รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ANALYSIS OF THE COST OF LOSING POWER IN THE INDUSTRY BY USING A MATHEMATICAL MODEL

นาง บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12619231

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ANALYSIS OF THE COST OF LOSING POWER IN THE INDUSTRY BY USING A MATHEMATICAL MODEL

นาง บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แหล่งเงิน เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์

ประจำปีงบประมาณ 2556 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2555 ถึง กันยายน 2556

บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ หน่วยวิจัยคณิตศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งของระบบไฟฟ้า โดยเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุซึ่งส่วนใหญ่จะไม่สามารถควบคุมได้ ส่งผลให้เกิดความเสียหายกับระบบอื่นๆที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาเพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้านี้ นอกจากนี้ยังมีความผกผันของข้อมูลรวมอยู่ด้วย งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาเพื่อทำการพยากรณ์ข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี ค.ศ. 1999-2006 การวัดปริมาณของพลังงานไฟฟ้า หน่วยที่ใช้คือกิโลวัตต์-นาที โดยวิธีเกรย์โมเดล GM (1,1) และแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ (Grey-Markov Model) ซึ่งเป็นวิธีการลดข้อมูลที่มีความผันผวนเพื่อให้การพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น ผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการคาดการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นเพื่อวางแผนและสำรองงบประมาณ อีกทั้งยังสามารถนำแนวทางงานวิจัยนี้ไปประยุกต์กับข้อมูลที่มีพฤติกรรมใกล้เคียงได้อีกด้วย หลังจากนั้นก็ได้คำนวณหาอัตราความเสียหายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าและสามารถพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้ ซึ่งผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการคาดหมายเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลที่มีพฤติกรรมใกล้เคียงกันได้

คำสำคัญ : การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า; แบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ; เกรย์โมเดล; ตัวแบบมาร์คอฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Analysis of the Cost of Losing Power in the Industry by Using A Mathematical Model

Researcher: Busayamas Pimpunchat

Faculty: Science **Department:** Mathematics

ABSTRACT

Loss of Power Supplies is one of the major problems of power system. By the loss of power occurs for several reasons, most of which can't be controlled. Result in damage to other systems involved. This research aimed to find a model that fit the data loss of is power supply. There is also an inversion of the data are also included. This research aims to predict the data-loss power of the Electricity Generating Authority of Thailand in year 1999-2006 to measure the amount of electrical energy. Is kilowatts units - minutes. By Gray Model GM (1,1) model and gray - Markov. This is how to reduce the volatility to forecast with greater accuracy. The results of this study can be used as a guide to expected loss of potential power supply to plan and budget reserve. Moreover, this research approach can be applied to data that have similar behaviors as well. After that, I calculate the rate of damage due to the loss of predictive power supply and power supply loss that may occur in the future. The results of this study can be used as a guideline for the expected loss of power supply may occur in the future and can be applied to data with similar behavior together.

Keywords : Loss of power supply; Gray - Markov model; Gray model; Markov models.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน (เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2556 และผู้วิจัยขอขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่เอื้อเฟื้อข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการทำวิจัย

นางบุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ VI

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (Loss of supply data) 4

2.1.1 ปัญหาทางไฟฟ้า 5

2.2 การจำลองแบบปัญหา 5

2.2.1 ประเภทของการจำลองในการจำลองแบบปัญหา 5

2.2.2 กระบวนการจำลองแบบปัญหา 7

2.2.3 การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ 8

2.3 อัตราความเสียหายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า 8

2.4 ตัวแบบมาร์คอฟ 9

2.4.1 ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 13

3.1 รูปแบบการพยากรณ์ GM (1,1) 13

3.2 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบมาร์คอฟ 14

3.3 การคำนวณอัตราความเสียหายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า..........15

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 17

4.1 การสร้างรูปแบบการพยากรณ์ GM(1,1) 17

4.2 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบมาร์คอฟโดยแบ่งตามสถานะ..........18

4.3 การคำนวณเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงของความน่าจะเป็น..........18

4.4 การคำนวณค่าการพยากรณ์ 18

4.5 การพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต..........20

4.6 การคำนวณหาอัตราความเสียหายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า 21

บทที่ 5 สรุปผลวิจัย 27

5.1 สรุปผลวิจัย..........27

5.2 ข้อเสนอแนะ 27

เอกสารอ้างอิง 28

ภาคผนวก 29

ภาคผนวก ก..........30

สรุปข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า..........30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สรุปอัตราความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้า 11

ตารางที่ 2 ค่าจริงและค่าพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี ค.ศ. 1999-2006 17

ตารางที่ 3 ผลการพยากรณ์ 19

ตารางที่ 4 การพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (P : หน่วยที่ใช้ kw) 20

ตารางที่ 5 สัดส่วนการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 21

ตารางที่ 6 แบบจำลองความเสียหายเฉลี่ย 22

ตารางที่ 7 จำนวนครั้งที่เกิดการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้ารวมเฉลี่ยในแต่ละเดือน (N หน่วยที่ใช้ครั้ง) .. 23

ตารางที่ 8 ระยะเวลาการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (T : หน่วยที่ใช้ hr) 24

ตารางที่ 9 การคำนวณหาอัตราความเสียหายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 4
ภาพที่ 2 เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าที่ได้จากการพยากรณ์... 19
ภาพที่ 3 กราฟการพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (P : หน่วยที่ใช้ kw) 20
ภาพที่ 4 กราฟอัตราการเพิ่มของจำนวนเงิน/ระยะเวลา.. 22
ภาพที่ 5 จำนวนครั้งที่เกิดการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้ารวมเฉลี่ยในแต่ละเดือน (N หน่วยที่ใช้ครั้ง)..... 23
ภาพที่ 6 ระยะเวลาการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (T : หน่วยที่ใช้ hr) 25
ภาพที่ 7 กราฟเวลา กำลังไฟฟ้า และความถี่ของเหตุการณ์ที่เกิดจากการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า........ 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ไฟฟ้า คือพลังงาน (Energy) ในรูปแบบต่างๆกัน สิ่งมีชีวิตทั้งหลายต้องการพลังงานทั้งสิ้น พลังงาน สามารถกักเก็บ และปลดปล่อยออกมา เพื่อใช้ประโยชน์ต่างๆกัน ในโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิง(fuel) จะถูกเผาไหม้ เพื่อปล่อยพลังงานออกมา และนำไปผลิต เป็นกระแสไฟฟ้า พลังงานสามารถเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ เมื่อเราเปิดสวิตซ์ไฟกระแสไฟฟ้าจะวิ่งมาที่หลอดทำให้เกิดแสงสว่าง นั่นคือ พลังงานสามารถแปรสภาพไปเป็นความร้อน และแสงสว่างได้ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่รอบๆ ตัวเรา ไม่ว่าจะเป็น อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้าน อุปกรณ์สำนักงาน ตลอดจนเครื่องมือ เครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม ล้วนแต่ต้องอาศัยพลังงานจากไฟฟ้าทั้งสิ้น

การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (Loss of supply) ที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ (Blackouts) คือ ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งของระบบไฟฟ้า โดยข้อมูลดังกล่าวเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ไฟฟ้าลัดวงจร สาเหตุจากตัวอุปกรณ์ในระบบที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสาเหตุจากเหตุการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งเหตุการณ์โดยส่วนใหญ่จะเกิดแบบฉับพลัน ทำให้ไม่สามารถควบคุมระบบการจ่ายไฟฟ้าเพื่อทำการหยุดจ่ายไฟฟ้าได้ในทันที ส่งผลให้เกิดความเสียหายกับระบบอื่นๆ ตามมา โดยการวัดปริมาณความสูญเสียของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น นิยมใช้ 3 แบบ คือปริมาณของกำลังไฟฟ้าหน่วยที่ใช้คือกิโลวัตต์ ปริมาณของพลังงานหน่วยที่ใช้คือกิโลวัตต์-นาที และ ปริมาณของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ถูกผลกระทบจากเหตุการณ์ หน่วยที่ใช้คือ จำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า (Customers) เหตุการณ์ไฟฟ้าดับส่งผลกระทบให้แทบทุกระบบทั้งหมดในโรงงานอุตสาหกรรมหยุดชะงัก ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายกับกระบวนการผลิตสินค้าคุณภาพไม่ได้มาตรฐาน ต้องทำลายทิ้ง หรือ ต้องเริ่มต้นกระบวนการผลิตสินค้า นั้นใหม่ ทำให้ค่าเสียหายและค่าเสียโอกาสในการผลิตยิ่งสูงขึ้น ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าวจึงสมควรอย่างยิ่งที่จะทำการวิเคราะห์และตรวจสอบความเสียหาย เพื่อเป็นแนวทางป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

การพยากรณ์เกรย์ได้รับการยอมรับแต่ยังสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้เพราะโมเดลการพยากรณ์สร้างจากฟังก์ชันชี้กำลัง ตัวแบบมาร์คอฟเป็นตัวแบบที่นำแนวคิดในเรื่องความน่าจะเป็นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ในการพยากรณ์โดยจะพยากรณ์โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ในอนาคต โดยใช้ข้อมูลปัจจุบันในการพยากรณ์ระบบที่มีการสุ่มมีความแตกต่างกันในช่วงเวลาดังนั้นแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟสร้างขึ้นจากข้อได้เปรียบของทั้งสองวิธี โดยรูปแบบ GM (1,1) ใช้เพื่อการพัฒนาควบคุมลำดับข้อมูลและตัวแบบมาร์คอฟใช้เพื่อศึกษาการผันผวนลำดับของข้อมูล

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า
2) เพื่อจะสร้างการจำลองแบบปัญหาด้วยเทคนิคเกรย์โมเดล GM (1,1) และแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ (Grey-Markov Model)
4) สามารถคำนวณหาอัตราความเสียหายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าได้
5) สามารถพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ศึกษาข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในช่วงเวลา 9 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2550
2) โดยใช้การจำลองแบบปัญหาปัญหาด้วยเทคนิคเกรย์โมเดล GM (1,1) และแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ (Grey-Markov Model)
3) วิเคราะห์และตรวจสอบการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าในโรงงาอุตสาหกรรม
4) นำข้อมูลมาหาการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง
5) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของข้อมูล และสามารถพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาเรื่องการจำลองแบบปัญหาด้วยเทคนิคเกรย์โมเดล GM (1,1) และแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ (Grey-Markov Model)
2) ศึกษาข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
3) สร้างแบบจำลองปัญหาด้วยเทคนิคเกรย์โมเดล GM (1,1) และแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ (Grey-Markov Model)
4) พยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต
5) คำนวณอัตราความเสียหายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า
6) ประเมินผล และสรุปผลการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ความรู้เรื่องการจำลองแบบปัญหาด้วยเทคนิคเกรย์โมเดล GM (1,1) และแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ (Grey-Markov Model)

2) ทราบปริมาณการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

3) สามารถพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของปีถัดไปได้ เพื่อเป็นแนวทางป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

4) สามารถคำนวณอัตราความเสียหายต่อหน่วยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่หายไปเนื่องจากเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า

5) สามารถคำนวณอัตราความเสียหายต่อครั้งเมื่อเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง ลักษณะของข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า แบบจำลองปัญหาด้วยเทคนิคเกรย์โมเดล GM (1,1) และแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ (Grey-Markov Model) การคำนวณอัตราความเสียหายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (Loss of supply data)

ข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า หมายถึงข้อมูลการสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ที่ทำให้ไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ตามปกติ หรือโดยทั่วไปจะเรียกว่าเหตุการณ์ไฟฟ้าดับได้ หรือศัพท์ทางระบบไฟฟ้าเรียกว่า Planned outage และ แบบที่ไม่สามารถควบคุมการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับได้ หรือศัพท์ทางระบบไฟฟ้าเรียกว่า Forced outage ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าโดยจะพบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับโดยส่วนใหญ่เป็นแบบที่ไม่สามารถควบคุมการเกิดได้จึงส่งผลให้เกิดความเสียหายกับระบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ดังแสดงในภาพที่ 1

	A	B	C	F	G	H	I
2	02	420103004	3/1/1999 15:46	FETL21	8.2	8.2	T.100/1-4
3	04	420110007	10/1/1999 3:45	FETS32	184	4794	Bkr.MMM-2262 [illegible] Trip [illegible]
4	04	420111008	11/1/1999 0:30	FETS32	32	832	Bkr.MMM-2262 [illegible] Trip [illegible]
5	02	420112010	12/1/1999 16:28	FETL13	23.8	47.6	[illegible]
6	01	420117008	17/1/1999 8:21	FETS51	1.8	1.8	[illegible] Switching [illegible] SA1 2222
7	02	420125004	25/1/1999 5:07	FETS696	12.5	225	[illegible] Bkr.
8	04	420127005	27/1/1999 14:19	FETL296	15.6	1092	[illegible] 115 Kv.NA-PK Trip [illegible] Dist.Relay
9	02	420130006	30/1/1999 15:40	FETS61	27	671.7	[illegible] Flash Over [illegible]
10	03	420201006	1/2/1999 6:13	FETS43	19.4	19.4	Distance Relay Line LK [illegible]
11	03	420201007	1/2/1999 6:12	FETS42	19.4	110.1	Distance Relay Line LK [illegible]
12	04	420202007	2/2/1999 21:40	FETS296	12.3	135.3	Bkr.KP-7012,2222 (KT3A&KT4A) Trip
13	01	420203001	3/2/1999 6:04	FETS13	7.2	237.6	Trip [illegible]
14	04	420210012	10/2/1999 15:36	FETS62	2.46	107.8	Bkr.SK-2212 Trip [illegible] OC.Relay [illegible] B
15	03	420212003	12/2/1999 1:15	FETS62	1.6	56	[illegible] BKR.3332 [illegible] A-B
16	04	420217011	17/2/1999 18:09	FETS42	8.8	124.8	[illegible] Bkr.LKB 7012,2212 Trip [illegible] Sudden
17	03	420218008	18/2/1999 13:19	FETL76	23.3	1747.5	[illegible] R.O.W. [illegible]
18	02	420220004	20/2/1999 15:32	FETS31	63.3	347.2	ON Bot Diff. Relay [illegible]
19	01	420221004	21/2/1999 18:30	FEG1296	23.7	51.4	U/F Relay Step 1
20	05	420221007	21/2/1999 18:51	FEG1296	50	150	U/F Relay Step1 [illegible] BPK-T2
21	04	420227004	27/2/1999 15:30	FETL54	7.3	15	[illegible] 115KV [illegible] Trip [illegible]
22	01	420305001	5/3/1999 18:39	FETS41	21	420	Trip [illegible] Power Fuse 22 KV.
23	02	420307005	7/3/1999 15:19	FETS296	2.8	3.2	[illegible] Trip
24	02	420315009	15/3/1999 11:28	FETS51	9.6	19.2	[illegible] KTB1 [illegible] Control KT2A

ภาพที่ 1 ข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ปัญหาทางไฟฟ้า

- **ไฟกระชาก** (Surge) คือขนาดกระแสและแรงดันที่มีค่าความชันสูงมาก เกิดขึ้นในทันทีทันใดไม่มีความถี่เปลี่ยนแปลงกำหนดให้มีขั้วทิศทางเดียว มีสาเหตุเกิดจากฟ้าผ่า ซึ่งอาจเกิดได้โดยตรงหรือในบริเวณใกล้เคียง ผลทำให้อุปกรณ์ในระบบได้รับความเสียหายจากแรงดันไฟฟ้าเกิน

- **ไฟตกช่วงขณะ** (Voltage Sags) คือค่าแรงดัน rms (การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า) มีขนาดลดลงระหว่าง 0.1-0.9 pu. ในช่วงเวลาระหว่าง 10 ms - 1min มีสาเหตุส่วนใหญ่ เกิดขึ้นกับเฟสที่เกิดความผิดพร่องทางไฟฟ้า เช่น แรงดันมีค่าลดลงจากผลของการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่ ซึ่งมอเตอร์อินดัคชั่นขณะสตาร์ทจะมีกระแสสูงสุดถึง 6-10 เท่า ของกระแสโหลดปกติ ผลทำให้อุปกรณ์ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของแหล่งจ่ายไฟ มีการทำงานผิดพลาดหรือหยุดการทำงาน

- **ไฟกระพริบ** (Short Interruption) คือค่าแรงดัน rms มีค่าลดลงต่ำกว่า 0.1 pu. ในช่วงระหว่าง 10 ms - 1 min มีสาเหตุเกิดจากสภาวะความผิดพร่องทางไฟฟ้าในระบบ ทำให้อุปกรณ์ป้องกันมีการตัดวงจรแหล่งจ่ายไฟออก ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้า หยุดการทำงาน

- **ไฟดับ** (Blackout) คือค่าแรงดัน rms มีค่าลดลง 0.0 pu. ในช่วงเวลาเกินกว่า 1 min มีสาเหตุเกิดจากสภาวะความผิดพร่องทางไฟฟ้าในระบบ ทำให้อุปกรณ์ป้องกันมีการตัดวงจรแหล่งจ่ายไฟออกถาวร เป็นผลทำให้ อุปกรณ์ไฟฟ้าหยุดการทำงาน

2.2 การจำลองแบบปัญหา

2.2.1 ประเภทของการจำลองในการจำลองแบบปัญหา

ประเภทของแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา นอกจากจะสามารถจำแนกได้ตามประเภทของระบบงาน งานที่เป็นตัวแทนอยู่แล้ว ยังมีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวของแบบจำลองซึ่งทำให้สามารถจำแนกประเภทออกไปตามคุณลักษณะพิเศษดังนี้

1) แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Models) เป็นแบบจำลองที่มีรูปร่างหน้าตาเหมือนระบบงานจริง อาจมีขนาดเท่ากับของจริงหรือมีขนาดที่เล็กกว่าหรือใหญ่กว่า (Scaled Models) อาจเป็นแบบจำลองของระบบงานจริงในมิติใดมิติหนึ่ง (Dimension) หรือทั้งสามมิติ ตัวอย่างของแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทนี้ ได้แก่ เครื่องยนต์ต้นแบบ (Prototype) ซึ่งสร้างขึ้นเพื่อทดสอบสมรรถนะก่อนการผลิตจริง แบบจำลองของส่วนควบคุมการบินของเครื่องบิน เครื่องบินขนาดจำลองที่ใช้ทดสอบในอุโมงค์ลม แบบจำลองผังโรงงาน รูปแสดงการเกาะเกี่ยวของอะตอม ฯลฯ

2) แบบจำลองอะนาลอก (Analog Models) เป็นแบบจำลองที่มีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง ตัวอย่างของแบบจำลองประเภทนี้ได้แก่ อะนาลอกคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และอุตสาหกรรมเคมี ซึ่งใช้การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าซึ่งแสดงบนแผงควบคุมบอกให้รู้ถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุในระบบงานจริง การใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆที่วัดค่าได้ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการผลิตกับจำนวนสินค้าที่ผลิต ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ขนาดความยาวของเส้นกราฟแสดงค่าของเงินหรือจำนวนสินค้า การใช้แผนภูมิการจัดองค์กร (Organization Charts) เป็นแบบจำลองที่ใช้สี่เหลี่ยมรูปกล่องและเส้นแสดงความสัมพันธ์และหน้าที่รับผิดชอบของบุคลากรในระดับต่างๆ การใช้แผนภูมิการไหลของวัตถุดิบผ่านขบวนการผลิต ฯลฯ

3) เกมการบริหาร (Management Games) แบบจำลองการตัดสินใจ (Decision Models) ในกิจการต่างๆ เช่น ธุรกิจ สงคราม การลงทุน ฯลฯ เป็นแบบจำลองที่ใช้แสดงผลถ้ามีการตัดสินใจแบบต่างๆเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ

4) แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Models) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์โปรแกรม ซึ่งก่อนที่จะมาเป็นคอมพิวเตอร์โปรแกรม แบบจำลองอาจอยู่ในรูปของแบบจำลองประเภทหนึ่งประเภทใดที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด

5) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบงานจริง เช่น ใช้ X แทนค่าใช้จ่ายในการผลิต Y แทนจำนวนสินค้าที่ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 กระบวนการจำลองแบบปัญหา

แม้ว่าการจำลองแบบปัญหาไม่จำเป็นต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาเสมอไป แต่การใช้การจำลองแบบปัญหาในปัจจุบันมักใช้กับปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนจึงต้องอาศัยคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยคำนวณหาข้อมูลต่างๆที่ต้องการสำหรับการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหา ขั้นตอนต่างๆ ต่อไปนี้เป็นข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินการจำลองแบบปัญหาที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ

1. การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบ การกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆและวิธีการวัดผลของระบบงาน
2. การสร้างแบบจำลอง (Model Formulation) จากลักษณะของระบบงานที่จะต้องทำการศึกษา เขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา
3. การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation) วิเคราะห์หาข้อมูลต่างๆที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง และจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้
4. การแปรรูปแบบจำลอง (Model Translation) แปลงแบบจำลองไปอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์
5. การทดสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้ผู้เขียนและผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่าแบบจำลองที่ได้นั้นสามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้
6. การออกแบบการทดลอง (Strategic Planning) เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ตามที่ต้องการ
7. การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง (Tactical Planning) เป็นการวางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ผลเพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) ความแตกต่างระหว่างขั้นตอนนี้กับขั้นตอนการออกแบบการทดลองมีอยู่ว่า ในการออกแบบการทดลองเป็นแต่เพียงการบอกเงื่อนไขของการทดลอง ส่วนขั้นตอนนี้เป็นการบอกว่าจะต้องดำเนินการทดลองตามเงื่อนไขดังกล่าวกี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งจึงจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม กล่าวคือได้ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้ในราคาที่เหมาะสม

8. การดำเนินการทดลอง (Experimentation) เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่างๆที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง
9. การตีความผลการทดลอง (Interpretation) จากผลการทดลอง ตีความว่าระบบงานจริงมีปัญหาอย่างไร และการแก้ปัญหาจะได้ผลอย่างไร
10. การนำไปใช้งาน (Implementation) จากผลการทดลอง เลือกวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริง
11. การจัดทำเป็นเอกสารการใช้งาน (Documentation) เป็นการบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างของแบบจำลอง วิธีการใช้งานและผลที่ได้ได้จากการใช้งาน เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งาน และเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงดัดแปลงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ ฯลฯ

2.2.3 การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์

การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยที่การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์นี้เป็นที่นิยมใช้ที่สุดของการใช้การจำลองแบบปัญหา เพราะสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานได้มากมายหลายประเภท โดยที่การจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์จะต้องมีการคำนวณ มีข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์จากแบบจำลอง และโดยปกติข้อมูลต่างๆในระบบงานจะเป็นข้อมูลซึ่งมีความผันแปรไม่แน่นอนและมีการแปรเปลี่ยนตามเวลา ดังนั้นการจัดเตรียมและการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆรวมทั้งขั้นตอนต่างๆที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหานี้จึงต้องอาศัยวิธีการต่างๆทางสถิติเข้าช่วย

2.3 อัตราความเสียหายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า

สามารถคำนวณหาอัตราความเสียหายเนื่องจากเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า(Interrupted Energy Rate: *IER*) ซึ่งโดยทั่วไปมักเรียกกันในชื่อของ Outage Cost หรือ Value of Lost Load (*VOLL*) ได้โดยอาศัยแบบจำลองความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งจัดแบ่งตามกลุ่มหรือประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า และเรียกเป็น Sectoral Customer Damage Function (SCDF) ทั้งนี้เพื่อให้ผลการประเมินค่าดังกล่าวมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยืดหยุ่นและสามารถนำไปใช้ตามความต้องการที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต จึงได้มีการกำหนดพื้นที่ที่จะทำการประเมินผลอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับ

จากผลการพัฒนาแบบจำลองความเสียหายประจำพื้นที่จ่ายไฟฟ้าที่พิจารณาหรือสำหรับผู้ใช้ทั้งประเทศนั้น เราสามารถนำมาประกอบกับสถิติไฟฟ้าดับจริง (Actual performance) ของแต่ละการไฟฟ้าเพื่อทำการประเมินอัตราความเสียหาย 2 ประเภท คือ

1) อัตราความเสียหายต่อหน่วยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่หายไปเนื่องจากไฟดับ (Interrupted Energy Rate : IER) มีหน่วยเป็นบาท/kWh

2) อัตราความเสียหายต่อครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับ (Interruption Cost Per Event : ICPE) มีหน่วยเป็นบาท/ครั้ง

2.4 ตัวแบบมาร์คอฟ

ในการตัดสินใจของผู้บริหารเกี่ยวกบปัญหาทางธุรกิจนั้น ย่อมจะมีความไม่แน่นอนเกิดขึ้นได้เสมอ ดังนั้นผู้บริหารจึงจำเป็นจะต้องมีการเตรียมพร้อมที่จะรับมือและจัดการกับความไม่แน่นอนที่จะเกิดขึ้นเหล่านั้น เพื่อทำให้การตัดสินใจในปัจจุบันเป็นไปอย่างเหมาะสม ซึ่งเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการจัดการกับความไม่แน่นอนที่จะกล่าวในบทนี้คือ ตัวแบบเชิงปริมาณที่จะช่วยให้ข้อมูลของสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อใช้ในการตัดสินใจในด้านต่างๆ เช่น ปัญหาด้านการผลิต การเงิน การบัญชี การตลาด บุคลากร ฯลฯ ตัวแบบที่จะช่วยในการตัดสินใจนี้คือ ตัวแบบมาร์คอฟ (Markov model)

ตัวแบบมาร์คอฟ (Markov model) เป็นตัวแบบที่นำแนวความคิดในเรื่องความน่าจะเป็นมาใช้ในการพยากรณ์โดยจะพยากรณ์โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ในอนาคต โดยใช้ข้อมูลของเหตุการณ์ในปัจจุบัน เช่น การพยากรณ์หรือประมาณส่วนแบ่งตลาดของสินค้ายี่ห้อ A ในเดือนหน้าและประมาณโอกาสที่ลูกค้าที่เคยซื้อยี่ห้อ A จะเปลี่ยนไปซื้อยี่ห้อ B แทน หรือประมาณว่าโอกาสที่เครื่องจักรจะใช้งานได้ในสัปดาห์หน้าจะยังคงใช้ได้ดีในสัปดาห์หน้าหรือไม่

2.4.1 ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง

ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (Transition Probability) ดังที่กล่าวมาแล้วว่า ตัวแบบมาร์คอฟเป็นตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์หรือประมาณสถานการณ์ในอนาคต โดยต้องทราบสถานการณ์ปัจจุบัน และต้องทราบความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปเป็นอีกสถานะหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงื่อนไขของตัวแปรแบบมาร์คอฟ

การวิเคราะห์สภาพของระบบโดยใช้ตัวแบบมาร์คอฟ เพื่อพยากรณ์ถึงโอกาสที่จะอยู่ในสถานะต่าง ๆ ในอนาคต เช่น พยากรณ์ส่วนแบ่งตลาดของสินค้าแต่ละยี่ห้อในอนาคต จะมีเงื่อนไข สมมติฐาน 5 ประการดังนี้

1.จำนวนสถานะจะต้องจำกัดและนับได้ (Finite)

2. ขนาดของระบบจะต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3. เมทริกซ์ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงสถานะจะคงที่ตลอด นั่นคือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะที่ i ไปสถานะที่ j (P_{ij}) เมื่อเวลาเปลี่ยนไปจะคงที่

4. การพยากรณ์การเกิดสถานะในอนาคตขึ้นกับสถานะในปัจจุบันและความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงเท่านั้น

4.1 สถานะปัจจุบัน

4.2 ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (P_{ij})

5. แต่ละหน่วยต้องอยู่ในสถานะใดสถานะหนึ่งเพียงสถานะเดียว ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น ลูกค้าซื้อหรือใช้ยาสีฟันยี่ห้อ A ในวันนี้ก็ใช้เพียงยี่ห้อเดียวหรือสถานะเครื่องจักรในวันนี้อาจเป็นดีหรือเสียได้เพียงสถานะเดียว

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. [1] ได้ดำเนินการศึกษาและประเมินอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับ โดยอาศัยวิธีการสำรวจข้อมูลจากผู้ใช้ไฟฟ้าโดยตรง เพื่อนำมาใช้พัฒนาเป็นแบบจำลองความเสียหายของผู้ใช้แต่ละประเภท จากนั้นจึงนำมาพัฒนาต่อเนื่องเป็นแบบจำลองประจำการไฟฟ้าแต่ละแห่ง แบ่งแยกตามเขตจ่ายไฟฟ้าที่กำหนด แล้วจึงนำมาใช้ประกอบกับสถิติไฟฟ้าดับของปี 2541 – 2543 สำหรับ กฟน. และสถิติไฟฟ้าดับของปี 2543 สำหรับ กฟภ. เพื่อประเมินค่าอัตราพลังงานไฟฟ้าดับแยกตามพื้นที่การจ่ายไฟฟ้าของ กฟน. และ กฟภ. ตลอดจนอัตราความเสียหายรวมทั้งประเทศตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

ทั้งนี้ผลการสำรวจข้อมูลซึ่งประกอบด้วยทั้งการสัมภาษณ์ผู้ใช้โดยตรง และการสำรวจข้อมูลผ่านทางอินเทอร์เน็ตนั้น ปรากฏว่ามีผู้ให้ความร่วมมือตอบแบบสอบถามจากทั่วประเทศได้อย่างสมบูรณ์กว่า 2,200 ราย ครอบคลุมผู้ใช้แยกตามอัตราโครงสร้างค่าไฟฟ้าครบทุกประเภท ยกเว้นผู้ใช้ประเภทสูบน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อการเกษตรซึ่งมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าเทียบกับผู้ใช้ประเภทอื่น ๆ ต่ำมาก ดังนั้นแบบดังกล่าวจะไม่มีผลกระทบต่อค่า IER และ ICPE ที่คำนวณได้

สำหรับผลจากการศึกษาอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับประจำปี 2543 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปอัตราความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้า

การไฟฟ้า	IER (บาท/kWh)	ICPE (บาท/ครั้ง)
กฟน.	53.799	147,500
กฟภ.	60.165	62,723
รวมทั้งประเทศ	60.348	64,991

การนำสถิติต่าง ๆ ดังกล่าวมาใช้งานจะทำให้สามารถประเมินค่าดัชนีความเชื่อถือได้และค่า IER ตลอดจนการวางแผน และปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานของการไฟฟ้าในอนาคตให้เหมาะสมยิ่งขึ้นต่อไป

เนาวรัตน์ มานิตเจริญ. [2] นำเสนองานวิจัยนี้เพื่อคาดหมายเหตุการณ์ไฟฟ้าดับที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตเพื่อที่จะได้ลดทอนความเสียหายที่จะเกิดตามมา งานวิจัยนี้จึงใช้ข้อมูลของเหตุการณ์ไฟฟ้าดับมาทำการวิเคราะห์ ซึ่งมุ่งศึกษาเพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า ซึ่งจากการวิเคราะห์นี้ทำให้ได้การแจกแจงความน่าจะเป็นที่เหมาะสมกับข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า 6 แบบคือ การแจกแจงกำลัง การแจกแจงกำลังแบบตัดปลาย การแจกแจงเอกซ์โพเนนเชียล การแจกแจงไวบูลล์ การแจกแจงล็อกนอร์มอล และการแจกแจงแกมมา จึงได้นำการเปรียบเทียบจากงานวิจัยนี้ เป็นพื้นฐานในการเลือกการแจกแจงความน่าจะเป็นที่เหมาะสมต่อไป

MAO Zhan-li and SUN Jin-hua [3] งานวิจัยนี้ แสดงประสิทธิภาพทั้งรูปแบบการพยากรณ์ GM (1, 1) และรูปแบบการพยากรณ์ห่วงโซ่มาร์คอฟในการลดการสุ่มข้อมูลที่มีผลต่อความแม่นยำในการพยากรณ์และขอบเขตของการประมาณเกรย์ ตัวอย่างเช่นการวิเคราะห์ ผลลัพธ์ที่แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง เกรย์มาร์คอฟในบทความนี้มีความแม่นยำสูงในการพยากรณ์และการประยุกต์

Yong-Huang Lin and Pin-Chan Lee [4] งานวิจัยนี้แสดงประสิทธิภาพของการปรับปรุงการพยากรณ์เกรย์จุดประสงค์เพื่อเสนอโมเดลการพยากรณ์ใหม่ที่เรียกว่า MFGMn (1,1)ในโมเดลนี้จะปรับเปลี่ยนขั้นตอนของวิธีการพยากรณ์เกรย์โมเดลเพื่อเพิ่มความสามารถในการหาแนวโน้มนอกจากนี้ MFGMn (1,1) ยังรวมอนุกรมฟูเรียและลูกโซ่มาร์คอฟ ในโมเดลของระบบที่ปรากฏการณ์คาบและการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุ่มสำหรับปรับปรุงเพิ่มเติมในความแม่นยำการพยากรณ์ศึกษาสองกรณีคือปริมาณน้ำฝนและความผันผวนของราคาเหล็กนำมาแสดงในผลการจำลองรูปแบบที่นำเสนอสามารถเพิ่มความแม่นยำในพยากรณ์โดยเฉพาะเมื่อระบบไม่คงที่ MFGMn (1,1) มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ระบบที่กำลังพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการพยากรณ์ GM (1,1)

วิธี GM (1,1) มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สมมติลำดับของข้อมูล

$$x^{(0)} = \left\{ x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \ldots, x^{(0)}(n) \right\} \quad (1)$$

ขั้นตอนที่ 2 หาค่า $x^{(1)}$ จากวิธี 1-ago

$$x^{(1)}(k) = \left\{ x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \ldots, x^{(1)}(n) \right\} \quad (2)$$

ซึ่ง
$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^{k} x^{(0)}(i) \qquad k = 1, 2, 3 \ldots n$$

ขั้นตอนที่ 3 จาก $x^{(1)}$ สมมติให้

$$z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1) \quad k = 2, 3, 4, \ldots n \quad (3)$$

ขั้นตอนที่ 4 ให้ $\hat{a}$ เป็นเวกเตอร์ของตัวแปร $\hat{a} = [a, b]^T$ จะได้ $\hat{a} = [B^T, B]^{-1} B^T Y$ โดย Y เป็นเวกเตอร์ค่าคงที่ ดังนั้น aและ b หาจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยที่

$$B = \begin{pmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{pmatrix} \quad Y_N = \begin{pmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{pmatrix} \quad (4)$$

ขั้นตอนที่ 5 สร้างสมการเชิงอนุพันธ์ของ GM (1,1)

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)}(k) = b \quad (5)$$

ขั้นตอนที่ 6 แก้สมการ (5) ได้ดังต่อไปนี้

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (6)$$

ขั้นตอนที่ 7 ดำเนินการผกผันตามสมการ (6) จะได้

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = (1 - e^{a}) \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-ak} \quad k = 1, 2, 3, ..n \quad (7)$$

หรือหาค่า $\hat{x}^{(0)}$ จาก $\hat{x}^{(1)}$ ดังนี้

$$\hat{x}^{(0)}(k) = \alpha^{(1)} \hat{x}^{(1)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k-1) \quad (8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อศึกษาพฤติกรรมของข้อมูล และสามารถพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

3.2 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบมาร์คอฟ

ตัวแบบมาร์คอฟเป็นตัวแบบที่นำแนวคิดในเรื่องความน่าจะเป็นมาใช้ในการพยากรณ์โดยจะพยากรณ์โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ในอนาคต โดยใช้ข้อมูลของเหตุการณ์ปัจจุบัน

จากสมการที่ (7) สามารถสร้างลำดับตัวแบบได้ดังนี้

$$\hat{x}^{(0)} = \left\{\hat{x}^{(0)}(1), \hat{x}^{(0)}(2), \hat{x}^{(0)}(3), \ldots, \hat{x}^{(0)}(n)\right\} \quad (9)$$

$\hat{x}^{(0)}$ คือตัวแบบมาร์คอฟ สามารถแบ่งออกเป็น n สถานะตามค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของสถานะใด ๆ สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\otimes_j = \left[\otimes_{j-}, \otimes_{j+}\right] \quad \otimes_{j-} = \hat{x}^{(0)}(j) + a_j \quad \otimes_{j+} = \hat{x}^{(0)}(j) + b_j \quad (10)$$

สมมติ n_i คือจำนวนลำดับของข้อมูลเดิม ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจาก $\otimes_i$ ไป $\otimes_j$ สามารถสร้างได้ดังนี้

$$P_{ij}(k) = \frac{n_{ij}(k)}{n_i} \qquad i = 1,2,3,\ldots n \quad (11)$$

โดยที่ $P_{ij}(k)$ คือความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงในสถานะ $\otimes_j$ ส่งจากสถานะ $\otimes_i$ ขั้นตอนที่ k โดยที่ k คือจำนวนขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงในแต่ละครั้ง n_i คือจำนวนของข้อมูลในสถานะที่ $\otimes_i$ $n_{ij}(k)$ จำนวนของข้อมูลเดิมจาก สถานะ $\otimes_j$ ส่งจากสถานะ $\otimes_i$ ขั้นตอนที่ k คือเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสามารถแสดงดังต่อไปนี้

$$R(k) = \begin{pmatrix} P_{11}(k) & P_{12}(k) & \cdots & P_{1n}(k) \\ P_{21}(k) & P_{22}(k) & \cdots & P_{2n}(k) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{n1}(k) & P_{n2}(k) & \cdots & P_{nn}(k) \end{pmatrix} \quad (12)$$

เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง $R(k)$ แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของสถานะในระบบซึ่งเป็นพื้นฐานของรูปแบบการพยากรณ์ เกรย์-มาร์คอฟ นั่นคือแนวโน้มของระบบสามารถทำนายได้จากการเปลี่ยนสถานะของความน่าจะเป็นโดยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเมทริกซ์ $R(k)$ จากนั้นเลือกค่าที่ใกล้เคียงที่สุดจากเวลาที่พยากรณ์ ส่วนที่เหลือหาได้จากการเฉลี่ยค่าใน $\left[\otimes_{j-}, \otimes_{j+}\right]$ ซึ่งจะมีผลให้ค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เปลี่ยนแปลง ดังนั้นการพยากรณ์ข้อมูลเดิมอ้างอิงตามคำอธิบายข้างต้น สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$\hat{y}(j) = \frac{\otimes_{j-}, \otimes_{j+}}{2} = \hat{x}^{(0)}(j) + \frac{a_j + b_j}{2} \quad (13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารฉบับสมบูรณ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การคำนวณอัตราความเสียหายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า

1) อัตราความเสียหายแยกตามพื้นที่การจ่ายไฟฟ้า

2) อัตราความเสียหายภาพรวมทั้งประเทศ

จากแบบจำลองความเสียหายเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทของ การไฟฟ้านครหลวง สามารถนำมาสร้าง CCDF ของการไฟฟ้า ซึ่งจะนำไปใช้ในการประเมินค่าอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับต่อไป

$$CCDF(t) = \sum_{i=1}^{n} \frac{c_i \times SCDF_i(t)}{LF_i} \qquad \text{บาท/kW}_{\text{เฉลี่ย}}$$

โดย i คือ ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า

n คือ จำนวนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

c_i คือ สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ประเภท i

$SCDF_i$ คือ Sector Customer Damage Function ของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท i

LF_i คือ ค่าตัวประกอบโหลดของผู้ใช้ประเภทที่ i

การประเมินอัตราความเสียหาย 2 ประเภท คือ

1) อัตราความเสียหายต่อหน่วยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่หายไปเนื่องจากไฟดับ (Interrupted Energy Rate : IER) มีหน่วยเป็นบาท/kWh

3) อัตราความเสียหายต่อครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับ (Interruption Cost Per Event : ICPE) มีหน่วยเป็น บาท/ครั้ง

นำแบบจำลองประจำพื้นที่จ่ายไฟฟ้าที่สนใจ (CCDF) ซึ่งอยู่ในหน่วย บาท/kW$_{\text{เฉลี่ย}}$ มาประกอบกับสถิติไฟฟ้าดับประจำพื้นที่นั้นๆ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$IER = \frac{Interruption\,Cost}{Energy\,Not\,Supplied} = \frac{ECOST}{EENS} = \frac{\sum_{j=1}^{n} CCDF(t_j) \times P_j}{\sum_{j=1}^{n} P_j \times t_j}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$ICPE = \frac{Interruption\,Cost}{A\,number\,of\,Outage\,Event} = \frac{ECOST}{n} = \frac{\sum_{j=1}^{n} CCDF(t_j) \times P_j}{\sum_{j=1}^{n} j}$$

โดย CCDF คือ Customer Damage Function (บาท/kW$_{\text{เฉลี่ย}}$) ประจำการไฟฟ้าที่พิจารณา

t_j คือ ระยะเวลาไฟฟ้าดับในการเกิดไฟฟ้าดับครั้งที่ j (hr)

P_j คือ กำลังไฟฟ้าที่หายไปในการเกิดไฟฟ้าดับขึ้นครั้งที่ j (kw)

n คือ จำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับรวมในพื้นที่ที่พิจารณา (ครั้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี ค.ศ. 1999-2006 ระบุไว้ในตารางที่ 2 และใช้รูปแบบการพยากรณ์ เกรย์-มาร์คอฟในการพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตามวิธีที่นำเสนอในส่วนที่ 2 ขั้นตอนการพยากรณ์มีดังนี้

4.1 การสร้างรูปแบบการพยากรณ์ GM(1,1)

จากข้อมูลของการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี ค.ศ. 1999-2006 ค่า (a=-0.0047, b=30.34) ได้จากการคำนวณ การพยากรณ์เกรย์โมเดล สร้างขึ้นตามสมการที่ (7) จะได้

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = (1-e^{a})\left(x^{(0)}(1)-\frac{b}{a}\right)e^{-ak}$$

$$=30.34e^{0.0047k} \quad k=1,2,3,\ldots,n \qquad (14)$$

ค่าพยากรณ์ที่ได้จากการคำนวณโดยสมการ (14) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าจริงและค่าพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี ค.ศ. 1999-2006

ปี	ค่าจริง	GM(1,1)	errors	ค่าคาดเคลื่อนสัมพัทธ์	สถานะ
1999	33	33	0	0.0000	2
2000	33	30.6	2.4	0.0727	3
2001	32	30.7	1.3	0.0406	3
2002	28	30.9	-2.9	-0.1036	2
2003	21	31.0	-10.0	-0.4762	1
2004	40	31.1	8.9	0.2225	4
2005	34	31.3	2.7	0.0794	3
2006	29	31.4	-2.4	-0.0828	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบมาร์คอฟโดยแบ่งตามสถานะ

ตามค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (ตารางที่ 2) จากปี ค.ศ. 1999-2006 และสถานะของค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ในตารางที่ 4.1 แบ่งออกเป็นสี่สถานะดังนี้

$$\otimes_1 = (-0.5, -0.1], \quad \otimes_2 = (-0.1, 0], \quad \otimes_3 = (0, 0.1], \quad \otimes_4 = (0.1, 0.5]$$

4.3 การคำนวณเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงของความน่าจะเป็น

จากการสังเกตช่วงสถานะของข้อมูล จำนวนข้อมูลสามารถคำนวณค่าความน่าจะเป็นแสดงเป็นเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงของความน่าจะเป็นตามวิธีที่แนะนำในการวิจัยดังนี้:

$$R(1) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

เนื่องจากแบ่งสถานะออกเป็นสี่สถานะ ดังนั้นจะใช้ข้อมูลปีล่าสุดในการพยากรณ์ข้อมูลของปีถัดไปโดยทำนายจากทั้งสี่สถานะที่กำหนด

4.4 การคำนวณค่าการพยากรณ์

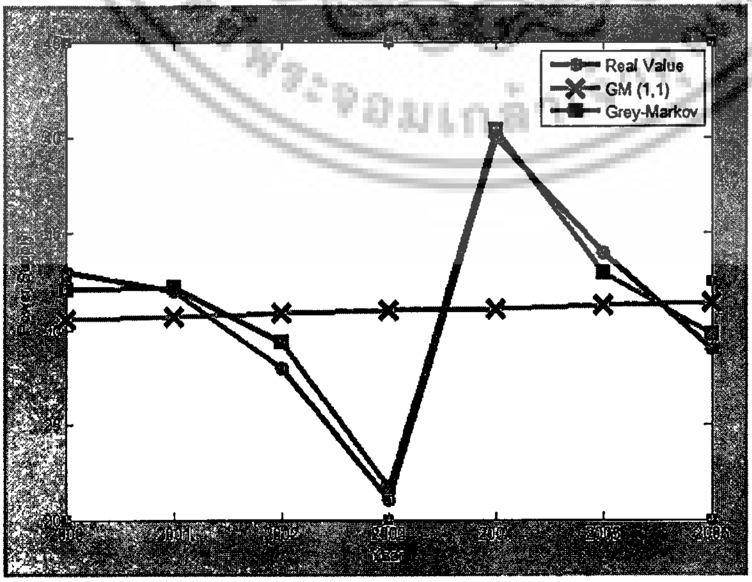
ผลรวมของความน่าจะเป็นจากการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ของสถานะสี่สถานะที่สูงสุดและค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของปี ค.ศ. 2007 อยู่ในสถานะ3: (0, 0.1] ค่าการพยากรณ์ของ GM (1,1) คำนวณโดยสมการ (13) ค่าการพยากรณ์ของปี ค.ศ. 2007 จาก GM (1,1) คือ 31.6 ดังนั้นค่าที่ได้จากรูปแบบการพยากรณ์เกรย์-มาร์คอฟ ได้จาก $31.6 \times \left(1 + \frac{0+0.1}{2}\right) = 33.2$ ซึ่งค่าการพยากรณ์ ปี ค.ศ. 1999-2006 สามารถคำนวณด้วยแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟได้ตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ผลการพยากรณ์

ปี	ค่าจริง	GM (1,1)		สถานะ	Grey-Markov	
		ค่าพยากรณ์	ค่าคาดเคลื่อนสัมพัทธ์		ค่าพยากรณ์	ค่าคาดเคลื่อนสัมพัทธ์
2000	33	30.6	0.0727	3	32.1	0.0273
2001	32	30.7	0.0406	3	32.2	-0.0063
2002	28	30.9	-0.1036	2	29.4	-0.0500
2003	21	31.0	-0.4762	1	21.7	-0.0333
2004	40	31.1	0.2225	4	40.4	-0.0100
2005	34	31.3	0.0794	3	32.9	0.0324
2006	29	31.4	-0.0828	2	29.8	-0.0276

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟต่ำกว่าของ GM (1,1) ค่าสัมบูรณ์เฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของ GM (1,1) คือ 0.15 และค่าสัมบูรณ์เฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟคือ 0.03 แสดงให้เห็นว่าวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้แบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟให้ค่าสัมบูรณ์เฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยกว่าการพยากรณ์ของ GM (1,1) แสดงว่ารูปแบบการพยากรณ์เกรย์-มาร์คอฟสามารถทำการพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีความแม่นยำมากกว่าแบบจำลอง GM (1,1) ดังแสดงในภาพที่ 2



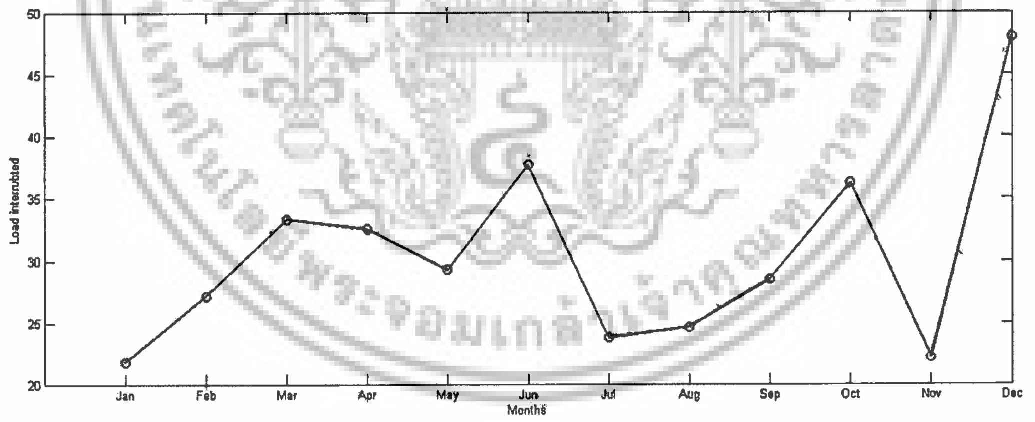
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าที่ได้จากการพยากรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

ตารางที่ 4 การพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (P : หน่วยที่ใช้ kw)

เดือน/ปี	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	เฉลี่ยแต่ละเดือน
มกราคม	28112.50	50023.53	38714.55	12062.50	13805.00	6623.33	14100.00	9800.00	23030.00	21807.93
กุมภาพันธ์	20287.50	22722.50	10420.00	41450.00	16166.67	6800.00	87844.29	20371.43	18461.11	27169.28
มีนาคม	19310.00	25200.00	14540.00	10245.45	21525.00	74223.08	51359.00	11833.33	71627.00	33318.10
เมษายน	34952.94	37755.56	27133.33	26610.00	25825.00	60031.25	13512.50	22268.33	44880.00	32552.10
พฤษภาคม	27424.74	35636.84	22961.43	90080.00	32354.55	15716.67	24212.50	9312.50	5766.67	29273.99
มิถุนายน	15483.33	19000.00	49528.00	14375.00	13588.89	49770.00	45327.14	67000.00	64760.00	37648.04
กรกฎาคม	20809.38	21014.29	34407.14	40781.82	15080.00	17209.09	16338.13	33088.89	15514.29	23804.78
สิงหาคม	69418.89	11850.00	29745.45	18475.00	11257.14	16871.43	30057.27	27448.46	6600.00	24635.96
กันยายน	16693.75	34470.31	104070.00	13151.50	15090.91	15284.44	24800.00	15800.00	16833.33	28466.03
ตุลาคม	146426.00	67818.42	17108.33	13714.29	14922.22	20790.91	14090.00	12384.62	18300.00	36172.75
พฤศจิกายน	33979.47	18472.86	11186.67	8500.00	51744.44	13680.00	14433.33	25885.71	21971.43	22205.99
ธันวาคม	14033.33	13283.33	10350.00	6433.33	11400.00	82086.67	15000.00	269100.00	9875.00	47951.30
เฉลี่ยแต่ละปี	37244.32	29770.64	30847.08	24656.57	20229.98	31590.57	29256.18	43691.11	26468.24	30417.19



ภาพที่ 3 กราฟการพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (P : หน่วยที่ใช้ kw)

จากกราฟช่วงที่เกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้ามากที่สุดคือ ช่วงเดือนธันวาคม รองลงมาคือช่วงเดือนมิถุนายน สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากอุปกรณ์การจ่ายไฟฟ้าชำรุดเช่น ปลด เบรคเกอร์ผิด และสัตว์เช่น แมวขึ้นหม้อแปลงและงูเหลือมขึ้นเสาไฟ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การคำนวณหาอัตราความเสียหายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า

จากแบบจำลองความเสียหายเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทของ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สามารถนำมาสร้าง CCDF ของการไฟฟ้านครหลวง จะสังเกตได้ว่าแบบจำลอง CCDF นั้นแสดงถึงความสัมพันธ์ของความเสียหาย (บาทเฉลี่ย/$kW_{เฉลี่ย}$) ที่อยู่ในรูปฟังก์ชันของระยะเวลาที่เกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า ดังนั้นจึงอาจแสดงสัญลักษณ์ย่อของแบบจำลองดังกล่าวได้เป็น CCDF(t) นั่นเอง ซึ่งจะนำไปใช้ในการประเมินค่าอัตราความเสียหายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าต่อไป

ตารางที่ 5 สัดส่วนการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	สัดส่วนการใช้ไฟฟ้า (%)	ตัวประกอบโหลด (%)
บ้านอยู่อาศัย	21.29	78.78
กิจการขนาดเล็ก	13.83	67.17
กิจการขนาดกลาง	23.92	68.99
กิจการขนาดใหญ่	32.71	77.70
กิจการเฉพาะอย่าง	4.60	88.99
ส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหากำไร	3.64	59.90
รวม	100	76.13

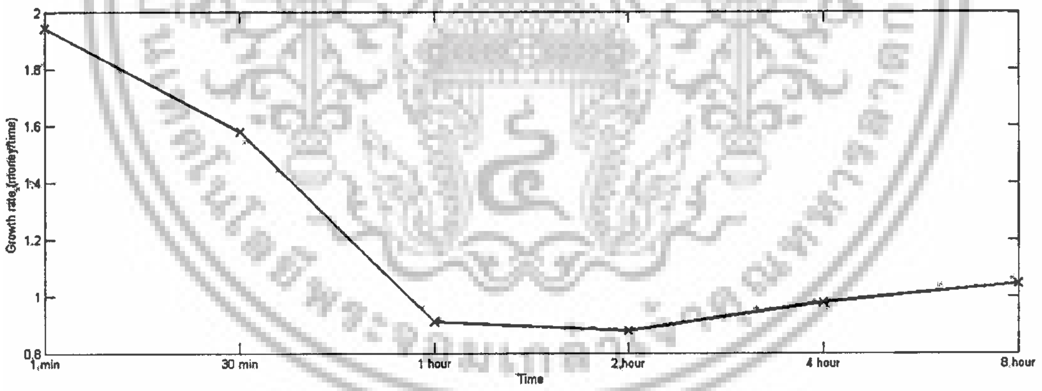
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของแบบจำลองเฉลี่ย (บาท/$kW_{เฉลี่ย}$) ของ กฟน. ได้นำสรุปไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 6 แบบจำลองความเสียหายเฉลี่ย

หน่วย บาท/$kW_{เฉลี่ย}$

ระยะเวลาการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า	กฟน.	อัตราการเพิ่มของจำนวนเงิน/ระยะเวลา
1 นาที	1.944	1.944
30 นาที	19.020	1.577
1 ชั่วโมง	65.996	0.909
2 ชั่วโมง	136.717	0.878
4 ชั่วโมง	245.184	0.979
8 ชั่วโมง	458.956	1.046



ภาพที่ 4 กราฟอัตราการเพิ่มของจำนวนเงิน/ระยะเวลา

จากแบบจำลองความเสียหายเฉลี่ย พบว่า

การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า 1 นาที เสียเงิน 1.944 บาท/นาที

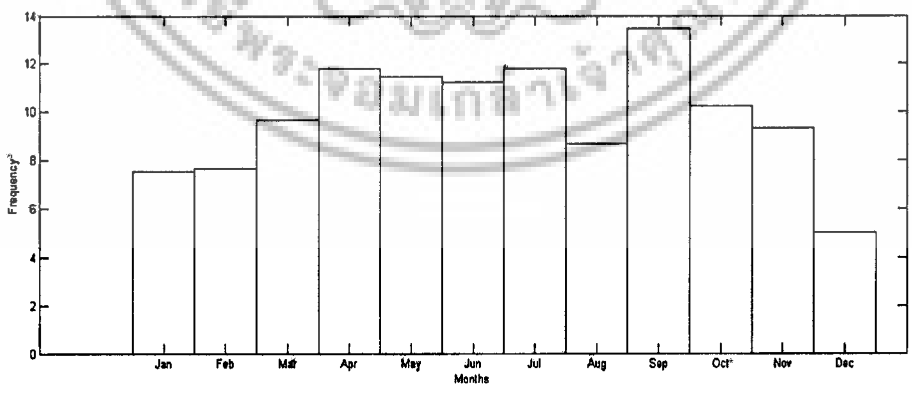
การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า 30 นาที เสียเงิน 1.577 บาท/นาที

การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า 1 ชั่วโมงขึ้นไปอัตราการเพิ่มของจำนวนเงินจะเริ่มคงที่ ประมาณ 1 บาท/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 จำนวนครั้งที่เกิดการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้ารวมเฉลี่ยในแต่ละเดือน (N หน่วยที่ใช้ครั้ง)

เดือน/ปี	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	เฉลี่ยแต่ละเดือน
มกราคม	8	17	11	8	4	3	5	8	4	7.56
กุมภาพันธ์	12	8	5	4	6	4	14	7	9	7.67
มีนาคม	12	10	10	11	8	13	10	3	10	9.67
เมษายน	17	18	15	10	8	16	8	6	8	11.78
พฤษภาคม	19	19	14	15	11	6	8	8	3	11.44
มิถุนายน	18	12	15	8	9	10	7	8	14	11.22
กรกฎาคม	16	14	7	11	15	11	16	9	7	11.78
สิงหาคม	9	10	11	4	7	7	11	13	6	8.67
กันยายน	16	32	10	20	11	9	8	9	6	13.44
ตุลาคม	10	19	12	7	9	11	5	13	6	10.22
พฤศจิกายน	19	14	9	8	9	5	6	7	7	9.33
ธันวาคม	9	6	2	3	3	12	4	2	4	5.00
เฉลี่ยแต่ละปี	13.75	14.92	10.08	9.08	8.33	8.92	8.50	7.75	7.00	9.81



ภาพที่ 5 จำนวนครั้งที่เกิดการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้ารวมเฉลี่ยในแต่ละเดือน (N หน่วยที่ใช้ครั้ง)

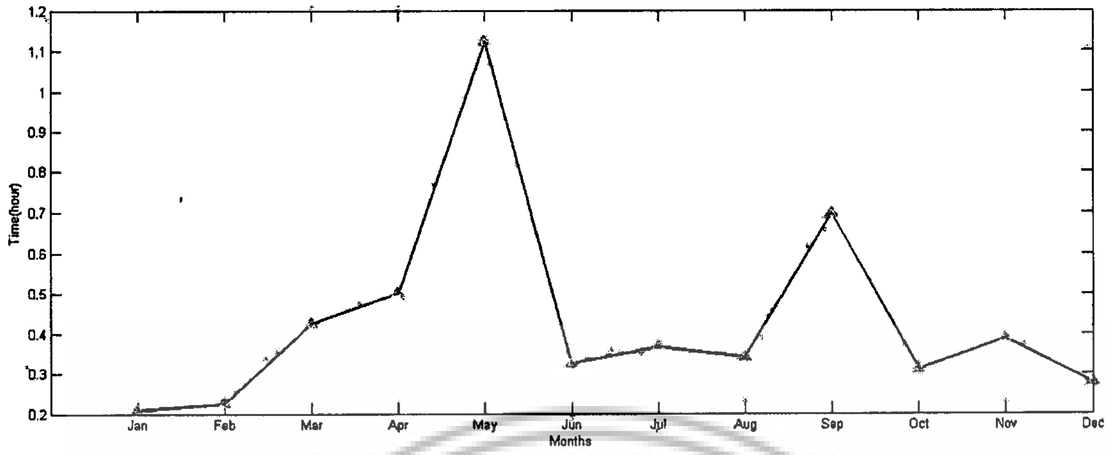
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟช่วงที่เกิดการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้ามากที่สุดคือเดือนกันยายน รองลงมาคือเดือนเมษายนและเดือนกรกฎาคม สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากอุปกรณ์การจ่ายไฟฟ้าชำรุดเช่น อุปกรณ์ป้องกันขัดข้อง ลูกถ้วยชำรุด และสัตว์เช่น นกเอี้ยงตายที่มิเตอร์ งูเขียวขึ้นหม้อแปลงเป็นต้น

ตารางที่ 8 ระยะเวลาการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (T : หน่วยที่ใช้ hr)

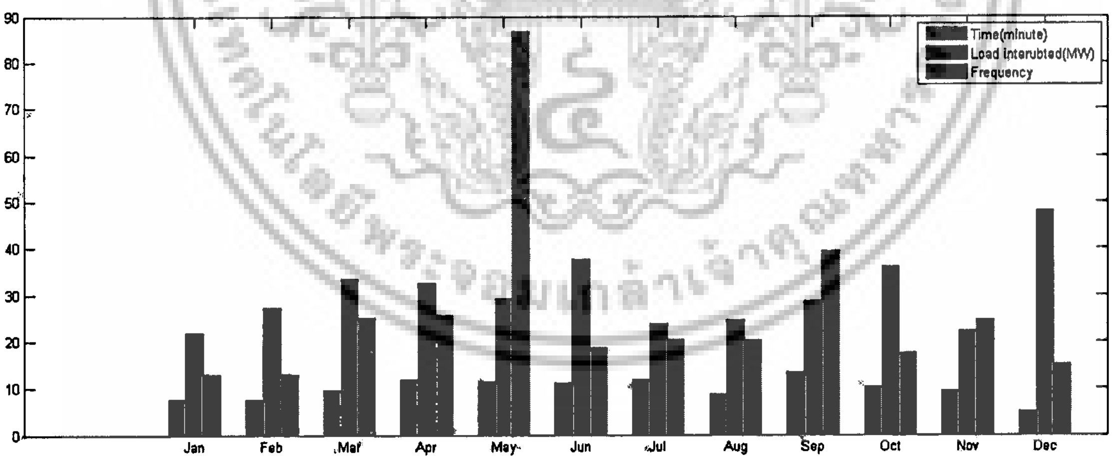
เดือน/ปี	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	เฉลี่ยแต่ละเดือน hr
มกราคม	2.100	3.720	1.794	1.233	0.950	0.900	1.417	1.500	0.545	1.573
กุมภาพันธ์	3.971	1.611	0.400	0.614	0.633	1.750	3.125	1.416	1.917	1.715
มีนาคม	1.777	3.985	7.057	7.192	4.434	3.412	1.632	0.483	6.934	4.101
เมษายน	0.115	7.265	3.160	4.408	1.411	32.662	1.667	1.083	1.452	5.914
พฤษภาคม	3.909	6.745	5.229	9.565	1.794	2.200	0.986	84.578	0.667	12.853
มิถุนายน	4.733	2.741	8.489	1.733	2.117	4.784	1.896	1.586	4.745	3.647
กรกฎาคม	11.046	4.867	0.883	2.846	7.915	3.082	3.815	0.879	3.433	4.307
สิงหาคม	3.508	4.833	2.410	0.817	1.600	2.328	1.943	6.022	3.083	2.950
กันยายน	53.563	6.310	3.074	7.720	3.326	1.717	4.737	2.796	1.098	9.371
ตุลาคม	4.046	7.603	2.406	0.550	5.774	3.833	0.999	2.350	0.960	3.169
พฤศจิกายน	3.704	8.875	2.284	2.821	2.270	0.683	7.061	1.290	3.523	3.612
ธันวาคม	1.890	2.960	0.433	0.867	0.617	3.739	0.983	0.258	0.700	1.383
เฉลี่ยแต่ละปี	7.863	5.126	3.135	3.364	2.737	5.091	2.522	8.687	2.421	4.550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 ระยะเวลาการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (T : หน่วยที่ใช้ hr)

จากกราฟช่วงที่เกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้ามากที่สุดคือ เดือนพฤษภาคม รองลงมาคือ เดือนกันยายน สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการชำรุดของอุปกรณ์การจ่ายไฟฟ้า เช่น ลูกถ้วย หม้อแปลงไฟฟ้า และสัตว์ เช่น งูเขียวขึ้นเสาไฟฟ้า หนูกัดสายไฟ เป็นต้น



ภาพที่ 7 กราฟเวลา กำลังไฟฟ้า และความถี่ของเหตุการณ์ที่เกิดจากการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 การคำนวณหาอัตราความเสียหายเนื่องจากเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า

เดือน	T	P	N	COST	EENS	IER	ICPE
มกราคม	0.208	21807.93	7.56	414786.909	4540.648	91.350	54898.267
กุมภาพันธ์	0.224	27169.28	7.67	516759.647	6077.992	85.021	67403.432
มีนาคม	0.424	33318.10	9.67	633710.188	14133.249	44.838	65556.226
เมษายน	0.502	32552.10	11.78	619140.970	16344.284	37.881	52568.573
พฤษภาคม	1.123	29273.99	11.44	1931966.070	32876.981	58.763	168812.569
มิถุนายน	0.325	37648.04	11.22	716065.732	12235.614	58.523	63807.837
กรกฎาคม	0.366	23804.78	11.78	452766.899	8705.818	52.007	38442.473
สิงหาคม	0.340	24635.96	8.67	468575.978	8384.313	55.887	54066.459
กันยายน	0.697	28466.03	13.44	1878643.965	19841.561	94.682	139733.849
ตุลาคม	0.310	36172.75	10.22	688005.783	11213.230	61.357	67304.914
พฤศจิกายน	0.387	22205.99	9.33	422357.947	8594.745	49.141	45252.637
ธันวาคม	0.277	47951.30	5.00	912033.656	13262.753	68.767	182406.731

จากตารางที่ 9 และภาพที่ 7 พบว่า เดือนกันยายน มีค่าความเสียหายต่อหน่วยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่หายไปเนื่องจากเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (IER) สูงที่สุด ซึ่งคิดเป็นเงิน 94.682 บาท/kWh และ เดือนเมษายน มีค่าความเสียหายต่อหน่วยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่หายไปเนื่องจากเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (IER) ต่ำที่สุด ซึ่งคิดเป็นเงิน 37.881 บาท/kWh

เดือนธันวาคมอัตราความเสียหายต่อครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับ (ICPE) สูงที่สุด คิดเป็นเงิน 182406.731 บาท/ครั้ง เดือนธันวาคมอัตราความเสียหายต่อครั้งที่เกิดการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (ICPE) ต่ำที่สุด คิดเป็นเงิน 38442.473 บาท/ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งวิเคราะห์ข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าจากเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับข้อมูลดังกล่าว โดยแบบจำลองที่ต้องการใช้เทคนิคโมเดล GM (1,1) และแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ (Grey-Markov Model) ซึ่งได้สรุป ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลวิจัย

การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้ารับอิทธิพลจากปัจจัยหลายอย่างและข้อมูลมีความผันผวนมาก ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้การพยากรณ์โดยแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ เพราะนำข้อดีของ GM (1,1) และตัวแบบมาร์คอฟซึ่งประสบความสำเร็จในการประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติและได้รับความแม่นยำสูง

ในการคำนวณหาอัตราความเสียหายเนื่องจากการเกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า พบว่า กันยายน มีค่าความเสียหายต่อหน่วยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่หายไปเนื่องจากเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (IER) สูงที่สุด ซึ่งคิดเป็นเงิน 94.682 บาท/kWh เดือนธันวาคมอัตราความเสียหายต่อครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับ (ICPE) สูงที่สุด คิดเป็นเงิน 182406.731 บาท/ครั้ง ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าโดยส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากอุปกรณ์การจ่ายไฟฟ้าชำรุด มีสัตว์มารบกวนระบบไฟฟ้า เป็นต้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการแบ่งสถานะที่ใช้ในการพยากรณ์ไม่มีมาตรฐานกำหนด ขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูล ถ้ามีจำนวนมาก ถ้ามีข้อมูลจำนวนมาก จำนวนของสถานะควรจะแบ่งมากขึ้นเพื่อทำให้ความแม่นยำในการพยากรณ์เพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลองต้องศึกษาและปรับปรุงเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. การศึกษาอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับ. [ออนไลน์]. จาก http://www.eppo.go.th/power/ERI-study/ERI-ExeSummary-T.html

[2] เนาวรัตน์ มานิตเจริญ, " แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า, (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ พระจอมเกล้าพระนครเหนือ,2550).

[3] MAO Zhan-li & SUN Jin-hua, *Application of Grey-Markov Model in Forecasting Fire Accidents*, Procedia Engineering, 11 (2011), pp. 314–318.

[4] Yong-Huang Lin. & Pin-Chan Lee, *Novel high-precision grey forecasting model*, Automation in Construction 16 (2007), pp.771–777.

[5] คุณภาพ และการแก้ไขปัญหาทางไฟฟ้า. [ออนไลน์]. จาก http://www.syndome.com/knowledge.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

สรุปข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนเหตุการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า

ปี (ม.ค.-ธ.ค.)	สภาพอากาศ	สิ่งแวดล้อม	โรงไฟฟ้า	ระบบไฟฟ้า	อุปกรณ์	มนุษย์	สัตว์	ไม่ได้ระบุ
1999	14	5	5	3	48	23	32	24
2000	12	9	4	3	51	22	41	30
2001	8	8	0	1	41	20	33	13
2002	4	8	0	1	33	6	37	19
2003	6	4	1	1	41	13	23	12
2004	8	6	1	0	33	16	22	17
2005	10	11	1	0	32	10	21	18
2006	5	4	1	2	31	7	28	13
2007	2	5	1	2	28	10	26	10

การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (MW-Min)

ปี (ม.ค.-ธ.ค.)	สภาพอากาศ	สิ่งแวดล้อม	โรงไฟฟ้า	ระบบไฟฟ้า	อุปกรณ์	มนุษย์	สัตว์	ไม่ได้ระบุ
1999	12404.62	2103.30	4349.52	5634.60	45053.05	3156.49	7267.12	6816.87
2000	6324.41	1564.70	7827.42	60.40	68355.83	14117.20	16449.80	15822.65
2001	2286.10	2155.56	0.00	136.90	8469.73	32259.70	5548.23	1688.57
2002	61012.21	3857.71	0.00	154.40	18567.49	898.50	7319.59	4080.65
2003	298.00	838.39	74.89	2985.30	18156.09	2007.17	8778.42	2805.27
2004	10590.90	1498.70	6.76	0.00	80147.41	11069.20	6371.72	14848.47
2005	1326.50	10022.96	57.20	0.00	37058.87	2962.38	7406.36	2335.73
2006	122.40	1654.60	285.90	7697.20	11461.60	6082.01	4097.87	1177.20
2007	202.89	598.40	1439.57	1986.79	23332.59	1138.20	13531.30	12449.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (นาที)

ปี (ค.ศ. ค.ศ.)	สภาพอากาศ	สิ่งแวดล้อม	โรงไฟฟ้า	ระบบไฟฟ้า	อุปกรณ์	มนุษย์	สัตว์	ไม่ได้ระบุ
1999	862	187	163	166	8047	216	833	490
2000	479	234	465	8	3636	1019	956	672
2001	170	147	0	37	620	1927	507	209
2002	884	389	0	32	1603	144	896	535
2003	52	57	107	93	1167	226	895	338
2004	762	120	2	0	7734	391	650	462
2005	113	1070	4	0	853	145	548	465
2006	19	406	11	45	927	182	326	350
2007	55	50	43	108	1292	48	991	696

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้