจริง ณ เวลา t

- $T_t$  คือ ค่าประมาณแนวโน้ม  
 $S_t$  คือ ค่าประมาณฤดูกาล  
 $I_t$  คือ ค่าประมาณการแปรผันเหตุการณ์ผิดปกติ (มีค่าเป็น 0)

การหาค่าอัตราส่วนฤดูกาลเดือน กรกฎาคม

$$\begin{aligned}
 S_t &= \frac{\text{ปริมาณน้ำเดือนก.ค.}}{\text{ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 งวด}} \\
 &= \frac{2,116.52}{729.25} \\
 &= 2.90
 \end{aligned}$$

\*การคำนวณจะใช้วิธีการเดียวกันแบบข้างต้น

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาดัชนีฤดูกาล

ตารางที่ 4.5 ค่าดัชนีฤดูกาลรอบ 12 เดือน

เดือน	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ดัชนีฤดูกาล
ม.ค.	-	0.206	0.273	0.163	0.214
ก.พ.	-	0.207	0.201	0.114	0.174
มี.ค.	-	0.197	0.194	0.200	0.197
เม.ย.	-	0.262	0.285	0.155	0.234
พ.ค.	-	0.470	0.716	0.598	0.595
มิ.ย.	-	0.796	1.662	2.142	1.534
ก.ค.	2.902	3.122	2.799	-	2.941
ส.ค.	2.663	2.355	2.591	-	2.536
ก.ย.	1.446	2.571	1.817	-	1.945
ต.ค.	1.025	0.888	0.674	-	0.862
พ.ย.	0.597	0.459	0.435	-	0.497
ธ.ค.	0.404	0.355	0.316	-	0.358

การคำนวณหาค่าดัชนีฤดูกาลรอบ 12 เดือน

วิธีการคำนวณของเดือน มกราคม

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{ผลรวมอัตราส่วนฤดูกาล}}{\text{จำนวนปีข้อมูล}} \\
 &= \frac{0.642}{3} \\
 &= 0.214
 \end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 4 การหาค่าแนวโน้ม

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง

N	X	Y	XY	X <sup>2</sup>
1	7	729.25	5,104.78	49.00
2	8	723.63	5,789.00	64.00
3	9	718.17	6,463.50	81.00
4	10	713.97	7,139.67	100.00
5	11	701.49	7,716.44	121.00
6	12	667.59	8,011.06	144.00
7	13	630.47	8,196.05	169.00
8	14	590.74	8,270.38	196.00
9	15	583.03	8,745.46	225.00
10	16	590.54	9,448.69	256.00
11	17	574.27	9,762.60	289.00
12	18	565.07	10,171.30	324.00
13	19	563.75	10,711.25	361.00
14	20	564.67	11,293.33	400.00
15	21	563.92	11,842.25	441.00
16	22	563.13	12,388.75	484.00

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

N	X	Y	XY	X2
17	23	566.50	13,029.50	529.00
18	24	586.08	14,066.00	576.00
19	25	586.29	14,657.29	625.00
20	26	568.17	14,772.33	676.00
21	27	542.33	14,643.00	729.00
22	28	511.92	14,333.67	784.00
23	29	502.92	14,584.58	841.00
24	30	499.25	14,977.50	900.00
25	31	494.75	15,337.19	961.00
26	32	490.25	15,687.96	1,024.00
27	33	489.84	16,164.60	1,089.00
28	34	489.71	16,650.08	1,156.00
29	35	491.40	17,198.87	1,225.00
30	36	525.24	18,908.66	1,296.00
31	37	577.98	21,385.18	1,369.00
32	38	630.93	23,975.17	1,444.00
33	39	683.53	26,657.79	1,521.00
34	40	715.27	28,610.69	1,600.00
35	41	728.16	29,854.39	1,681.00
36	42	731.27	30,713.50	1,764.00
SUM	882.00	21,455.45	517,262.45	25,494.00
AVG	24.50	595.98	-	-

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาค่าแนวโน้มและค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ  
สมการของการประมาณแนวโน้มแบบเส้นตรง คือ

$$T_t = b_0 + b_1 t$$

เมื่อ  $T_t$  คือ ค่าพยากรณ์สำหรับแนวโน้ม ณ เวลา  $t$   
 $b_1$  คือ ค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าแนวโน้ม  
 $b_0$  คือ ค่าแนวโน้ม ณ จุดเริ่มต้นของอนุกรมเวลา

การหาค่าแนวโน้มแบบเส้นตรง

$$\begin{aligned} \text{หาค่า } b_1 &= \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \\ &= \frac{517,262.45 - (36)(24.50)(595.98)}{25,494 - (36)(24.50)^2} \\ &= -2.16 \end{aligned}$$

นำค่า  $b_1$  แทนในสมการเพื่อหาค่า  $b_0$

$$\begin{aligned} T_t &= b_0 + b_1 t \\ b_0 &= T_t - b_1 t \\ &= 595.98 - (-2.16)(24.50) \\ b_0 &= 648.93 \end{aligned}$$

กำหนดให้  $T_t = \bar{x}, t = \bar{y}$

สมการของการประมาณแนวโน้มแบบเส้นตรง คือ

$$\begin{aligned} T_t &= b_0 + b_1 t \\ &= 648.93 + (-2.16)(t) \end{aligned}$$

วิธีการหาค่าแนวโน้มในเดือน มกราคม ( $t = 61$ )

แทนค่าลงในสมการ

$$T_t = 648.93 + (-2.16)(61)$$



$$= 517.103$$

ตารางที่ 4.7 ค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปี พ.ศ.2556

เดือน( <i>t</i> )	เดือนที่	ค่าแนวโน้ม	ค่าดัชนีฤดูกาล	ค่าพยากรณ์
61	ม.ค.	517.103	0.214	110.60
62	ก.พ.	514.942	0.174	89.50
63	มี.ค.	512.781	0.197	101.07
64	เม.ย.	510.620	0.234	119.60
65	พ.ค.	508.459	0.595	302.41
66	มิ.ย.	506.298	1.534	776.52
67	ก.ค.	504.137	2.941	1,482.78
68	ส.ค.	501.976	2.536	1,273.12
69	ก.ย.	499.814	1.945	971.95
70	ต.ค.	497.653	0.862	429.03
71	พ.ย.	495.492	0.497	246.39
72	ธ.ค.	493.331	0.358	176.77

การหาค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปี พ.ศ.2556

$$Y_t = T_t \times C_t \times S_t \times I_t$$

โดยที่	$Y_t$	คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t$
	$T_t$	คือ ค่าประมาณการแนวโน้ม
	$C_t$	คือ ค่าประมาณการแปรผันตามวัฏจักร
	$S_t$	คือ ค่าประมาณการแปรผันตามฤดูกาล
	$I_t$	คือ ค่าประมาณการแปรผันเหตุการณ์ผิดปกติ

\* เนื่องจากไม่มีการแปรผันตามวัฏจักรและเหตุการณ์ผิดปกติ

สมการของการพยากรณ์ คือ

$$Y_t = T_t \times S_t$$

$Y_t$  คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t$

$T_t$  คือ ค่าประมาณการแนวโน้ม

$S_t$  คือ ค่าประมาณการแปรผันตามฤดูกาล  
ค่าพยากรณ์ของเดือน มกราคม 2013 เป็นดังนี้

$$Y_1 = 517.103 \times 0.214$$

$$= 110.60$$

การพยากรณ์ในเดือนอื่นๆ และปี พ.ศ.2557 และพ.ศ.2558 ใช้วิธีการคำนวณเดียวกัน  
วิธีการจะเป็นดังขั้นตอนที่ 1-5

ค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปี พ.ศ.2557

ตารางที่ 4.8 ค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปี พ.ศ.2557

เดือน( <i>t</i> )	เดือนที่	ค่าแนวโน้ม	ค่าดัชนีฤดูกาล	ค่าพยากรณ์
73	ม.ค.	491.170	0.214	105.05
74	ก.พ.	489.009	0.174	84.99
75	มี.ค.	486.848	0.197	95.96
76	เม.ย.	484.686	0.234	113.53
77	พ.ค.	482.525	0.595	286.98
78	มิ.ย.	480.364	1.534	736.75
79	ก.ค.	478.203	2.941	1,406.50
80	ส.ค.	476.042	2.536	1,207.35
81	ก.ย.	473.881	1.945	921.52
82	ต.ค.	471.720	0.862	406.67
83	พ.ย.	469.559	0.497	233.50
84	ธ.ค.	467.397	0.358	167.48

## ค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปี พ.ศ.2558

ตารางที่ 4.9 ค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปี พ.ศ.2558

เดือน (t)	เดือนที่	ค่าแนวโน้ม	ค่าดัชนีฤดูกาล	ค่าพยากรณ์
85	ม.ค.	465.24	0.214	99.51
86	ก.พ.	463.08	0.174	80.48
87	มี.ค.	460.91	0.197	90.85
88	เม.ย.	458.75	0.234	107.46
89	พ.ค.	456.59	0.595	271.56
90	มิ.ย.	454.43	1.534	696.97
91	ก.ค.	452.27	2.941	1,330.23
92	ส.ค.	450.11	2.536	1,141.57
93	ก.ย.	447.95	1.945	871.09
94	ต.ค.	445.79	0.862	384.31
95	พ.ย.	443.63	0.497	220.60
96	ธ.ค.	441.46	0.358	158.19

ตารางที่ 4.10 ค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรอบ 12 เดือน ปี พ.ศ.2556-2558

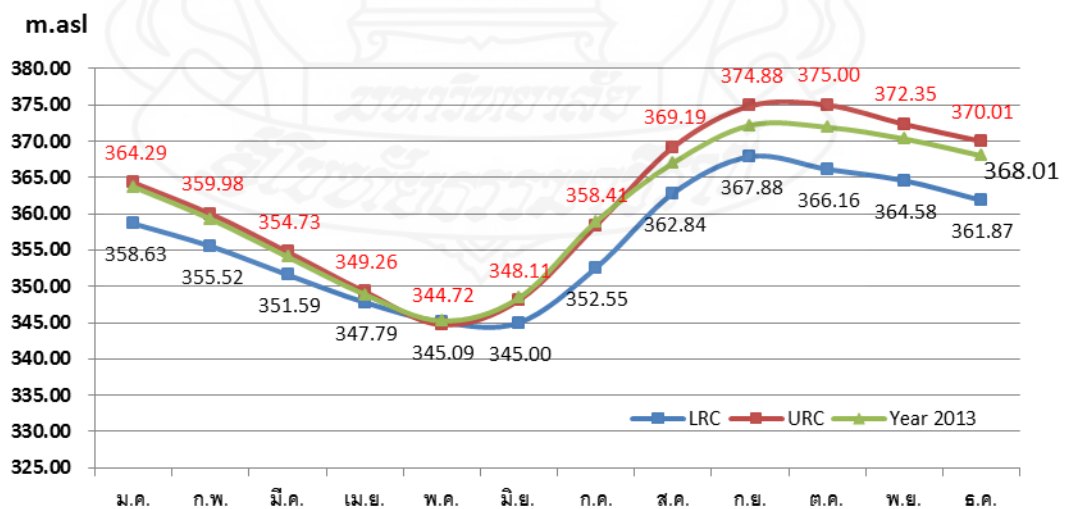
ปีพ.ศ.	เดือน												รวม
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
2556	110.60	89.50	101.07	119.60	302.41	776.52	1,482.78	1,273.12	971.95	429.03	246.39	176.77	6,079.75
2557	105.05	84.99	95.96	113.53	286.98	736.75	1,406.50	1,207.35	921.52	406.67	233.50	167.48	5,766.28
2558	99.51	80.48	90.85	107.46	271.56	696.97	1,330.23	1,141.57	871.09	384.31	220.60	158.19	5,452.82
เฉลี่ย	105.05	84.99	95.96	113.53	286.98	736.75	1,406.50	1,207.35	921.52	406.67	233.50	167.48	5,766.28

จากการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำด้วยวิธีแตกข้อมูลพบว่าในปี พ.ศ.2556-2558 มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างในรอบ 12 เดือน ดังตารางที่ 4.11 มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างรวม 6,079.75, 5,766.28, 5,452.82 ล้าน ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

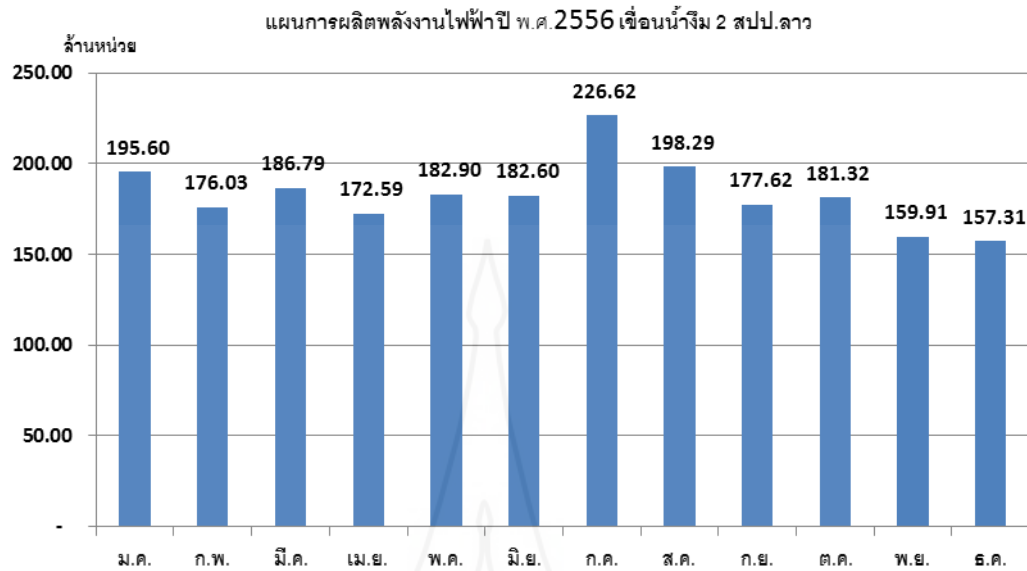
การวางแผนการดำเนินงาน ผลิตไฟฟ้ารอบ 12 เดือนช่วง ปี พ.ศ.2556-2558

ตารางที่ 4.11 แผนการดำเนินงาน ผลิตไฟฟ้า ปี พ.ศ.2556

Description	Month												Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
ปี พ.ศ.2556													
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	110.60	89.50	101.07	119.60	302.41	776.52	1,482.78	1,273.12	971.95	429.03	246.39	176.77	6,079.75
ปริมาณน้ำที่ระบายเพื่อผลิตไฟฟ้า (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	511.00	476.00	524.00	503.00	550.00	550.00	650.00	530.00	450.00	450.00	400.00	400.00	5,994.00
ระดับน้ำเหนือเขื่อน (เมตร เทนอร์ระดับทะเลปานกลาง)	363.70	359.27	354.06	348.88	345.24	348.41	358.93	367.02	372.20	371.93	370.34	368.01	
ระดับน้ำเหนือเขื่อนถลัน (เมตร เทนอร์ระดับทะเลปานกลาง)	365.85	361.48	356.66	351.47	347.06	346.82	353.67	362.97	369.61	372.07	371.14	369.17	
พลังไฟฟ้า (เมกกะวัตต์)	572.94	547.51	519.35	490.28	465.64	464.32	502.37	556.14	592.01	596.60	596.60	590.57	
พลังงานไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	195.60	176.03	186.79	172.59	182.90	182.60	226.62	198.29	177.62	181.32	159.91	157.31	2,197.57
ผลิตไฟฟ้า (ชั่วโมงต่อวัน)	14.22	13.40	14.99	14.67	16.37	16.39	18.80	14.86	12.50	12.66	11.17	11.10	14.26



ภาพที่ 4.3 แผนควบคุมระดับน้ำในปี พ.ศ.2556



ภาพที่ 4.4 แผนการผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2556

การคำนวณ ตามตารางที่ 4.12 พยากรณ์ระดับน้ำและปริมาณการผลิตไฟฟ้าเดือนมกราคม 2013 ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทหาระดับน้ำเหนือเขื่อน

สูตรการคำนวณ

$$\begin{aligned} V_a &= V_p + I_n - O_t - E_v \\ &= 4,168 + 110.6 - 511 - 9 \\ &= 3,759 \end{aligned}$$

โดยที่ :  $V_a$  = ปริมาตรของน้ำในอ่างเก็บน้ำท้ายเขื่อน (MCM)

$V_p$  = ปริมาตรของน้ำในอ่างเก็บน้ำต้นเขื่อน (MCM)

$I_n$  = ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (MCM)

$O_t$  = ปริมาณน้ำระบายผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (MCM)

$E_v$  = ปริมาณน้ำที่ระเหย (MCM)

ขั้นตอนที่ 2 นำปริมาตรน้ำที่ได้จากการคำนวณเทียบในตารางที่ 1 ภาคผนวกเพื่อหา  
ระดับน้ำ (m.asl)

$$\begin{aligned}
 La &= (Le + Lf) / 2 \\
 &= (363.70 + 368.00) / 2 \\
 &= 365.85 \text{ m.asl}
 \end{aligned}$$

โดยที่ :  $Le$  = ระดับน้ำเหนือเขื่อนปลายเดือน (m.asl)  
 $Lf$  = ระดับน้ำเหนือเขื่อนต้นเดือน (m.asl)  
 $La$  = ระดับน้ำเฉลี่ย (m.asl)

ขั้นตอนที่ 3 นำระดับน้ำในขั้นตอนที่ 2 เทียบค่าในตารางที่ 5 ภาคผนวก เพื่อหาพลังไฟฟ้า (MW)

โดยที่ :  $P = 572.94 \text{ MW}$   
 $P$  = พลังไฟฟ้า (MW)

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาพลังงานไฟฟ้า (GWh)

สูตรการคำนวณ

$$\begin{aligned}
 Pt &= Ot / Wa \\
 &= 511 / 2.61 \\
 &= 195.60 \text{ GWh}
 \end{aligned}$$

โดยที่ :  $Pt$  = พลังงานไฟฟ้า (GWh)  
 $Wa$  = อัตราการใช้น้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า ( $\text{m}^3 / \text{kWh}$ )  
 $Ot$  = ปริมาณน้ำระบายผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (MCM)

สัญลักษณ์ : MCM คือ million cubic meters  
m.asl คือ metres above sea level  
 $\text{m}^3 / \text{kWh}$  คือ cubic meters per kilowatt hours  
GWh คือ Gigawatt hours  
MW คือ Megawatt

ในปี พ.ศ.2556 มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรวม คือ 6,079.75 ล้านลูกบาศก์เมตร ระบายน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารวม คือ 5,994.00 ล้าน ลูกบาศก์เมตร การระบายน้ำและปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ แต่ละเดือนเป็นไปตามตารางที่ 4.12 การพยากรณ์ระดับน้ำและปริมาณการผลิตไฟฟ้ามีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

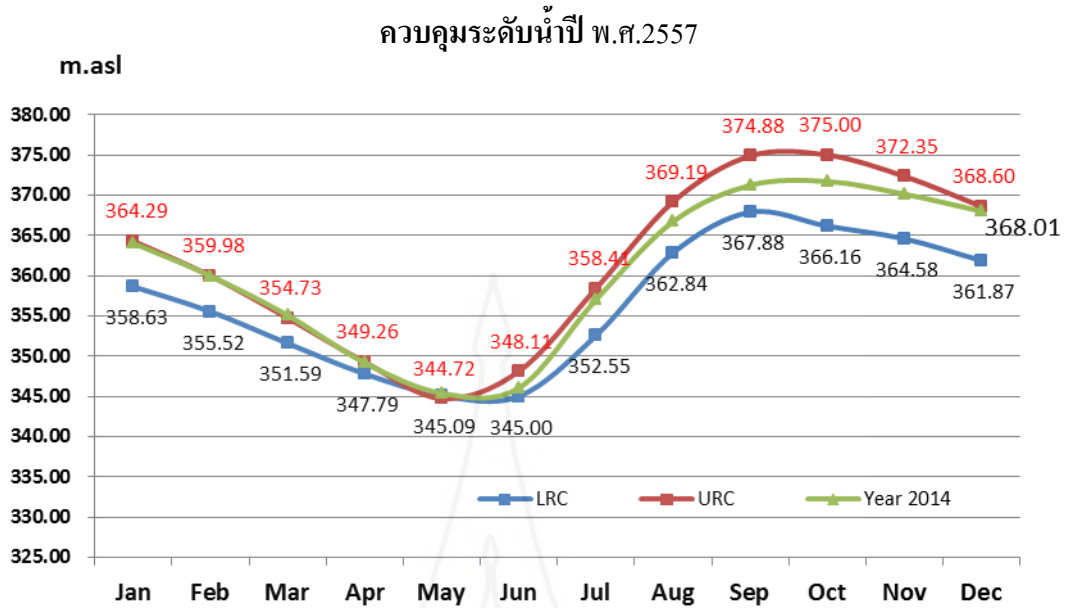
- การระบายน้ำต้องสอดคล้องกับปริมาณน้ำเข้าอ่างของแต่ละเดือน

- ต้องควบคุมการระบายน้ำโดยไม่ให้ระดับน้ำสูงกว่า +375 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง)
  - ต้องควบคุมการระบายน้ำโดยไม่ให้ระดับน้ำต่ำกว่า +345.0 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง)
  - ควบคุมระดับน้ำให้เป็นไปตามโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ
  - ชั่วโมงการเดินเครื่องเฉลี่ย 10-16 ชั่วโมงต่อวัน
  - การระบายน้ำสูงสุดไม่เกิน 1,000 ล้าน ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
  - ระดับน้ำท้ายปีในเดือน ธันวาคม ต้องอยู่ในระดับ +368.0 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง)
  - ถ้าระดับน้ำสูงเกินกำหนดต้องระบายน้ำผ่านประตูน้ำสันให้น้อยที่สุด
- การดำเนินการวางแผนผลิตไฟฟ้ารอบ 12 เดือน ปี ค.ศ. 2013 ซึ่งจัดอยู่ในปีน้ำปกติ การควบคุมระดับน้ำจะอยู่ในระหว่างเส้นขอบเขตบนและล่าง โดยมีระดับสูงสุด คือ +372.20 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) ระดับต่ำสุด คือ +345.24 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ คือ 2,197.57 ล้านหน่วย มีชั่วโมงการเดินเครื่องเฉลี่ย 14.26 ต่อวัน โดยไม่มีการเปิดประตูระบายน้ำสัน

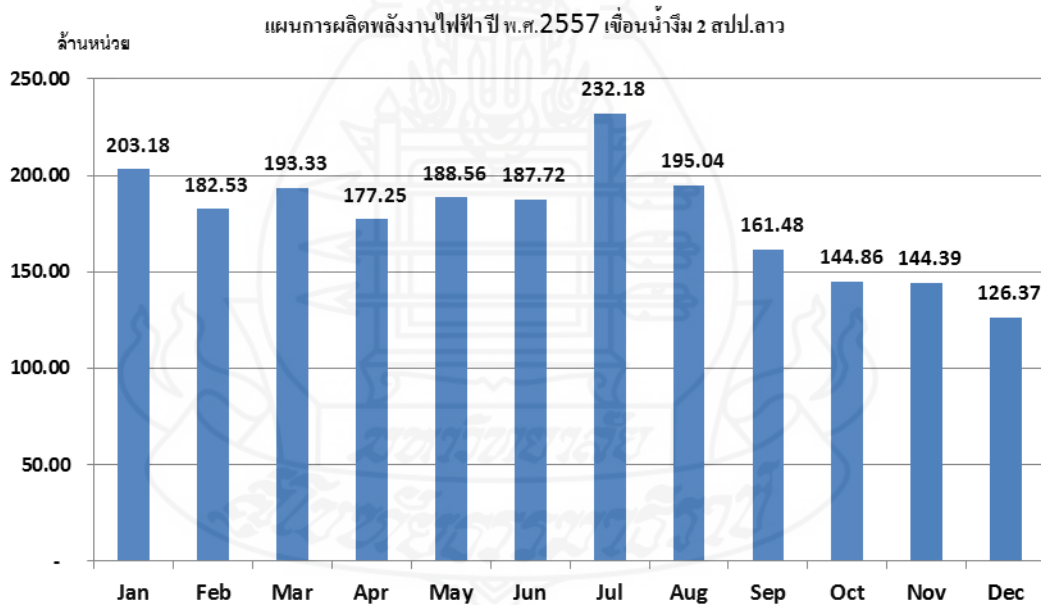
ตารางที่ 4.12 แผนการดำเนินงานผลิตไฟฟ้าปี พ.ศ.2557

Description	Month												Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
<u>ปี พ.ศ.2557</u>													
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	105.05	84.99	95.96	113.53	286.98	736.75	1,406.50	1,207.35	921.52	406.67	233.50	167.48	5,766.28
ปริมาณน้ำที่ระบายเพื่อผลิตไฟฟ้า (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	511.00	476.00	524.00	500.00	550.00	550.00	650.00	510.00	400.00	350.00	350.00	310.00	5,681.00
ระดับน้ำเหนือเขื่อน (เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง)	363.65	359.17	353.88	348.64	344.75	347.39	357.17	364.98	370.30	370.79	369.54	368.01	
ระดับน้ำเหนือเขื่อนเฉลี่ย (เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง)	365.83	361.41	356.52	351.26	346.70	346.07	352.28	361.07	367.64	370.54	370.16	368.78	
พลังไฟฟ้า (เมกะวัตต์)	572.82	547.06	518.53	489.13	463.63	460.18	494.73	545.13	582.84	595.08	593.84	588.82	
พลังงานไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	203.18	182.53	193.33	177.25	188.56	187.72	232.18	195.04	161.48	144.86	144.39	126.37	2,136.89
ผลิตไฟฟ้า (ชั่วโมงต่อวัน)	14.78	13.90	15.53	15.10	16.95	17.00	19.55	14.91	11.54	10.14	10.13	8.94	14.04





ภาพที่ 4.5 การควบคุมระดับน้ำในปี พ.ศ.2557



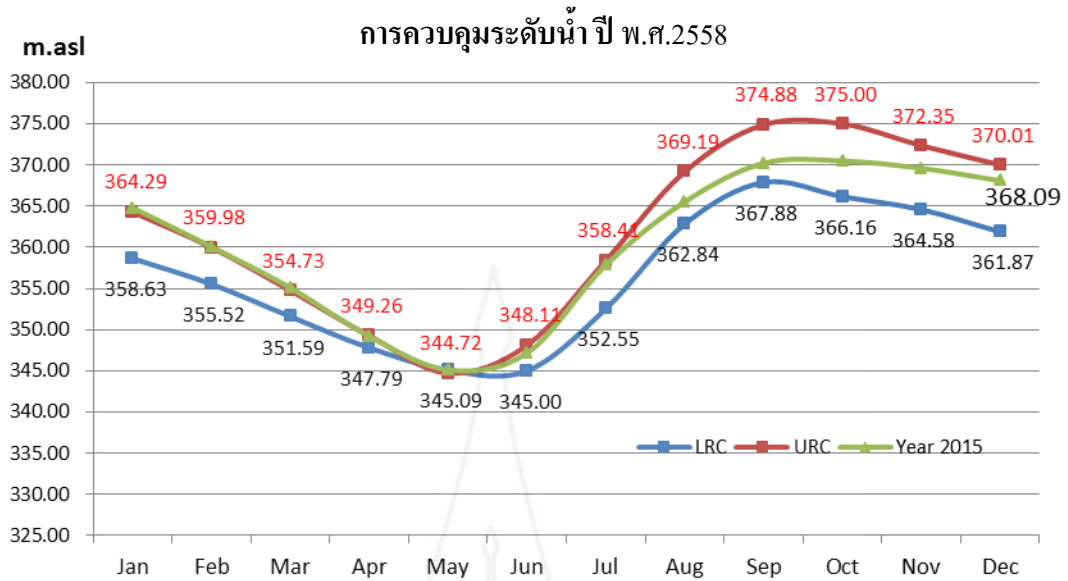
ภาพที่ 4.6 แผนการผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ.2557

ในปี พ.ศ.2557 ใช้หลักการเดียวกับปี พ.ศ.2556 โดยมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ คือ 5,766.28 ล้านลูกบาศก์เมตร ระบายน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ 5,681.00 ล้าน ลูกบาศก์เมตร การระบายน้ำและปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ แต่ละเดือนเป็นไปตามตารางที่ 4.13 การบริหารจัดการ

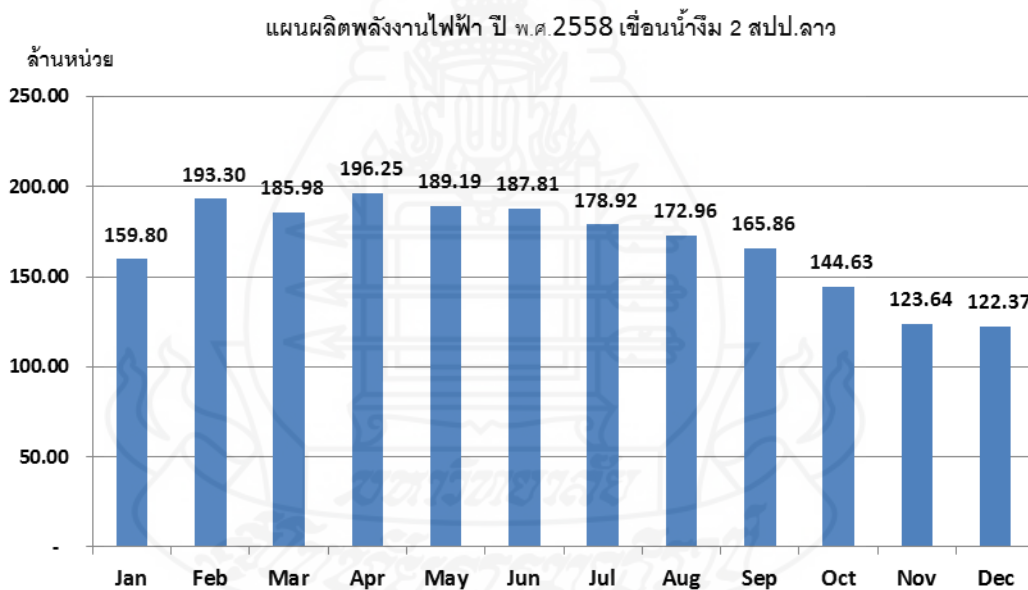
อ่างเก็บน้ำในปี ค.ศ. 2014 ซึ่งจัดอยู่ในปีน้ำต่ำกว่าปกติ การควบคุมระดับน้ำจะอยู่ในระหว่างเส้นขอบเขตบนและล่าง โดยมีระดับสูงสุด คือ +370.79m.a.s ระดับต่ำสุด คือ +344.75 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ คือ 2,136.89 ล้านหน่วย มีชั่วโมงการเดินเครื่องเฉลี่ย 14.04 ต่อวันและไม่มีการเปิดประตูละบายน้ำล้น

ตารางที่ 4.13 แผนดำเนินการผลิตไฟฟ้าในปี พ.ศ.2558

Description	Month												Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
<b>ปี พ.ศ.2558</b>													
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	99.51	80.48	90.85	107.46	271.56	696.97	1,330.23	1,141.57	871.09	384.31	220.60	158.19	<b>5,452.82</b>
ปริมาณน้ำที่ระบายเพื่อผลิตไฟฟ้า (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	400.00	500.00	500.00	550.00	550.00	550.00	500.00	450.00	410.00	350.00	300.00	300.00	<b>5,360.00</b>
ระดับน้ำเหนือเขื่อน (เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง)	364.78	360.05	355.08	349.19	345.11	347.17	357.86	365.53	370.22	370.49	369.61	368.09	
ระดับน้ำเหนือเขื่อนเฉลี่ย (เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง)	366.40	362.42	357.57	352.14	347.15	346.14	352.52	361.70	367.87	370.35	370.05	368.85	
พลังไฟฟ้า (เมกะวัตต์)	576.06	552.92	524.61	493.94	466.18	460.58	496.04	548.75	584.09	594.46	593.46	589.20	
พลังงานไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	159.80	193.30	185.98	196.25	189.19	187.81	178.92	172.96	165.86	144.63	123.64	122.37	<b>2,020.70</b>
ผลิตไฟฟ้า (ชั่วโมงต่อวัน)	11.56	14.57	14.77	16.55	16.91	16.99	15.03	13.13	11.83	10.14	8.68	8.65	13.23



ภาพที่ 4.7 การควบคุมระดับน้ำในปี พ.ศ.2558



ภาพที่ 4.8 แผนผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ.2558

ในปี พ.ศ.2558 ใช้หลักการเดียวกับปี พ.ศ.2556 โดยมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ คือ 5,452.82 ล้านลูกบาศก์เมตร ระบายน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ 5,360.00 ล้าน ลูกบาศก์เมตร การระบายน้ำและปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ แต่ละเดือนเป็นไปตามตารางที่ 4.14 การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในปี ค.ศ.2015 ซึ่งจัดอยู่ในปีน้ำค่อนข้างน้อย การควบคุมระดับน้ำจะอยู่ในระดับ

เส้นขอบเขตบนและล่าง โดยมีระดับสูงสุด คือ +370.49m.als ระดับต่ำสุด คือ +345.11 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ คือ 2,136.89 ล้านหน่วย มีชั่วโมงการเดินเครื่องเฉลี่ย 13.23 ต่อวัน และไม่มีการเปิดประตูระบายน้ำล้น



## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์เพื่อการจัดการการผลิตไฟฟ้าของเขื่อนน้ำจิม 2 สปป.ลาว ผู้ศึกษาได้เสนอประเด็นสำคัญจำแนกเป็น 3 ส่วน คือ สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 1. สรุปผลการศึกษา

##### 1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.1.1 วิเคราะห์ตัวแบบของการจัดการปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำจิม 1 สปป.ลาว เพื่อการผลิตไฟฟ้า ช่วงปี พ.ศ.2597-2546

1.1.2 ศึกษาข้อมูลการจัดการปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำจิม 2 สปป.ลาว เพื่อการผลิตไฟฟ้า ช่วงปี พ.ศ.2551-2554

1.1.3 พยากรณ์การผลิตไฟฟ้าจากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำจิม 2 สปป.ลาว ช่วงปี พ.ศ.2556-2558

##### 1.2 วิธีดำเนินการศึกษา

###### 1.2.1 การประยุกต์ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

การสร้างตัวแบบของ โคงังปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำและการพยากรณ์ไปใช้วางแผนการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้ได้มูลค่าสูงสุดต้องรักษาระดับน้ำให้เป็นไปตามโคงังการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ การจัดการอ่างเก็บน้ำที่ดีจะต้องปฏิบัติตามตัวแบบของ โคงังปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำ เพราะจะทำให้ทราบถึงปริมาณของไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งค่าสูงสุดและต่ำสุดที่สามารถผลิตได้ และลดความเสี่ยงเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าไม่เป็นไปตามแผน วัตถุประสงค์ของตัวแบบโคงังปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำคือ

- ใช้สำหรับการวางแผนการผลิตไฟฟ้าเพื่อให้ทันกับความต้องการ
- ใช้สำหรับเป็นแนวทางควบคุมระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำ
- ใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการให้เป็นไปตามข้อกำหนดของคู่สัญญา

1.2.2 การศึกษาใช้ประเภทการวิจัยเชิงปริมาณโดยการนำข้อมูลการไหลเข้าของปริมาณน้ำมาสังเคราะห์ด้วยเทคนิคแบบฤดูกาลเพื่อพยากรณ์ระดับน้ำและวางแผนการผลิตไฟฟ้าล่วงหน้า 3 ปี มีรูปแบบการนำเสนอ คือ ตารางแผนการผลิต กราฟเส้น แผนภูมิแท่ง

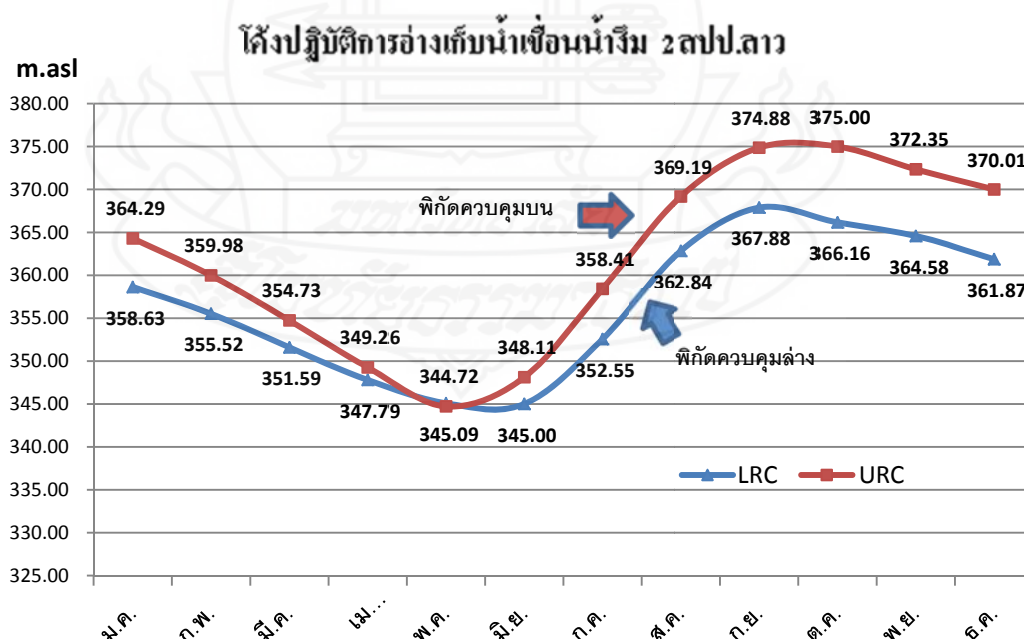
1.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นข้อมูลแบบทศนิยมได้จากกรรรวบรวมสถิติการไหลเข้าของน้ำรอบ 12 เดือนช่วงปี พ.ศ.2497-2546 และ ปี พ.ศ.2551-2558 ยังได้การค้นคว้าจากหนังสือ วารสาร สิ่งพิมพ์ คู่มือต่างๆ และบทความทางวิชาการ อินเตอร์เน็ต งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักทางสถิติได้แก่ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน อนุกรมฤดูกาลเพื่อสร้างสมการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำแล้วนำไปสมมูลน้ำเพื่อวางแผนการผลิตไฟฟ้าล่วงหน้า

### 1.3 ผลการศึกษา

#### 1.3.1 การสร้างตัวแบบโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำรอบ 12 เดือน

การสร้างตัวแบบโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำมีวัตถุประสงค์หลักคือเป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และความต้องการผลิตไฟฟ้าให้มีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงสุด เกิดการสูญเสียด้านการผลิตน้อยที่สุด เช่น น้ำไม่พอผลิต น้ำล้นเขื่อน ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ เส้นควบคุมขอบเขตล่างและขอบเขตบน เป็นเหมือนพิกัดขอบเขตล่างและบน สามารถเป็นสัญญาณเตือน (Tracking Signal) ของความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในระยะใกล้และระยะไกล สรุปการทำได้ดังนี้



ภาพที่ 5.1 เส้นพิกัดควบคุมระดับน้ำบนและระดับน้ำล่าง

#### การจัดทำเส้นโค้งขอบเขตบน (Upper Rule Curve: URC)

ได้จากการนำค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Inflow) คือ 6,300 บวกด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) คือ 1,168 ล้าน ลูกบาศก์เมตรจะได้ค่าประมาณน้ำรวมคือ 7,500 ล้าน ลูกบาศก์เมตร ซึ่งในแต่ละเดือนก็จะมีการระบายน้ำรวม (Out Flow) คือ 7,270 ล้าน ลูกบาศก์เมตร จากนั้นจะได้ระดับน้ำของเส้นขอบเขตบน ระดับน้ำต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม คือ 344.72 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) เป็นค่ากักเก็บน้ำต่ำสุดและค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม คือ 375.00 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) ซึ่งเป็นระดับกักเก็บน้ำสูงสุดที่เขื่อนรองรับได้ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ คือ 2,730.32 ล้านหน่วย

#### การจัดทำเส้นโค้งขอบเขตล่าง (Lower Rule Curve: LRC)

ได้จากการนำค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Inflow) คือ 6,300 ลบด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) คือ 1,168 ล้าน ลูกบาศก์เมตรจะได้ค่าประมาณน้ำรวมคือ 5,000 ล้าน ลูกบาศก์เมตร ซึ่งในแต่ละเดือนก็จะมีการระบายน้ำรวม (Out Flow) คือ 4,970 ล้าน ลูกบาศก์เมตร จากนั้นจะได้ระดับน้ำของเส้นขอบเขตล่างในแต่ละเดือนระดับน้ำต่ำสุดในเดือนมิถุนายน คือ 345.00 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) เป็นค่ากักเก็บน้ำต่ำสุดและค่าสูงสุดในเดือนกันยายน คือ 367.88 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) ซึ่งเป็นระดับกักเก็บน้ำสูงสุด พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ คือ 1,757.65 ล้านหน่วย

### 1.3.2 เทคนิคการพยากรณ์เพื่อดำเนินการวางแผนผลิตไฟฟ้า

ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำจี้ม 2 จาก ปี พ.ศ.2551-2554 เป็นจำนวน 4 ปีเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับพยากรณ์ระดับน้ำและปริมาณการผลิตไฟฟ้าจะมีรูปแบบฤดูกาล (Seasonal) เป็นลักษณะข้อมูลขึ้นลง เนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาล ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละปีมีลักษณะเป็นฤดูกาลมีปริมาณน้ำเข้าสูงสุดซ้ำกันอยู่ช่วงเดียวกันในรอบ 12 เดือนคือ กรกฎาคม ของทุกปี



ตารางที่ 5.1 การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง

ปีพ.ศ.	เดือน												รวม
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
2556	110.60	89.50	101.07	119.60	302.41	776.52	1,482.78	1,273.12	971.95	429.03	246.39	176.77	6,079.75
2557	105.05	84.99	95.96	113.53	286.98	736.75	1,406.50	1,207.35	921.52	406.67	233.50	167.48	5,766.28
2558	99.51	80.48	90.85	107.46	271.56	696.97	1,330.23	1,141.57	871.09	384.31	220.60	158.19	5,452.82
เฉลี่ย	105.05	84.99	95.96	113.53	286.98	736.75	1,406.50	1,207.35	921.52	406.67	233.50	167.48	5,766.28

จากการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำด้วยวิธีแตกข้อมูลพบว่าในปี พ.ศ.2556-2558 มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างในรอบ 12 เดือน ดังตารางที่ 5.1 มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างรวม 6,079.75, 5,766.28, 5,452.82 และค่าเฉลี่ย คือ 5,766.28 ล้าน ลูกบาศก์เมตร

#### การวางแผนการผลิตไฟฟ้ารอบ 12 เดือนช่วง ปี พ.ศ.2556-2558

ในปี พ.ศ.2556 มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรวม คือ 6,079.75 ล้านลูกบาศก์เมตร ระบายน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารวม คือ 5,994.00 ล้าน ลูกบาศก์เมตร การดำเนินการวางแผนผลิตไฟฟ้ารอบ 12 เดือน ปี พ.ศ.2556 ซึ่งจัดอยู่ในปีน้ำปกติ การควบคุมระดับน้ำจะอยู่ในระหว่างเส้นขอบเขตบนและล่าง โดยมีระดับสูงสุด คือ +372.20 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) ระดับต่ำสุด คือ +345.24 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ คือ 2,197.57 ล้านหน่วย มีชั่วโมงการเดินเครื่องเฉลี่ย 14.26 ต่อวัน โดยไม่มีการเปิดประตูระบายน้ำขึ้น

ในปี พ.ศ.2557 ใช้หลักการเดียวกับปี พ.ศ.2556 โดยมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ คือ 5,766.28 ล้านลูกบาศก์เมตร ระบายน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ 5,681.00 ล้าน ลูกบาศก์เมตร การระบายน้ำและปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ แต่ละเดือนเป็นไปตามตารางที่ 4.13 การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในปี ค.ศ. 2014 ซึ่งจัดอยู่ในปีน้ำต่ำกว่าปกติ การควบคุมระดับน้ำจะอยู่ในระหว่างเส้นขอบเขตบนและล่าง โดยมีระดับสูงสุด คือ +370.79 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) ระดับต่ำสุด คือ +344.75 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ คือ 2,136.89 ล้านหน่วย มีชั่วโมงการเดินเครื่องเฉลี่ย 14.04 ต่อวันและไม่มีการเปิดประตูระบายน้ำขึ้น

ในปี พ.ศ.2558 ใช้หลักการเดียวกับปี พ.ศ.2556 โดยมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ คือ 5,452.82 ล้านลูกบาศก์เมตร ระบายน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ 5,360.00 ล้าน ลูกบาศก์เมตร การระบายน้ำและปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ แต่ละเดือนเป็นไปตามตารางที่ 4.14 การจัดการอ่าง

เก็บน้ำในปี พ.ศ.2558 ซึ่งจัดอยู่ในปีน้ำค่อนข้างน้อย การควบคุมระดับน้ำจะอยู่ในระดับเส้นขอบเขตบนและล่าง โดยมีระดับสูงสุด คือ +370.49 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) ระดับต่ำสุดคือ +345.11 เมตร (เหนือระดับทะเลปานกลาง) ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ คือ 2,136.89 ล้านหน่วย มีชั่วโมงการเดินเครื่องเฉลี่ย 13.23 ต่อวัน และไม่มีการเปิดประตูระบายน้ำล้น

## 2. อภิปรายผล

จากผลการวิจัยที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณในการวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์เพื่อจัดการการผลิตไฟฟ้าของเขื่อนน้ำจิม 2 สปป.ลาว โดยสามารถอภิปรายผลและอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ ดังนี้

### 2.1 การสร้างตัวแบบโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำรอบ 12 เดือน

การไหลของน้ำตามธรรมชาติจะมีความแตกต่างกันตามฤดูกาลการวางแผนการผลิตการบริหารจัดการน้ำเป็นเรื่องสำคัญมากดังนั้นจึงต้องมีเครื่องบริหารจัดการและควบคุมระดับน้ำให้เป็นไปตามความต้องการและให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านเศรษฐศาสตร์จึงต้องมีเส้นควบคุมหรือเส้นโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการน้ำให้เป็นไปตามความต้องการการสร้างเส้นควบคุมจึงต้องใช้ข้อมูลสำหรับเป็นตัวแทนปริมาณน้ำ โดยแบ่งเป็น ปีน้ำมาก ปีน้ำปกติ ปีน้ำน้อย มาเป็นตัวกำหนดเส้นโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ โดยการให้ปีน้ำมากเป็นเส้นโค้งขอบเขตบน (URC) ปีน้ำน้อยเป็นเส้นโค้งขอบเขตล่าง (LRC) การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำจะต้องให้อยู่ในระหว่างขอบเขตล่างและ ขอบเขตบน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฟินช์ วิบูลศิริกุลและคณะ (2548) ศึกษาเรื่อง ขั้นตอนการสร้าง Rule Curves เพื่อการบริหารจัดการ เขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบว่าในการประเมินผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการเพื่อให้บรรลุข้อตกลงของสัญญาการซื้อขายไฟฟ้า (PPA) ของโครงการเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำที่ใช้เป็นตัวอย่างโครงการหนึ่งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องสร้าง Rule Curves ขึ้นเพื่อมาใช้สำหรับการศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากนั้น Rule Curves ยังมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโครงการ เพื่อให้การประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างคุ้มค่า และเรายังสามารถใช้ Rule Curves เป็นแนวทางในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในอนาคตได้อีกด้วย

ข้อมูลการไหลเข้าอ่างของน้ำพบว่าช่วงฤดูฝนจะครอบคลุมระยะเวลา 5 เดือน นับตั้งแต่เดือน มิถุนายนถึงตุลาคม และอีก 7 เดือนที่เหลือเป็นช่วงฤดูแล้งเริ่มตั้งแต่เดือน พฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคม ในการบริหารจัดการระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำโดยพิจารณาจากอัตราการไหลของ

น้ำจะเห็นได้ว่าควรเก็บกักน้ำในอ่าง ให้มีระดับน้ำสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้เมื่อสิ้นสุดฤดูฝนเพื่อให้มีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าในช่วงฤดูแล้งและ ระดับน้ำในอ่างจะอยู่ที่ระดับต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม เพื่อจะทำให้อ่างเก็บน้ำมีพื้นที่ว่างเพียงพอสำหรับกักเก็บน้ำ ในช่วงฤดูในต่อไปเพื่อให้อ่างเก็บน้ำมีพื้นที่ว่างเพียงพอสำหรับกักเก็บน้ำ ในช่วงฤดูในต่อไปเพื่อให้อ่างเก็บน้ำมีพื้นที่ว่างเพียงพอสำหรับกักเก็บน้ำ สะท้อนให้เห็นถึงอัตราการไหลของน้ำตามธรรมชาติและความเป็นจริง สอดคล้องกับงานวิจัยของทองเปลว กองจันทร์ (2545) ศึกษาเรื่องโค้งกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ พบว่าหลักการของการสร้างตัวแบบโค้งกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำคือ ในช่วงฤดูฝนจะพร่องน้ำจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดในปริมาณเท่าใดเพื่อให้มีปริมาตรว่างสำหรับรับปริมาณน้ำหลากที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยไม่เกิดการไหลล้นอ่างซึ่งจะก่อให้เกิดอุทกภัยในบริเวณด้านท้ายอ่างเก็บน้ำหรือหากเกิดการไหลล้นอ่างเก็บน้ำก็ให้น้อยที่สุดและในขณะเดียวกันต้องรักษาปริมาณน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำสำหรับใช้ในฤดูแล้งซึ่งเส้นโค้งของกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเส้นนี้เรียกว่า Upper Rule Curve(URC) และในช่วงฤดูแล้งจะรักษาปริมาณน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดไว้เท่าใดจึงจะลดความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำเห็งอ่างเก็บน้ำซึ่งโค้งของกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเส้นนี้เรียกว่า Lower Rule Curve (LRC)

ดังนั้นจึงได้นำข้อสมมติฐานดังต่อไปนี้มาใช้ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างมีการบันทึกไว้เป็นเวลา 50 ปี จากการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวพบว่าปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปีไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ 6,300 ล้านลูกบาศก์เมตร ในการกำหนดเส้นโค้งขอบเขตบน (URC) จะใช้ปริมาณน้ำ 7 เดือนของฤดูแล้งในปีน้ำปกติและใช้น้ำปริมาณรายเดือน 5 เดือนของฤดูฝนในปีน้ำหลากมาเป็นตัวแทนของปริมาณน้ำสำหรับการสร้างเส้นโค้งขอบเขตบนการกำหนดเส้นขอบ เขตล่าง (LRC) ใช้ปริมาณน้ำรายปีในปีแห้งแล้งมาเป็นพื้นฐานเพื่อกำหนดปริมาณน้ำตัวแทนสำหรับสร้างเส้นโค้ง ขอบเขตล่าง สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรารุช วุฒิวณิชย์ (2539) ศึกษาเรื่องอุทกวิทยาประยุกต์ พบว่ากฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำซึ่งมีหลายแบบแต่ละแบบจะบอกปริมาณน้ำที่ต้องปล่อยจากอ่างเก็บน้ำหรือไม่ก็บอกปริมาณน้ำที่ต้องการเก็บกักในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาต่างๆ ของปีซึ่งเรียกโค้งกฎการปฏิบัติงาน (Rule Curves )

## 2.2 เทคนิคการพยากรณ์เพื่อการวางแผนผลิตไฟฟ้า

การพยากรณ์เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ การพยากรณ์ระยะยาว (Long-Term Forecasting) เป็นการพยากรณ์ที่ครอบคลุมระยะเวลามากกว่า 2 ปี ใช้พยากรณ์การวางแผนกำลังการผลิตและการจัดการกระบวนการผลิต การพยากรณ์ระยะยาวใช้ในการวางแผนระยะยาว การเลือกวิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณต้องคำนึงถึงรูปแบบของข้อมูลในอดีต เนื่องจากเทคนิคการพยากรณ์แบบต่างๆ มีความเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลแต่ละประเภทที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งรูปแบบของข้อมูลเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การพยากรณ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับงานวิจัยของ

เพ็ญญา คำชัย (2548) เรื่อง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาวิธีการพยากรณ์ โดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้อง ได้แก่ ขนาดของอนุกรมเวลา ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล และระยะเวลาการพยากรณ์ เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม สำหรับพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนและปริมาณปลาที่จับได้ในเขื่อนอุบลรัตน์ ด้วยการวิเคราะห์เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาและการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยอนุกรมเวลาที่ใช้ในการศึกษาเป็นอนุกรมเวลารายเดือน และรายไตรมาส อนุกรมเวลารายเดือนขนาด 48, 60, 84, 108, 132 และ 156 เดือน ส่วนอนุกรมเวลารายไตรมาสขนาด 20, 28, 36, 44, และ 52 ไตรมาส และแบ่งระยะเวลาการพยากรณ์เป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะสั้น ระยะกลางและระยะยาว

การวิเคราะห์อนุกรมเวลามีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับใช้ในการพยากรณ์หรือคาดการณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาในอนาคต ผู้วิจัยได้สรุปเทคนิคการพยากรณ์ของวิธีการอนุกรมเวลาที่นิยมใช้ไว้ เทคนิคการพยากรณ์นี้เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ระยะสั้น โดยวิธีการนี้แสดงถึงความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกับระหว่างส่วนประกอบของอนุกรมเวลา 4 ส่วน คือ แนวโน้ม, ความผันแปรตามฤดูกาล, ความผันแปรตามวัฏจักร และความผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติ

ตัวแบบการคูณ (The multiplicative components mode) ส่วนประกอบทั้งสี่ของอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบการคูณมีความสัมพันธ์กัน เมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบอื่นๆ ที่เหลือ ตัวแบบการคูณเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด

การวางแผนและควบคุมการผลิต จำต้องประมาณการความต้องการที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่งในอนาคต ทั้งนี้เพื่อจะได้จัดเตรียมปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต่อการผลิตไว้ให้พร้อม การพยากรณ์การผลิตเป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการวางแผนและควบคุมการผลิต เนื่องจากการพยากรณ์การผลิตเป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการวางแผนและควบคุมการผลิต เนื่องจากการพยากรณ์เป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุนทรี นิลน้ำ (2537) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการพยากรณ์ค่าในอนาคต โดยวิธีแยกส่วนประกอบ วิธีวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรคัมมี การศึกษาพบว่าวิธีแยกส่วนประกอบสามารถสร้างสมการและให้ค่าพยากรณ์ได้ดีกว่าวิธีอื่น ทั้งอนุกรมเวลาขนาดสั้นและยาวที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาลเป็นแบบคูณ โดยเฉพาะกรณีฤดูกาลมีความแตกต่างกันน้อย วิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรคัมมีสร้างสมการและให้ค่าพยากรณ์ได้ดีกว่าวิธีอื่น เมื่อนำปริมาณน้ำไหลเข้าง่ายเก็บน้ำที่พยากรณ์ได้ไปคำนวณในรูปแบบของตารางการผลิต โดยคำนึงถึงหรือให้สอดคล้องกับโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ จะพบว่าปริมาณการผลิตและระดับน้ำจะเป็นไปตามแผนการผลิตตารางที่ 5.2-5.4 โดยทุกแผนไม่มีการระบายน้ำผ่านประตูน้ำล้นเนื่องจากระดับน้ำอยู่ในเกณฑ์กำหนด

ตารางที่ 5.2 แผนดำเนินการผลิตไฟฟ้าในปี พ.ศ.2556

รายละเอียด	เดือน												รวม
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
<b>ปี พ.ศ.2556</b>													
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	110.60	89.50	101.07	119.60	302.41	776.52	1,482.78	1,273.12	971.95	429.03	246.39	176.77	6,079.75
ปริมาณน้ำที่ระบายเพื่อผลิตไฟฟ้า (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	511.00	476.00	524.00	503.00	550.00	550.00	650.00	530.00	450.00	450.00	400.00	400.00	5,994.00
พลังงานไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	195.60	176.03	186.79	172.59	182.90	182.60	226.62	198.29	177.62	181.32	159.91	157.31	2,197.57

ตารางที่ 5.3 แผนดำเนินการผลิตไฟฟ้าในปี พ.ศ.2557

รายละเอียด	เดือน												รวม
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
<b>ปี พ.ศ.2557</b>													
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	105.05	84.99	95.96	113.53	286.98	736.75	1,406.50	1,207.35	921.52	406.67	233.50	167.48	5,766.28
ปริมาณน้ำที่ระบายเพื่อผลิตไฟฟ้า (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	511.00	476.00	524.00	500.00	550.00	550.00	650.00	510.00	400.00	350.00	350.00	310.00	5,681.00
พลังงานไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	203.18	182.53	193.33	177.25	188.56	187.72	232.18	195.04	161.48	144.86	144.39	126.37	2,136.89

ตารางที่ 5.4 แผนดำเนินการผลิตไฟฟ้าในปี พ.ศ.2558

รายละเอียด	เดือน												รวม
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
<b>ปี พ.ศ.2558</b>													
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	99.51	80.48	90.85	107.46	271.56	696.97	1,330.23	1,141.57	871.09	384.31	220.60	158.19	5,452.82
ปริมาณน้ำที่ระบายเพื่อผลิตไฟฟ้า (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	400.00	500.00	500.00	550.00	550.00	550.00	500.00	450.00	410.00	350.00	300.00	300.00	5,360.00
พลังงานไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	159.80	193.30	185.98	196.25	189.19	187.81	178.92	172.96	165.86	144.63	123.64	122.37	2,020.70



### 3. ข้อเสนอแนะ

#### 3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

3.1.1 จากการศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์เพื่อการจัดการการผลิตไฟฟ้าของเขื่อนน้ำจิม 2 สปป.ลาว การพยากรณ์ที่แม่นยำจะทำให้กำหนดแผนต่างๆ ล่วงหน้าได้ ถูกต้องในการนำผลการวิจัยไปใช้นั้นต้องทดสอบโดยการใช่วางแผนจริงพิจารณาจากการใช้งานถ้าไม่ตรงต้องมีการปรับทุกสิ้นเดือนเพื่อให้เป็นไปตามตัวแบบโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำบัจจัยที่มีผลกับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่มีผลเกี่ยวข้องโดยตรงคือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำ ในแต่ละปีจะมีช่วงภาวะวิกฤติคือช่วงหน้าฝนถ้ามีปริมาณฝนตกปริมาณมากจนไม่สามารถระบายน้ำได้ทันเวลาจะทำให้น้ำล้นเขื่อนดังนั้นจึงต้องมีการเปิดประตูน้ำล้น ถ้าที่กรณีนี้เกิดขึ้นจะเกิดการสูญเสียเพราะน้ำถือว่าเป็นต้นทุนจะทำให้สูญเสียรายได้ และบัจจัยในเรื่องของแผนการผลิตไฟฟ้าที่ออกมาจากลูกค้า ดังนั้นต้องมีการปรับแผนอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้สอดคล้องกับโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

3.1.2 การจัดการน้ำมีหลายปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องระดับน้ำเป็นสิ่งจำเป็นมากต้องสามารถควบคุมให้อยู่ในระดับที่ต้องการ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออก ต้องทำให้สอดคล้องกัน ข้อจำกัดของการควบคุมระดับน้ำคือปริมาณการระบายน้ำผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าถ้าระบายปริมาณไม่ทันจำเป็นต้องระบายผ่านประตูน้ำล้น ส่วนผลกระทบเรื่องความเดือดร้อนของประชาชนมีน้อย เพราะยังมีเขื่อนน้ำจิม 1 รองรับ ดังนั้นทั้งสองเขื่อนต้องมีการบริหารจัดการน้ำร่วมกัน ปริมาณการผลิตไฟฟ้ามีผลมากเพราะถูกกำหนดโดยสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

#### 3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 การศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การพยากรณ์เพียงวิธีเดียวคือ อนุกรมเวลา เทคนิคฤดูกาล เพียงวิธีเดียว การวิจัยครั้งต่อไปควรหาวิธีอื่นเปรียบเทียบเพื่อหาวิธีที่ดีในการพยากรณ์เพื่อความแม่นยำ ควรมีการติดตามและเปรียบเทียบข้อมูลพยากรณ์กับค่าจริงเพื่อหาความคลาดเคลื่อนอย่างใกล้ชิด

3.2.2 การนำตัวแบบโค้งปฏิบัติการหรือฟังก์ชันควบคุมเมื่อนำไปใช้งานควรมีการปรับปรุงอยู่เสมอเพื่อความสอดคล้องกับฤดูกาลที่มีการเปลี่ยนแปลงไป ควรมีการปรับปรุงทุก 3-4 ปี (ดร.ทองเปลว: 2545) เพื่อการจัดการอ่างเก็บน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2.3 ในการทำการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำควรทำเรื่องเกี่ยวกับการเดินเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในระดับน้ำในระดับต่างๆ และการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในภาวะวิกฤติหรือเป็นปีน้ำมากจนอาจต้องเปิดประตูระบายน้ำล้น



บรรณานุกรม



## บรรณานุกรม

- กานต์พิชชา แดงอ่อน (2538) “การศึกษาเปรียบเทียบวิธีแยกส่วนประกอบ 3 วิธี” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร
- ชุมพล ศฤงคารศิริ (2545) การวางแผนและควบคุมการผลิต พิมพ์ครั้งที่ 12 กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- เถลิงเกียรติ ทักษิณเวศน์ (2548) การพยากรณ์น้ำฝนรายวันหลายวันโดยแบบจำลองคาชคะเน วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ทองเปลว กองจันทร์ (2545) ใ้คงกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ ฝ่ายบริหารจัดการน้ำ ส่วนจัดสรรน้ำ และบำรุงรักษา สำนักชลประทาน 8
- ชนพร มุฑุตานนท์ (2547) “การเลือกเทคนิคการพยากรณ์โดยคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้อง” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ) สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
- ชนะ บุญญศิริกุล (2540) นโยบายการจัดการน้ำที่เหมาะสมสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำในสภาพจริง ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 6 (เล่ม 2) กรุงเทพมหานคร วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
- บัญญัติ ขวัญยืน (2541) การวิเคราะห์ระบบเพื่อการวางแผนและการจัดการ โครงการชลประทาน นครปฐม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
- พรชัย ตุ่นไชย (2535) “การวางแผนการใช้งานอ่างเก็บน้ำ” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชา วิศวกรรมทรัพยากรแหล่งน้ำ คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- พิภพ ลลิตาภรณ์ (2545) ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต พิมพ์ครั้งที่ 8 กรุงเทพมหานคร สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- พิชัย จรรย์สุกรินทร์ และคณะ (2548) คู่มือการบริหารความเสี่ยง ชสอ. ชุมนุมสหกรณ์ออมทรัพย์แห่งประเทศไทย ม.ป.ป. <<http://www.fsct.com>> 21 กรกฎาคม 2548
- พินชัย วิบูลศิริกุลและคณะ (2548) ศึกษาเรื่อง ขั้นตอนการสร้าง Rule Curves เพื่อการบริหารจัดการ เขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ บริษัท ทีมคอนซัลติ้ง เอนจิเนียริง แอนด์แมเนจเมนท์ จำกัด
- เพ็ญนภา คำชัยชนะ (2548) “การศึกษาวิธีการพยากรณ์ด้วยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลา และการวิเคราะห์ถดถอย” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- มุกดา แม่นมินทร์ (2549) อนุกรมเวลาและการพยากรณ์ โฟร์พรีนติ้ง กรุงเทพมหานคร  
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2551) เอกสารการสอนชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ หน่วยที่ 7-15  
สาขาวิชาวิทยาการจัดการ นนทบุรี
- รุ่งทิพย์ กนกศิลป์ (2544) “การวิเคราะห์การดำเนินงานอ่างเก็บน้ำเพื่อให้เกิดความขาดแคลนน้อย  
ที่สุด” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรแหล่งน้ำ คณะบัณฑิต  
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- วันชัย แผลมหลักสกุล (2547) เทคนิคการพยากรณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ศูนย์การพิมพ์แก่น  
จันทร์ กรุงเทพมหานคร
- วราวุธ วุฒินิษฐ์ (2539) อุทกวิทยาประยุกต์ นครปฐม ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
- ศูนย์ปฏิบัติการจัดสรรน้ำ (2550) การศึกษาเกณฑ์การปฏิบัติอ่างเก็บน้ำเขื่อนห้วยหลวง ปี 2550 ส่วน  
บริหารจัดการน้ำ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ
- สุนทรี นิลน้ำ (2537) “การศึกษาเปรียบเทียบการพยากรณ์ค่าในอนาคตโดยใช้วิธีแยกส่วนประกอบ  
วิธีการวิเคราะห์ถดถอยที่ใช้ตัวแปรคัมมีและตัวแปรตรีโกณมิติ” วิทยานิพนธ์ปริญญา  
โท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร
- สุวีณา ตั้งโพธิสุวรรณ (2552) *ตัวแบบพยากรณ์เชิงธุรกิจ ใน ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิง  
ปริมาณและการดำเนินงาน* หน่วยที่ 7 หน้า 5-28 นนทบุรี  
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช สาขาวิชาวิทยาการจัดการ
- สิริพร กมลธรรม (2543) การวิเคราะห์รูปแบบของน้ำฝนเชิงพื้นที่และเชิงเวลาในภาค  
ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย: การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์  
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการรับรู้ระยะไกลและระบบ  
สารสนเทศภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- สมฤทัย ทะสวดกและคณะ (2548) แบบจำลอง KU-Rule Curves Version 1.0 สำหรับโค้งปฏิบัติการอ่าง  
เก็บน้ำที่เหมาะสม การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10 ชลบุรี
- Hanke, J. E. and Wichern, D. W. (2005) Business Forecasting. 8<sup>th</sup> en. New Jersey : Pearson  
Education, Inc.,
- Hla KK. (1991) Optimal Operation of the Ubol Ratana Reservoir Using Stochastic Dynamic  
Programming [Master Thesis in Water Resources]. Bangkok: Asian Institute of  
Technology

Team consulting Engineering and Management Co.,Ltd (2009) “Rule curves and Reservoir simulation studies” Nam Ngum 2 hydroelectric power project Lao PDR.





ภาคผนวก

มหาวิทยาลัย

สกลนครราชภัฏ

ตารางที่ 1 ระดับน้ำและกำลังการผลิตไฟฟ้าตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

ระดับน้ำ (m.asl)	กำลังการผลิตไฟฟ้า		
	3 เครื่อง (MW)	2 เครื่อง (MW)	1 เครื่อง (MW)
343	443.0	-	-
345	454.3	307.7	155.6
347	465.3	315	159.2
349	476.7	322.2	162.9
351	487.7	329.6	166.5
353	498.7	336.9	170.2
355	509.7	344.2	173.9
357	521.3	351.8	177.8
359	533	359.7	181.7
361	544.7	367.4	185.5
363	556.3	375	189.2
365	568.1	382.7	193.1
367	579.5	390.2	196.7
369	590	397.7	198.9
371	596.6	397.7	198.9
373	596.6	397.7	198.9
375	596.6	397.7	198.8

ตารางที่ 2 ข้อมูลจัดทำเส้นโค้งขอบเขตบน (Upper Rule Curve : URC)

เดือน	ระดับน้ำต้นเดือน	ระดับน้ำท้ายเดือน	ระดับน้ำเฉลี่ย	ระดับท้ายน้ำ	ระดับน้ำเสมือน	ระดับน้ำจริง	ระบายน้ำ	ค่าสูญเสีย	พลังไฟฟ้า	อัตราการใช้น้ำ	น้ำระเหย
	m.asl	m.asl	m.asl	m.asl	m	m	cms	m	MW	cu.m/kWh	MCM
ม.ค.	368.45	364.29	366.37	205	161.37	155.37	144.51	6.00	575.91	2.537	9.00
ก.พ.	364.29	359.98	362.13	205	157.13	151.13	142.62	6.00	551.25	2.626	9.00
มี.ค.	359.98	354.73	357.36	205	152.36	143.36	139.14	9.00	523.41	2.789	9.22
เม.ย.	354.73	349.26	352.00	205	147.00	138.00	136.75	9.00	493.20	2.902	8.00
พ.ค.	349.26	344.72	346.99	205	141.99	132.99	134.51	9.00	465.25	3.007	7.00
มิ.ย.	344.72	348.11	346.41	205	141.41	132.41	134.25	9.00	462.06	3.019	6.00
ก.ค.	348.11	358.41	353.26	205	148.26	139.26	137.31	9.00	500.13	2.876	5.00
ส.ค.	358.41	369.19	363.80	205	158.80	149.80	142.02	9.00	561.02	2.654	4.00
ก.ย.	369.19	374.88	372.03	205	167.03	158.03	145.70	9.00	596.60	2.481	3.00
ต.ค.	374.88	375.00	374.94	205	169.94	160.94	147.00	9.00	596.60	2.420	7.00
พ.ย.	375.00	372.35	373.67	205	168.67	159.67	146.43	9.00	596.60	2.447	9.00
ธ.ค.	372.35	370.01	371.18	205	166.18	157.18	145.32	9.00	596.60	2.499	9.00

ตารางที่ 3 ข้อมูลจัดทำเส้นโค้งขอบเขตล่าง (Lower Rule Curve : LRC)

เดือน	ระดับน้ำต้นเดือน	ระดับน้ำท้ายเดือน	ระดับน้ำเฉลี่ย	ระดับท้ายน้ำ	ระดับน้ำเสมือน	ระดับน้ำจริง	ระบายน้ำ	ค่าสูญเสีย	พลังไฟฟ้า	อัตราการใช้น้ำ	น้ำระเหย
	m.asl	m.asl	m.asl	m.asl	m	m	cms	m	MW	cu.m/kWh	MCM
ม.ค.	361.70	358.63	360.16	205	155.16	150.86	142.50	4.3	539.81	2.73	9.00
ก.พ.	358.63	355.52	357.08	205	152.08	147.78	141.12	4.3	521.74	2.80	9.00
มี.ค.	355.52	351.59	353.55	205	148.55	144.25	139.54	4.3	501.75	2.87	9.22
เม.ย.	351.59	347.79	349.69	205	144.69	140.39	137.81	4.3	480.49	2.95	8.00
พ.ค.	347.79	345.09	346.44	205	141.44	137.14	136.36	4.3	462.22	3.02	7.00
มิ.ย.	345.09	345.00	344.52	205	139.52	135.22	135.50	4.3	427.56	3.06	6.00
ก.ค.	345.00	352.55	347.79	205	142.79	138.49	136.97	4.3	469.81	2.99	5.00
ส.ค.	352.55	362.84	356.85	205	151.85	147.55	141.02	4.3	520.44	2.80	4.00
ก.ย.	362.84	367.88	364.61	205	159.61	155.31	144.49	4.3	565.83	2.64	3.00
ต.ค.	367.88	366.16	366.29	205	161.29	156.99	145.24	4.3	575.46	2.60	7.00
พ.ย.	366.16	364.58	364.62	205	159.62	155.32	144.49	4.3	565.88	2.64	9.00
ธ.ค.	364.58	361.87	362.46	205	157.46	153.16	143.52	4.3	553.14	2.68	9.00

ตารางที่ 4 เกณฑ์การจัดทำแผนการผลิตไฟฟ้าตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

เดือน	ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (ล้าน ลบ.ม.)			ระบายน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า (ล้าน ลบ.ม.)			พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (ล้านหน่วย)			หมายเหตุ
	ปีน้ำมาก	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำมาก	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำน้อย	ปีน้ำมาก	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำน้อย	
ม.ค.	160	160	140	550	511	400	206	192	144	
ก.พ.	120	120	100	500	476	350	182	175	123	
มี.ค.	120	120	100	550	524	400	194	185	137	
เม.ย.	130	130	110	540	503	380	183	171	126	
พ.ค.	240	240	220	550	512	400	179	168	130	
มิ.ย.	820	610	400	580	491	400	188	161	128	
ก.ค.	1,440	1,220	990	630	520	440	215	177	145	
ส.ค.	1,770	1,550	1,320	770	530	450	284	195	159	
ก.ย.	1,370	1,150	920	780	520	440	301	200	163	
ต.ค.	740	520	290	720	536	450	282	210	168	
พ.ย.	270	270	250	540	493	390	211	192	145	
ธ.ค.	320	180	160	550	503	400	211	192	147	
<b>รวม</b>	<b>7,500</b>	<b>6,270</b>	<b>5,000</b>	<b>7,260</b>	<b>6,119</b>	<b>4,900</b>	<b>2,636</b>	<b>2,218</b>	<b>1,715</b>	



ตารางที่ 5 เทียบระดับและปริมาตรน้ำ

ระดับน้ำ(m.asl)	พื้นที่ (M.m <sup>2</sup> )	ปริมาตรน้ำ(MCM)
345	67.21	2,269.08
346	68.48	2,336.92
347	69.79	2,406.04
348	71.07	2,476.48
349	72.37	2,548.19
350	73.67	2,621.21
351	74.99	2,695.54
352	76.34	2,771.20
353	77.75	2,848.24
354	79.18	2,926.71
355	80.57	3,006.59
356	81.93	3,087.85
357	83.28	3,170.46
358	84.65	3,254.43
359	86.01	3,339.76
360	87.37	3,426.46
361	88.73	3,514.52
362	90.07	3,603.92
363	91.4	3,694.67
364	92.72	3,786.74
365	94.05	3,880.13
366	95.38	3,974.86
367	96.68	4,070.90
368	97.97	4,168.24
369	99.25	4,266.86
370	100.54	4,366.77
371	101.84	4,467.98
372	103.12	4,570.47
373	104.41	4,674.25
374	105.69	4,779.31
375	107	4,885.68

### ตารางที่ 6 ข้อมูลประกอบแผนการผลิตไฟฟ้า ปี พ.ศ.2556

เดือน	ระดับน้ำต้นเดือน	ระดับน้ำท้ายเดือน	ระดับน้ำเฉลี่ย	ระดับท้ายน้ำ	ระดับน้ำเสมือน	ระดับน้ำจริง	ระบายน้ำ	ค่าสูญเสีย	พลังไฟฟ้า	อัตราการใช้น้ำ	น้ำระเหย
	m.asl	m.asl	m.asl	m.asl	m	m	cms	m	MW	cu.m/kWh	MCM
ม.ค.	368.00	363.70	365.85	205	160.85	156.45	144.99	4.4	572.94	2.61	9.00
ก.พ.	363.70	359.27	361.48	205	156.48	152.08	143.04	4.4	547.51	2.71	9.00
มี.ค.	359.27	354.06	356.66	205	151.66	147.26	140.89	4.4	519.35	2.81	9.22
เม.ย.	354.06	348.88	351.47	205	146.47	142.07	138.57	4.4	490.28	2.92	8.00
พ.ค.	348.88	345.24	347.06	205	142.06	137.66	136.59	4.4	465.64	3.01	7.00
มิ.ย.	345.24	348.41	346.82	205	141.82	137.42	136.49	4.4	464.32	3.01	6.00
ก.ค.	348.41	358.93	353.67	205	148.67	144.27	139.55	4.4	502.37	2.87	5.00
ส.ค.	358.93	367.02	362.97	205	157.97	153.57	143.71	4.4	556.14	2.67	4.00
ก.ย.	367.02	372.20	369.61	205	164.61	160.21	146.67	4.4	592.01	2.54	3.00
ต.ค.	372.20	371.93	372.07	205	167.07	162.67	147.77	4.4	596.60	2.48	7.00
พ.ย.	371.93	370.34	371.14	205	166.14	161.74	147.36	4.4	596.60	2.50	9.00
ธ.ค.	370.34	368.01	369.17	205	164.17	159.77	146.48	4.4	590.57	2.54	9.00

### ตารางที่ 7 ข้อมูลประกอบแผนการผลิตไฟฟ้า ปี พ.ศ.2557

เดือน	ระดับน้ำต้นเดือน	ระดับน้ำท้ายเดือน	ระดับน้ำเฉลี่ย	ระดับท้ายน้ำ	ระดับน้ำเสมือน	ระดับน้ำจริง	ระบายน้ำ	ค่าสูญเสีย	พลังไฟฟ้า	อัตราการใช้น้ำ	น้ำระเหย
	m.asl	m.asl	m.asl	m.asl	m	m	cms	m	MW	cu.m/kWh	MCM
ม.ค.	368.01	363.65	365.83	205	160.83	156.43	144.98	4.4	572.82	2.51	9.00
ก.พ.	363.65	359.17	361.41	205	156.41	152.01	143.01	4.4	547.06	2.61	9.00
มี.ค.	359.17	353.88	356.52	205	151.52	147.12	140.82	4.4	518.53	2.71	9.22
เม.ย.	353.88	348.64	351.26	205	146.26	141.86	138.47	4.4	489.13	2.82	8.00
พ.ค.	348.64	344.75	346.70	205	141.70	137.30	136.43	4.4	463.63	2.92	7.00
มิ.ย.	344.75	347.39	346.07	205	141.07	136.67	136.15	4.4	460.18	2.93	6.00
ก.ค.	347.39	357.17	352.28	205	147.28	142.88	138.93	4.4	494.73	2.80	5.00
ส.ค.	357.17	364.98	361.07	205	156.07	151.67	142.86	4.4	545.13	2.61	4.00
ก.ย.	364.98	370.30	367.64	205	162.64	158.24	145.79	4.4	582.84	2.48	3.00
ต.ค.	370.30	370.79	370.54	205	165.54	161.14	147.09	4.4	595.08	2.42	7.00
พ.ย.	370.79	369.54	370.16	205	165.16	160.76	146.92	4.4	593.84	2.42	9.00
ธ.ค.	369.54	368.01	368.78	205	163.78	159.38	146.30	4.4	588.82	2.45	9.00

ตารางที่ 8 ข้อมูลประกอบแผนการผลิตไฟฟ้า ปี พ.ศ.2558

เดือน	ระดับน้ำต้นเดือน	ระดับน้ำท้ายเดือน	ระดับน้ำเฉลี่ย	ระดับท้ายน้ำ	ระดับน้ำเสมือน	ระดับน้ำจริง	ระบายน้ำ	ค่าสูญเสีย	พลังไฟฟ้า	อัตราการใช้น้ำ	น้ำระเหย
	m.asl	m.asl	m.asl	m.asl	m	m	cms	m	MW	cu.m/kWh	MCM
ม.ค.	368.01	364.78	366.40	205	161.40	157.00	145.24	4.4	576.06	2.503	9.00
ก.พ.	364.78	360.05	362.42	205	157.42	153.02	143.46	4.4	552.92	2.587	9.00
มี.ค.	360.05	355.08	357.57	205	152.57	148.17	141.29	4.4	524.61	2.689	9.22
เม.ย.	355.08	349.19	352.14	205	147.14	142.74	138.86	4.4	493.94	2.803	8.00
พ.ค.	349.19	345.11	347.15	205	142.15	137.75	136.64	4.4	466.18	2.907	7.00
มิ.ย.	345.11	347.17	346.14	205	141.14	136.74	136.18	4.4	460.58	2.928	6.00
ก.ค.	347.17	357.86	352.52	205	147.52	143.12	139.03	4.4	496.04	2.795	5.00
ส.ค.	357.86	365.53	361.70	205	156.70	152.30	143.14	4.4	548.75	2.602	4.00
ก.ย.	365.53	370.22	367.87	205	162.87	158.47	145.90	4.4	584.09	2.472	3.00
ต.ค.	370.22	370.49	370.35	205	165.35	160.95	147.01	4.4	594.46	2.420	7.00
พ.ย.	370.49	369.61	370.05	205	165.05	160.65	146.87	4.4	593.46	2.426	9.00
ธ.ค.	369.61	368.09	368.85	205	163.85	159.45	146.33	4.4	589.20	2.452	9.00

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำปี พ.ศ.2497-2546 มีหน่วยเป็น ล้านลูกบาศก์เมตร

ปี ค.ศ.	เดือน												รวม
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
2497	166.8	120.0	97.1	120.0	205.4	533.6	980.5	1,544.0	1,164.2	538.4	285.6	183.9	5,939.5
2498	155.9	109.6	91.0	99.6	191.5	521.1	1,100.0	1,615.8	1,238.6	518.9	272.1	181.6	6,095.6
2499	154.1	117.4	89.7	115.6	197.3	552.8	1,191.6	1,782.4	1,307.3	460.6	286.6	178.5	6,434.1
2500	153.6	115.3	78.3	102.2	180.0	474.4	982.3	1,420.0	1,097.3	553.2	285.4	181.8	5,623.7
2501	172.2	126.5	98.4	136.1	212.6	542.7	1,123.8	1,588.0	1,124.2	530.7	276.2	180.5	6,111.8
2502	151.1	107.4	85.7	111.1	205.9	531.0	1,194.0	1,555.7	1,645.3	493.5	241.1	174.0	6,495.8
2503	151.4	144.9	85.7	131.2	196.0	549.2	1,078.7	1,437.3	1,354.1	585.5	250.1	200.7	6,164.8
2504	159.0	117.7	94.0	113.9	195.1	525.4	1,164.7	1,748.7	1,555.0	578.5	317.6	207.4	6,777.0
2505	167.9	106.6	98.2	104.3	207.0	589.4	1,179.2	1,595.6	1,277.7	596.5	270.7	188.6	6,381.8
2506	157.9	112.2	94.2	102.9	184.1	479.5	1,023.1	1,560.8	1,141.7	612.8	312.8	175.1	5,957.0
2507	163.7	117.9	107.0	115.8	207.8	527.9	993.6	1,516.7	1,153.0	609.2	299.7	189.2	6,001.5
2508	168.9	120.3	89.3	131.5	218.8	432.7	1,071.1	1,265.1	841.9	280.0	201.2	175.1	4,995.9
2509	127.4	103.7	121.7	134.0	228.3	570.0	1,866.3	1,949.4	687.3	672.5	238.8	211.4	6,910.8

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

ปี ค.ศ.	เดือน											รวม	
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.		ธ.ค.
2510	194.0	120.3	173.3	147.4	203.2	570.8	1,055.7	1,196.0	992.7	420.9	291.5	160.1	5,526.1
2511	154.5	140.8	111.9	113.9	222.0	588.8	789.9	1,358.1	669.0	551.4	314.9	197.5	5,212.7
2512	157.4	155.9	135.4	142.0	169.3	1,041.6	1,893.4	749.1	1,665.0	285.0	264.5	208.1	6,866.6
2513	185.2	139.9	302.5	109.5	264.2	641.9	1,241.1	2,238.2	1,760.7	419.8	291.9	172.4	7,767.4
2514	152.3	125.7	92.1	120.2	233.9	512.0	1,394.9	1,696.0	1,151.6	632.5	320.4	187.2	6,618.6
2515	179.8	199.9	49.3	90.8	161.0	437.7	1,429.0	2,814.0	1,271.5	700.3	397.7	215.5	7,946.5
2516	201.1	128.8	119.1	185.0	85.4	479.0	1,431.3	1,814.0	2,487.4	753.6	320.9	207.8	8,213.2
2517	137.9	95.5	59.4	106.9	172.9	540.8	771.4	1,213.5	1,291.5	619.3	266.9	180.7	5,456.8
2518	178.0	95.7	91.2	54.7	222.2	694.3	870.2	2,346.5	2,022.7	777.8	352.8	206.5	7,912.5
2519	170.8	97.6	59.9	108.5	190.4	546.6	1,088.9	1,370.3	941.7	836.6	500.1	159.7	6,071.1
2520	164.1	110.4	331.0	320.5	204.9	217.6	1,160.8	1,024.3	896.8	319.3	211.0	159.0	5,119.7
2521	118.0	95.2	135.9	119.8	224.2	1,045.1	1,749.9	2,330.2	1,488.2	434.8	234.8	183.9	8,160.1
2522	196.6	185.4	152.0	164.5	385.0	634.6	678.5	1,525.0	1,011.0	437.0	280.0	162.8	5,812.4
2523	161.5	131.2	127.3	149.9	208.5	583.4	1,745.4	1,182.6	1,475.1	534.1	308.7	182.1	6,789.8
2524	178.2	112.0	219.1	63.6	269.3	978.4	2,626.2	1,925.9	1,547.3	1,054.6	316.3	222.2	9,513.1
2525	178.3	166.1	168.2	188.0	232.3	688.4	803.4	2,267.0	1,064.5	784.6	339.7	241.9	7,122.5
2526	179.8	189.3	150.0	132.2	224.9	350.0	1,152.1	1,426.1	981.0	589.9	274.8	224.2	5,874.2
2527	200.2	158.0	116.4	115.5	219.1	469.2	1,628.3	1,564.9	977.0	552.3	315.1	254.5	6,570.5
2528	239.0	183.4	143.0	119.7	241.3	601.2	984.3	1,439.5	1,091.9	411.9	290.1	208.3	5,953.5
2529	161.2	113.3	101.6	146.0	563.0	1,062.0	1,385.1	969.8	761.8	330.9	214.0	159.2	5,967.9
2530	117.1	105.0	102.2	165.1	139.7	338.5	521.5	1,383.7	732.9	476.5	308.8	191.1	4,582.2
2531	146.6	112.1	83.0	145.9	241.1	232.8	549.4	1,203.0	670.4	370.7	175.7	126.5	4,057.4
2532	114.6	87.1	100.0	102.2	241.7	804.0	903.8	1,215.8	814.5	518.6	269.0	194.2	5,365.4
2533	169.3	101.4	69.7	136.6	286.8	926.5	1,551.2	1,150.3	959.1	493.3	310.7	190.6	6,345.6

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

ปี ค.ศ.	เดือน												รวม
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
2534	133.2	114.6	135.7	90.5	149.6	498.5	1,078.1	1,200.3	794.8	379.8	178.9	129.1	4,883.1
2535	125.3	106.4	93.5	86.6	136.6	311.4	1,058.4	904.1	613.3	272.6	126.5	113.7	3,948.4
2536	94.0	75.0	72.2	72.3	234.1	723.7	1,888.5	1,253.4	592.5	403.4	178.2	145.1	5,732.4
2537	153.9	134.3	168.2	140.4	384.4	1,039.2	1,778.9	2,156.5	1,266.0	665.3	287.0	234.2	8,408.5
2538	154.0	115.9	101.2	134.8	254.9	633.2	1,278.0	2,525.3	1,498.0	440.2	245.7	228.6	7,609.7
2539	138.5	84.6	129.6	167.8	217.8	524.2	1,173.7	1,848.6	1,075.4	454.9	340.4	216.0	6,371.4
2540	131.4	111.8	104.6	155.2	266.2	447.3	1,777.8	1,315.2	1,481.4	501.1	261.4	205.6	6,758.9
2541	174.8	140.9	132.0	174.5	189.8	465.5	1,152.4	869.6	569.6	188.1	116.5	81.5	4,255.3
2542	67.1	50.2	61.8	142.8	509.4	982.4	802.4	1,390.5	1,008.8	457.8	224.4	172.3	5,869.8
2543	129.1	109.1	95.6	123.0	462.9	1,156.5	1,379.8	1,354.2	1,357.2	486.3	225.9	174.4	7,054.0
2544	132.5	84.6	225.3	87.1	417.7	845.5	1,395.0	1,715.4	1,168.9	552.3	259.3	219.6	7,103.1
2545	163.8	133.9	113.7	77.5	415.9	1,141.3	1,812.6	2,172.7	786.7	465.5	274.1	228.2	7,785.8
2546	172.1	123.1	112.7	90.5	210.5	468.0	763.5	1,074.7	881.8	305.4	175.1	157.8	4,535.1

## ตารางที่ 10 แสดงปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำปี พ.ศ.2551-2554 มีหน่วยเป็น ล้านลูกบาศก์เมตร

2551	214.9	172.2	195.8	175.0	549.3	984.4	2,116.5	1,926.8	1,038.2	731.5	419.0	269.7	8,793.5
2552	130.0	122.0	115.0	155.0	270.0	450.0	1,760.0	1,330.0	1,450.0	500.0	260.0	208.0	6,750.0
2553	160.0	114.0	105.0	146.0	360.0	830.0	1,385.0	1,270.0	890.0	330.0	214.0	166.0	5,970.0
2554	93.9	72.1	137.0	110.9	435.6	1,566.6	1,914.1	2,011.7	1,410.9	570.7	282.6	172.2	8,778.4

สัญลักษณ์คำย่อ:

m.asl = meter above sea level

m<sup>2</sup> = square meters

MCM = million cubic meters

m = meters  
cu.m = cubic meters  
cms = cubic meters per second  
MW = megawatt  
kWh = kilowatt hours  
MWh = megawatt hours



## ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นายมานพ วิเชียรสาร
วัน เดือน ปีเกิด	20 มีนาคม 2510
สถานที่เกิด	อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร
ประวัติการศึกษา	อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (อศ.บ.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
สถานที่ทำงาน	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เขื่อนภูมิพล
ตำแหน่ง	วิศวกรระดับ 8

