สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพยากรณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนโดยวิธีมาร์คอฟฟูเรียร์เกรย์โมเดล

FORECASTING WATER QUALITY IN THA CHIN RIVER BY MARKOV-FOURIER GREY MODEL

จุฑามาศ รอดทอง

JUTHAMAS RODTHONG

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2557
เลขหมู่
เลขทะเบียน 132504
วัน,เดือน,ปี 18 ก.ค. 2557
b. 10614929
i.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2557

KMITL-2014-SC-M-001-019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FORECASTING WATER QUALITY IN THA CHIN RIVER BY MARKOV-FOURIER GREY MODEL

JUTHAMAS RODTHONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN APPLIED MATHEMATICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2014

KMITL-2014-SC-M-001-019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2014

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพยากรณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนโดยวิธีมาร์คอฟฟูเรียร์เกรย์โมเดล
Forecasting Water Quality in Tha Chin River by Markov-Fourier Grey Model

นักศึกษา นางสาวจุฑามาศ รอดทอง
รหัสประจำตัว 55650706
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา คณิตศาสตร์ประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ดร.สิริพร	แฮนน่า วินเทอร์	
รศ.ไพรบูลย์	พันธรักษ์พงษ์	
ผศ.ดร.สุขุมาล	สาริกะวณิช	
ดร.บุษยมาส	พิมพ์พรรณชาติ	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 29 เมษายน พ.ศ. 2557 เวลา 13.00-16.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้อง 207 ชั้น 2 อาคารจุฬาภรณวลัยสักษณ์ 1

คณะวิทยาศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดุษณี ธนะบริพัฒน์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
วันที่ 23 **เดือน** พ.ค. **พ.ศ.** 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพยากรณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนโดยวิธีมาร์คอฟฟูเรียร์เกรย์โมเดล
นักศึกษา	นางสาวจุฑามาศ รอดทอง
รหัสประจำตัว	55650706
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ประยุกต์
พ.ศ.	2557
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน โดยเฉพาะในบริเวณที่มีความหนาแน่นของชุมชนและกิจกรรมการพัฒนาต่างๆ กำลังประสบปัญหาความเสื่อมโทรม อันเนื่องมาจากการปนเปื้อนของสารพิษต่างๆ ที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติของทรัพยากรน้ำทั้งทางด้านกายภาพและชีวภาพ รวมทั้งความสมดุลของระบบนิเวศ จนเกิดผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ ความเสื่อมโทรมหรือความเน่าเสียของทรัพยากรน้ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพยากรณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน จากปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (BOD) แบคทีเรียโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) และแอมโมเนีย (NH_3) ด้วยวิธีเกรย์โมเดล GM (1,1) ฟูเรียร์เกรย์โมเดล (FGM) และมาร์คอฟ-ฟูเรียร์เกรย์โมเดล (MFGM) ซึ่งเป็นวิธีการลดข้อมูลที่มีความผันผวนเพื่อให้การพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น ผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการคาดการณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนที่อาจเกิดขึ้นเพื่อวางแผนสำรองงบประมาณและประมาณจำนวนผู้ป่วยโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารซึ่งเป็นผลกระทบจากคุณภาพน้ำที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำแนวทางงานวิจัยนี้ไปประยุกต์กับข้อมูลที่มีพฤติกรรมใกล้เคียงได้อีกด้วย

คำสำคัญ : แม่น้ำท่าจีน; เกรย์โมเดล; อนุกรมฟูเรียร์; ลูกโซ่มาร์คอฟ; ความผันผวน; โรคระบบทางเดินอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Forecasting Water Quality in Tha Chin River by Markov-Fourier Grey model
Student	Miss Juthamas Rodthong
Student ID	55650706
Degree	Master of Science
Program	Applied Mathematics
Year	2014
Thesis Advisor	Dr.Busayamas Pimpunchat

ABSTRACT

Nowadays the water quality of Tha Chin River in Thailand, especially in Metropolitan area, with many activities faces the problem of deterioration. The cause of this problem is from the water contaminated by pollutants. This study applies the Markov Fourier Grey model to forecast accurately the fluctuation of water quality data of Tha Chin River in Thailand. The simulation technique was utilized to get the most data close to the prediction due to the highly expensive cost from do the real world system. The simulation process can study the behavior under the defined conditions. Therefore, the method of Markov Fourier Grey models is an optional tool for reducing the volatility of the data and highly forecasting the precision. The result provides scientific basis for the planned development of river in Thailand and approximates the patients number of with the gastrointestinal diseases, which is one of the impacts occurred from deterioration of water quality.

Keywords : Tha Chin River; Grey model; Fourier series; Markov chain; Fluctuation; Gastroin testinal disease

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุลวงไปด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่าน ดังนี้

ขอขอบพระคุณ ดร. บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ อาจารย์ประจำสาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด และเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา รวมทั้งตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้หลายรอบมาก ให้มีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร. สิริพร แฮนน่า วินเทอร์ อาจารย์ประจำสาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำให้คำปรึกษา และเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา และช่วยตรวจสอบเพิ่มความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ไพรบูลย์ พันธรักษ์พงษ์ อาจารย์ประจำสาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำให้คำปรึกษา และเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหารวมทั้งตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุขุมาล สาริกะวณิช อาจารย์ประจำสาขาสถิติประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้ให้คำแนะนำให้คำปรึกษา และเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหารวมทั้งตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำสาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวก ในการทำวิทยานิพนธ์

ขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันถือเป็นพื้นฐานที่สำคัญยิ่งในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจในการศึกษา และให้การสนับสนุนในการทำวิจัยตลอดมา

คุณค่า และประโยชน์อันพึงมีซึ่งเป็นผลจากงานวิจัยนี้ ขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติพี่น้อง ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

จุฑามาศ รอดทอง

พฤษภาคม 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	IX
สารบัญรูป	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ข้อมูลแม่น้ำท่าจีน	4
2.1.1 ข้อมูลรายจังหวัด	7
2.2 ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (General Water Quality Index ,WQI)	11
2.2.1 ดัชนีทางกายภาพ (Physical Parameter)	14
2.2.1.1 ของแข็งทั้งหมดในน้ำ (Total Solids)	14
2.2.1.2 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	15
2.2.2 ดัชนีทางเคมี (Chemical Parameter)	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.2.2.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH of water) 15

2.2.2.2 บีโอดี (biological oxygen demand) 16

2.2.2.3 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissloved Oxygen) 17

2.2.2.3 ไนเตรต 17

2.2.2.4 แอมโมเนีย 18

2.2.2.5 ฟอสฟอรัส (Polyphosphate) 19

2.2.3 ดัชนีทางชีวภาค 20

2.2.3.1 แบคทีเรียโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) 21

2.2.3.2 แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) 22

2.3 โรคทางเดินอาหาร 22

2.3.1 สาเหตุของโรคทางเดินอาหาร 24

2.3.2 ปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคทางเดินอาหาร 25

2.3.3 การป้องกันโรคทางเดินอาหาร 25

2.4 เกรย์โมเดล 26

2.4.1 ความเป็นอิสระเชิงเส้น (Linearly Independent) 36

2.4.2 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Method Least Square) 36

2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis) 38

2.5.1 ความหมายของการวิเคราะห์ประกอบ (Factor Analysis) 38

2.5.2 จุดมุ่งหมายในการวิเคราะห์องค์ประกอบ 40

2.5.3 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5.4 ประโยชน์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ 41

2.5.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบ 41

2.5.5.1. การเก็บรวบรวมข้อมูลและสร้างเมตริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรทุกตัว 41

2.5.5.2. การสกัดตัวประกอบ (Extracting initial factors) 42

2.5.5.3. การหมุนแกนองค์ประกอบ (Factor Rotation) 44

2.5.5.4. การแปลผลเมตริกซ์ที่ปรับรูป (หมุนแกน) 45

2.6 สัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation) 46

2.7 อนุกรมฟูเรียร์ 47

2.8 ตัวแบบมาร์คอฟ 48

2.9 รากของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error :RMSE) 49

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 50

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 52

3.1 สถิติที่ใช้ในการจัดกลุ่มตัวแปร 52

3.1.1 การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) 52

3.1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัจจัย 52

3.2 รูปแบบการพยากรณ์ GM (1,1) 54

3.3 ฟูเรียร์ เกรย์ โมเดล (Fourier Grey Model : FGM) 55

3.4 มาร์คอฟ ฟูเรียร์ เกรย์ โมเดล (Markov-Fourier Grey Model : MFGM) 56

3.5 แผนงานวิจัย 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	**60**
4.1 ผลการวิจัยและอภิปรายผลของข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน	60
4.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนโดยวิธี factor analysis	60
4.1.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำสถานี TC25 โดยวิธี factor analysis	60
4.1.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำสถานี TC15 โดยวิธี factor analysis	63
4.1.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำสถานี TC 10 โดยวิธี factor analysis	66
4.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนโดยวิธี Coefficient of variation	69
4.1.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำสถานี TC 25 โดยวิธี Coefficient of variation	70
4.1.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำสถานี TC 15 โดยวิธี Coefficient of variation	71
4.1.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำสถานี TC 10 โดยวิธี Coefficient of variation	72
4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนโดยวิธี GM (1,1) , Fourier Grey Model และ Markov-Fourier Grey Model	73
4.1.3.1 สถานี TC25 สะพานข้ามแม่น้ำ อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี	73
4.1.3.2 สถานี TC15 สะพานบางเลน อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม	73
4.1.3.3 สถานี TC10 วัดบางช้างเหนือ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม	76
4.1.4 การพยากรณ์ข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนโดยวิธี Markov-Fourier Grey Model	88
4.1.5 แนวโน้มผู้ป่วยโรคระบบทางเดินอาหาร	90
บทที่ 5 สรุปผลวิจัย	**93**
5.1 สรุปผลวิจัย	93
5.2 ข้อเสนอแนะ	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	**95**
ภาคผนวก ก ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดประเภทของแหล่งน้ำในแม่น้ำท่าจีน	98
ภาคผนวก ข มาตรฐานในแหล่งน้ำผิวดิน	101
ภาคผนวก ค ภาพการปฏิบัติงานภาคสนาม	104
ภาคผนวก ง ตารางคะแนนของแต่ละพารามิเตอร์ที่ใช้วัดคุณภาพน้ำ	106
ภาคผนวก จ ตารางแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินอาหาร	112
ประวัติผู้เขียน	117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ประชากรพื้นที่ 4 จังหวัด	7
2.2 การเปรียบเทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน	13
4.1 การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมด ของสถานี TC 25	60
4.2 การสกัดปัจจัย โดยใช้วิธี Principal Component Analysis ของสถานี TC 25	61
4.3 การหมุนแกนปัจจัย โดยใช้วิธี Orthogonal Rotation ของสถานี TC 25	62
4.4 การสร้างปัจจัยใหม่ โดยพิจารณาจากค่า Factor loading ของสถานี TC 25	63
4.5 การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมด ของสถานี TC 15	64
4.6 การสกัดปัจจัย โดยใช้วิธี Principal Component Analysis ของสถานี TC 15	64
4.7 การหมุนแกนปัจจัย โดยใช้วิธี Orthogonal Rotation ของสถานี TC 15	65
4.8 การสร้างปัจจัยใหม่ โดยพิจารณาจากค่า Factor loading ของสถานี TC 15	66
4.9 การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมด ของสถานี TC 10	67
4.10 การสกัดปัจจัย โดยใช้วิธี Principal Component Analysis ของสถานี TC 10	67
4.11 การหมุนแกนปัจจัย โดยใช้วิธี Orthogonal Rotation ของสถานี TC 10	68
4.12 การสร้างปัจจัยใหม่ โดยพิจารณาจากค่า Factor loading ของสถานี TC 10	69
4.13 เปรียบเทียบค่าปัจจัยโดยวิธี Coefficient of variation(C.V) ของสถานี TC 25	70
4.14 เปรียบเทียบค่าปัจจัยโดยวิธี Coefficient of variation(C.V) ของสถานี TC 15	71
4.15 เปรียบเทียบค่าปัจจัยโดยวิธี Coefficient of variation(C.V) ของสถานี TC 10	72
4.16 ค่า RMSE การพยากรณ์ค่า DO,TCB,BOD และ NH3 ของสถานี TC 25	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.17 การพยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนบนสถานี TC 25 77

4.18 ค่า RMSE การพยากรณ์ค่า DO, BOD, FCB และ NH3 ของสถานี TC 15 81

4.19 การพยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนกลางสถานี TC 15 82

4.20 ค่า RMSE การพยากรณ์ค่า DO, BOD ,TCB และ NH3 ของสถานี TC 10 86

4.21 การพยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนล่างสถานี TC 10 87

4.22 การพยากรณ์ข้อมูลคุณภาพน้ำปี พ.ศ. 2556 สถานี TC 25 89

4.23 การพยากรณ์ข้อมูลคุณภาพน้ำปี พ.ศ. 2556 สถานี TC 15 89

4.24 การพยากรณ์ข้อมูลคุณภาพน้ำปี พ.ศ. 2556 สถานี TC 10 90

4.25 จำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินอาหารต่อพื้นที่ในจังหวัดบริเวณแม่น้ำท่าจีน 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนและคลองสาขา แม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำน้อย 6

2.2 ระบบทางเดินอาหาร 22

3.1 แผนงานวิจัย 59

4.1 การพยากรณ์ค่า DO,TCB,BOD และ NH3 ของสถานี TC 25 76

4.2 การเปรียบเทียบข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนบนสถานี TC 25 77

4.3 กราฟแสดงคุณภาพน้ำระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์แม่น้ำท่าจีนของสถานี TC 25 จำแนกระดับตาม WQI 78

4.4 การพยากรณ์ค่า DO, BOD ,FCB และ NH3 ของสถานี TC 15 81

4.5 การเปรียบเทียบข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนกลางสถานี TC 15 85

4.6 กราฟแสดงคุณภาพน้ำระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์แม่น้ำท่าจีนของสถานี TC 15 จำแนกระดับตาม WQI 83

4.7 การพยากรณ์ค่า TCB, NH3 ,BOD และ DO ของสถานี TC 10 86

4.8 การเปรียบเทียบข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนล่างสถานี TC 10 87

4.9 กราฟแสดงคุณภาพน้ำระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์แม่น้ำท่าจีนของสถานี TC 10 จำแนกระดับตาม WQI 88

4.10 จำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินอาหาร 91

4.11 เปอร์เซ็นผู้ป่วยโรคระบบทางเดินอาหารของแต่ละจังหวัดบริเวณแม่น้ำท่าจีน 92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การพยากรณ์ค่าคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน ผู้วิจัยมีแนวคิดและแรงบันดาลใจจากสภาพสิ่งแวดล้อมที่เป็นมลพิษทางน้ำและโรคที่เกิดจากมลพิษทางน้ำในปัจจุบัน จึงได้เขียนวัตถุประสงค์ของงานวิจัย กำหนดขอบเขตการวิจัย ตลอดจนคาดการณ์ถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และนำเสนอในหัวข้อดังกล่าว

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

น้ำเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาประเทศ ปัจจุบันทุกประเทศมีการจัดการกับปัญหามลพิษทางน้ำ แม่น้ำท่าจีนเป็นอีกแม่น้ำสายสำคัญของประเทศไทย ซึ่งพบว่าแม่น้ำท่าจีนเป็นแม่น้ำสายหนึ่งที่กำลังเริ่มประสบกับปัญหาคุณภาพน้ำอันเกิดจากการกระทำของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณลุ่มแม่น้ำท่าจีน ส่งผลให้สภาพทางนิเวศวิทยาเกิดความเสื่อมโทรมไปทำให้เกิดแนวคิดในการพยากรณ์คุณภาพน้ำ [1-3] ดังนั้น การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำจึงเป็นกิจกรรมที่สำคัญต่อการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำเพื่อทราบถึงสถานภาพของแหล่งน้ำในปัจจุบันปัญหาหรือแนวโน้มของปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งเมื่อได้ข้อเท็จจริงแล้วจะนำไปสู่การสร้างแนวทางปฏิบัติในการวางแผนจัดการคุณภาพน้ำ การแก้ไขและป้องกันผลกระทบที่เกิดจากมลพิษในแหล่งน้ำนั้นได้ทันท่วงทีก่อนที่น้ำหรือแหล่งน้ำนั้นจะเปลี่ยนแปลงไป หรือก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ประโยชน์ [4] อีกทั้งยังอาจเกิดการสะสมของสารพิษ แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในห่วงโซ่อาหารของสัตว์น้ำ ซึ่งเมื่อมาถึงผู้บริโภคขั้นสุดท้ายคือประชาชนในบริเวณแม่น้ำท่าจีน ก็ทำให้ประชาชนในบริเวณนั้นเกิดการเจ็บป่วย จากการได้รับสารพิษหรือแบคทีเรีย สุขภาพอนามัยของประชาชนแย่ลงจากการบริโภคสัตว์น้ำ และจากการอุปโภคบริโภคน้ำจากแม่น้ำท่าจีนทำให้เกิดการเจ็บป่วย โครงสร้างของสังคมอ่อนแอ อีกทั้งยังส่งผลไปสู่สภาพเศรษฐกิจของประเทศด้วยโดยรัฐบาลต้องสูญเสียเงินเพื่อการรักษาพยาบาลประชาชนเหล่านี้[5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกรย์โมเดลสร้างขึ้นจากฟังก์ชันชี้กำลัง (Exponential Function) ใช้เทคนิคการสะสม (AGO)ของข้อมูลก่อนหน้ามาจัดลำดับของข้อมูล เป็นการสร้างโมเดลตัวแปรเดียวและสมการอนุพันธ์อันดับ 1 โดยส่วนใหญ่เกรย์โมเดลจะใช้ในการพยากรณ์ระยะสั้น อนุกรมฟูเรียร์จะนำมาใช้เพื่อดูแนวโน้มของช่วงเวลาโดยจะใช้ค่าผิดพลาด (error) เป็นฟังก์ชันคาบ มาร์คอฟ-ฟูเรียร์เกรย์โมเดล เป็นการนำอนุกรมฟูเรียร์มาทำการแบ่งสถานะโดยสร้างเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงสถานะความน่าจะเป็นเพื่อหาความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะจากสถานะที่อยู่ในปัจจุบันไปยังสถานะที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน

2) เพื่อศึกษาและนำเสนอวิธี เกรย์โมเดล GM (1,1) ฟูเรียร์เกรย์โมเดล (FGM) และมาร์คอฟ-ฟูเรียร์เกรย์โมเดล (MFGM)

3) สามารถพยากรณ์ดัชนีคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

4) สามารถพยากรณ์แนวโน้มของผู้ป่วยโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารในอนาคต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) ศึกษาข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 5 จังหวัดนครปฐม โดยงานวิจัยนี้คำนึงถึงรายละเอียดของสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมในแม่น้ำท่าจีน

2) ข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนที่นำมาประกอบการศึกษาเป็นการเก็บข้อมูลปีละ 4 ครั้ง โดยเก็บข้อมูลตามลำดับเป็นรายเดือนดังนี้ กุมภาพันธ์ พฤษภาคม สิงหาคม พฤศจิกายน จากปี พ.ศ. 2552-2555

3) พยากรณ์แนวโน้มของคุณภาพน้ำในการเก็บตัวอย่างครั้งต่อไป

4) ศึกษาความสัมพันธ์จากสำนักงานสถิติแห่งชาติเกี่ยวกับจำนวนผู้ป่วยใน โรคทางเดินอาหาร บริเวณพื้นที่ใกล้เคียงกับแม่น้ำท่าจีนประกอบด้วย 4 จังหวัด ได้แก่ ชัยนาท สุพรรณบุรี นครปฐม สมุทรสาคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1) ศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Factor Analysis

2) ศึกษาเกรย์โมเดล GM (1,1) ฟูเรียร์เกรย์โมเดล (FGM) และมาร์คอฟ-ฟูเรียร์เกรย์โมเดล (MFGM)

3) ศึกษาข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 5

4) สร้างฟังก์ชันโดยวิธีเกรย์โมเดล GM (1,1) ฟูเรียร์เกรย์โมเดล (FGM) และมาร์คอฟ-ฟูเรียร์เกรย์โมเดล (MFGM)

5) เปรียบเทียบแบบจำลองจากค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Squared Error)

6) พยากรณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

7) คาดการณ์จำนวนผู้ป่วยโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร

8) ประเมินผล และสรุปผลการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ความรู้เรื่องการพยากรณ์โดยวิธี เกรย์โมเดล GM (1,1) ฟูเรียร์เกรย์โมเดล (FGM) และมาร์คอฟ-ฟูเรียร์เกรย์โมเดล (MFGM) ที่มีความหลากหลายมากขึ้น โดยนำวิธีดังกล่าวไปปรับใช้กับเหตุการณ์อื่นๆ

2) ทราบดัชนีคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนและสามารถพยากรณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนของปีถัดๆไปได้ เพื่อเป็นแนวทางป้องกันความเสื่อมโทรมที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

3) ทราบจำนวนประชากรที่มีแนวโน้มจะเกิดโรคระบบทางเดินอาหารเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผน และเตรียมการในการป้องกันและรักษาผู้ป่วยโรคระบบทางเดินอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลแม่น้ำท่าจีน

แม่น้ำท่าจีนเป็นแม่น้ำสำคัญสายหนึ่งของประเทศแยกมาจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่อำเภอสิงห์ จังหวัดชัยนาท ไหลผ่านจังหวัดชัยนาท สุพรรณบุรี นครปฐมและไหลออกสู่อ่าวไทยที่ตำบลบางหญ้าแพรก อำเภอเมือง สมุทรสาคร มีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 325 กิโลเมตรและมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามพื้นที่ที่แม่น้ำไหลผ่าน ถ้าไหลผ่านจังหวัดชัยนาทเรียกว่าแม่น้ำมะขามเฒ่า ไหลผ่านจังหวัดสุพรรณบุรีเรียกว่าแม่น้ำสุพรรณบุรี ไหลผ่านจังหวัดนครปฐมเรียกว่าแม่น้ำนครชัยศรีและไหลผ่านจังหวัดสมุทรสาครเรียกว่าแม่น้ำท่าจีน

แม่น้ำท่าจีนแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ

1. แม่น้ำท่าจีนตอนบน ตั้งแต่จุดเริ่มต้นของแม่น้ำท่าจีนที่บ้านปากคลองมะขามเฒ่า อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท ลงมาถึงประตูระบายน้ำโพธิ์พระยา อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี รวมระยะทาง 123 กิโลเมตร

2. แม่น้ำท่าจีนตอนกลาง ตั้งแต่ท้ายเมืองสุพรรณบุรี อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ลงมาถึงอำเภอนครชัยศรี นครปฐม รวมระยะทาง 120 กิโลเมตร

3. แม่น้ำท่าจีนตอนล่าง ตั้งแต่หน้าที่ว่าการอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐมลงมาถึงปากแม่น้ำท่าจีน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร รวมระยะทาง 82 กิโลเมตร

สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนและคลองสาขามีทั้งหมด 21 สถานี โดยแบ่งเป็นแม่น้ำท่าจีน 16 สถานี ตั้งแต่จังหวัดชัยนาท สุพรรณบุรี นครปฐม สมุทรสาคร และคลองสาขาจำนวน 5 สถานี โดยมีรายละเอียดดังนี้

สถานี TC01 ปากแม่น้ำท่าจีน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร

สถานี MCC คลองมหาชัย อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร

สถานี TC04 วัดศิริมงคล อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานี PJC คลองภาษีเจริญ อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร

สถานี DSC คลองดำเนินสะดวก อำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร

สถานี TC07 โรงเรียนบ้านปล่องเหลี่ยม อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร

สถานี TC09 หน้าวัดเทียนดัด บ้านท่าใหม่ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม

สถานี TC10 วัดบางช้างเหนือ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม

สถานี TC11 สะพานโพธิ์แก้ว บ้านท่าข้าม อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม

สถานี TC13 หน้าที่ว่าการ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม

สถานี JBC คลองเจดีย์บูชา อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม

สถานี MSC คลองมหาสวัสดิ์ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม

สถานี TC15 สะพานบางเลน อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม

สถานี TC17 ใต้ปากคลองพระยาบรรลือ อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี

สถานี TC22 ท้ายเมืองสุพรรณบุรี อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

สถานี TC23 ประตูระบายน้ำโพธิ์พระยา อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

สถานี TC25 สะพานข้ามแม่น้ำ อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

สถานี TC25.1 สะพานข้าม อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี

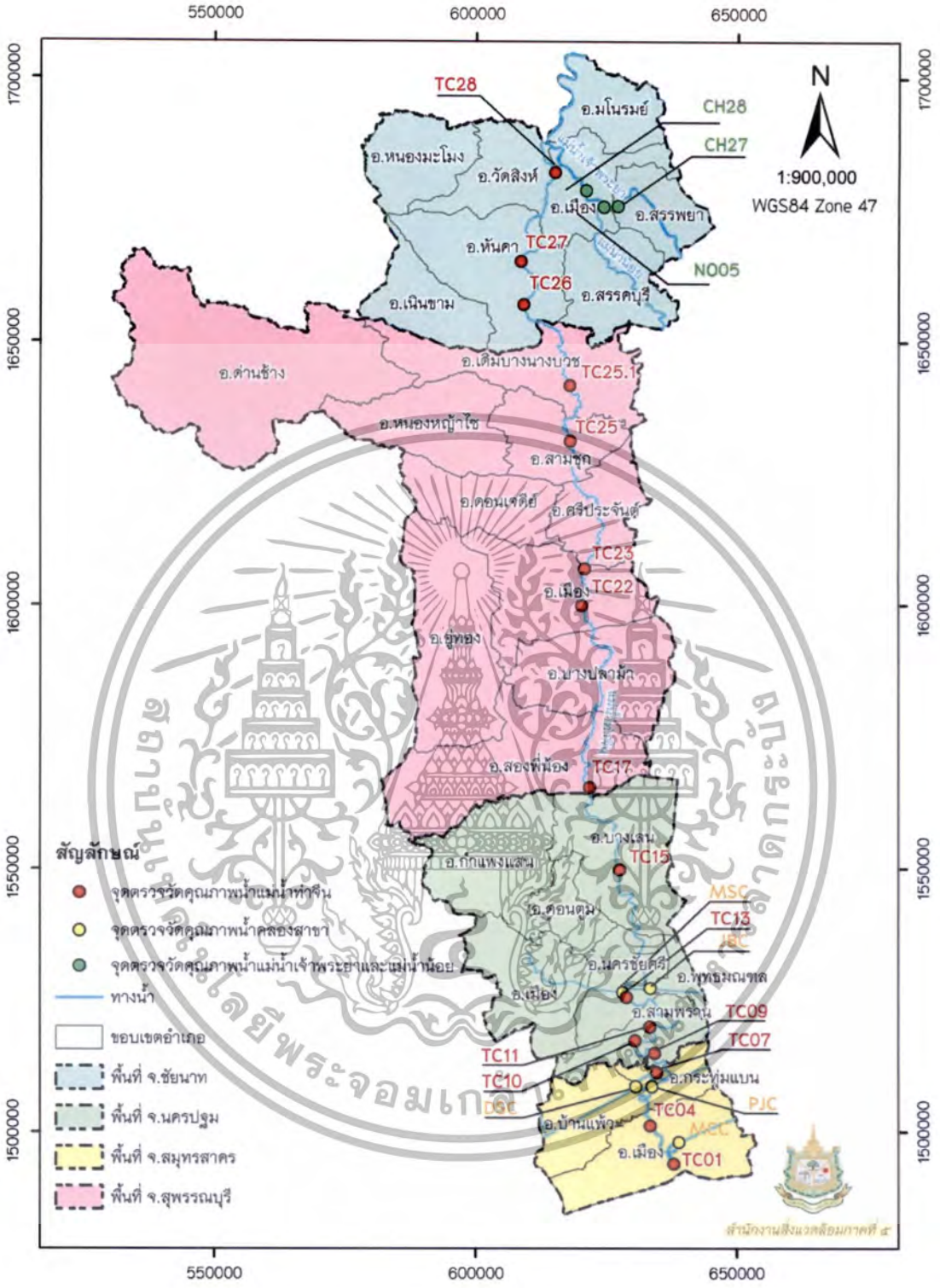
สถานี TC26 สะพานข้ามแม่น้ำ อำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท

สถานี TC27 สะพานสามง่ามท่าโบสถ์ อำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท

สถานี TC28 สะพานมะขามเฒ่า อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท

ซึ่งแผนที่สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำต่างๆได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนและคลองสาขา แม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ข้อมูลรายจังหวัด

พื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดชัยนาท สุพรรณบุรี นครปฐม และสมุทรสาคร มีพื้นที่รวม 10,868.3 ตารางกิโลเมตร หรือ 6,792,688 ไร่ โดยจังหวัดสุพรรณบุรี เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่มากที่สุด 5,358 ตารางกิโลเมตร (3,348,750 ไร่) รองลงมาได้แก่ จังหวัดชัยนาท 2,469.7 ตารางกิโลเมตร (1,543,562 ไร่) จังหวัดนครปฐม 2,168.3 ตารางกิโลเมตร (1,355,188 ไร่) และจังหวัดสมุทรสาคร 872.3 ตารางกิโลเมตร (545,188 ไร่) ตามลำดับ โดยจำนวนของประชากรและพื้นที่ในจังหวัดต่างๆ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ประชากรพื้นที่ 4 จังหวัด

จังหวัด	จำนวนประชากร			จำนวนบ้าน	พื้นที่ (ตร.กม.)	ความหนาแน่นของประชากร
	ชาย	หญิง	รวม			
ชัยนาท	160,769	172,403	333,172	115,328	2,469.7	134.90
สุพรรณบุรี	410,612	436,696	847,308	272,653	5,358.0	158.14
นครปฐม	420,026	454,590	874,616	338,019	2,168.3	403.36
สมุทรสาคร	245,830	262,982	508,812	245,074	872.3	583.30
รวม	**1,237,237**	**1,326,671**	**2,563,908**	**971,074**	**10868.3**	**235.91**

ข้อมูล ณ เดือนธันวาคม 2555

ที่มา : กรมการปกครอง (www.dopa.go.th) สืบค้น ณ วันที่ 25 มิถุนายน 2556

2.1.1.1 จังหวัดชัยนาท

จังหวัดชัยนาท ตั้งอยู่บริเวณริมฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยาและเป็นตอนเหนือสุดของภาคกลางบนเส้นรุ้งที่ 15 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 100 องศาตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 16.854 เมตร ห่างจากรุงเทพมหานครประมาณ 195 กิโลเมตร

ลักษณะภูมิประเทศ โดยทั่วไปเป็นพื้นที่ราบลุ่ม มีพื้นที่ประมาณร้อยละ 99.06 ของพื้นที่ทั้งหมด ได้แก่ พื้นที่ตอนกลาง ตอนใต้และตะวันออกของจังหวัด มีลักษณะเป็นที่ราบจนถึงพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดมีแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำน้อยไหลผ่านพื้นที่ต่างๆ ทั่วทุกอำเภอ อาทิ แม่น้ำเจ้าพระยา ไหลผ่านอำเภอมโนรมย์ อำเภอวัดสิงห์ อำเภอเมืองชัยนาท และอำเภอสรรพยา แม่น้ำท่าจีนหรือแม่น้ำมะขามเฒ่าไหลผ่านอำเภอวัดสิงห์ และอำเภอหันคา แม่น้ำน้อย ไหลผ่านอำเภอสรรคบุรี คลองชลประทาน ซึ่งมีหลายสายไหลผ่านพื้นที่ต่างๆ ได้แก่ คลองอนุศาสนนันท์ คลองมหาราช คลองพลเทพ เป็นต้น นอกจากลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบแล้ว ยังมีเนินเขาเล็กๆ ขนาดประมาณ 1-3 กิโลเมตรกระจายอยู่ทั่วไป ที่สำคัญ ได้แก่ เขาธรรมามูล ซึ่งถือเป็นสัญลักษณ์สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของจังหวัดชัยนาท เขาพลอง เขาขยาย เขาท่าพระ เขากระดี่ เขาใหญ่ เขารัก เขาดิน เขาหลัก เขาไก่ห้อย เขาสารพัดดี เขาราวเทียน เขาสรรพยา และเขาแก้ว เป็นต้น

ป่าไม้ จังหวัดชัยนาทมีพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ 2 แห่ง คือ

1) ป่าสงวนแห่งชาติเขาช่องลม และป่าเขาหลัก ตามกฎกระทรวงฉบับ 188 (พ.ศ. 2506) ออกตามความในพระราชบัญญัติคุ้มครองและสงวนป่า พุทธศักราช 2481 เนื้อที่ประมาณ 54.99 ตารางกิโลเมตร หรือ 34,368.75 ไร่ อยู่ในพื้นที่ตำบลวังตะเคียน ตำบลหนองมะโมง และตำบลสะพานหิน อำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท

2) ป่าสงวนแห่งชาติป่าเขาราวเทียน ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 406 (พ.ศ.2512) ออกตามความในพระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507 เนื้อที่ประมาณ 70.34 ตารางกิโลเมตร หรือ 43,962 ไร่ อยู่ในท้องที่ตำบลไพรนกยูง และตำบลเด่นใหญ่ อำเภอหันคา ตำบลเนินขาม ตำบลสุขเดือนห้า และตำบลกระบกเตี้ย อำเภอเนินขาม จังหวัดชัยนาท

โดยกรมป่าไม้ได้ส่งมอบพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติที่เสื่อมโทรมให้สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) ไปดำเนินการปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตรกรรม แบ่งเป็นป่าสงวนแห่งชาติป่าเขาช่องลมและป่าเขาหลัก เนื้อที่ 20,361 ไร่ และป่าสงวนแห่งชาติป่าเขาราวเทียน เนื้อที่ 20,993 ไร่ รวมพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติที่มอบให้ ส.ป.ก. 41,354 ไร่ ดังนั้นคงเหลือพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติทั้ง 2 ป่า จำนวน 36,976.75 ไร่

แหล่งน้ำผิวดิน มีแหล่งน้ำหลักสำคัญ 2 สาย คือ แม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งมีแม่น้ำสาขาคือ แม่น้ำน้อยและแม่น้ำท่าจีน

สภาพทางเศรษฐกิจ จังหวัดชัยนาทมีการปลูกข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก โดยสามารถปลูกได้ทั้งข้าวนาปีและข้าวนาปรัง การปลูกข้าวนาปีอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติและน้ำชลประทาน ส่วนนาปรังเกษตรกรจะอาศัยน้ำจากแหล่งน้ำชลประทานและแหล่งน้ำอื่นๆ จึงทำให้เกษตรกรบางส่วนสามารถปลูกข้าวได้ 2 – 3 ครั้ง ต่อปี จากรายงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ในปี พ.ศ. 2553 จังหวัดชัยนาทมีมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวม (GPP) ตามราคาประจำปี 24,596 ล้านบาท มูลค่าผลิตภัณฑ์เฉลี่ยต่อหัว (Per Capita GPP) 67,078 บาท จัดเป็นอันดับที่ 5 ของภาคกลาง (ยกเว้นกรุงเทพมหานครและปริมณฑล) และเป็นอันดับที่ 42 ของประเทศ โดยสาขาการผลิตที่ทำรายได้ให้แก่จังหวัดมากที่สุด คือ สาขาเกษตรกรรม (ไม่รวมการประมง)

2.1.1.2 จังหวัดสุพรรณบุรี

จังหวัดสุพรรณบุรี ตั้งอยู่บนพื้นที่ราบลุ่ม แม่น้ำท่าจีนหรือแม่น้ำสุพรรณบุรี ไหลผ่านตามแนวยาวของจังหวัดจากเหนือจรดใต้ จังหวัดสุพรรณบุรีตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14 องศา 4 ลิปดา ถึง 15 องศา 5 ลิปดาเหนือและระหว่างเส้นแวงที่ 99 องศา 17 ลิปดา ถึง 100 องศา 16 ลิปดาตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 3 - 10 เมตร อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร ระยะทางประมาณ 107 กิโลเมตร (ตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 340) โดยทางรถไฟประมาณ 142 กิโลเมตร

ลักษณะภูมิประเทศ มีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มเป็นส่วนใหญ่ มีพื้นที่บางส่วนเป็นที่ราบสูง โดยมีความลาดเทระหว่าง 0-3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ทางด้านตะวันตกของจังหวัดตลอดแนว ตั้งแต่เหนือจรดใต้บริเวณพื้นที่ต่ำสุดอยู่ทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ คือ อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ยประมาณ 3 เมตร ส่วนทางเหนือของจังหวัดอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ยประมาณ 10 เมตร พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดสุพรรณบุรีมีการทำนาข้าว มีแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง อยู่ทั่วไป แม่น้ำสายสำคัญที่ไหลผ่านจากเหนือสุดถึงใต้สุดได้แก่ แม่น้ำท่าจีนหรือแม่น้ำสุพรรณบุรี

ป่าไม้ ลักษณะป่าไม้ของจังหวัดสุพรรณบุรี เดิมเป็นป่าไม้เบญจพรรณ ได้แก่ เต็ง มะค่าโมง ซาก มะค่าแต้ ชิงชัน ตะเคียนทอง ยมหอม แต่สภาพปัจจุบันได้ถูกราษฎรบุกรุกเข้าทำกินในเขตป่าสงวนหลายแห่งถูกเปลี่ยนเป็นไร่อ้อยและนาข้าว เป็นต้น

แหล่งน้ำ ประกอบด้วยแม่น้ำลำคลองต่างๆ มีแม่น้ำสายใหญ่ๆ ที่สำคัญและเป็นประโยชน์ต่อความเป็นอยู่ และเศรษฐกิจของประชากร ได้แก่ แม่น้ำท่าจีน หรือแม่น้ำสุพรรณบุรี เขื่อนกระเสียวซึ่งเป็นสาขาที่สำคัญของแม่น้ำสุพรรณบุรี นอกจากนั้นเป็นแม่น้ำสายเล็กซึ่งส่วนใหญ่จะไหลลงแม่น้ำท่าจีนเกือบทั้งสิ้น

สภาพทางเศรษฐกิจ จากการรายงานของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ พบว่าในปี 2553 จังหวัดสุพรรณบุรี มีมูลค่ารวมผลิตภัณฑ์จังหวัด GPP ตามราคาประจำปี 73,263 ล้านบาท มูลค่ารวมผลิตภัณฑ์เฉลี่ยต่อหัว (Per Capita GPP) 81,670 บาท รายได้เฉลี่ยต่อหัว อยู่ในลำดับที่ 5 ของภาคตะวันตก และอยู่ในอันดับที่ 39 ของประเทศ เมื่อพิจารณาด้านสาขาการผลิตที่ทำรายได้ให้แก่จังหวัดมากที่สุด คือ สาขาเกษตรกรรม การล่าสัตว์ และการป่าไม้ ซึ่งมีมูลค่าจำนวน 25,731 ล้านบาท (ร้อยละ 31.5 ของมูลค่าทั้งหมด) รองลงมา คือสาขาการขายส่ง การขายปลีก การซ่อมแซมยานยนต์ฯ

2.1.1.3 จังหวัดนครปฐม

จังหวัดนครปฐม เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคกลางด้านตะวันตกตั้งอยู่บริเวณลุ่มแม่น้ำท่าจีนซึ่งเป็นพื้นที่ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง โดยอยู่ระหว่าง เส้นรุ้งที่ 13 องศา 45 ลิบดา 10 ฟิลิบดา เส้นแวงที่ 100 องศา 4 ลิบดา 28 ฟิลิบดา อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร ไปตามเส้นทางถนนเพชรเกษม 56 กิโลเมตร หรือตามเส้นทางถนนบรมราชชนนี (ถนนปิ่นเกล้า – นครชัยศรี) 51 กิโลเมตร และตามเส้นทางรถไฟ 62 กิโลเมตร

ลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดนครปฐม เป็นที่ราบ ไม่มีภูเขาและป่าไม้ มีแม่น้ำท่าจีนไหลผ่านจากทิศเหนือไปสู่ทิศใต้ พื้นที่ทางตอนเหนือและทางตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นที่ดอนมีที่ราบลุ่มทำนาได้เพียงบางส่วน พื้นที่ทางตอนกลางของจังหวัดเป็นที่ราบลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีที่ดอนและแหล่งน้ำกระจายเป็นแห่งๆ ส่วนพื้นที่ด้านตะวันออก และด้านใต้เป็นที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำท่าจีน มีคลองธรรมชาติและคลองซอยที่ขุดขึ้นอยู่จำนวนมาก

สภาพทางเศรษฐกิจ ผลิตภัณฑ์จังหวัดนครปฐม ในปี พ.ศ.2553 จังหวัดนครปฐม มีมูลค่าผลิตภัณฑ์จังหวัด (GPP) อนุกรมใหม่ ตามราคาประจำปี รวมทั้งสิ้น 172,891 ล้านบาท มีรายได้เฉลี่ยต่อหัว (Per Capita GPP) 177,110 บาท เป็นลำดับที่ 5 ของภาคกลาง และเป็นลำดับที่ 12 ของประเทศไทย สาขาอุตสาหกรรมมีมูลค่าการผลิตสูงสุดถึงร้อยละ 50.04 ของการผลิตรวมทั้งจังหวัด รองลงมา ได้แก่ สาขาการขายส่ง การขายปลีก การซ่อมแซมยานยนต์ จักรยานยนต์ ของใช้ส่วนบุคคลและของใช้ในครัวเรือน สาขาเกษตรกรรม การล่าสัตว์ และการป่าไม้ สาขาการศึกษา มีมูลค่าการผลิตคิดเป็นร้อยละ 11.50 7.89 และ 4.76 ตามลำดับ

2.1.1.4 จังหวัดสมุทรสาคร

จังหวัดสมุทรสาคร เป็นจังหวัดชายทะเล ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ตอนล่างของภาคกลางของประเทศไทย ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13 องศา 25 ลิปดา ถึง 13 องศา 39 ลิปดาเหนือ และเส้นแวงที่ 100 องศา 0.5 ลิปดา ถึง 100 องศา 25 ลิปดาตะวันออก ห่างจากกรุงเทพมหานครตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 35 (ถนนพระราม 2) ประมาณ 42 กิโลเมตร

ลักษณะภูมิประเทศ มีสภาพทั่วไปเป็นพื้นที่ราบลุ่ม สูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 1.00 – 2.00 เมตร มีแม่น้ำท่าจีนไหลผ่านจากจังหวัดนครปฐมสู่อำเภอกระทุ่มแบน และออกสู่ทะเลที่อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร สภาพโดยทั่วไปมีลำคลองประมาณ 170 สาย ซึ่งคลองต่างๆ เหล่านี้เชื่อมโยงคลองขุดที่เชื่อมแม่น้ำเจ้าพระยากับแม่น้ำท่าจีนที่สำคัญ ได้แก่ คลองภาษีเจริญ ซึ่งยาว 15 กิโลเมตร คลองมหาชัย ยาว 28.5 กิโลเมตร และคลองพิทยาลงกรณ์ ยาว 27 กิโลเมตร ส่วนคลองที่เชื่อมแม่น้ำท่าจีนกับแม่น้ำแม่กลอง ได้แก่ คลองดำเนินสะดวก ยาว 35 กิโลเมตร และคลองสุนัขหอน ยาว 42 กิโลเมตรด้านทิศเหนือของจังหวัดจะเป็นพื้นที่ทางการเกษตร ประกอบด้วยนาข้าวและสวนผลไม้ ทางทิศใต้เป็นที่ราบและน้ำทะเลท่วมถึง มีสภาพเป็นป่าชายเลน และมีการทำนาเกลือ ส่วนพื้นที่บริเวณน้ำท่วมไม่ถึงมีการทำสวนมะพร้าว

ทรัพยากรป่าไม้ ปัจจุบันจังหวัดสมุทรสาครไม่มีพื้นที่ป่าไม้ (ป่าบก)

สภาพเศรษฐกิจ จังหวัดสมุทรสาครมีทรัพยากรที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาเศรษฐกิจเป็นอย่างมากจากรายงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ในปี พ.ศ. 2553 จังหวัดสมุทรสาครมีมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวม (GPP) ตามราคาประจำปี 303,878 ล้านบาท มูลค่าผลิตภัณฑ์เฉลี่ยต่อหัว (Per Capita GPP) 524,956 บาท เป็นอันดับที่ 3 ของประเทศ รองจากจังหวัดระยองและจังหวัดชลบุรี โดยสาขาการผลิตที่ทำรายได้ให้แก่จังหวัดมากที่สุด คือ การผลิตอุตสาหกรรม รองลงมา ได้แก่ การขายส่ง การขายปลีก การซ่อมแซมยานยนต์ จักรยานยนต์ ของใช้ส่วนบุคคลและของใช้ในครัวเรือน และการประมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (General Water Quality Index ,WQI)

โดยทั่วไปน้ำมีการใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่นเป็นแหล่งน้ำดิบเพื่อการประปา เพื่อการเกษตรกรรม เพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ และเพื่อการดำรงของสัตว์น้ำเป็นต้น ความต้องการคุณภาพน้ำจะแตกต่างกัน ขึ้นกับว่านำน้ำไปใช้ประโยชน์ทางด้านใด ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปที่กล่าวถึง เป็นดัชนีที่บ่งบอกสภาพของแม่น้ำโดยทั่วไป โดยมิได้ระบุโดยตรงว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง โดยเหตุนี้เราจึงเรียกว่า ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (General Water Quality Index) เพื่อบ่งบอกระดับคุณภาพน้ำว่าอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ดีพอใช้หรือต่ำ ซึ่งจะทำให้เราทราบว่าแม่น้ำดังกล่าวจะต้องดำเนินการควบคุมดูแลอย่างไรบ้าง

Unweighted Multiplicative River Water Quality Index เป็นวิธีใช้ในการเผยแพร่ให้ความรู้ทางด้านคุณภาพน้ำแก่สาธารณชนทราบ ด้วยคำที่ง่าย วิธีการรวบรัด และเข้าใจโดยง่าย ไม่สลับซับซ้อน ซึ่งใช้อยู่ในสหรัฐอเมริกา และเป็นวิธีหนึ่งที่ถูกใช้ในการจัดทำรายงานเสนอต่อสภาผู้แทนราษฎรของสหรัฐอเมริกา

การประเมินคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดินโดยทั่วไป ใช้ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป(WQI) ที่มีหน่วยเป็นคะแนน เริ่มจาก 0 ถึง 100 คะแนน 91–100 คะแนน ถือว่า คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีมาก 71-90 คะแนน คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี 61-70 คะแนน คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ 31-60 คะแนน คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม 0-30 คะแนนคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมาก

คะแนนเกิดมาจากการรวมคะแนน ดัชนีคุณภาพน้ำ 8 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria, FCB) ไนเตรท (NO3-) ฟอสฟอรัสทั้งหมด(TP) ของแข็งแขวนลอย(SS) และความสกปรกในรูปสารอินทรีย์(Biological Oxygen Demand, BOD) เข้าด้วยกันเป็นคะแนนรวม

ที่มาของคะแนนทั้ง 8 พารามิเตอร์ มาจากการส่งแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญต่างๆนับร้อยคน (ซึ่งเป็นวิธีเดียวกับการพัฒนาระเบิดปรมาณู) โดยมีวัตถุประสงค์ให้ผู้เชี่ยวชาญทั้งหลายกำหนดว่าการพิจารณาคุณภาพน้ำทั่วไป ควรดูดัชนีอะไรบ้าง และถ้าจะให้คะแนนตามระดับความเข้มข้นต่างๆเช่น ค่าออกซิเจน 3 มิลลิกรัมต่อลิตร จะให้คะแนนเท่าไหร่ ซึ่งผลการรวมความคิดของเหล่าผู้เชี่ยวชาญดังกล่าว ได้นำไปสู่การพัฒนาดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปซึ่งได้มีการพิสูจน์เปรียบเทียบผลคะแนนคุณภาพน้ำที่ได้จากวิธีนี้กับความรู้สึกของผู้เชี่ยวชาญแล้วพบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สามารถนำไปใช้ในการอธิบายภาพรวมของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ รวมทั้งยังใช้เปรียบเทียบระดับคุณภาพน้ำระหว่างแม่น้ำได้ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการมองภาพรวม เพื่อให้ผู้บริหารและประชาชนซึ่งไม่มีพื้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้เข้าใจสภาพปัญหาคุณภาพน้ำที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุผลการเปลี่ยนวิธีการประเมินคุณภาพน้ำจากค่า WQI เป็น ค่าคะแนนรวมของคุณภาพน้ำ 5 พารามิเตอร์

1. ค่า WQI เหมาะในการอธิบายภาพรวมของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ รวมทั้งยังใช้เปรียบเทียบระดับคุณภาพน้ำระหว่างแม่น้ำได้ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการมองภาพรวม แต่ไม่เหมาะในการนำมาวิเคราะห์ร่วมกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน เนื่องจาก

1.1 WQI มี 3 พารามิเตอร์คือ TP ,TS และSS ที่ยังไม่ได้กำหนดในมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน ดังนั้น กรณีแหล่งน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก ที่มีความขุ่นสูง และบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเล เช่นปากน้ำ มีค่า TS และ SS สูง โดยเป็นความขุ่นที่มาจากธรรมชาติตามฤดูกาล ทำให้ค่า WQI โดยรวม อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม

1.2 ที่มาคะแนนของ แต่ละพารามิเตอร์ ทั้ง 8 มาจากผู้เชี่ยวชาญ นับร้อยคน ตอบแบบสอบถาม เช่นถ้าค่า DO 3 มิลลิกรัมต่อลิตร จะให้คะแนนเท่าไหร่ และนำข้อมูลมาพล็อตกราฟ แล้วสร้างสมการคำนวณ ค่าคะแนนแต่ละพารามิเตอร์ขึ้นมา จึงเห็นได้ว่า ค่าคะแนนแต่ละพารามิเตอร์ไม่ได้สัมพันธ์กับค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน

2. การประเมินคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน ว่ามีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ ดี พอใช้ เสื่อมโทรม และเสื่อมโทรมมากในรายงานสถานการณ์แหล่งน้ำผิวดิน ตั้งแต่ปี 2551 ถึงปัจจุบัน ใช้เทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 3 4 และ5 ตามลำดับ โดยมีไฟล์คิดเกณฑ์คุณภาพน้ำ เป็นเครื่องมือในการประเมินและได้ส่งมอบไฟล์ดังกล่าวให้กับ สสภ.1-16 แล้ว เพื่อให้การประเมินคุณภาพแหล่งน้ำให้เป็นไปตามหลักการเดียวกัน โดยวิธีการประเมินนี้ มีความสัมพันธ์กับ ค่า WQI ค่อนข้างสูง

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงควรหาวิธีการประเมินคุณภาพน้ำ ที่สัมพันธ์และสามารถใช้วิเคราะห์ร่วมกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินได้ โดยมีวัตถุประสงค์เดียวกันกับ WQI คือ ให้ผู้บริหารและประชาชนซึ่งไม่มีพื้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้เข้าใจสภาพปัญหาคุณภาพน้ำที่เกิดขึ้นและง่ายต่อการมองภาพรวม

การคิดค่าคะแนนรวมของคุณภาพน้ำ 5 พารามิเตอร์

1. หลักการในการเลือก พารามิเตอร์

• พารามิเตอร์นั้น ควรมีการกำหนดค่าในมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน

• พารามิเตอร์นั้น สามารถใช้ในการประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

• ถ้าพารามิเตอร์ ไม่สามารถใช้ในการประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดินได้ พารามิเตอร์นั้น สามารถประเมินสถานการณ์มลพิษทางน้ำได้

• ถ้าพารามิเตอร์ ไม่สามารถใช้ในการประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดินได้ พารามิเตอร์นั้น ต้องมีความเสี่ยงหรือมีแนวโน้มที่จะเป็นปัญหามากขึ้น

จากหลักการข้างต้น จึงเลือก 5 พารามิเตอร์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ใช้ในการประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดิน สามารถบ่งชี้ถึงความเหมาะสมในการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำทั่วไป โดยรวมของแหล่งน้ำ มีปัจจัย หลายอย่าง ที่ทำให้มีค่ามากขึ้นหรือน้อยลง ทั้งนี้น้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต่างๆก็เป็นปัจจัยหนึ่ง

2 ความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (BOD) ใช้ในการประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดิน สามารถบ่งชี้ถึงความสกปรกของแหล่งน้ำ สาเหตุสำคัญคือน้ำเสียของแหล่งกำเนิดจากชุมชน อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม

3 การปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) ใช้ในการประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดินสามารถบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มจากธรรมชาติโดยครอบคลุมถึงกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม จากสิ่งขับถ่ายในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่น ใช้วิเคราะห์ร่วมกับ FCB

4 การปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) ใช้ในการประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดินสามารถบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม จากสิ่งขับถ่ายในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่นที่สำคัญคือ คน และหมู สาเหตุสำคัญคือน้ำเสียจากชุมชน ฟาร์มหมู

5 แอมโมเนีย(NH3-N) สามารถบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนน้ำเสียจากกิจกรรมมนุษย์ ได้แก่ การขับถ่าย ปุ๋ยจากการเกษตร อาหารสัตว์น้ำที่เหลือตกค้าง

จากรายงานสถานการณ์แหล่งน้ำผิวดิน ตั้งแต่ปี 2551 ถึงปัจจุบัน วิทยานิพนธ์เล่มนี้จึงใช้พารามิเตอร์ในการคิดดัชนีคุณภาพน้ำ 5 ตัวคือ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (BOD) การปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) การปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) และแอมโมเนีย(NH3-N)

การคิดคะแนนรวมใช้แบบเดียวกับ ค่า WQI เพื่อง่ายต่อความเข้าใจกับบุคคลทั่วไปเป็นดังตารางที่ 2.2

ตารางที่2.2 การเปรียบเทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน

คะแนนรวม	เกณฑ์คุณภาพน้ำ	เทียบได้กับมาตรฐานแหล่งน้ำ 5 ประเภท
0-30	เสื่อมโทรมมาก	5
31-60	เสื่อมโทรม	4
61-70	พอใช้	3
71- 90	ดี	2
91-100	ดีมาก	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ดัชนีทางกายภาพ (Physical Parameter)

เป็นดัชนีที่บอกลักษณะของน้ำที่รับรู้ด้วยประสาทสัมผัสของมนุษย์ ได้แก่ การมองเห็น การสัมผัส กลิ่น รส คือ อุณหภูมิ ของแข็งทั้งหมดในน้ำ (Total Solids) ความขุ่น (Turbidity)

2.2.1.1 ของแข็งทั้งหมดในน้ำ (Total Solids)

ของแข็งทั้งหมดในน้ำ หมายถึง ของแข็งที่เป็นสารแขวนลอย เช่น ตะกอนที่แขวนลอยและของแข็งที่ละลายน้ำได้ ส่วนใหญ่เป็นเกลืออินทรีย์ มีอินทรีย์สารและก๊าซเล็กน้อย สำหรับน้ำเสียจากครัวเรือนจะมีอินทรีย์สาร และอนินทรีย์สารอย่างละครึ่ง ประมาณสองในสามเป็นสารละลาย โดยหนึ่งในสามเป็นสารแขวนลอย ของแข็งทั้งหมดในน้ำวิเคราะห์ได้จากการนำน้ำที่มีสิ่งเจือปนมาระเหยด้วยไอน้ำจะได้ตะกอนเหลืออยู่ แล้วเมื่อนำตะกอนไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จะมีสิ่งกลายเป็นไอสูญเสียไป เหลือเพียงสารที่มีในน้ำที่ไม่ระเหยเรียกว่า "ของแข็งทั้งหมด" หรือ Total Solid (TS) ซึ่งของแข็งทั้งหมดได้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการละลาย คือ

1) Dissolved solid หมายถึง ส่วนที่ละลายได้ในน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ เกลืออนินทรีย์และสารอินทรีย์บางอย่าง เช่น น้ำตาล แป้ง ซึ่งส่วนที่ละลายในน้ำได้นี้มีทั้งเกลืออนินทรีย์และสารอินทรีย์ จึงเรียกรวมกันว่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ Total Dissolved solid (TDS) ซึ่งโดยทั่วๆ ไปแล้วสารที่ละลายในน้ำเหล่านี้มีขนาดประมาณ 10^{-6} ถึง 10^{-3} ไมครอน
2) Insoluble solid หมายถึง ส่วนที่ไม่ละลายในน้ำแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามขนาดของชิ้นส่วนที่ไม่ละลายคือ

2.1) Suspended solid หมายถึง ส่วนที่ไม่ละลายน้ำแต่มีขนาดเล็กพอที่จะแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ หาได้โดยการกรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรองชนิดพิเศษเรียกว่า glass fiber paper แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ชั่งหาน้ำหนักที่เพิ่มบนกระดาษกรอง

2.2) Settle able solid หมายถึง ตะกอนขนาดใหญ่และหนักสามารถตกมารวมกันยังส่วนล่างได้ หาได้โดยการนำตัวอย่างน้ำมาใส่ในภาชนะพิเศษเรียกกว่า imhoff cone ขนาด 1 ลิตรตั้งทิ้งไว้ประมาณ 45-60 นาที อ่านปริมาณของตะกอนจากสเกลบน imhoff cone ค่าที่อ่านได้ คือ Settle able solid มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำแสดงถึงปริมาณสิ่งเจือปนทั้งหมดในน้ำว่ามีมากน้อยเพียงไร ปริมาณ Suspended solid มีความสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมคุณภาพของแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากสารแขวนลอยนี้จะกั้นแสงแดดที่ส่องลงมาในน้ำ ส่งผลให้การสังเคราะห์แสงของพืชในน้ำลดลง ของแข็งเป็นสิ่งเจือปนในน้ำทิ้งที่ทำให้สมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไป ถ้าเป็นสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ค่าออกซิเจนในน้ำลดลงอย่างรวดเร็วถ้าเป็นพวกที่ไม่ละลายน้ำที่เป็นสารแขวนลอยก็จะทำให้น้ำขุ่น มีสี แหล่งน้ำที่มีตะกอนแขวนลอยจะดูดซับออกซิเจนได้น้อยกว่าน้ำใส

2.2.1.2 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)

ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; SS หรือ Total Suspended Solids; TSS) หมายถึงของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ แต่แขวนลอยอยู่ในน้ำ สามารถแยกออกจากน้ำได้โดยการกรองด้วยกระดาษกรองใยแก้วที่มีขนาดรูกรองประมาณ 1.2 ไมครอน แล้วนำของแข็งดังกล่าวที่ติดค้างบนกระดาษกรองไปผ่านการระเหยน้ำออกจนหมด ที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส

2.2.2 ดัชนีทางเคมี (Chemical Parameter)

2.2.2.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH of water)

พีเอช (pH) เป็นค่าแสดงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) ในน้ำมาจากคำว่า positive potential of hydrogen ions ค่า pH ของสารละลาย คือค่าลบของ logarithm ของความเข้มข้นของ H^+ หรือ $pH = -Log(H^+)$ สิ่งที่ชี้บอกความเป็นกรดคือ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) และสิ่งที่ชี้บอกความเป็นเบสคือ ความเข้มข้นของไฮดรอกซิลอิออน (OH^-) ค่า pH ไม่ได้บอกถึงความเป็นกรดหรือด่างรวมของสารละลายนั้นๆ แต่บอกถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน ณ เวลานั้น สารละลายที่มี pH เท่ากันอาจมีความเป็นกรดและความเป็นด่างต่างกัน

นอกจากนี้ CO_2 ที่มีอยู่ในอากาศและดินยังทำให้ pH ของน้ำลดลงอีกด้วย และกรดอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินของจุลชีพก็มีส่วนช่วยให้ระดับ pH ของน้ำลดลงได้เช่นเดียวกัน น้ำตามธรรมชาติส่วนใหญ่จะเป็นด่างเล็กน้อยเนื่องจากมีคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตละลายอยู่ pH ของน้ำยังขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์และสารประกอบพวกกรดต่างๆ แพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อสังเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงในตอนกลางวัน ทำให้ค่า pH สูงขึ้น คือ น้ำมีสภาพเป็นด่างมากขึ้นและค่อยๆ ลดลงในตอนกลางคืน เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยมาจากการหายใจ

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ พ.ศ.2538 ให้น้ำมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าระหว่าง 5-9

2.2.2.2 บีโอดี (biological oxygen demand)

BOD คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ (decomposable organic matter) ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน จากขบวนการนี้แบคทีเรียจะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการออกซิไดซ์สารอาหารเหล่านี้อาจเป็น CO_2 H_2O หรือ NH_3 ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร การใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระยะ

ระยะที่ 1 เป็นการออกซิไดซ์ของสารประกอบคาร์บอน ดังสมการ

$$\text{Carbohydrate} + O_2 \xrightarrow{\text{saprophytic bact.}} CO_2 + H_2O$$

$$\text{Protein} + O_2 \xrightarrow{\text{saprophytic bact.}} CO_2 + NH_3$$

ค่าของ O_2 ในตัวอย่างที่ลดลง เนื่องจากถูกแบคทีเรียใช้ไปคือ ค่า BOD ที่หาได้

ระยะที่ 2 เป็นการออกซิไดซ์ของ NH_3,NO_2- และNO_3 ตามลำดับ โดยพวก autotrophic bacteria ซึ่งมีชื่อว่า nitrifying bacteria และมีอยู่น้อยใน raw sewage ที่ 20°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการหาค่า BOD และการแบ่งตัวของ nitrifying bacteria จะน้อยมาก ดังนั้น ในช่วงระยะเวลา 5 วัน ที่ใช้ในการหาค่า BOD ปริมาณ O_2 ในการออกซิไดซ์สาร NH_3 สังเกตได้จากปริมาณของ NO_3^- ในตัวอย่างซึ่งจะเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก

น้ำที่มีคุณภาพดี ควรมีค่าบีโอดี ไม่เกิน 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าค่าบีโอดีสูงมากแสดงว่าน้ำนั้นเน่ามาก แหล่งน้ำที่มีค่าบีโอดีสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตรจะจัดเป็นน้ำเน่าหรือน้ำเสีย พระราชบัญญัติน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม กำหนดไว้ว่า น้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร การหาค่า บีโอดี หาได้โดยใช้แบคทีเรียย่อยสลายอินทรีย์สารซึ่งจะเป็นไปช้า ๆ ดังนั้นจึงต้องใช้เวลานานหลายสิบวัน ตามหลักสากลใช้เวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยนำตัวอย่างน้ำที่ต้องการหาบีโอดีมา 2 ขวด ขวดหนึ่งนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าออกซิเจนทันที สมมติว่ามีออกซิเจนอยู่ 6.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำอีกขวดหนึ่งปิดจุกให้แน่น เพื่อไม่ให้อากาศเข้า นำไปเก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสนาน 5 วัน แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

นำมาวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจน สมมติได้ 0.47 มิลลิกรัม ต่อลิตร ดังนั้นจะได้ค่าซึ่งเป็นปริมาณออกซิเจน ที่ถูกใช้ไป หรือ ค่าบีโอดี = 6.5-0.47 = 5.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2.2.3 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissloved Oxygen)

ออกซิเจนละลายในน้ำ คือ ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายในน้ำ อันเป็นลักษณะสำคัญที่จะบอกให้ทราบว่าน้ำนั้นมีความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งออกซิเจนเป็นตัวควบคุมกระบวนการใช้พลังงานของแหล่งน้ำ ไม่ว่าพืชหรือสัตว์ก็ต้องการออกซิเจนในการหายใจ นอกจากนี้ปริมาณการละลายของออกซิเจนยังใช้เป็นเครื่องชี้คุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำได้ดีอีกด้วย ปริมาณการละลายของออกซิเจนในระยะเวลาใดเวลาหนึ่งนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ ความกดอากาศ และความเค็ม ประมาณการละลายของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลง คุณสมบัติบางอย่างของน้ำก็เป็นสิ่งสำคัญในการที่จะควบคุมการละลายของออกซิเจนในน้ำ เช่น คลื่น ถ้ามีคลื่นจัดออกซิเจนก็จะซึมและผสมลงสู่น้ำได้มาก ถ้าบรรยากาศมีความชื้นน้อยก็จะทำให้ออกซิเจนมีโอกาสละลายน้ำได้มากขึ้น ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำอีกส่วนหนึ่งได้มาจากการสังเคราะห์แสงของพืช

ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จะมีความสัมพันธ์กับค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) โดยออกซิเจนที่ละลายในน้ำเสียจะเป็นตัวชี้ว่าปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นจะเกิดโดย aerobic organism หากมีค่าความสกปรกมากมักจะมีค่าออกซิเจนละลายในน้ำต่ำ การที่รักษาสภาวะของน้ำให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ นั้นจะต้องมีออกซิเจนละลายในน้ำในปริมาณพอเหมาะไม่น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลคือ มีค่าสูงสุดในฤดูหนาวแล้วลดลงในฤดูฝนและฤดูร้อนตามลำดับ

2.2.2.4 ไนเตรต

ไนเตรต สารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญในน้ำอย่างหนึ่งคือ ไนเตรตซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับการเจริญเติบโตของพืชสามารถนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนเพื่อเป็นอาหารของคนและสัตว์ต่อไป ไนเตรตเกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตปล่อยของเสียซึ่งมีสารประกอบไนโตรเจนออกมาและสิ่งมีชีวิตตายลง โปรตีนภายในสิ่งมีชีวิตจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ซึ่งพืชนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนได้ ถ้ามีปริมาณมากเกินความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
132504

แอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียไปเป็นไนไตรต์และไนเตรตต่อไป ในน้ำผิวดินจะพบไนเตรตในปริมาณน้อย มักต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตรของ N และอย่างสูงไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตรของ N นอกจากไนเตรตเข้าสู่แหล่งน้ำจากการเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตแล้ว ยังมาจากปุ๋ยที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรม และน้ำเสียอีกด้วย

ไนเตรตในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ สัตว์จะมีการเหยียบย่ำมูลจากการขับถ่ายจนเกิดชั้นมูลอัดแน่นที่น้ำไม่สามารถซาบซึมลงลึกได้ เหนือชั้นนี้มีการสะสมมูลสดจำนวนมาก ทำให้การถ่ายเทอากาศไม่สะดวก จึงเกิดการสูญเสียไนเตรตในรูปแก๊สโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชันนับเป็นการลดไนเตรตจากดินทางหนึ่ง ถ้าฟาร์มแหล่งใดที่ยังไม่เกิดชั้นมูลอัดแน่น ดินไม่มีสิ่งปกคลุม จึงไม่มีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันที่มากพอ ล้วนทำให้เกิดการชะละลายไนเตรตในดินลงสู่ชั้นล่างลึกลงไปได้ทั้งสิ้น ฟาร์มสัตว์เลี้ยงแบบเก่าจึงมักมีไนเตรตในระดับน้ำใต้ดิน

กองจัดการคุณภาพน้ำ กำหนดไว้ไม่ควรมีค่าเกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรตเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตได้หลายทาง อาจโดยการดื่มน้ำและการกินอาหารที่มีความเข้มข้นของไนเตรตสูงทำให้เกิดโรค methemoglobinemia ซึ่งมักเกิดกับทารกในครรภ์และเด็กทำให้กระบวนการเมตาโบลิซึมของวิตามินเอหยุดชะงัก ยับยั้งการออกซิเดชั่นของ cytochrome ทำให้ทารกในครรภ์ตายหรือเกิดการกลายพันธุ์และอาจเกิดโรคมะเร็งได้

2.2.2.5 แอมโมเนีย

แอมโมเนีย หมายถึง ไนโตรเจนทั้งหมดที่อยู่ในรูปแอมโมเนีย และแอมโมเนียไอออน ที่อุณหภูมิและความดันปกติ แอมโมเนียจะอยู่ในสภาวะก๊าซและพบได้ในน้ำตามธรรมชาติ NH_3 นี้อยู่ในสภาวะสมดุลในน้ำเกิดเป็นแอมโมเนียไอออน (NH^+_4)

$$pH < pK < 9.3$$

$$NH_3 + H_2O \quad \rightleftharpoons \quad NH^+_4 + OH^-$$

$$pH > pK_a > 9.3$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของ ในน้ำ (pH) จึงเป็นตัวควบคุมปริมาณ NH_3 และ NH^+_4 ซึ่งจุลินทรีย์ในน้ำสามารถออกซิไดส์ทั้ง NH_3 และ ได้เป็นไนเตรต และมีผลในการเพิ่มบีโอดีของแหล่งน้ำ การวิเคราะห์หาแอมโมเนียในน้ำเสียและน้ำที่ได้รับการปนเปื้อนสามารถบอกถึงคุณภาพน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมโมเนียในน้ำอาจอยู่ในรูปของแอมโมเนียอิสระ (NH_3)หรือ อิออนแอมโมเนีย (NH^+_4)โดยมีสมดุลเคมี ดังนี้

$$NH^+_4 + H_2O \longrightarrow NH_3 + H_3O^+$$

$$NH^+_4 \longrightarrow NH_3 + H^+$$

แอมโมเนียมีพิษต่อจุลินทรีย์และสัตว์น้ำ แต่ต้องตระหนักว่ารูปที่เป็นพิษคือ แอมโมเนียอิสระ หรือ NH_3ในขณะที่อิออนแอมโมเนียมหรือ NH^+_4ไม่มีพิษ ถังเติมอากาศหรือบ่อปลาอาจมีแอมโมเนียได้หลายสิบมิลลิกรัมต่อลิตร หรือมากกว่าโดยไม่เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์และสัตว์น้ำ ทั้งนี้เพราะน้ำมี pH เป็นกลาง ตราบเท่าที่ pH เท่ากับ 7.2 หรือต่ำกว่า แอมโมเนียส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ NH^+_4ดังนั้น พิษจะแทบไม่ปรากฏแม้ว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียทั้งหมดสูงถึง 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าเมื่อไรที่ pH ของน้ำสูงขึ้น พิษแอมโมเนียจะปรากฏ pH ยิ่งสูง พิษก็ยิ่งมากตามปริมาณ NH_3 จะเพิ่มตามระดับ pH ประมาณเกลือแร่และอุณหภูมิที่สูงขึ้น pH มีอิทธิพลต่อเคมีของแอมโมเนียในน้ำมากกว่าอุณหภูมิ ปริมาณเกลือแร่ในน้ำมีอิทธิพลน้อยเช่นเดียวกับอุณหภูมิ แต่มีอิทธิพลในทางตรงข้าม นั่นคือ แอมโมเนียจะมีน้อยลงถ้ามีปริมาณเกลือแร่สูงขึ้น

2.2.2.6 ฟอสฟอรัส (Polyphosphate)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่พบได้ทั่วไปในสิ่งมีชีวิตและมักพบในรูปฟอสเฟต สารประกอบฟอสเฟตเป็นสารอาหารที่จำเป็นของมนุษย์ สัตว์ พืช และจุลินทรีย์ พบได้ในยีน ฟัน กระดูกและกล้ามเนื้อ นอกจากนี้สารฟอสเฟตเป็นสารประกอบสำคัญในปุ๋ย ผงซักฟอก ยาสีฟัน นมข้น อาหาร เครื่องดื่ม และสารลดความกระด้างของน้ำ สารโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตนิยมใช้กันมากในผงซักฟอกโดยทำหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพให้สารลดแรงตึงผิว ทำให้สิ่งสกปรกในเนื้อผ้าหลุดได้ง่าย กระบวนการผลิตน้ำประปาต้องมีการเติมสารพอลิฟอสเฟต ปริมาณเล็กน้อยเพื่อใช้ปรับสภาพของน้ำประปามิให้กัดกร่อนหรือตกตะกอนในท่อ ฟอสฟอรัสเข้าสู่สิ่งแวดล้อมได้จากกิจกรรมต่างๆ ที่มนุษย์กระทำขึ้นกล่าวคือ

1) การเกษตรกรรม เนื่องจากเกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยที่มีฟอสเฟตเป็นสารประกอบเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตปุ๋ย ฟอสเฟตที่ใช้นี้มีทั้งประเภทปุ๋ยเคมี ปุ๋ยธรรมชาติ และจากมูลสัตว์ต่างๆ ดังนั้น พื้นที่ดินที่ใช้ปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์จะมีปริมาณฟอสฟอรัสตกค้างสูงกว่าบริเวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อื่นและฟอสฟอรัสจากแหล่งการเกษตรดังกล่าวอาจถูกระบายสู่แหล่งน้ำต่อไป สำหรับประเทศไทยอัตราการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรมีปริมาณน้อยมากจากการสำรวจคุณภาพน้ำโดยทั่วไปของกรมควบคุมมลพิษ และภาควิชาอนุรักษ์วิทยาในอดีตที่ผ่านมาจะพบการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามสาเหตุการปนเปื้อนฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำอาจมีแนวโน้มดังนี้

1.1 น้ำทิ้งจากระบบชลประทาน น้ำที่ใช้ในกิจกรรมทางการเกษตรจะไหลผ่านผิวดินแล้วชะล้างสารต่างๆ รวมทั้งฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำในปริมาณเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะฟอสเฟตที่มีอยู่ในปุ๋ย จะทำปฏิกิริยากับดินเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ แต่น้ำบางส่วนจะซึมผ่านผิวดินแล้วชะล้างเอาสารต่างๆ ไหลลงสู่แหล่งน้ำ พบว่าฟอสฟอรัสที่อยู่ในดินเหนียวจะถูกชะออกมาไม่เกินร้อยละ 5 เท่านั้น

1.2 การกัดเซาะโดยลมหรือน้ำ เป็นขบวนการที่เกิดจากธรรมชาติ ซึ่งมีลม และน้ำเป็นตัวกัดเซาะผิวหน้าของดิน ทำให้อนุภาคของดินถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำและน้ำฝนสามารถชะล้างหน้าดินได้เช่นกัน

1.3 สิ่งขับถ่ายของสัตว์ ในพื้นที่ขนาดเล็กและมีการเลี้ยงสัตว์หนาแน่นการถ่ายเทสิ่งขับถ่ายและของเสียต่างๆ เกิดขึ้นได้เล็กน้อย ปริมาณฟอสฟอรัสในบริเวณนั้น จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อประกอบกับการเกิดขบวนการในข้อ 1) และ 2) แล้วจะทำให้ฟอสฟอรัสบางส่วนถ่ายเทลงสู่แหล่งน้ำได้

2) แหล่งชุมชน การระบายน้ำโสโครกจากอาคารบ้านเรือนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทำให้ฟอสฟอรัสมีปริมาณเพิ่มขึ้นในแหล่งน้ำ และน้ำโสโครกจากเขตเมืองจะมีปริมาณฟอสเฟตมากเนื่องจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ ผงซักฟอก และอื่นๆ

3) อุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรม โลหะขัดเงา โรงงานผลิตโลหะสำเร็จรูป โรงงานผลิตผงซักฟอกและโรงงานผลิตปุ๋ยฟอสฟอรัส เป็นต้น

2.2.3 ดัชนีทางชีวภาค

ดัชนีทางชีวภาคที่สามารถบ่งบอกระดับคุณภาพน้ำได้ค่อนข้างดีนั้น ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช สัตว์หน้าดิน ได้แก่ สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ท้องลำธาร หรือบริเวณชายฝั่ง โดยพิจารณาถึงชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจาย นอกจากนี้ยังศึกษาพัฒนาไบรโอซัว มาเป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพน้ำอีกด้วย ดัชนีทางชีวภาคที่สามารถใช้เป็นดัชนีได้อย่างแม่นยำ และระบุไว้ในมาตรฐานน้ำผิวดินทั้งของไทยและต่างประเทศ คือ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.1 แบคทีเรียโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)

แบคทีเรียโคลิฟอร์มทุกชนิดสามารถพบได้ในอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่น โดยมี E. coli เป็นแบคทีเรียที่มีแหล่งที่อยู่แน่นอนในทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่น และมี Klebsiella, Citrobacter และ Enterobacter อยู่เป็นจำนวนเล็กน้อย การแยกเชื้ออุจจาระและตรวจสอบพบ E. coli ร้อยละ 96.8 Klebsiella ร้อยละ 1.5 และ Enterobacter-Citrobacter group ร้อยละ 1.7

การปนเปื้อนของแหล่งน้ำเนื่องจากแบคทีเรียโคลิฟอร์มที่มาจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ E. coli ประมาณร้อยละ 90 มาจากสิ่งขับถ่ายของคนและสัตว์เลือดอุ่น บางส่วนอาจพบในดิน แมลง ดอกไม้ และต้นพืช Enterobacter aerogenes ส่วนใหญ่จะพบในดิน พืช เมล็ดพืช และอาจพบในสิ่งขับถ่ายของคนและสัตว์ได้บ้าง สำหรับ Enterobacter cloaceae สามารถพบได้ในสิ่งขับถ่ายของคนและสัตว์ ตลอดจนในดิน ดังนั้น การตรวจสอบแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำจึงไม่อาจบ่งชี้แน่นอนลงไปได้ว่ามีแหล่งปนเปื้อนมาจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์เลือดอุ่นหรือจากแหล่งอื่น จึงต้องใช้แบคทีเรียที่เป็นดัชนีอื่นๆ เช่น fecal coliform และ fecal streptococci ร่วมในการพิจารณา

คุณสมบัติของเชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์ม มีดังนี้

1) รูปร่างเป็นท่อนเล็กๆ ไม่มีสปอร์
2) ย้อมสี กรัมสีแรกไม่ติด เป็นพวกกรัมเนคกาตีฟ
3) สามารถย่อยพวกแลกโต๊ส ให้เกิดกรดและก๊าซ เมื่อเอาไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เวลา 24 หรือ 48 ชั่วโมง
4) สามารถเจริญได้ทั้งในสภาพที่มีอากาศ และไม่มีอากาศจึงนับแบคทีเรียพวกนี้เป็นแฟคคัลเตตีฟ
5) สามารถทำให้เกิดก๊าซจากอาหารเหลว บริลเลียนกรีนแลกโต๊สไบล์บรอธ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมงหรือเร็วกว่านั้น
6) สามารถเจริญในอาหารแข็ง อีเอ็มบีที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง

E. coli เกิดขึ้นได้ยากและสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้นานประมาณ 2 สัปดาห์เท่านั้นสำหรับมาตรฐานคุณภาพน้ำ ด้านแบคทีเรียจะมีการพิจารณาควบคู่กันระหว่างโคลิฟอร์มทั้งหมดกับฟิคอลโคลิฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.2 แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)

กลุ่มของแบคทีเรียโคลิฟอร์มเป็นแบคทีเรียทั้ง aerobic และ facultative anaerobic รูปร่างเป็นท่อนสั้น ไม่สร้างสปอร์ ติดสีแกรนลบ และสามารถเฟอร์เมนต์น้ำตาลแลคโตสให้กรดและก๊าซที่ 35 องศาเซลเซียสภายใน 48 ชั่วโมง Holden ได้กล่าวถึงแบคทีเรียโคลิฟอร์มจัดอยู่ในกลุ่ม ซึ่งได้แก่

1) Escherichia group, type species E. coli
2) The Citrobacter group , type species C. freundii
3) The Klebsiella group , type species K. pneumonia , K. ozaeneae และ K. rhinoscheromatic
4) The Enterobacter group , type species E. aerogenes และ E. cloacea

ข้อดีของการตรวจคุณภาพน้ำโดยใช้แบคทีเรียโคลิฟอร์มมีดังต่อไปนี้

1) โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียโคลิฟอร์ม เป็นแบคทีเรียที่ไม่ก่อให้เกิดโรค
2) แบคทีเรียโคลิฟอร์มมีความหมายต่อสภาพแวดล้อมมากกว่าแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคระบบทางเดินอาหาร
3) แบคทีเรียโคลิฟอร์มจะมีอยู่ประจำในลำไส้และขับถ่ายออกมากับอุจจาระเป็นจำนวนมาก และมากกว่าจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรค จึงทำให้ตรวจพบได้ง่ายกว่าจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรค
4) การตรวจนับจำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์มทำได้โดยวิธีง่ายๆ และเป็นที่ยอมรับ
5) การตรวจพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มจะบ่งชี้ถึงระดับการปนเปื้อนว่ามากน้อยเพียงใด สามารถลงความเห็นได้ว่าน้ำนั้นอาจมีจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคระบบทางเดินอาหารปะปนอยู่ด้วย

2.3 โรคทางเดินอาหาร

โรคทางเดินอาหาร หรือ โรคระบบทางเดินอาหาร (Digestive disease หรือ Gastroin testinal disease หรือย่อว่า GI disease) คือ ความผิดปกติต่างๆที่เกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อ/อวัยวะในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเริ่มต้นตั้งแต่ ช่องปาก ช่องคอ ลำคอ หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้

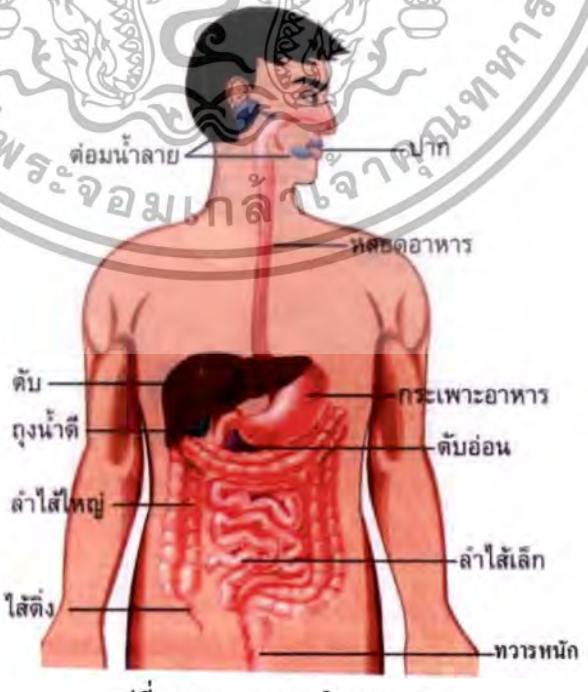
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็ก ลำไส้ใหญ่ ไปจนถึงทวารหนัก และยังรวมทั้งเนื้อเยื่อ อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างน้ำย่อยอาหารด้วย ได้แก่ ตับ ถุงน้ำดี ท่อน้ำดี และตับอ่อน ซึ่งอวัยวะต่างๆได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.2

โรคทางเดินอาหาร เป็นโรคที่พบบ่อยมากโรคหนึ่ง โดยอาการสำคัญของโรคระบบนี้ที่พบบ่อยที่สุด คือ ปวดท้อง รองลงไป คือท้องเสีย ทั้งนี้พบโรคในระบบนี้ได้ในทุกอายุ ตั้งแต่เด็กแรกเกิดไปจนถึงผู้สูงอายุ ผู้หญิงและผู้ชายมีโอกาสเกิดได้เท่ากัน

ในสหรัฐอเมริกา มีผู้ป่วยด้วยโรคทางเดินอาหารประมาณ 34 ล้านคน โดยประมาณ 43% จะมีอาการได้หลายครั้ง เป็นๆหายๆ และประมาณ 8% จะป่วยด้วยโรคทางเดินอาหารเรื้อรัง ซึ่งโรคทางเดินอาหารนี้ เป็นสาเหตุประมาณ 15% ของการหยุดงานสำหรับคนอเมริกันวัย 17-64 ปี และเป็นสาเหตุการเสียชีวิตประมาณ 8-9% ของการเสียชีวิตทั้งหมด โดย 60% ของผู้เสีย ชีวิตเกิดจากโรคมะเร็งของอวัยวะต่างๆในระบบทางเดินอาหาร และ 40% ที่เหลือเกิดจากโรคอื่นๆที่ไม่ใช่โรคมะเร็ง

โรคทางเดินอาหาร เป็นโรคที่เกิดซ้ำได้หลายครั้งในชีวิต โดยอาจเกิดได้อย่างเฉียบพลัน (Acute disease อาการเกิดขึ้นรวดเร็ว ทันที และสามารถรักษาให้หายได้ภายในระยะเวลาประมาณ 3-6 เดือน ส่วนใหญ่ภายใน 1-3 สัปดาห์) หรือมีอาการเรื้อรัง (Chronic disease โรคที่มีอาการค่อยเป็นค่อยไป แต่มีอาการต่อเนื่องนานเกิน 3-6 เดือน โดยบางครั้งอาจเกิดต่อเนื่องจากอาการเฉียบพลัน หรือมีธรรมชาติของโรคเรื้อรังตั้งแต่เริ่มเกิดโรค เช่น โรคทางพันธุกรรม เป็นต้น และยังอาจมีอาการเฉียบพลันเกิดทับซ้อนได้เป็นระยะๆ)



รูปที่ 2.2 ระบบทางเดินอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อไม่มีน้ำในร่างกาย อาหารที่รับประทานเข้าไปจะกองอยู่ที่กระเพาะ น้ำเป็นตัวช่วยสร้างน้ำลายและน้ำย่อย ถ้ามีน้ำกระบวนการย่อยก็จะเกิดขึ้น สารอาหารจะถูกดูดซึม และส่งไปบำรุงส่วนต่างๆ ทั่วร่างกาย ทำให้เรามีสุขภาพแข็งแรง ไตแต่ละข้างจะมีเครื่องกรองเล็กๆ อยู่ประมาณ 2-4 ล้านอัน ทำหน้าที่กรองเอาสารพิษออกจากกระแสเลือดอยู่ตลอดเวลา สารพิษที่ไตกรองไว้จะถูกขับออกไปพร้อมกับปัสสาวะ และคืนสิ่งที่ดีให้กับเลือด การดื่มน้ำมากๆ จะช่วยป้องกันการอักเสบของไตและป้องกันโรคนิ่วได้อย่างดี

2.3.1 สาเหตุของโรคทางเดินอาหาร

สาเหตุของโรคทางเดินอาหารมีได้หลากหลาย ที่พบได้บ่อย คือ

- การติดเชื้อ ที่เรียกโดยทั่วไปว่า โรคติดเชื้อทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุที่พบบ่อยที่สุด โดยที่พบบ่อย คือ การติดเชื้อแบคทีเรีย ติดเชื้อไวรัส โรคจากพยาธิ และที่พบได้น้อย คือการติดเชื้อราซึ่งมักพบได้สูงขึ้นในคนที่มีภูมิคุ้มต้านทานโรคต่ำ เช่น ในผู้ป่วยโรคเอดส์ เป็นต้น

- จากการติดเชื้อแบคทีเรียที่พบได้บ่อย เช่น โรคอาหารเป็นพิษ โรคไทฟอยด์ อหิวาตกโรค โรคบิด โรคกระเพาะอาหารอักเสบ โรคแผลเปบติค โรคไส้ติ่งอักเสบ จากการติดเชื้อไวรัส เช่น โรคไวรัสตับอักเสบ และจากพยาธิ เช่น พยาธิตัวกลม พยาธิตัวแบน พยาธิเส้นด้าย เป็นต้น ส่วนโรคติดเชื้อแบคทีเรียที่พบได้น้อย เช่น โรคเยื่อบุช่องท้องอักเสบ โรคฝีคัณฑสูตร เป็นต้น

- จากการทำงานแปรปรวนของกระเพาะอาหาร ลำไส้ เช่น โรคอาหารไม่ย่อย ธาตุพิการ โรคลำไส้แปรปรวน ท้องอืด ท้องเฟ้อ

- จากพันธุกรรม เช่น โรคลำไส้ใหญ่อักเสบเป็นแผลเรื้อรัง โรคถุงผนังลำไส้

- จากนิ่ว เช่น โรคนิ่วในถุงน้ำดี

- จากดื่มสุรา ได้แก่ โรคตับแข็ง

- จากอุบัติเหตุ เช่น ถูกยิง ถูกแทง หรืออุบัติเหตุจากรถยนต์

- โรคมะเร็ง ที่พบได้บ่อย คือ โรคมะเร็งตับ โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ โรคมะเร็งหลอดอาหาร ที่พบได้บ้าง คือ โรคมะเร็งกระเพาะอาหาร โรคมะเร็งตับอ่อน โรคมะเร็งทวารหนัก และโรคมะเร็งถุงน้ำดี

- อื่นๆ เช่น โรคริดสีดวงทวาร โรคไส้เลื่อน โรคกรดไหลย้อน และโรคแผลรอยแยกขอบทวารหนัก โรคฝีคัณฑสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคทางเดินอาหาร

ปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคทางเดินอาหารที่สำคัญที่สุด คือ ขาดการสาธารณสุขที่ดี โดยเฉพาะในเรื่องของน้ำดื่ม น้ำใช้ รวมทั้งการไม่มีส้วมที่ถูกสุขลักษณะ และขาดสุขอนามัยพื้นฐาน (สุขบัญญัติแห่งชาติ) นอกจากนั้น ได้แก่

- กินอาหารไม่สะอาด ปรุงดิบ หรือสุกๆดิบๆ หรืออาหารค้าง อาหารแช่แข็งที่ไม่ปรุงให้สุก
- เคี้ยวอาหารไม่ละเอียด
- กินอาหารแต่ละมื้อในปริมาณมากเกินควร
- กินอาหารรสจัด
- กินอาหารขาดใยอาหาร
- ดื่มสุรา
- สูบบุหรี่

2.3.3 การป้องกันโรคทางเดินอาหาร

การป้องกันโรคทางเดินอาหารที่สำคัญที่สุด คือ การป้องกันการติดเชื้อซึ่งเป็นสาเหตุพบบ่อยที่สุดของโรคทางเดินอาหาร ซึ่งการป้องกัน ได้แก่ การรักษาสุขอนามัยพื้นฐาน (สุขบัญญัติแห่งชาติ) และการปรับปรุงชุมชนที่อยู่อาศัยให้มีสุขอนามัยพื้นฐานที่ดี โดยเฉพาะในเรื่องน้ำดื่ม น้ำใช้ และการมีส้วมที่ถูกหลักอนามัย นอกจากนั้น คือ

-รักษาสุขภาพให้แข็งแรงด้วยการกินอาหารมีประโยชน์ 5 หมู่ให้ครบถ้วนทุกวัน ในปริมาณที่เหมาะสม ไม่ทำให้เกิดโรคอ้วนและน้ำหนักตัวเกิน ร่วมกับการออกกำลังกายสม่ำเสมอทุกวันตามควรกับสุขภาพ

- เลิก และไม่ดื่มสุรา
- เลิก และไม่สูบบุหรี่
- กินอาหารปรุงสุก สะอาด ไม่ค้างคืน
- รักษาความสะอาดอาหารและน้ำดื่ม
- ฉีดวัคซีนป้องกันโรคทางเดินอาหารที่มีวัคซีนตามที่กระทรวงสาธารณสุขแนะนำ เช่น วัคซีนโรคไวรัสตับอักเสบบี และเมื่อจะเดินทางไปยังประเทศ หรือท้องถิ่นที่มีการระบาดของโรคทางเดินอาหาร ควรศึกษาว่ามีโรคทางเดินอาหารที่เป็นโรคประจำถิ่นอะไรบ้างที่มีวัคซีนป้องกัน เช่น อหิวาตกโรค โรคไทฟอยด์ หรือ ไวรัสตับอักเสบเอ เป็นต้น เพื่อการฉีดวัคซีนป้องกันก่อนเดินทางอย่างน้อย 2-3 สัปดาห์ เพื่อให้ร่างกายสามารถสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานโรคได้อย่างเพียงพอก่อนการเดินทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เกรย์โมเดล

ตัวแบบการพยากรณ์เกรย์ เป็นตัวแบบที่พัฒนามาจากทฤษฎีระบบเกรย์ (Grey System Theory) คิดค้นโดยศาสตราจารย์ Julong Deng เมื่อปี ค.ศ. 1982 โดยมีแนวคิดว่าข้อมูลทุกประเภทประกอบไปด้วยข้อมูลที่มีความครบถ้วนสมบูรณ์ และข้อมูลที่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ข้อมูลจึงมีแนวโน้มจะเป็นแบบเอ็กซ์โปเนลเชียล

นิยาม 1 สมมติว่าเรามีสมการเชิงอนุพันธ์ดังต่อไปนี้ $\frac{dx}{dt}+ax=b$ แล้ว $\frac{dx}{dt}$ เรียกว่าอนุพันธ์ไม่ทราบค่าของฟังก์ชัน x เมื่อ x เป็น ค่าพื้นฐานของ $\frac{dx}{dt}$ และ a และ b เป็นพารามิเตอร์ นั่นคือสมการเชิงอนุพันธ์ลำดับหนึ่งประกอบด้วยสามค่าพื้นฐานและบางพารามิเตอร์

นิยาม 2 สมมติให้ $x(t)$ เป็นฟังก์ชันที่นิยามบนเซตของเวลา T ถ้าเมื่อ $\Delta t\to 0$ เป็นความจริงเสมอที่ว่า $x(t+\Delta t)-x(t)\neq 0$ แล้วเราจะกล่าวว่าความหนาแน่นของข้อมูล $x(t)$ บน T เป็นอนันต์

ประพจน์ 1 ฟังก์ชัน $x(t)$ น่าพอใจของสมการเชิงอนุพันธ์ $\frac{dx}{dt}+ax=b$ ตามเงื่อนไขความหนาแน่นของข้อมูลอนันต์

พิสูจน์ จากนิยามของอนุพันธ์

$$\frac{dx}{dt}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{x(t+\Delta t)-x(t)}{\Delta t}$$

ผลลัพธ์ดังนี้

นิยาม 3 สมมติ A และ B เป็นเซตและการดำเนินการ R ระหว่าง A และ B ถ้า $a_1,a_2\in A$ และ $b\in B$ ต่อไปนี้ hold $a_1Rb=a_2Rb$ แล้ว b จะเรียกว่า horizontal mapping ของ a_1 และ a_2

นิยาม 4 สมมติว่า R เป็นการดำเนินการของอนุพันธ์ค่าสัมบูรณ์ นั่นคือ $aRb=|a-b|$ ถ้า $a_1Rb=a_2Rb$ นั่นคือ $|a_1-b|=|a_2-b|$ สำหรับทุกๆ $a_1,a_2\in A$ และค่าคงที่ $b\in B$ แล้วการดำเนินการ R จะเรียกว่าการคำนวณ horizontal mapping หรือ simple horizontal mapping

นิยาม 5 ให้ $\frac{dx}{dt}+ax=b$ $x(t+\Delta t)$ และ $x(t)$ สององค์ประกอบในเซตพื้นฐานและ $X=\{x(t+\Delta t),x(t)\}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เมื่อ $\frac{dx}{dt}Rx(t+\Delta t)=\frac{dx}{dt}Rx(t)$, อนุพันธ์และองค์ประกอบพื้นฐานจะกล่าวว่ามีความสัมพันธ์ horizontal mapping

2. ถ้า x คือค่าที่นำมาเป็นค่าพื้นฐาน แล้ว $x(t)\neq x\neq x(t+\Delta t), x(t), x(t+\Delta t)\in X$, ให้ $\delta(t+\Delta t)$ และ $\delta(t)$ เป็นคอมโพเนนต์ของ $\frac{dx}{dt}\cong\frac{x(t+\Delta t)-x(t)}{\Delta t}$ เมื่อ $\delta(t+\Delta t)Rx=\delta(t)Rx$ เราบอกว่าค่าพื้นฐานและคอมโพเนนต์ของอนุพันธ์ที่มีความสัมพันธ์ horizontal mapping

ประพจน์ 2 ถ้า $x(t)$ เป็นฟังก์ชันเพิ่ม นั่นคือ เมื่อ t ใด ๆ $x(t)>0$ แล้วอนุพันธ์ในสมการ $\frac{dx}{dt}+ax=b$ และองค์ประกอบในเซตพื้นฐานมีความสัมพันธ์ simple horizontal mapping

ทฤษฎีบท 1 สามเงื่อนไขพื้นฐานในรูปแบบสมการเชิงอนุพันธ์คือ

1. ความหนาแน่นของข้อมูลที่เป็นอนันต์
2. ค่าพื้นฐานของเกรย์เป็นจำนวน
3. อนุพันธ์และค่าพื้นฐานความสัมพันธ์แบบ horizontal mapping

นิยาม 6 สมมติว่า I เป็นเซตของหน่วยวัดเวลา ถ้า

$$I=\{...,year,month,day,hour,\min ute,\sec ond,...\}$$

แล้ว I จะเรียกว่าเซตของหน่วยเวลาทั่วไป

นิยาม 7 สมมติว่า 1_i และ 1_j เป็นหน่วยเวลาระดับที่ ith และ jth ระดับในเซตของหน่วยเวลาทั่วไปตามลำดับ ถ้า $1_i<1_j$ แล้วเราบอกว่า ith ระดับเวลาที่มีหนาแน่นกว่าระดับเวลา jth

นิยาม 8 สมมติว่า $X=\left(x(1_i),x(2_i),...,x(n_i)\right)$ เป็นลำดับของหน่วยเวลาในระดับที่ ith แล้ว $d^{(i)}+x(k_i)-x(k_i-1_i)$ โดยที่ $k_i=1_i,2_i,...,n_i$ จะเรียกว่าข้อมูลเพิ่มขึ้นทีละหน่วยเวลาในระดับที่ ith

นิยาม 9 สมมติว่า X เป็นลำดับเวลาที่สามารถแบ่งได้เป็นอนันต์และ 1_i หน่วยเวลาที่ระดับ ith หน่วยเวลา ถ้าเมื่อ $1_i\to 0$ $d^{(i)}+x(k_i)-x(k_i-1_i)\neq 0$ แล้ว X เป็นลำดับที่มีสัดส่วนของสมการเชิงอนุพันธ์หรือลำดับอนุพันธ์ของเกรย์และ $d^{(i)}(k)=\lim_{\Delta t\to 0}\left[x(k_i)-x(k_i-1_i)\right]$, เรียกว่าอนุพันธ์เกรย์ของลำดับ X อนุพันธ์เกรย์โดยทั่วไปเขียนเป็น $d(k)$

ประพจน์ 3 สมมติว่า $X^{(0)}=\left(x^{(0)}(1),x^{(0)}(2),\ldots,x^{(0)}(n)\right)$ เป็นลำดับของค่าข้อมูลดิบและ $X^{(1)}=\left(x^{(1)}(1),x^{(1)}(2),\ldots,x^{(1)}(n)\right)$, ลำดับที่ได้ผ่านการสะสม นั่นคือ $x^{(1)}(k)=\sum_{i=1}^{k}x^{(0)}(i)$,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$k = 1, 2, \ldots, n$ แล้วอนุพันธ์เกรย์ของ $X^{(1)}$ เป็น $d(k) = x^{(0)}(k)$

พิสูจน์ เพราะหน่วยเวลาที่ไม่ได้แบ่งออกเป็นหน่วยที่เล็ก เรามี

$$\begin{aligned} d(k) &= x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1) \\ &= \sum_{i=1}^{k} x^{(0)}(i) - \sum_{i=1}^{k-1} x^{(0)}(i) \\ &= x^{(0)}(k) \end{aligned}$$

นิยาม 10 ต่อไปนี้

$$d^{(i)}(k_i) + ax^{(1)}(k_i) = b \tag{2.1}$$

จะเรียกประเภทรูปแบบสมการเชิงอนุพันธ์

ประพจน์ 4 รูปแบบสมการเชิงอนุพันธ์ของเกรย์โมเดลเป็นดังต่อไปนี้

$$x^{(0)}(k) + ax^{(1)}(k) = b \tag{2.2}$$

อนุพันธ์ของเกรย์ $x^{(0)}(k)$ และองค์ประกอบในเซตของค่าพื้นฐาน

$$\left\{x^{(1)}(k), x^{(1)}(k-1)\right\}$$

ไม่เป็นที่น่าพอใจในความสัมพันธ์ horizontal mapping

ประพจน์ 5 จากรูปแบบสมการเชิงอนุพันธ์ของเกรย์โมเดล $x^{(0)}(k)$ และเซตข้อมูล $\left\{x^{(1)}(k), x^{(1)}(k-1)\right\}$ นำมาเขียน $X^{(1)}$ นั่นคือให้

$$z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1), \tag{2.3}$$

ค่าเซตข้อมูล $z^{(1)}(k)$ ประกอบไปด้วย $x^{(1)}(k)$ และ $x^{(1)}(k-1)$ ของอนุพันธ์เกรย์โมเดลการคำนวณความสัมพันธ์ horizontal mapping

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิสูจน์

$$\left|z^{(1)}(k)-x^{(1)}(k)\right| = \left|0.5x^{(1)}(k)+0.5x^{(1)}(k-1)-x^{(1)}(k)\right|$$
$$= \left|0.5x^{(1)}(k-1)-0.5x^{(1)}(k)\right|$$

และ

$$\left|z^{(1)}(k)-x^{(1)}(k-1)\right| = \left|0.5x^{(1)}(k)+0.5x^{(1)}(k-1)-x^{(1)}(k-1)\right|$$
$$= \left|0.5x^{(1)}(k)-0.5x^{(1)}(k-1)\right|$$

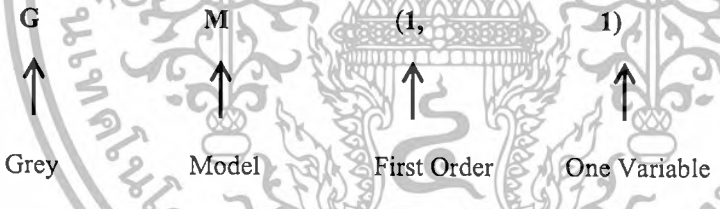
ดังนั้น $z^{(1)}(k)Rx^{(1)}(k) = z^{(1)}(k)Rx^{(1)}(k-1)$

นิยาม 11 ถ้าประเภทสมการอนุพันธ์ของเกรย์ตรงตามเงื่อนไขต่อไปนี้

1. ความหนาแน่นของข้อมูลที่มีขนาดใหญ่อนันต์
2. ลำดับมีสัดส่วนของอนุพันธ์เกรย์
3. การทำ mapping จากเซตของค่าพื้นฐานคอมโพเนนต์อนุพันธ์ของเกรย์น่าพอใจในความสัมพันธ์ horizontal mapping แล้วสมการอนุพันธ์ของเกรย์นี้เรียกว่าสมการเชิงอนุพันธ์เกรย์

ประพจน์ 6 สมการต่อไป $x^{(0)}(k)+az^{(1)}(k)=b,$ ที่ $z^{(1)}(k)=0.5x^{(1)}(k)+0.5x^{(1)}(k-1)$ เป็นสมการเชิงอนุพันธ์ของเกรย์

นิยาม 12 สมการ $x^{(0)}(k)+az^{(1)}(k)=b,$ ที่เรียกว่าGM (1,1) โมเดล ความหมายของสัญลักษณ์ GM (1,1) ให้เป็นดังนี้



ทฤษฎีบท 2 สมมติให้

$$X^{(0)} = \left(x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \ldots, x^{(0)}(n)\right) \tag{2.4}$$

เป็นลำดับที่ไม่เป็นลบ ซึ่ง $x^{(0)}(k) \geq 0, k = 1,2,\ldots,n$ $X^{(1)}$ ลำดับ 1-AGO ของ $X^{(0)}$ โดยที่

$$X^{(1)} = \left(x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \ldots, x^{(1)}(n)\right), \tag{2.5}$$

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^{k} x^{(0)}(i), \tag{2.6}$$

ซึ่ง

$k = 1,2,\ldots,n$ และ $Z^{(1)}$ เป็นลำดับที่สร้างขึ้นค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ต่อเนื่องกันของ $X^{(1)}$ โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Z^{(1)} = \left(z^{(1)}(1), z^{(1)}(2), \ldots, z^{(1)}(n)\right), \tag{2.7}$$

ที่ $$z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1)$$

$k = 1,2,\ldots,n$ เป็นลำดับของพารามิเตอร์ถ้า $\hat{a} = [a,b]^T$ และ

$$B = \begin{pmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{pmatrix} \quad Y_N = \begin{pmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{pmatrix} \tag{2.8}$$

แล้วการประมาณกำลังสองที่น้อยที่สุดในสมการเชิงอนุพันธ์ของเกรย์

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b, \tag{2.9}$$

สอดคล้องกับ $$\hat{a} = [B^T B]^{-1} B^T Y \tag{2.10}$$

พิสูจน์ แทนค่าข้อมูลดิบลงในสมการเชิงอนุพันธ์

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b,$$

จะได้

$$x^{(0)}(2) + az^{(1)}(2) = b$$
$$x^{(0)}(3) + az^{(1)}(3) = b$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$x^{(0)}(n) + az^{(1)}(n) = b$$

นั่นคือ $$Y = B\hat{a}$$

สำหรับการหาค่าของ a และ b จะใช้ $-az^{(1)}(2) + b$ แทน $x^{(0)}(k), k = 2,3,\ldots,n$ จะได้ลำดับของค่าผิดพลาดเป็น

$$\varepsilon = Y - B\hat{a}$$

ให้ $$s = \varepsilon^T \varepsilon = [Y - B\hat{a}]^T [Y - B\hat{a}]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \sum_{k=2}^{n} \left[x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) - b \right]^2$$

ค่า a และ b เป็นค่าที่ทำให้ s มีค่าน้อยที่สุด

$$\frac{\partial s}{\partial a} = 2\sum_{k=2}^{n} \left[x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) - b \right] \cdot z^{(1)}(k) = 0$$

$$\frac{\partial s}{\partial b} = -2\sum_{k=2}^{n} \left[x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) - b \right] = 0$$

นั่นคือ

$$\sum_{k=2}^{n} \left\{ x^{(0)}(k) z^{(1)}(k) + a\left[z^{(1)}(k) \right]^2 - b \cdot z^{(1)}(k) \right\} = 0$$

$$\sum_{k=2}^{n} \left[x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) - b \right] = 0$$

ดังนั้น แก้ระบบสมการ

$$b = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{k=2}^{n} x^{(0)}(k) + a \sum_{k=2}^{n} z^{(1)}(k) \right]$$

และ

$$a = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^{n} x^{(0)}(k) \cdot \sum_{k=2}^{n} z^{(1)}(k) - \sum_{k=2}^{n} x^{(0)}(k) \cdot z^{(1)}(k)}{\sum_{k=2}^{n} \left[z^{(1)}(k) \right]^2 - \frac{1}{n-1} \left[\sum_{k=2}^{n} z^{(1)}(k) \right]^2}$$

จาก $Y = B\hat{a}$ จะได้

$$B^T B\hat{a} = B^T Y, \hat{a} = \left[B^T B \right]^{-1} B^T Y$$

แต่

$$B^T B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \begin{bmatrix} \sum_{k=2}^{n}\left[z^{(1)}(k)\right]^2 & -\sum_{k=2}^{n} z^{(1)}(k) \\ -\sum_{k=2}^{n} z^{(1)}(k) & n-1 \end{bmatrix}$$

$$\left[B^T B\right]^{-1} = \frac{\begin{bmatrix} n-1 & \sum_{k=2}^{n} z^{(1)}(k) \\ \sum_{k=2}^{n} z^{(1)}(k) & \sum_{k=2}^{n}\left[z^{(1)}(k)\right]^2 \end{bmatrix}}{(n-1)\sum_{k=2}^{n}\left[z^{(1)}(k)\right]^2 - \left[\sum_{k=2}^{n} z^{(1)}(k)\right]^2}$$

และ

$$B^T Y = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -\sum_{k=2}^{n} x^{(0)}(k)\cdot z^{(1)}(k) \\ \sum_{k=2}^{n} x^{(0)}(k) \end{bmatrix}$$

ดังนั้น

$$\hat{a} = \left[B^T B\right]^{-1} B^T Y$$

$$= \frac{\begin{bmatrix} -(n-1)\sum_{k=2}^{n} x^{(0)}(k)\cdot z^{(1)}(k) + \sum_{k=2}^{n} x^{(0)}(k)\cdot\sum_{k=2}^{n} z^{(1)}(k) \\ -\sum_{k=2}^{n} z^{(1)}(k)\cdot\sum_{k=2}^{n} x^{(0)}(k)\cdot z^{(1)}(k) + \sum_{k=2}^{n} x^{(0)}(k)\cdot\sum_{k=2}^{n}\left[z^{(1)}(k)\right]^2 \end{bmatrix}}{(n-1)\sum_{k=2}^{n}\left[z^{(1)}(k)\right]^2 - \left[\sum_{k=2}^{n} z^{(1)}(k)\right]^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \begin{bmatrix} \dfrac{\frac{1}{n-1}\sum_{k=2}^{n} x^{(0)}(k)\cdot\sum_{k=2}^{n} z^{(1)}(k) - \sum_{k=2}^{n} x^{(0)}(k)\cdot z^{(1)}(k)}{\sum_{k=2}^{n}\left[z^{(1)}(k)\right]^2 - \frac{1}{n-1}\left[\sum_{k=2}^{n} z^{(1)}(k)\right]^2} \\ b = \frac{1}{n-1}\left[\sum_{k=2}^{n} x^{(0)}(k) + a\sum_{k=2}^{n} z^{(1)}(k)\right] \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} a & b \end{bmatrix}^T$$

นิยาม 11 สมมติให้ $X^{(0)}$ เป็นลำดับที่ไม่เป็นลบ $X^{(1)}$ เป็นลำดับของ 1-AGO สร้างขึ้นจาก $X^{(0)}$ และ $Z^{(1)}$ เป็นลำดับที่สร้างขึ้นค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ต่อเนื่องกันของ $X^{(1)}$ ถ้า

$$[a,b]^T = [B^T B]^{-1} B^T Y \tag{2.11}$$

แล้ว

$$\frac{dx^{(1)}(k)}{dt} + ax^{(1)}(k) = b \tag{2.12}$$

เรียกว่าสมการ whitenization ในสมการเชิงอนุพันธ์เกรย์โมเดล $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$,

ทฤษฎีบท 3 สมมติให้ B, Y และ $\hat{a}$ เช่นเดียวกับในทฤษฎีบท **2** ถ้า $[a,b]^T = [B^T B]^{-1} B^T Y$ แล้ว ต่อไปนี้เป็นจริง

1) วิธีการ (หรือฟังก์ชั่นเวลา) ของสมการฟังก์ชัน whitenization จะได้

$$\hat{x}^{(1)}(k) = \left[x^{(1)}(0) - \frac{b}{a}\right]\cdot e^{-ak} + \frac{b}{a}. \tag{2.13}$$

2) สมการเชิงอนุพันธ์เกรย์ลำดับเวลาในGM (1,1)

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \tag{2.14}$$

จะได้

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(1)}(0) - \frac{b}{a}\right]\cdot e^{-ak} + \frac{b}{a}, k = 1,2,\ldots,n. \tag{2.15}$$

3) ให้ $x^{(1)}(0) = x^{(0)}(1)$ ดังนั้น

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right]\cdot e^{-ak} + \frac{b}{a}, k = 1,2,\ldots,n. \tag{2.16}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ของ $x^{(0)}(k)$ สามารถหาได้จาก

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k), \qquad (2.17)$$

พิสูจน์ จาก $\dfrac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b$

ให้ $U = x^{(1)}$ และ $\dfrac{dx^{(1)}}{dt} \cong \dfrac{x(t+\Delta t) - x(t)}{\Delta t}$

จะได้ $\dfrac{dU}{dt} + aU = b$

จัดสมการให้อยู่ในรูป $F(U)dU + G(t)dt = 0$

$$\frac{dU}{b-aU} - dt = 0$$

อินทิเกรตทั้งสองข้างจะได้ $\displaystyle\int \frac{dU}{b-aU} - \int dt = c$

$$-\frac{1}{a}\ln|b-aU| - t = c$$

$$\ln|b-aU| = -at - ac$$

$$|b-aU| = e^{-at-ac}$$

$$b-aU = \pm e^{-at-ac}$$

$$U = \frac{b}{a} + ce^{-at}$$

ให้ $c_1 = \dfrac{\pm e^{-ac}}{a}$

$$x^{(1)} = \frac{b}{a} + c_1 e^{-at}$$

เนื่องจาก $x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $$c_1 = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{a}$$

กำหนดให้ $$\hat{x}^{(1)}(1) = x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1) \qquad \text{และ } t = k$$

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

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

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

เนื่องจาก

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k)$$

$$= \sum_{n=1}^{k+1} \hat{x}^{(0)}(n) - \sum_{n=1}^{k} \hat{x}^{(0)}(n)$$

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

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

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

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

นิยาม 13 สมมติให้ $X^{(0)}$เป็นลำดับในข้อมูลดิบ $X^{(1)}$ ลำดับ 1-AGO ของ $X^{(0)}$ และสมการ (2.15) ผลต่างของเวลาในGM (1,1)

$$d\hat{x}^{(1)}(k+1) = (-a) \cdot \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] \cdot e^{-ak} \qquad (2.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ความเป็นอิสระเชิงเส้น (Linearly Independent)

นิยาม 14 ให้ $S=\{v_1,v_2,...,v_n\}$ เป็นสับเซต ที่ไม่ว่าง ของปริภูมิเวกเตอร์ V จะกล่าวว่า S เป็นอิสระเชิงเส้น ก็ต่อเมื่อ มีสมบัติว่าให้ $a_1,a_2,...,a_n$ เป็นสเกลาร์ถ้า $a_1v_1+a_2v_2+...+a_nv_n=\overline{0}$ แล้ว $a_1=a_2=...=a_n=0$

จากนิยามจะเห็นว่า การที่ $S=\{v_1,v_2,...,v_n\}$ จะเป็นอิสระเชิงเส้นนั้น ต้องมีเงื่อนไขว่าสเกลาร์ที่จะทำให้ผลรวมเชิงเส้นเป็นเวกเตอร์ศูนย์ได้นั้น จะต้องเป็นศูนย์ทั้งหมดเท่านั้น แต่ถ้ามีสเกลาร์บางตัวไม่เป็นศูนย์ แต่สามารถทำให้ผลรวมเชิงเส้นเป็นเวกเตอร์ศูนย์ได้ จะกล่าวว่า $S=\{v_1,v_2,...,v_n\}$ ไม่เป็นอิสระเชิงเส้น

2.4.2 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Method Least Square)

จากข้อมูลที่เก็บมาในรูป (x_i,y_i) ถ้าตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง โดยดูจากภาพพล็อตกราฟ สังเกตเห็นได้ว่าถ้าลากเส้นตรงผ่านจุดเหล่านั้น (ซึ่งสมมติว่าเป็นกราฟสมการถดถอย) จะมีบางจุดที่อยู่รอบเส้นตรง ซึ่งเห็นได้ว่าเป็นหลักความเป็นจริงแล้ว ต้องการให้จุดเหล่านั้นอยู่บนเส้นตรงแต่ในความเป็นจริงนั้นค่อนข้างเป็นไปได้ยาก ทำอย่างไรให้เส้นตรงที่เราสร้างขึ้นนั้นใกล้จุดเหล่านั้นให้มากที่สุดและเหมาะสมที่สุด ดังนั้นในการประมาณ ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด (Method Least Square) ซึ่งวิธีนี้เป็นการทำให้ค่า $\sum\hat{e}^2$ นั้นมีค่าน้อยที่สุดตามที่ต้องการ

จาก $y_i=b+ax_i+\hat{e}_i$ และจากวิธีการของกำลังสองน้อยที่สุด คือให้ $\sum\hat{e}^2$ มีค่าน้อยที่สุด จะได้ว่า

$$y_i=b+ax_i+\hat{e}_i$$
$$\hat{e}_i=y_i-b-ax_i$$
$$\hat{e}_i^2=(y_i-b-ax_i)^2$$
$$\sum\hat{e}_i^2=\sum(y_i-b-ax_i)^2$$

เพราะฉะนั้น เมื่อหาอนุพันธ์ย่อย (Partial Differentiate) ของ $\sum\hat{e}_i^2$ เทียบกับ b หรือ a จะมีค่าเท่ากับ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นคือ $\frac{\partial \sum \hat{e}_i^2}{\partial b} = 0$ และ $\frac{\partial \sum \hat{e}_i^2}{\partial a} = 0$

ซึ่ง
$$\frac{\partial \sum \hat{e}_i^2}{\partial b} = \frac{\partial}{\partial b}\sum (y_i - b - ax_i)^2$$
$$= \sum 2(y_i - b - ax_i)(-1)$$
$$= -2\sum (y_i - b - ax_i)$$

จะได้
$$-2\sum (y_i - b - ax_i) = 0$$
$$\sum y_i - nb - a\sum x_i = 0$$

ดังนั้น
$$\sum y_i = nb + a\sum x_i$$

และ
$$\frac{\partial \sum \hat{e}_i^2}{\partial a} = \frac{\partial}{\partial a}\sum (y_i - b - ax_i)^2$$
$$= \sum 2(y_i - b - ax_i)(-x_i)$$
$$= -2\sum (x_i y_i - bx_i - ax^2{}_i)$$

จะได้
$$-2\sum (x_i y_i - bx_i - ax^2{}_i) = 0$$
$$\sum x_i y_i - b\sum x_i - a\sum x_i^2 = 0$$

นั่นคือ
$$\sum x_i y_i = b\sum x_i + a\sum x_i^2$$

ดังนั้นสมการปกติ คือ
$$nb + a\sum x_i = \sum y_i \qquad (2.19)$$
$$b\sum x_i + a\sum x_i^2 = \sum x_i y_i \qquad (2.20)$$

แก้สมการหาค่า b , a จากสมการ (2.19) $\times \sum x_i$ จะได้
$$nb\sum x_i + a\left(\sum x_i\right)^2 = \sum x_i \sum y_i \qquad (2.21)$$

จากสมการ (2.20) $\times n$ (จำนวนข้อมูล) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$nb\sum x_i + na\sum x_i^2 = n\sum x_i y_i \qquad (2.22)$$

(2.21) - (2.22) จะได้ $$na\sum x_i^2 - a\left(\sum x_i\right)^2 = n\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i$$

$$a\left\{n\sum x_i^2 - \left(\sum x_i\right)^2\right\} = n\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i$$

$$a = \frac{n\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n\sum x_i^2 - \left(\sum x_i\right)^2}$$

หรือ $$a = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{\left(\sum x_i\right)^2}{n}} \qquad (2.23)$$

สมการ (2.19) $\div n$ (จำนวนข้อมูล) จะได้ $$b + a\frac{\sum x_i}{n} = \frac{\sum y_i}{n}$$

$$b = \frac{\sum y_i}{n} - a\frac{\sum x_i}{n} \qquad (2.24)$$

หรือ $$b = \bar{y} - a\bar{x} \qquad (2.25)$$

2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis)

2.5.1 ความหมายของการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis)

ถ้านำตัวแปรใด ๆ ที่สามารถวัดได้หรือสังเกตได้มาหาสหสัมพันธ์กัน ก็จะพบว่าบางตัวแปรมีสหสัมพันธ์กันสูงและบางตัวแปรไม่มีสหสัมพันธ์กัน การที่กลุ่มตัวแปรที่มีสหสัมพันธ์กันแสดงว่ามีค่าที่ร่วมกันอยู่ ซึ่งเรียกว่าค่าสามัญ ซึ่งความสัมพันธ์ที่มีค่าร่วมกันอยู่นี้ สามารถหาได้โดยใช้วิธีลดจำนวนตัวแปรให้น้อยลงแล้วจัดตัวแปรเหล่านั้นเป็นกลุ่มๆเฉพาะบางตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันเพื่อนำไปอธิบายหรือพยากรณ์สิ่งต่างๆได้ วิธีการนี้เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis)

การวิเคราะห์องค์ประกอบมีเงื่อนไขและข้อแตกต่างจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคัล ซึ่งนำตัวแปรที่แปรรูปคะแนนแล้วมาจัดเป็นคู่ ๆ (Canonical Pair)โดยเรียงตามลำดับค่าสหสัมพันธ์จากมากไปหาน้อย และแต่ละคู่จะไม่มีความสัมพันธ์ข้ามคู่กัน ส่วนการวิเคราะห์องค์ประกอบ จะนำตัวแปรทั้งหมดมาวิเคราะห์พร้อมกันแล้วจำแนกออกมาได้หลายองค์ประกอบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความสัมพันธ์ร่วมกันอยู่โดยเรียงองค์ประกอบตามลำดับค่าความสัมพันธ์จากมากไปหาน้อย เช่นกัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบ หรือ Factor Analysis เป็นวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของกลุ่มที่สนใจ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรต่าง ๆ จำนวนหลายตัว ว่าตัวแปรแต่ละตัวเกิดจากองค์ประกอบใด ซึ่งโดยปกติแล้วจำนวนองค์ประกอบ (Factor) จะมีจำนวนน้อยกว่าตัวแปร (Variable) ซึ่งในที่นี้องค์ประกอบ (Factor) หมายถึง สิ่งที่ต้องการศึกษาซึ่งมักเป็นสิ่งที่มองไม่เห็น แต่ส่งผลต่อสิ่งที่มองเห็น หรือสิ่งที่ต้องการวัด ตัวแปร (Variable) หมายถึง สิ่งที่เราต้องการวัด เช่น การศึกษาสาเหตุที่ทำให้นักเรียนได้คะแนนวิชาฟิสิกส์สูงก็ต่อเมื่อนักเรียนมีความสามารถด้านการคิดคำนวณสูงจะสามารถจัดระบุองค์ประกอบ (Factor) และตัวแปร (Variable) ของตัวอย่างนี้ได้ว่า องค์ประกอบ (Factor) คือ ความสามารถด้านการคิดคำนวณ ตัวแปร (Variable) คือ คะแนนวิชาฟิสิกส์

การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) หรือบางครั้งเรียกว่า การวิเคราะห์ปัจจัย เป็นเทคนิคที่จะจับกลุ่มหรือรวมกลุ่มหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มหรือปัจจัยเดียวกัน ตัวแปรที่อยู่ในปัจจัยเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก โดยความสัมพันธ์นั้นอาจจะเป็นในทิศทางบวก (ไปในทิศทางเดียวกัน) หรือทิศทางลบ (ไปในทางตรงกันข้าม) ก็ได้ ส่วนตัวแปรที่คนละปัจจัยจะไม่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความสัมพันธ์กันน้อย หรือในอีกความหมายหนึ่งของการวิเคราะห์องค์ประกอบ หรือเรียกว่า การวิเคราะห์ตัวประกอบ เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์ผลการวัด โดยใช้เครื่องมือหรือเทคนิคหลายชุดหรือหลายด้านอาจใช้แบบทดสอบแบบวัด แบบสำรวจ ฯลฯ อาจใช้ชุดเดียวแต่มีการวัดแยกเป็นรายด้านหรือหลายชุดก็ได้ ผลการวิเคราะห์จะช่วยให้ทราบว่าเครื่องมือหรือเทคนิคเหล่านั้นวัดแต่ละองค์ประกอบมากน้อยเพียงใด สำหรับการพิจารณาผลจากการวิเคราะห์จะใช้หลักเหตุผล ระบุ (หรือกำหนดชื่อ) องค์ประกอบที่วัดนั้นผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบจะปรากฏค่าต่าง ๆ ที่สำคัญ คือค่า Communality ซึ่งเขียนด้วย h2 เป็นค่าความแปรปรวนที่แต่ละฉบับ (ด้าน) แบ่งให้กับแต่ละองค์ประกอบ เป็นส่วนที่ชี้ถึงว่าแต่ละฉบับ (ด้าน) วัดองค์ประกอบนั้นร่วมกับตัวแปรอื่นมากน้อยเพียงใด ค่า Eigenvalues เป็นผลรวมกำลังสองของสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบร่วมในแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 1 จึงจะถือว่าเป็นองค์ประกอบหนึ่ง ๆ ที่แท้จริง ส่วน Factor Loading เป็นค่าน้ำหนัก องค์ประกอบที่แต่ละฉบับ (ด้าน) วัดในองค์ประกอบนั้นการวิเคราะห์องค์ประกอบจะยึดหลักที่ว่าตัวแปรหรือข้อมูลต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันมากนั้นเนื่องมาจากตัวแปรเหล่านี้มีองค์ประกอบร่วมกัน (Common Factor) สังเกตได้จากการจัดกลุ่มของ ตัวแปรหรือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ดังนั้นสามารถใช้องค์ประกอบร่วมแทนตัวแปรกลุ่มนั้นได้ ทำให้ทราบถึงโครงสร้างและแบบแผนของข้อมูล ทำให้หาองค์ประกอบร่วมของตัวแปรได้ และสามารถหาน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Loading) ของตัวแปรแต่ละตัวได้ ซึ่งค่าน้ำหนักองค์ประกอบนี้สามารถอธิบายได้ถึง ความแปรปรวนร่วมระหว่างกันของตัวแปร ทำให้ทราบถึงโครงสร้างและแบบเป็นของข้อมูล ทำให้หาองค์ประกอบร่วมของแต่ละตัวได้ ซึ่งค่าน้ำหนักองค์ประกอบนี้ สามารถอธิบายได้ถึงความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรกับองค์ประกอบนั้นอันแสดงถึงขนาด (Magnitude) ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับองค์ประกอบ

2.5.2 จุดมุ่งหมายในการวิเคราะห์องค์ประกอบ

1. เพื่อลดจำนวนตัวแปรที่มีมากให้น้อยลง โดยเลือกเฉพาะตัวแปรบางตัวหรือการหาโครงสร้างตัวประกอบจำนวนน้อย ๆ มาแทนที่ตัวแปรจำนวนมาก ทำให้ง่ายต่อการเข้าใจและประหยัดเวลา

2. เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และ องค์ประกอบเพื่อทดสอบทฤษฎีเกี่ยวกับจำนวนและธรรมชาติของโครงสร้างขององค์ประกอบว่าส่งผลต่อตัวแปรที่ศึกษาหรือไม่

3. เพื่อศึกษาผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงในตัวแปรและสภาพการณ์วัดที่มีต่อโครงสร้างตัวประกอบ

4. เพื่อพิสูจน์ข้อค้นพบเกี่ยวกับองค์ประกอบของสิ่งที่ศึกษาโดยนำผลที่ได้ไปศึกษาในกลุ่มตัวอย่างหรือกลุ่มประชากรที่แตกต่างไปจากเดิมเมื่อทดสอบผลที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบที่แตกต่างกันออกไป

2.5.3 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis)

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) มีดังนี้

1. เพื่อศึกษาว่าตัวประกอบร่วมที่จะสามารถอธิบายความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างตัวแปรต่าง ๆโดยที่จำนวนตัวประกอบร่วมที่หาได้จะมีจำนวนน้อยกว่า จำนวนตัวแปรนั้นมีตัวประกอบร่วมอะไรบ้าง โมเดลนี้เรียกว่า Exploration Factor Analysis Model

2. เพื่อต้องการทดสอบสมมติฐาน เกี่ยวกับโครงสร้างของตัวประกอบว่า ตัวประกอบแต่ละตัวประกอบ ประกอบด้วยตัวแปรอะไรบ้าง และตัวแปรแต่ละตัวควรมี น้ำหนักหรืออัตราความสัมพันธ์กับตัวประกอบมากน้อยเพียงใดตรงกับที่คาดคะเนไว้หรือไม่ หรือสรุปได้ว่าเพื่อต้องการทดสอบว่าตัวประกอบอย่างนี้ตรงกับโมเดลหรือตรงกับบททฤษฎีที่มีอยู่หรือไม่ โมเดลนี้เรียกว่า Confirmatory Factor Analysis Model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 ประโยชน์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis)

ประโยชน์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) มีดังนี้

1. ลดจำนวนตัวแปรโดยการรวมตัวแปรหลาย ๆ ตัวให้อยู่ในปัจจัยเดียวกัน ปัจจัยที่ได้ถือเป็นตัวแปรใหม่ที่สามารถหาค่าข้อมูลของปัจจัยที่สร้างขึ้นได้ เรียกว่า Factor Score แล้ว จึงสามารถนำปัจจัยดังกล่าวไปเป็นตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป เช่น การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบสมมติฐาน t-test, Z-test และการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) เป็นต้น

2. ใช้ในการแก้ปัญหาอันเนื่องมาจากการที่ตัวแปรอิสระของเทคนิคการวิเคราะห์สมการความถดถอยมีความสัมพันธ์กัน (Multicollinearity) ซึ่งวิธีการอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหานี้ คือ การรวมตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์ไว้ด้วยกัน โดยการสร้างเป็นตัวแปรใหม่หรือเรียกว่าปัจจัย โดยใช้เทคนิค Factor Analysis แล้วนำปัจจัยดังกล่าวไปเป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์ความถดถอยต่อไป

3. ทำให้เห็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา เนื่องจากเทคนิค Factor Analysis จะหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ของตัวแปรทีละคู่แล้วรวมตัวแปรที่สัมพันธ์กันมากไว้ในปัจจัยเดียวกันจึงสามารถวิเคราะห์โครงสร้างที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในปัจจัยเดียวกันได้ ทำให้สามารถอธิบายความหมายของแต่ละปัจจัยได้ ตามความหมายของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในปัจจัยนั้น ทำให้สามารถนำไปใช้ในด้านการวางแผนได้ เช่น ศึกษาถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า

2.5.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis)

การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้น ดังนี้

2.5.5.1. การเก็บรวบรวมข้อมูลและสร้างเมตริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรทุกตัว (Covariance matrix / Correlation Matrix)

การสร้างเมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรทุกตัวเป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ปัจจัยที่จะดำเนินการหาความสัมพันธ์ในรูปแบบเส้นตรงโดยวิธีของ Pearson Correlation ระหว่างตัวแปรทุกคู่ที่ต้องการนำมาจัดกลุ่มซึ่งจะอยู่ในรูปของ Correlation Matrix การหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์จะมีประโยชน์ในการนำตัวแปรไปใช้ในการจัดกลุ่มด้วยวิธีของการวิเคราะห์ตัวประกอบ โดยมีการพิจารณาดังนี้

1.1 ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคู่ใดมีค่าใกล้ +1 หรือ –1 แสดงว่าตัวแปรคู่นั้นมีความสัมพันธ์กันมาก ควรอยู่ใน Factor เดียวกัน

1.2 ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคู่ใดมีค่าใกล้ศูนย์แสดงว่าตัวแปรคู่นั้นไม่มีความสัมพันธ์กันหรือสัมพันธ์กันน้อยมาก ควรอยู่คนละ Factor

1.3 ถ้ามีตัวแปรที่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่น หรือมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่น ๆ ที่เหลือน้อยมาก ควรอยู่คนละ Factor

1.4 ถ้ามีตัวแปรที่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นหรือมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่น ๆ ที่เหลือน้อยมาก ควรตัดตัวแปรนั้นออกจากการวิเคราะห์

หลักการพื้นฐานของการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ก็คือหลักของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นเพื่อลดตัวแปรที่มีอยู่จำนวนมากให้น้อยลงโดยโครงสร้างองค์ประกอบที่พิสูจน์แล้วว่ามีความหมายมากกว่ามาแทนที่ตัวแปรดั้งเดิม

2.5.5.2. การสกัดตัวประกอบ (Extracting initial factors)

ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างเมตริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Variable) ที่สมมติขึ้นแทนตัวแปรดั้งเดิม ซึ่งขั้นนี้จะมีการสกัดหรือตัดตัวประกอบออกมาจากเมตริกซ์สหสัมพันธ์ จนกระทั่งสหสัมพันธ์ที่เหลือมีค่าน้อยลงและไม่มีความแปรปรวนเหลืออยู่ จนสรุปได้ว่าความสัมพันธ์นั้นไม่มีความสำคัญอีกเลย

วัตถุประสงค์ของการสกัดตัวประกอบ คือ การหาจำนวน Factor ที่สามารถใช้ตัวแปรทั้งหมดทุกตัวได้ วิธีการสกัดปัจจัยมีหลายวิธี ดังนั้นจะต้องตัดสินใจเลือกใช้วิธีใด เพราะแต่ละวิธีจะให้ผลแตกต่างกัน วิธีการสกัดปัจจัยแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ

1) วิธีองค์ประกอบหลัก (Principal Component Factoring : PCF) วิธีนี้อาศัยหลักความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรที่ใช้เป็นข้อมูลองค์ประกอบหลักตัวแปรคือ การผสมเชิงเส้นตรง (Linear Combination) ของตัวแปรที่อธิบายการผันแปรของข้อมูลได้มากที่สุด จากนั้นหาการผสมที่สองที่สามารถอธิบายการผันแปรได้มากที่สุดเป็นอันดับที่สอง โดยที่ไม่สัมพันธ์กับการผสมแรก ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนได้องค์ประกอบหลัก (หรือปัจจัย) ที่สามารถอธิบายการผันแปรของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coefficient) หรือค่าอัลฟ่าของครอนบาค (Cronbach's Alpha) วิธีการแยกปัจจัยดังกล่าวนี้ สมมติว่าตัวแปรนั้นได้มาจากข้อมูลของประชากรทั้งหมด แต่ตัวแปรนั้นเป็นตัวอย่างของตัวแปรทั้งหมด

2.5 วิธีเงา (Image Method) เป็นวิธีการแยกปัจจัยอีกวิธีหนึ่งซึ่งสมมติว่า ตัวแปรแต่ละตัวแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เกิดจากปัจจัยร่วมและส่วนที่เกิดจากปัจจัยเฉพาะสัดส่วนที่แน่นอนของทั้งสองส่วนนี้คำนวณได้จากการประมาณ โดยอาศัยเมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ทฤษฎีเงา (Image Theory) ซึ่งกัทแมน (Guttman) เป็นผู้พัฒนา ส่วนที่เป็นส่วนร่วมของตัวแปรคาดประมาณได้จากความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรตัวนั้นกับตัวแปรที่เหลือทั้งหมด ส่วนที่เรียกว่าเงาของตัวแปรนั้น (The Image of the Variable) ส่วนเฉพาะของ ตัวแปรก็คือ ส่วนที่ไม่สามารถคาดประมาณได้จากความสัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปรอื่น ส่วนนี้เรียกว่า ด้านเงา (Anti – image)

จากที่กล่าวมาทั้ง 5 วิธีข้างต้น จะทำให้ได้ตัวเลขที่เป็นค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแปรที่มีต่อตัวประกอบตัวนั้น ๆ ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนัก (Factor loading) เหล่านี้จะแสดงถึงขอบเขตความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตัวประกอบที่สมมติขึ้นหรือเรียกว่า สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตัวประกอบนั่นเอง การเลือกว่าวิธีใดเหมาะสม จะขึ้นกับหลักเกณฑ์ของแต่ละวิธี โดยทุกวิธีมีวัตถุประสงค์เพื่อหา loading หรือ factor loading

2.5.5.3. การหมุนแกนองค์ประกอบ (Factor Rotation)

การหมุนแกนองค์ประกอบเพื่อสร้างโมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบ (Rotation to a terminal solution) การหมุนแกนเป็นขั้นตอนที่จะดำเนินการแยกตัวแปรให้เห็นเด่นชัดว่า ตัวแปรหนึ่ง ๆ ควรจะจัดอยู่ในกลุ่มหรือในปัจจัยใด เนื่องจากในการสกัดปัจจัยจะได้ปัจจัยหรือปัจจัยหลายปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยจะเกิดการรวมของตัวแปรแบบเชิงเส้นตรงแต่ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ตัวแปรหนึ่ง ๆ อาจจะเป็นสมาชิกในหลายปัจจัยซึ่งยากต่อการให้ความหมายของปัจจัยและการกำหนดชื่อปัจจัยหรืออาจได้ความหมายของแต่ละปัจจัยไม่ชัดเจน การหมุนแกนจะเป็นวิธีการที่จะทำให้สมาชิกของแต่ละตัวแปรในปัจจัยหนึ่ง ๆ ชัดเจนขึ้น วิธีการหมุนแกนปัจจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ

1) การหมุนแกนแบบมุมฉาก (Orthogonal) เป็นวิธีการหมุนแกนแบบที่ให้แกนของปัจจัยหมุนจากตำแหน่งเดิมในลักษณะตั้งฉากกันตลอดเวลาที่มีการหมุนแกนเรียกว่าเป็นการหมุนแกนแบบที่ปัจจัยแต่ละปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์กันเลย วิธีการหมุนแกนแบบมุมฉากสามารถจำแนกได้ 3 วิธีย่อย ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 แบบควอติแมกซ์ (Quartimax) วัตถุประสงค์ของการหมุนแบบควอติแมกซ์ คือ การลดความซ้ำซ้อนเชิงตัวประกอบของตัวแปรน้อยลงที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยหมุนแกนของ ตัวประกอบไปในทางที่ทำให้ตัวแปรมีน้ำหนักสูงต่อตัวประกอบหนึ่ง และไม่มีหรือแทบจะไม่มีน้ำหนักต่อตัวประกอบนั้น ๆ อีก ความสลับซับซ้อนเชิงตัวประกอบของตัวแปรวัดได้จาก ความแปรปรวนร่วมจากกำลังสองของน้ำหนักของตัวประกอบของตัวแปรอัตราความแปรปรวนร่วมวัดได้จากค่าเฉลี่ยของกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย ซึ่งอัตราความแปรปรวนร่วมมากที่สุด เมื่อตัวแปรตัวหนึ่งมีค่ากำลังสองของน้ำหนักของตัวแปรค่าใด ค่าหนึ่งในแถวเท่ากับ ค่าความร่วมกัน และค่าที่เหลือเป็นศูนย์ ดังนั้น ค่าสูงสุดของอัตราความร่วมกันของค่ากำลังสองของน้ำหนักตัวประกอบ คือความสลับซับซ้อนที่ง่ายที่สุดของตัวแปรนั้น

1.2 แบบวาริแมกซ์ (Varimax) วิธีการนี้พยายามที่จะลดจำนวนตัวแปรที่มีน้ำหนักปัจจัยมากบนแต่ละปัจจัยให้เหลือน้อยที่สุดจะทำให้ได้เฉพาะตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์ใน การรวมตัวแบบเชิงเส้นสูงหรืออีกนัยหนึ่ง ก็คือ มุ่งไปที่ความแตกต่างหรือความแปรปรวนของแต่ละตัวประกอบโดยพยายามทำให้ตัวประกอบแต่ละคอลัมน์แตกต่างกันให้มากที่สุดซึ่งจะช่วยให้ตีความหมายของปัจจัยได้ง่าย

1.3 แบบอิควาแมกซ์ (Equamax) เป็นการผสมระหว่างแบบควอติกแมกซ์และแบบวาริแมกซ์ที่ต้องการแปรความหมายทั้งปัจจัยและตัวแปร โดยเป็นการลดจำนวนทั้งจำนวนตัวแปรในแต่ละปัจจัยและลดจำนวนปัจจัยที่ใช้อธิบายความหมายของตัวแปร

2) การแกนแบบมุมแหลม (Oblique Rotation) เป็นวิธีการหมุนแกนแบบที่ให้แกนของปัจจัยหมุนจากตำแหน่งเดิมในลักษณะเป็นมุมแหลม และไม่ตั้งฉากกันตลอดเวลาที่มีการหมุนแกน โดยการหมุนแกนแบบนี้สามารถที่จะระบุระดับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยโดยการกำหนดจำนวนองศาของมุมแหลมตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศาถ้าต้องการให้ปัจจัยที่ได้มีความสัมพันธ์กันสูงให้กำหนดค่าจำนวนองศาต่ำๆ (ถ้ากำหนดเป็น 0 องศาแสดงว่าให้ปัจจัยมีความสัมพันธ์กันสูงสุด) แต่ถ้าต้องการให้ปัจจัยที่จะได้ มีความสำพันธ์กันน้อยให้กำหนดค่าจำนวนองศาสูง ๆ(ถ้ากำหนดเป็น 90 องศาแสดงว่าให้ปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์กันเลยและจะกลายเป็นการหมุนแกนแบบมุมฉาก)

2.5.5.4. การแปลผลเมตริกซ์ที่ปรับรูป (หมุนแกน) และนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบไปใช้ (Construction of factor scales and their use in further analysis)

ขั้นสุดท้ายเป็นการให้ความหมายแก่องค์ประกอบ (Factor Meaning) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จะต้องกำหนดชื่อหรือให้ความหมายแก่องค์ประกอบหรือตัวแปรที่ได้โดยพิจารณาว่าในปัจจัยนั้น ๆ ประกอบด้วยตัวแปรอะไรบ้างที่เป็นสมาชิกอยู่แต่เนื่องจากในปัจจัยหนึ่งๆ ประกอบไปด้วยตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุกตัวที่เป็นสมาชิก โดยมีน้ำหนักของการเป็นสมาชิกแตกต่างกัน ดังนั้นก่อนจะให้ ความหมายแก่ปัจจัย

ใด ๆ ควรจะต้องพิจารณาเลือกตัวแปรที่น่าจะเป็นสมาชิกของปัจจัยนั้น ๆ มากที่สุด หลังจากนั้นจึงให้ความหมายแก่ปัจจัยที่ได้แต่ละปัจจัย ซึ่งขั้นตอนในการพิจารณา มีดังนี้

1) จัดตัวแปรเข้าเป็นสมาชิกปัจจัยเดียว เป็นขั้นตอนที่จะดำเนินการแยกตัวแปรให้เห็นชัดว่าตัวแปรหนึ่ง ๆควรจะจัดอยู่ในกลุ่มหรือในปัจจัยใดโดยนำค่าน้ำหนักปัจจัย หรือสัมประสิทธิ์ของแต่ละปัจจัย (Factor Loading) ที่ได้ล่าสุดจากการหมุนแกนแล้วและเลือกเฉพาะ Factor ที่มีค่า Eigenvalues หรือค่า Percent of Variance สูงตามขั้นตอนการคัดเลือกปัจจัยแล้ว จึงพิจารณาค่าน้ำหนักปัจจัยหรือสัมประสิทธิ์ของแต่ละปัจจัยของปัจจัยทั้งหมดที่เลือกมาว่า น้ำหนักปัจจัยหรือค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยใดมีค่ามากที่สุดหมายความว่าปัจจัยนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรนั้นมากที่สุด แสดงว่าตัวแปรนั้น ๆ ควรเป็นสมาชิกของปัจจัยนั้นมากกว่าที่จะเป็นสมาชิกของปัจจัยอื่น

2) เลือกตัวแปรที่มีผลสูงต่อปัจจัย จากขั้นตอนที่ผ่านมาถึงแม้จะได้ตัวแปรที่เป็นสมาชิกในปัจจัยเดียวแต่ตัวแปรบางตัวที่เข้ามาเป็นสมาชิกในปัจจัยอาจจะมีน้ำหนัก การเข้า รวมตัวหรือมีผลต่อการอธิบายปัจจัยนั้น ๆได้ต่ำ ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าถึงแม้จะไม่มีตัวแปรดังกล่าวก็สามารถให้ความหมายของปัจจัยได้เพียงพอแล้ว การพิจารณาจะพิจารณาจากค่าน้ำหนัก หรือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรจากตัวแบบการรวมตัวแบบเส้นตรง โดยจะเลือกตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สูงซึ่งอาจจะใช้วิธีทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติ

3) การให้ความหมายแก่ปัจจัย เป็นขั้นตอนที่จะต้องให้ความหมายหรือกำหนดชื่อแก่แต่ละปัจจัยซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยประสบการณ์ในการกำหนด หรือให้ชื่อที่สื่อความหมายแก่แต่ละปัจจัยจะทำให้ได้โดยพิจารณาลักษณะของตัวแปรที่อยู่ในปัจจัยนั้น ๆ

สรุป การวิเคราะห์ตัวประกอบเป็นเทคนิคการจับกลุ่มหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มหรือปัจจัยเดียวกัน มีขั้นตอนการวิเคราะห์ คือ 1) การเก็บรวบรวมข้อมูลและสร้างเมตริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรทุกตัว 2) การสกัดองค์ประกอบ 3) การหมุนแกนองค์ประกอบ 4) การให้ความหมายแก่องค์ประกอบ

2.6 สัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation)

สัมประสิทธิ์การแปรผัน หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่อหนึ่งหน่วยค่าเฉลี่ย ใช้สัญลักษณ์ C.V. มีสูตรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GM (1,1) จากนั้นเส้นโค้ง $\hat{X}$ แสดงแนวโน้มมีอยู่เดิมในลำดับข้อมูลดิบ X สำหรับลำดับการสุ่มไม่คงที่ X เงื่อนไขของลูกโซ่มาร์คอฟถ้าแบ่งออกเป็น n สถานะแล้วแต่ละสถานะแสดงได้ดังนี้

$$\otimes_i = [\otimes_{1i}, \otimes_{2i}], \tilde{\otimes}_i \in \otimes_i$$

ซึ่ง

$$\tilde{\otimes}_{1i} = \hat{x}(k) + A_i, \tilde{\otimes}_{2i} = \hat{x}(k) + B_i, \qquad (2.31)$$

สำหรับ $i = 1,2,...n.$ เนื่องจาก $\hat{X}$ เป็นฟังก์ชันของระยะเวลา k ส่วนประกอบเกรย์โมเดล $\tilde{\otimes}_{1i}$ และ $\tilde{\otimes}_{2i}$ มีการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลา

นิยาม 15 ถ้า $M_{ij}(m)$ คือขนาดของกลุ่มตัวอย่างข้อมูลที่เป็นตัวแทนของสถานะในรูปแบบเปลี่ยนแปลงสถานะที่ $\otimes_i$ ถึงสถานะ $\otimes_j$ ขั้นตอน m และ M_i ขนาดของกลุ่มตัวอย่างข้อมูลกับที่อยู่สถานะ $\otimes_i$ แล้ว

$$P_{ij}(m) = \frac{M_{ij}(m)}{M_i}, i = 1,2,...n, \qquad (2.32)$$

เรียกว่าการเปลี่ยนสถานะของความน่าจะเป็น เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$R(k) = \begin{pmatrix} P_{11}(k) & P_{12}(k) & \cdots & P_{1n}(k) \\ P_{21}(k) & P_{22}(k) & \cdots & P_{2n}(k) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{n1}(k) & P_{n2}(k) & \cdots & P_{nn}(k) \end{pmatrix} \qquad (2.33)$$

โดยที่ P_{ij} ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนจากสถานะที่ i ในปัจจุบันเป็นสถานะที่ j ในอนาคต ; $i, j = 1,2,3,...,n$ และสมาชิกในเมทริกซ์จะต้องไม่เป็นลบ โดยผลรวมของแต่ละแถวจะต้องมีค่าเท่ากับหนึ่งเสมอ

2.9 รากของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error :MSE)

เกณฑ์การเลือกแบบจำลองที่เหมาะสม สำหรับแต่ละกลุ่มตัวอย่าง จะเปรียบเทียบโดยใช้รากของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย โดยแบบจำลองใดให้รากของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำแสดงว่าแบบจำลองนั้นเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลกลุ่มนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณรากของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย แสดงได้ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\left(x(k)-\hat{x}(k)\right)^2} \qquad (2.34)$$

เมื่อ $x(k)$ คือค่าจากข้อมูลคุณภาพน้ำ

$\hat{x}(k)$ คือค่าประมาณจากแบบจำลอง

n คือจำนวนของข้อมูลทั้งหมด

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

H. C. Guo, L. Liu and G. H. Huang [6] วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพน้ำในแม่น้ำ Yiluo สาขาของแม่น้ำเหลืองที่มีตะกอนและของแข็งแขวนลอยสูงมาก ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำแหล่งมลพิษและเงื่อนไขแบบสโตคลาสติก ได้ดำเนินการสร้างโมเดล DO,BOD หนึ่งมิติระบบ การพยากรณ์คุณภาพน้ำซึ่งขึ้นอยู่กับคาลมากรองและตัวปรับเทคนิค

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ แพทย์หญิง พวงทอง ไกรพิบูลย์ [7] โรคทางเดินอาหาร เป็นโรคที่เกิดซ้ำได้หลายครั้งในชีวิต โดยอาจเกิดได้อย่างเฉียบพลัน อาการเกิดขึ้นรวดเร็ว ทันที และสามารถรักษาให้หายได้ภายในระยะเวลาประมาณ 3-6 เดือน

นางสิร์รานี วสุภัทร [8] การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาที่มีต่อความสำเร็จของการบริหารโดยใช้โรงเรียนเป็นฐาน เพื่อศึกษาอิทธิพลของสมรรถนะของผู้บริหารสถานศึกษาที่มีต่อความสำเร็จของการบริหารโดยใช้โรงเรียนเป็นฐานและเพื่อศึกษาอิทธิพลของภาวะผู้นำทางวิชาการ และสมรรถนะของผู้บริหารสถานศึกษาที่มีต่อความสำเร็จของการบริหารโดยใช้โรงเรียนเป็นฐานผ่านวัฒนธรรมการเรียนรู้ในโรงเรียน ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นผู้บริหารสถานศึกษาขั้นพื้นฐานของรัฐในเขตตรวจราชการที่ 5 ปีการศึกษา 2550 ที่ให้ข้อมูลการวิจัยจำนวน 672 คน เครื่องมือวิจัยเป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองจำนวน 113 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนา การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุด้วยรูปแบบสมการโครงสร้าง ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) ภาวะผู้นำทางวิชาการ และวัฒนธรรมการเรียนรู้ในโรงเรียนมีอิทธิพลทางตรงต่อความสำเร็จของการบริหารโดยใช้โรงเรียนเป็นฐาน 2) สมรรถนะมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสำเร็จของการบริหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะนำนิยามและทฤษฎีบทต่างๆ มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง จากที่ได้กล่าวมาในบทก่อนหน้า โดยจะจัดกลุ่มตัวแปร อธิบายวิธีการสร้างรูปแบบการพยากรณ์ GM (1,1) ฟูเรียร์ เกรย์ โมเดล (Fourier Grey Model : FGM) มาร์คอฟฟูเรียร์เกรย์โมเดล (Markov-Fourier Grey Model : MFGM) และประยุกต์ใช้เมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นกับฟูเรียร์เกรย์โมเดลและได้โมเดลจากความสัมพันธ์ของเมทริกซ์ดังกล่าวที่เรียกว่ามาร์คอฟ ฟูเรียร์ เกรย์ โมเดล

3.1 สถิติที่ใช้ในการจัดกลุ่มตัวแปร

3.1.1 การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis)

เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย เป็นเทคนิคการแบ่งกลุ่มตัวแปรหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มเดียวกัน ตัวแปรที่ไม่สัมพันธ์กันจะอยู่ต่างกลุ่มกัน โดยที่ 1 กลุ่มจะเรียกว่า 1 ปัจจัย โดยที่ตัวแปรที่อยู่ในปัจจัยหรือกลุ่มเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกหรือลบก็ได้

3.1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัจจัย

1. ตรวจสอบว่าตัวแปรต่างๆ $(X_1,\ldots,X_n)$ ที่จะนำมาแบ่งกลุ่มนั้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยมีวิธีการตรวจสอบความสัมพันธ์ นั่นคือ ทดสอบสมมติฐาน โดยตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบดังนี้

H_0 : ตัวแปร $(X_1,\ldots,X_n)$ ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ตัวแปร $(X_1,\ldots,X_n)$ มีความสัมพันธ์กัน

<u>สถิติทดสอบ</u>

$$KMO = \frac{\sum r_i^2}{\sum r_i^2 + \sum (partial - correlation)^2}, 0 \le KMO \le 1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

l_{ij} คือ Factor loading

3. การจัดตัวแปรให้อยู่ในปัจจัยต่างๆหลังจากสามารถหาค่า Factor loading l_{ij} แล้ว จะพิจารณาจากค่า l_{ij} ว่าตัวแปรใดจะอยู่ในปัจจัยใดบ้าง ถ้าค่า Factor loading ของตัวแปรใดมีค่ามาก (เข้าสู่ +1 หรือ -1) ควรจัดตัวแปรนั้นอยู่ในปัจจัยดังกล่าว กรณีที่ค่า Factor loading มีค่ากลางๆ เช่น 0.4 หรือ 0.5 ทำให้ไม่สามารถตัดสินใจว่าควรจัดตัวแปรนั้นอยู่ในปัจจัยใด ให้ทำต่อในขั้นที่ 4

4. การหมุนแกนปัจจัย (Factor Rotation)เมื่อไม่สามารถจัดตัวแปรว่าควรอยู่ในปัจจัยใด จะต้องทำการหมุนแกนเพื่อทำให้ค่า Factor loading ของตัวแปรมีค่ามากขึ้นหรือลดลง ซึ่งจะทำให้สามารถจัดตัวแปรว่าควรอยู่ในปัจจัยใด หรือไม่ควรอยู่ในปัจจัยใด วิธีการหมุนแกน คือ Orthogonal Rotation เป็นการหมุนแล้วยังคงทำให้ปัจจัยยังคงตั้งฉากกันหรือเป็นอิสระกัน โดยมีเทคนิคย่อยหลายวิธี เช่น Varimax, Quartimax และ Equamaxส่วนใหญ่นิยมใช้วิธี Varimax

3.2 รูปแบบการพยากรณ์ GM (1,1)

วิธี GM (1,1) มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สมมติลำดับของข้อมูล

$$x^{(0)} = \left\{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \ldots, x^{(0)}(n)\right\} \tag{3.1}$$

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

$$x^{(1)}(k) = \left\{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \ldots, x^{(1)}(n)\right\} \tag{3.2}$$

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

ขั้นตอนที่ 3 จาก $x^{(1)}$ สมมติให้

$$z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1) \quad k = 2, 3, 4, \ldots n \tag{3.3}$$

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 a และ b หาจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 14 สมมติ M_i คือจำนวนของข้อมูลในสถานะที่ $\otimes_i$ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจาก $\otimes_i$ ไป $\otimes_j$ สามารถสร้างได้ดังนี้

$$P_{ij}(m)=\frac{M_{ij}(m)}{M_i}, i=1,2,...n, \tag{3.16}$$

โดยที่ $P_{ij}(m)$ คือความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงในสถานะ $\otimes_j$ ส่งจากสถานะ $\otimes_i$ ขั้นตอนที่ m โดยที่ m คือจำนวนขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงในแต่ละครั้ง M_i คือจำนวนของข้อมูลในสถานะที่ $\otimes_i$ $M_{ij}(m)$ จำนวนของข้อมูลจาก สถานะ $\otimes_j$ ส่งจากสถานะ $\otimes_i$ ขั้นตอนที่ m $R(k)$ คือเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะสามารถแสดงดังต่อไปนี้

$$R(k)=\begin{pmatrix} P_{11}(k) & P_{12}(k) & \cdots & P_{1n}(k) \\ P_{21}(k) & P_{22}(k) & \cdots & P_{2n}(k) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{n1}(k) & P_{n2}(k) & \cdots & P_{nn}(k) \end{pmatrix} \tag{3.17}$$

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

$$\begin{aligned} \varepsilon'^{(0)}(n) &= \frac{\otimes_{j-},\otimes_{j+}}{2} \\ &= \hat{\varepsilon}'^{(0)}(n)+\frac{a_j+b_j}{2} \end{aligned} \tag{3.18}$$

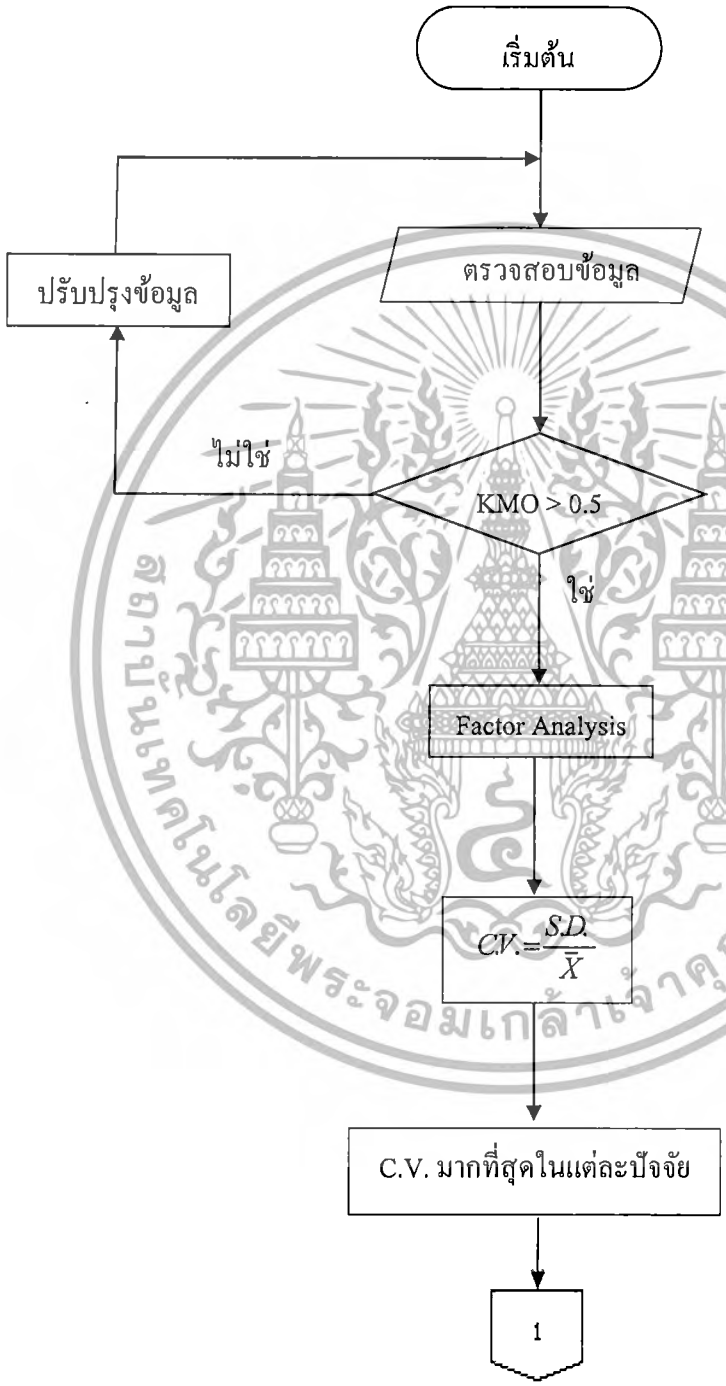
ขั้นตอนที่ 15 ปรากฏการณ์ตามเวลาและความแปรปรวนการสุ่มของระบบสามารถหาได้โดยมาร์คอฟ ฟูเรียร์ เกรย์ โมเดล ขั้นตอนวิธีและค่าพยากรณ์หาได้จาก

$$\bar{x}^{(0)}(n)=\hat{x}^{(0)}(n)+\hat{\varepsilon}^{(0)}(n)+\varepsilon'^{(0)}(n). \tag{3.19}$$

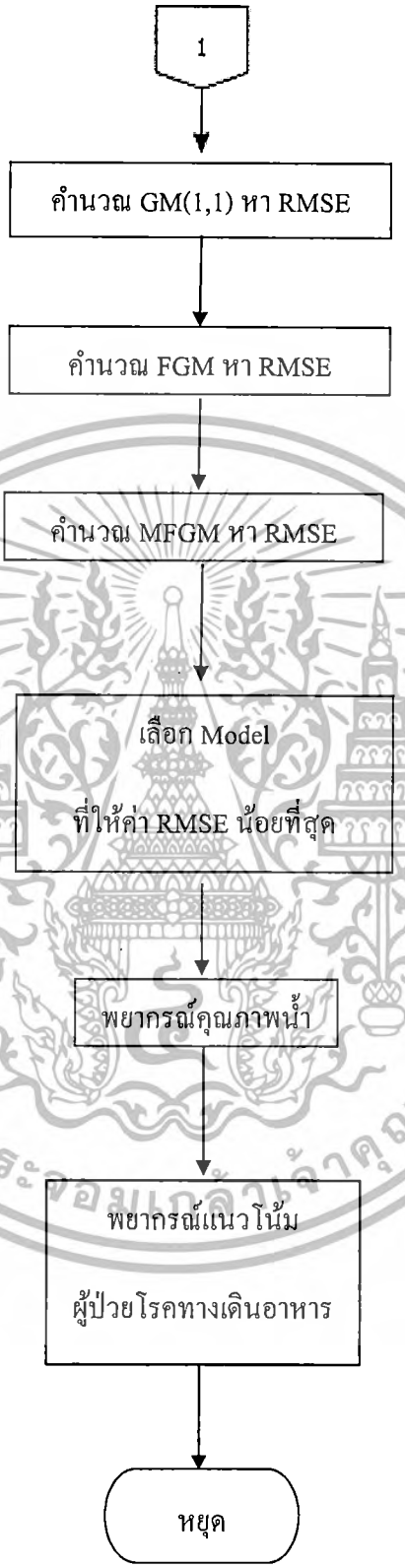
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ขั้นตอนงานวิจัย

จากกระบวนการต่างๆ ข้างต้นสามารถนำมาสรุปเป็นขั้นตอนของงานวิจัยได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในบทนี้จะแบ่งการแสดงผลออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่หนึ่งคือผลการวิจัยและอภิปรายผลของข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน ส่วนที่สองคือการพยากรณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ และส่วนสุดท้ายคือการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ร่วมกับสาเหตุและข้อมูลผู้ป่วยโรคระบบทางเดินอาหารในพื้นบริเวณใกล้กับแม่น้ำท่าจีน

4.1 ผลการวิจัยและอภิปรายผลของข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน

4.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนโดยวิธี factor analysis

4.1.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำสถานี TC25 โดยวิธี factor analysis

การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน โดยวิธี factor analysis ด้วยโปรแกรม SPSS เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ได้ค่า KMO = 0.649 มีค่าใกล้ 1 หรือจากค่า Sig. = 0.006 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าตัวแปรทุกตัวมีความสัมพันธ์กัน แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่4.1 การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดของสถานี TC25

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.649
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	72.176
	df	45
	Sig.	.006

เมื่อพิจารณา พบว่าค่าแปรปรวนทั้งหมดของตัวแปร 10 ตัว จะเท่ากับ 10 โดยปัจจัยที่ 1 มีค่าแปรปรวน 3.637 คิดเป็นร้อยละ 36.372 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 2 มีค่าแปรปรวน 1.799 คิดเป็นร้อยละ 17.988 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 3 มีค่าแปรปรวน 1.228 คิดเป็นร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละ 12.285 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 4 มีค่าแปรปรวน 1.037 คิดเป็นร้อยละ 10.368 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 5-10 มีค่าแปรปรวนต่ำกว่า 1 จึงไม่นำมาพิจารณา ดังนั้นจากตัวแปร 10 ตัว สามารถสกัดปัจจัยได้ 4 ปัจจัย โดยทั้ง 4 ปัจจัยมีค่าแปรปรวน 77.013% ของค่าแปรปรวนทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่4.2 การสกัดปัจจัย โดยใช้วิธี Principal Component Analysis ของสถานี TC25

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.637	36.372	36.372	3.637	36.372	36.372
2	1.799	17.988	54.360	1.799	17.988	54.360
3	1.228	12.285	66.645	1.228	12.285	66.645
4	1.037	10.368	77.013	1.037	10.368	77.013
5	.624	6.236	83.249			
6	.560	5.602	88.851			
7	.417	4.165	93.017			
8	.410	4.102	97.118			
9	.217	2.167	99.285			
10	.071	.715	100.000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Component หมายถึง Factorหรือปัจจัยโดยทั่วไปจะสกัดให้มีจำนวนปัจจัย=จำนวนตัวแปร ในที่นี้มี 10 ตัวแปร จึงมี 10 ปัจจัยหรือ 10 Component

Total Eigenvalues หมายถึง ค่าความผันแปร หรือความแปรปรวนทั้งหมดในตัวแปรเดิมที่สามารถอธิบายได้โดย Factorหรือ Eigenvalues คือ ผลบวกค่าของ Factor loading ยกกำลังสอง ของแต่ละตัวแปรใน Factor หนึ่ง ๆ ดังนั้นจะไม่พิจารณา Factor ที่มีค่า Eigenvalues น้อยกว่า 1 จะพบว่ามีเพียง factorหรือ Component ที่ 1 , 2 ,3 และ 4 เท่านั้นที่มีค่า Eigenvalues มากกว่า 1 จึงควรมีเพียง 4 Factor เท่านั้น

% of Varience หมายถึง เปอร์เซ็นต์ที่แต่ละ Factor สามารถอธิบายความผันแปรได้ เนื่องจากเดิมมีตัวแปร 10 ตัว และจากตารางที่ 4.3 จะพบว่าแต่ละตัวมีค่า Communality เริ่มต้นเป็น 1 เสมอ จึงมีความผันแปรทั้งหมด = 10

Comulative % หมายถึง ผลบวกสะสมของ % of Varience

Extraction Sums of Squared Loading โดยวิธี Principal Component ค่า Initial

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Eigenvalues ในข้างต้นและค่า Extraction Sums of Squared Loading จะเท่ากัน และจะแสดงเฉพาะ Factor ที่มีค่า Eigenvalues มากกว่า 1

Rotation Sums of Squared Loading คือ จะให้ค่า Eigenvalues , % of Varience และ Comulative % ของ Factor ต่างๆ เมื่อทาการหมุนแกนปัจจัยไปในลักษณะที่ปัจจัยต่างๆ ยังคงตั้งฉากกัน หรือเป็นอิสระกัน ในตัวอย่างนี้เลือกวิธี varimax เป็นวิธีหมุนแกนปัจจัย

เมื่อพิจารณา พบว่าปัจจัยที่ 1 มีค่าแปรปรวน 2.808 คิดเป็นร้อยละ 28.083 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 2 มีค่าแปรปรวน 1.785 คิดเป็นร้อยละ 17.848 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 3 มีค่าแปรปรวน 1.746 คิดเป็นร้อยละ 17.462 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 4 มีค่าแปรปรวน 1.362 คิดเป็นร้อยละ 13.620 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่4.3 การหมุนแกนปัจจัย โดยใช้วิธี Orthogonal Rotation ของสถานี TC25

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.637	36.372	36.372	3.637	36.372	36.372	2.808	28.083	28.083
2	1.799	17.988	54.360	1.799	17.988	54.360	1.785	17.848	45.932
3	1.228	12.285	66.645	1.228	12.285	66.645	1.746	17.462	63.393
4	1.037	10.368	77.013	1.037	10.368	77.013	1.362	13.620	77.013
5	.624	6.235	83.249						
6	.560	5.602	88.851						
7	.417	4.165	93.017						
8	.410	4.102	97.118						
9	.217	2.167	99.285						
10	.071	.715	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

เมื่อพิจารณา พบว่าปัจจัยที่ 1 ประกอบด้วย ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) และ ฟอสฟอรัสทั้งหมด(TP) ปัจจัยที่ 2 ประกอบด้วย ไนเตรท (NO3) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria, FCB) และ แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด(TCB) ปัจจัยที่ 3 ประกอบด้วย แอมโมเนีย (NH3) และ ของแข็งแขวนลอย(SS) ปัจจัยที่ 4 ประกอบด้วย ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์(Biological Oxygen Demand, BOD) แสดงดังตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.4 การสร้างปัจจัยใหม่ โดยพิจารณาจากค่า Factor loading ของสถานี TC25

Rotated Component Matrix[a]

	Component			
	1	2	3	4
PH	.928	-.023	.073	.111
DO	.903	-.055	.043	.189
BOD	.072	-.050	-.008	.909
TS	-.684	-.180	-.164	.325
NO3	.238	.694	.306	-.205
TP	.664	.240	.515	.258
FCB	.056	.732	.280	.096
TCB	-.126	.811	-.318	-.021
NH3	.373	.083	.634	.502
SS	-.056	-.085	-.879	.106

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 5 iterations.

4.1.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำสถานี TC15 โดยวิธี factor analysis

การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน โดยวิธี factor analysis ด้วยโปรแกรม SPSS เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ได้ค่า KMO = 0.614 มีค่าใกล้ 1 หรือจากค่า Sig. = 0.003 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าตัวแปรทุกตัวมีความสัมพันธ์กัน แสดงดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.5 การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดของสถานี TC15

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.614
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	75.881
	df	45
	Sig.	.003

เมื่อพิจารณา พบว่าค่าแปรปรวนทั้งหมดของตัวแปร 10 ตัว จะเท่ากับ 10 โดยปัจจัยที่ 1 มีค่าแปรปรวน 3.113 คิดเป็นร้อยละ 31.127 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 2 มีค่าแปรปรวน 2.444 คิดเป็นร้อยละ 24.44 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 3 มีค่าแปรปรวน 1.294 คิดเป็นร้อยละ 12.94 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 4 มีค่าแปรปรวน 1.064 คิดเป็นร้อยละ 10.64 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 5-10 มีค่าแปรปรวนต่ำกว่า 1 จึงไม่นำมาพิจารณา ดังนั้นจากตัวแปร 10 ตัว สามารถสกัดปัจจัยได้ 4 ปัจจัย โดยทั้ง 4 ปัจจัยมีค่าแปรปรวน 79.152% ของค่าแปรปรวนทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่4.6 การสกัดปัจจัย โดยใช้วิธี Principal Component Analysis ของสถานี TC15

Total Variance Explained

	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
Component	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.113	31.127	31.127	3.113	31.127	31.127
2	2.444	24.441	55.568	2.444	24.441	55.568
3	1.294	12.941	68.508	1.294	12.941	68.508
4	1.064	10.644	79.152	1.064	10.644	79.152
5	.730	7.304	86.456			
6	.457	4.570	91.025			
7	.385	3.845	94.871			
8	.229	2.294	97.165			
9	.167	1.670	98.835			
10	.116	1.165	100.000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณา พบว่าปัจจัยที่ 1 มีค่าแปรปรวน 2.551 คิดเป็นร้อยละ 25.506 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 2 มีค่าแปรปรวน 2.373 คิดเป็นร้อยละ 23.725 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 3 มีค่าแปรปรวน 1.512 คิดเป็นร้อยละ 15.123 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 4 มีค่าแปรปรวน 1.480 คิดเป็นร้อยละ 14.798 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่4.7 การหมุนแกนปัจจัย โดยใช้วิธี Orthogonal Rotation ของสถานี TC15

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.113	31.127	31.127	3.113	31.127	31.127	2.551	25.506	25.506
2	2.444	24.441	55.568	2.444	24.441	55.568	2.373	23.725	49.231
3	1.294	12.941	68.508	1.294	12.941	68.508	1.512	15.123	64.354
4	1.064	10.644	79.152	1.064	10.644	79.152	1.480	14.798	79.152
5	.730	7.304	86.456						
6	.457	4.570	91.025						
7	.385	3.845	94.871						
8	.229	2.294	97.165						
9	.167	1.670	98.835						
10	.116	1.165	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

เมื่อพิจารณา พบว่าปัจจัยที่ 1 ประกอบด้วย ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ปัจจัยที่ 2 ประกอบด้วย ไนเตรท (NO3) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria, FCB) และ แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด(TCB) ปัจจัยที่ 3 ประกอบด้วย ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์(Biological Oxygen Demand, BOD) ของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) และ ของแข็งแขวนลอย(SS) ปัจจัยที่ 4 ประกอบด้วย ฟอสฟอรัสทั้งหมด(TP) และ แอมโมเนีย (NH3) แสดงดังตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.8 การสร้างปัจจัยใหม่ โดยพิจารณาจากค่า Factor loading ของสถานี TC15

Rotated Component Matrix[a]

	Component			
	1	2	3	4
PH	.815	-.095	-.073	-.003
DO	.810	-.061	-.059	.238
BOD	.422	-.073	.694	.237
NO3	-.205	.754	.233	-.197
FCB	.079	.764	-.132	.321
TCB	-.079	.895	-.028	-.086
TS	-.268	-.038	.654	.158
SS	-.067	.106	.715	-.171
TP	-.619	.029	.001	.649
NH3	.264	-.023	.095	.830

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 5 iterations.

4.1.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำสถานี TC 10 โดยวิธี factor analysis

การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน โดยวิธี factor analysis ด้วยโปรแกรม SPSS เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ได้ค่า KMO = 0.603 มีค่าใกล้ 1 หรือจากค่า Sig. = 0.005 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าตัวแปรทุกตัวมีความสัมพันธ์กัน แสดงดังตารางที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.9 การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดของสถานี TC10

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.603
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	73.220
	df	45
	Sig.	.005

เมื่อพิจารณา พบว่าค่าแปรปรวนทั้งหมดของตัวแปร 10 ตัว จะเท่ากับ 10 โดยปัจจัยที่ 1 มีค่าแปรปรวน 2.994 คิดเป็นร้อยละ 29.941 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 2 มีค่าแปรปรวน 1.945 คิดเป็นร้อยละ 19.446 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 3 มีค่าแปรปรวน 1.722 คิดเป็นร้อยละ 17.222 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 4 มีค่าแปรปรวน 1.043 คิดเป็นร้อยละ 10.433 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 5-10 มีค่าแปรปรวนต่ำกว่า 1 จึงไม่นำมาพิจารณา ดังนั้นจากตัวแปร 10 ตัว สามารถสกัดปัจจัยได้ 4 ปัจจัย โดยทั้ง 4 ปัจจัยมีค่าแปรปรวน 77.042% ของค่าแปรปรวนทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่4.10 การสกัดปัจจัย โดยใช้วิธี Principal Component Analysis ของสถานี TC10

Total Variance Explained

	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
Component	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2.994	29.941	29.941	2.994	29.941	29.941
2	1.945	19.446	49.388	1.945	19.446	49.388
3	1.722	17.222	66.609	1.722	17.222	66.609
4	1.043	10.433	77.042	1.043	10.433	77.042
5	.730	7.295	84.337			
6	.633	6.328	90.665			
7	.452	4.524	95.189			
8	.244	2.441	97.630			
9	.143	1.425	99.055			
10	.095	.945	100.000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณา พบว่าปัจจัยที่ 1 มีค่าแปรปรวน 2.297 คิดเป็นร้อยละ 22.971 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 2 มีค่าแปรปรวน 1.999 คิดเป็นร้อยละ 19.996 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 3 มีค่าแปรปรวน 1.973 คิดเป็นร้อยละ 19.734 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด ปัจจัยที่ 4 มีค่าแปรปรวน 1.435 คิดเป็นร้อยละ 14.351 ของค่าแปรปรวนทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่4.11 การหมุนแกนปัจจัย โดยใช้วิธี Orthogonal Rotation ของสถานี TC10

Total Variance Explained

	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
Component	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2.994	29.941	29.941	2.994	29.941	29.941	2.297	22.971	22.971
2	1.945	19.446	49.388	1.945	19.446	49.388	1.999	19.966	42.957
3	1.722	17.222	66.609	1.722	17.222	66.609	1.973	19.734	62.691
4	1.043	10.433	77.042	1.043	10.433	77.042	1.435	14.351	77.042
5	.730	7.295	84.337						
6	.633	6.328	90.665						
7	.452	4.524	95.189						
8	.244	2.441	97.630						
9	.143	1.425	99.055						
10	.095	.945	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

เมื่อพิจารณา พบว่าปัจจัยที่ 1 ประกอบด้วย แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria, FCB) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด(TCB) และ ของแข็งแขวนลอย(SS) ปัจจัยที่ 2 ประกอบด้วย ไนเตรท (NO3) และ แอมโมเนีย (NH3) ปัจจัยที่ 3 ประกอบด้วย ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์(Biological Oxygen Demand, BOD) และ ของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) ปัจจัยที่ 4 ประกอบด้วย ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และ ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) แสดงดังตารางที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.12 การสร้างปัจจัยใหม่ โดยพิจารณาจากค่า Factor loading ของสถานี TC10

Rotated Component Matrix[a]

	Component			
	1	2	3	4
PH	.435	-.148	-.569	.475
DO	.009	.368	-.522	.578
BOD	.159	.159	.675	.145
TS	-.088	-.142	.872	.076
NO3	.023	.959	.000	.039
TP	-.171	-.061	-.241	-.744
FCB	.869	.052	-.002	.313
TCB	.835	.100	.250	.321
NH3	.180	.914	.023	.084
SS	-.748	-.156	.201	.293

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 5 iterations.

4.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนโดยวิธี Coefficient of variation

เลือกปัจจัยที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มจากค่า Coefficient of variation(C.V) โดยจะเลือกตัวแทนที่มีค่ามาก เนื่องจาก Coefficient of variation ไม่มีหน่วย ทำให้สามารถเปรียบเทียบการกระจายข้อมูลตั้งแต่ 2 ชุด ขึ้นไปได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำสถานี TC 25 โดยวิธี Coefficient of variation

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบค่าปัจจัยโดยวิธี Coefficient of variation(C.V) ของสถานี TC25

พารามิเตอร์	C.V.	%C.V.
pH(1)	0.0351	3.51
DO(1)	0.3880	38.80
TS(1)	0.2620	26.20
TP(1)	0.3864	38.64
NO3(2)	0.6749	67.49
FCB (2)	1.2189	121.89
TCB(2)	1.2459	124.59
NH3(3)	1.4334	143.34
SS (3)	0.7710	77.10
BOD(4)	0.7142	71.42

พารามิเตอร์ที่มีค่าการกระจายมากจะถูกเลือกใช้ในแต่ละกลุ่ม ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.13 โดยตัวแทนของปัจจัยที่ 1 คือ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่า C.V. 38.80 % ปัจจัยที่ 2 คือ แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) ค่า C.V. 124.59 % ปัจจัยที่ 3 คือ แอมโมเนีย (NH3) ค่า C.V. 143.34 % ปัจจัยที่ 4 ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์(BOD) ค่า C.V. 71.42 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำสถานี TC 15 โดยวิธี Coefficient of variation

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบค่าปัจจัยโดยวิธี Coefficient of variation(C.V) ของสถานี TC15

พารามิเตอร์	C.V.	%C.V.
pH(1)	0.0485	4.85
DO(1)	0.5652	56.52
NO3(2)	0.5544	55.44
FCB (2)	0.9806	98.06
TCB(2)	0.9631	96.31
BOD(3)	0.4156	41.56
TS(3)	0.1655	16.55
SS (3)	0.4146	41.46
TP(4)	0.4456	44.56
NH3(4)	0.6724	67.24

พารามิเตอร์ที่มีค่าการกระจายมากจะถูกเลือกใช้ในแต่ละกลุ่ม ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.14 โดยตัวแทนของปัจจัยที่ 1 คือ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่า C.V. 55.52 % ปัจจัยที่ 2 คือ แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (FCB) ค่า C.V. 98.06 % ปัจจัยที่ 3 คือ ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์(BOD) ค่า C.V. 41.56 % ปัจจัยที่ 4 คือ แอมโมเนีย (NH3) ค่า C.V. 67.24 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำสถานี TC 10 โดยวิธี Coefficient of variation

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบค่าปัจจัยโดยวิธี Coefficient of variation(C.V) ของสถานี TC10

พารามิเตอร์	C.V.	%C.V.
FCB (1)	0.9806	98.06
TCB(1)	3.8643	386.43
SS (1)	0.7544	75.44
NO3(2)	0.5544	55.44
NH3(2)	0.7252	72.52
pH(3)	0.0485	4.85
BOD(3)	0.4156	41.56
TS(3)	0.1655	16.55
DO(4)	0.5652	56.52
TP(4)	0.4456	44.56

พารามิเตอร์ที่มีค่าการกระจายมากจะถูกเลือกใช้ในแต่ละกลุ่ม ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.15โดยตัวแทนของปัจจัยที่ 1 คือ แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) ค่า C.V. 386.43 % ปัจจัยที่ 2 คือ แอมโมเนีย (NH3) ค่า C.V.75.52 % ปัจจัยที่ 3 คือ ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ค่า C.V. 41.56 % ปัจจัยที่ 4 คือ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่า C.V. 56.52 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนโดยวิธี GM (1,1) , Fourier Grey Model และ Markov-Fourier Grey Model

จากจำนวนสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้งหมด 16 สถานีงานวิจัยนี้ได้ทำการพิจารณาจากค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำมา 3 สถานี โดยมีรายละเอียดดังนี้ แม่น้ำท่าจีนตอนบน ได้แก่ สถานี TC25 สะพานข้ามแม่น้ำ อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี แม่น้ำท่าจีนตอนกลาง ได้แก่ สถานี TC15 สะพานบางเลน อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม แม่น้ำท่าจีนตอนล่าง ได้แก่ สถานี TC10 วัดบางช้างเหนือ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม วิธี GM (1,1) เป็นวิธีในการหาแนวโน้มของข้อมูลในรูปแบบของฟังก์ชันเอ็กซ์โปเนลเชียล Fourier Grey Model เป็นการนำค่าคลาดเคลื่อนของ GM(1,1) มาประยุกต์ใช้กับฟูเรียในการแบ่งคาบของข้อมูล และ Markov-Fourier Grey Model เป็นการนำทฤษฎีของมาร์คอฟมาแบ่งสถานะของค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจาก Fourier Grey Model ทำให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงโดยทั้งสามโมเดลแสดงดังนี้

โมเดล GM(1,1) จากสมการ

$$\hat{x}^{(0)}(k+1)=(1-e^{a})\left(x^{(0)}(1)-\frac{b}{a}\right)e^{-ak} \quad k=1,2,3,..20$$

แทนค่า a , b และ $x^{(0)}(1)$ โดยที่ $x^{(0)}(1)$ คือข้อมูลดิบตัวแรก ดังตาราง ค่า RMSE การพยากรณ์พารามิเตอร์ของสถานีต่างๆ จะได้โมเดลของพารามิเตอร์ดัชนีคุณภาพน้ำแต่ละตัว

โมเดล FGM จากสมการ

$$\varepsilon'^{(0)}(k)=x^{(0)}(k)-\hat{x}^{(0)}(k)-\hat{\varepsilon}^{(0)}(k),\ \text{for } k=2,3,...,20$$

โดยที่ $$\hat{\varepsilon}^{(0)}(k)=\frac{1}{2}a_0+\sum_{i=1}^{9}\left(a_i\cos\left(\frac{i2\pi}{19}k\right)+b_i\sin\left(\frac{i2\pi}{19}k\right)\right),\ \text{for } k=2,3,...,20$$

ค่า a_0, a_i และ b_i หาได้จากสมการ (3.11) จะได้ค่า error ของโมเดล

โมเดล MFGM จากสมการ $\varepsilon'^{(0)}(n)=\frac{\otimes_{j-},\otimes_{j+}}{2}$ จะได้ช่วงของแต่ละสถานะและเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็น

จากช่วงของแต่ละสถานะ แทนลงในสมการ

$$\bar{x}^{(0)}(n)=\hat{x}^{(0)}(n)+\hat{\varepsilon}^{(0)}(n)+\varepsilon'^{(0)}(n).$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $\hat{x}^{(0)}(n)$ ค่าพยากรณ์ที่ได้จากโมเดลของGM(1,1)

$\hat{\varepsilon}^{(0)}(n)$ ค่าสัมประสิทธิ์ของอนุกรมฟูเรียร์

$\varepsilon'^{(0)}(n)$ ค่าจากการแบ่งช่วงของสถานะ

4.1.3.1 สถานี TC25 สะพานข้ามแม่น้ำ อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี อาชีพหลักของประชากรคือ ทำนา ทำไร่ ทำสวน และเลี้ยงสัตว์ โรงงานอุตสาหกรรมหลักได้แก่ บริษัทแอกโกออน บริษัทเฟียวฟู้ดจำกัด ผลิตน้ำจิ้ม น้ำสลัดต่างๆ บริษัทอุตสาหกรรมน้ำตาลสุพรรณบุรีจำกัด ผลิตน้ำตาล บริษัทโกลโบฟู้ดส์จำกัด ผลิตเครื่องปรุง ซึ่งปัจจัยต่างๆดังกล่าวมีส่งผลต่อพารามิเตอร์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำดังนี้

DO ออกซิเจนละลายน้ำ

$\otimes_1 = (-43,-25],\ \otimes_2 = (-25,-3],\ \otimes_3 = (-3,0],\ \otimes_4 = (0,15],\ \otimes_5 = (15,23],\ \otimes_6 = (23,57]$

$$\begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{3} & 0 & \frac{2}{3} & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{2}{5} & 0 & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & 0 & \frac{1}{5} \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCB แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด

$\otimes_1 = (-43,-25],\ \otimes_2 = (-25,-10],\ \otimes_3 = (-10,0],\ \otimes_4 = (0,3],\ \otimes_5 = (3,10],\ \otimes_6 = (10,53]$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{4} & 0 & \frac{1}{4} & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

BOD ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์

$\otimes_1 = (-58,-40],\ \otimes_2 = (-40,-30], \otimes_3 = (-30,-8],\ \otimes_4 = (-8,0], \otimes_5 = (0,35],\ \otimes_6 = (35,60]$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{5} & 0 & 0 & \frac{1}{5} & \frac{2}{5} & \frac{1}{5} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

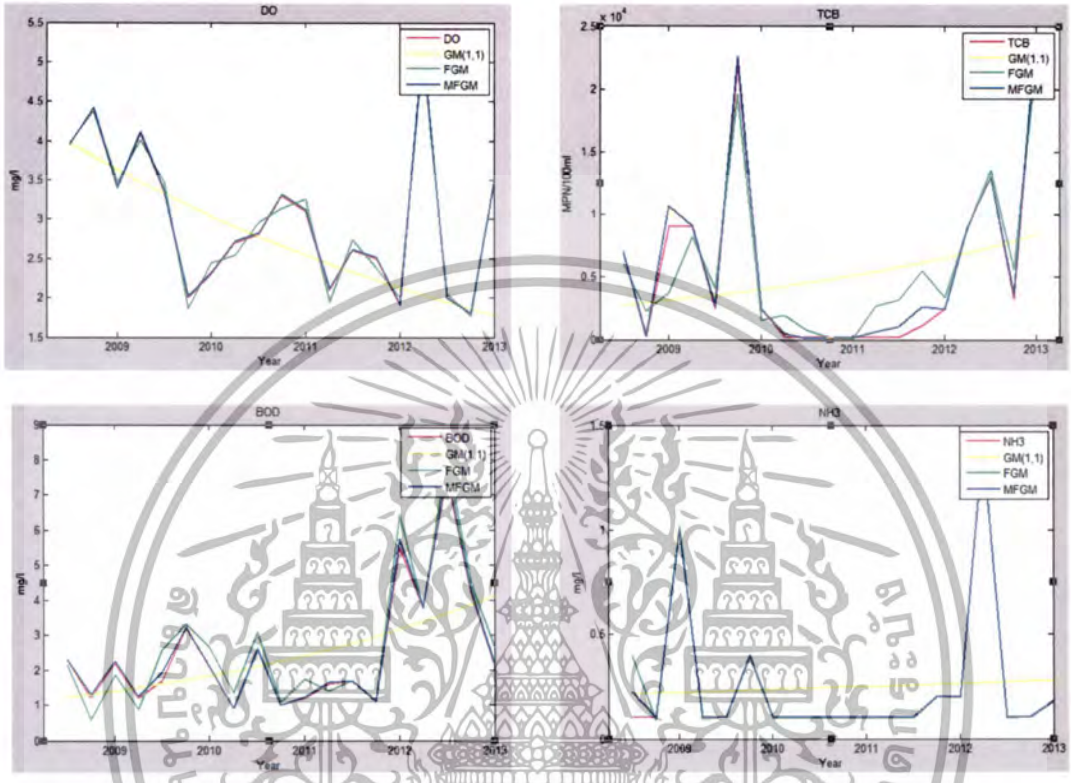
NH3 แอมโมเนีย

$\otimes_1 = (-1.95,-0.65],\ \otimes_2 = (-0.65,-0.4],\ \otimes_3 = (-0.4,0],\ \otimes_4 = (0,0.1],\ \otimes_5 = (0.1,0.35],\ \otimes_6 = (0.35,1.2]$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & \frac{1}{3} \\ \frac{2}{5} & \frac{1}{5} & 0 & \frac{1}{5} & 0 & \frac{1}{5} \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากพารามิเตอร์คุณภาพน้ำสามารถแสดงผลการพยากรณ์และพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกราฟจะมีค่าสูงในเดือนกุมภาพันธ์ปี 2013 โดยรวมของสถานีอยู่ในเกณฑ์พอใช้



รูปที่ 4.1 การพยากรณ์ค่า DO ,TCB, BOD และ NH3 ของสถานี TC 25

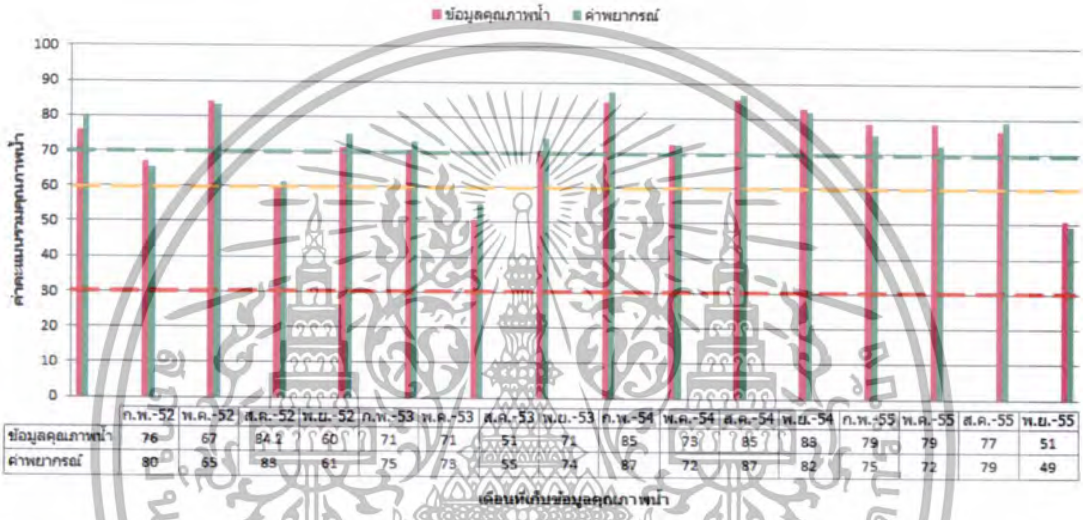
ตารางที่ 4.16 ค่า RMSE การพยากรณ์ค่า DO ,TCB ,BOD และ NH3 ของสถานี TC 25

พารามิเตอร์	GM(1,1)		RMSE		
	a	b	GM(1,1)	FGM	MFGM
ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	0.0215	3.7952	0.94	0.0539	0.0032
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB)	-0.0615	2132.8610	6932.759	2254.478	627.8758
แอมโมเนีย (NH3)	-0.0152	0.2109	0.3404	0.1131	0.0283
ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์(BOD)	-0.0676	1.1267	1.4344	0.4658	0.0975

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.16 จะเห็นว่า มาร์คอฟ ฟูเรีย เกร์ยโมเดลเป็นวิธีที่ดีที่สุดใน 3 วิธีเนื่องจากทำนายได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด โดยค่า RMSE ของออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ 0.0032 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเท่ากับ 627.8758 แอมโมเนียเท่ากับ 0.0283 ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์เท่ากับ 0.0975

จากผลการพยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนบน บริเวณสะพานข้ามแม่น้ำท่าจีน อำเภอสามชุก ผลคุณภาพน้ำพบว่า อยู่ในเกณฑ์ดี– เสื่อมโทรม ทั้งนี้สามารถแสดงคุณภาพน้ำแต่ละสถานีได้ดังรูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.17



	ก.พ.-52	พ.ค.-52	ส.ค.-52	พ.ย.-52	ก.พ.-53	พ.ค.-53	ส.ค.-53	พ.ย.-53	ก.พ.-54	พ.ค.-54	ส.ค.-54	พ.ย.-54	ก.พ.-55	พ.ค.-55	ส.ค.-55	พ.ย.-55
ข้อมูลคุณภาพน้ำ	76	67	84.2	60	71	71	51	71	85	73	85	83	79	79	77	51
ค่าพยากรณ์	80	65	83	61	75	73	55	74	87	72	87	82	75	72	79	49

รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนบนสถานี TC 25

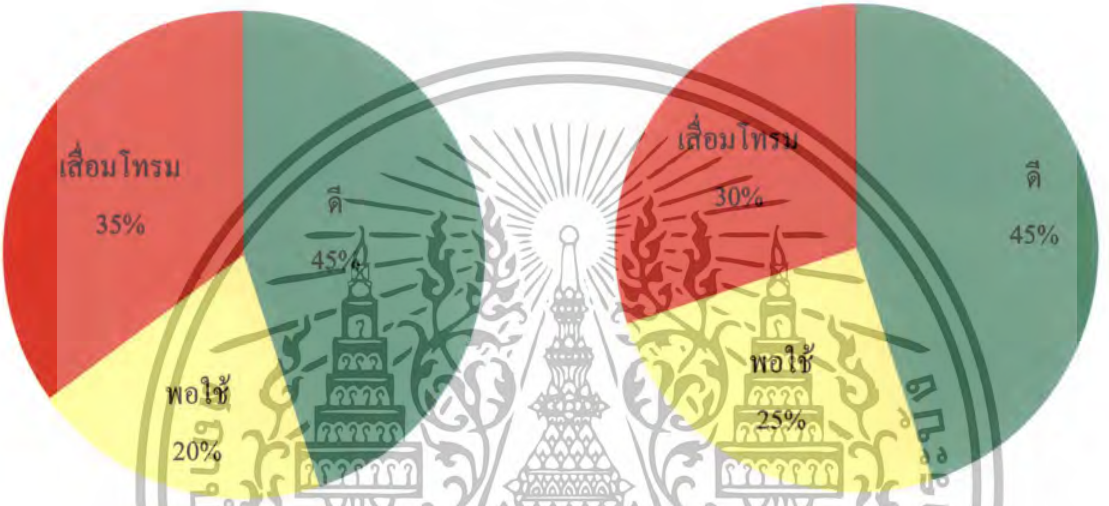
ตารางที่ 4.17 พยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนบนสถานี TC 25

	เดือนที่เก็บข้อมูล			
พ.ศ.	กุมภาพันธ์	พฤษภาคม	สิงหาคม	พฤศจิกายน
2552	ดี	พอใช้	ดี	เสื่อมโทรม
2553	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	พอใช้
2554	ดี	พอใช้	ดี	ดี
2555	ดี	ดี	ดี	เสื่อมโทรม
2556	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	พอใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์สำคัญที่บ่งชี้ถึงปัญหาคุณภาพน้ำตลอดปี คือ DO และ BOD โดยเฉพาะในฤดูฝนแต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำ โดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ พบว่า ฤดูฝนจะมีคุณภาพน้ำดีกว่าฤดูแล้ง โดยเฉพาะค่า TCB ที่มีค่าสูงกว่าช่วงฤดูฝนมาก

คุณภาพน้ำโดยรวม อยู่ในเกณฑ์ดีถึงพอใช้ และเมื่อคำนวณจาก WQI โดยใช้พารามิเตอร์ DO, TCB, NH_3-N และ BOD พบว่าคุณภาพน้ำ อยู่ในเกณฑ์ดี พอใช้ และเสื่อมโทรม คิดเป็นร้อยละ 45 25 และ 30 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงคุณภาพน้ำระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์แม่น้ำท่าจีนของสถานี TC 25 จำแนกระดับตาม WQI

4.1.3.2 สถานี TC15 สะพานบางเลน อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม

อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม อาชีพหลักของประชากรคือ เกษตรกรรม (ทำนาปรัง, ทำไร่พืชล้มลุก กล้วยไม้ เลี้ยงเป็ดเลี้ยงไก่ เลี้ยงปลา เลี้ยงกุ้งน้ำจืด) ค้าขาย (สินค้าเกี่ยวกับการเกษตร) รับจ้างในโรงงานอุตสาหกรรมโรงงานอุตสาหกรรมหลักได้แก่ โรงงานไทยแอลกอฮอร์ จำกัด โรงงานไทยฟูดอินเตอร์เนชั่นแนล โรงงานดีสโตนอินเตอร์เนชั่นแนล โรงงานไทยวาฟูดส์ จำกัด โรงงานเปเปอร์มิลส์ จำกัด โรงกรองน้ำบางเลน ซึ่งปัจจัยต่างๆดังกล่าวมีส่งผลต่อพารามิเตอร์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DO ออกซิเจนละลายน้ำ

$\otimes_1 = (-53,-35],\ \otimes_2 = (-35,-10],\ \otimes_3 = (-10,0],\ \otimes_4 = (0,12],\ \otimes_5 = (12,35],\ \otimes_6 = (35,60]$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{1}{5} & \frac{3}{5} & 0 & 0 & \frac{1}{5} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

BOD ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์

$\otimes_1 = (-65,-33],\ \otimes_2 = (-33,-7],\ \otimes_3 = (-7,0],\ \otimes_4 = (0,15],\ \otimes_5 = (15,35],\ \otimes_6 = (35,60]$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 \\ \frac{1}{4} & \frac{3}{4} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FCB แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม

$\otimes_1 = (-45,-22],\ \otimes_2 = (-22,-14],\ \otimes_3 = (-14,0],\ \otimes_4 = (0,3],\ \otimes_5 = (3,19],\ \otimes_6 = (19,33]$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

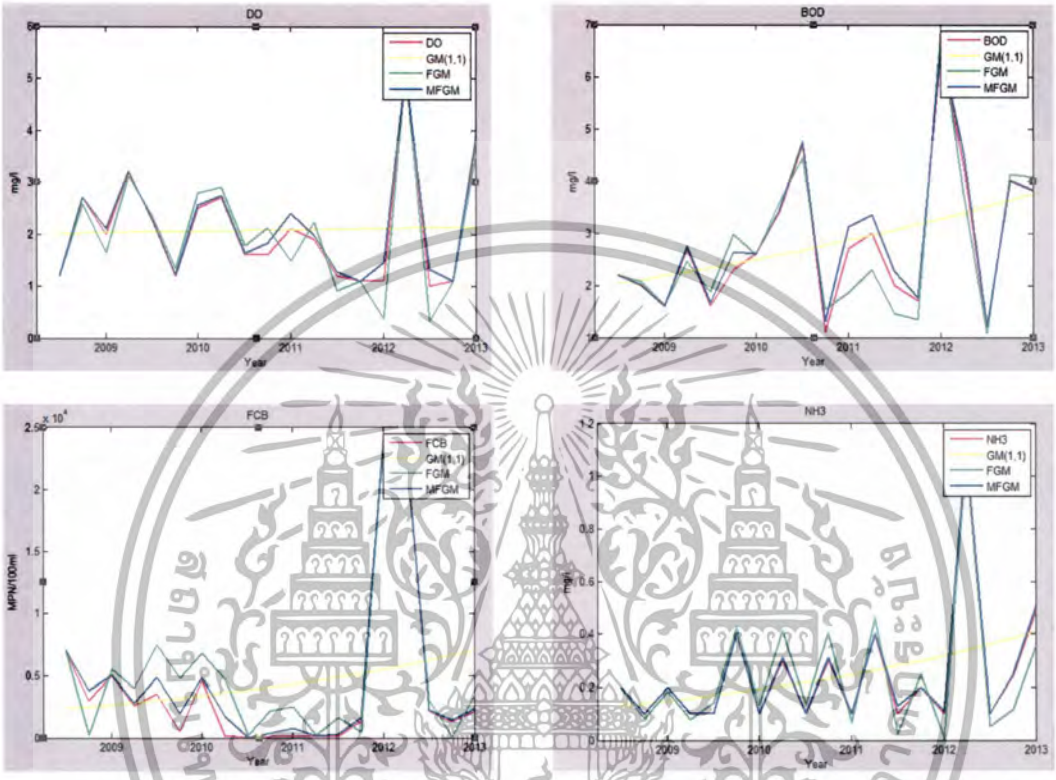
NH3 แอมโมเนีย

$\otimes_1 = (-12,-7],\ \otimes_2 = (-7,-5],\ \otimes_3 = (-5,0],\ \otimes_4 = (0,4],\ \otimes_5 = (4,9],\ \otimes_6 = (9,13]$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{2}{5} & 0 & \frac{2}{5} & 0 & \frac{1}{5} & 0 \\ 0 & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{3}{5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากพารามิเตอร์คุณภาพน้ำสามารถแสดงผลการพยากรณ์และพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกราฟจะมีค่าสูงในเดือนกุมภาพันธ์ปี 2013 โดยรวมของสถานีอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม



รูปที่ 4.4 การพยากรณ์ค่า DO ,BOD ,FCB และ NH3 ของสถานี TC 15

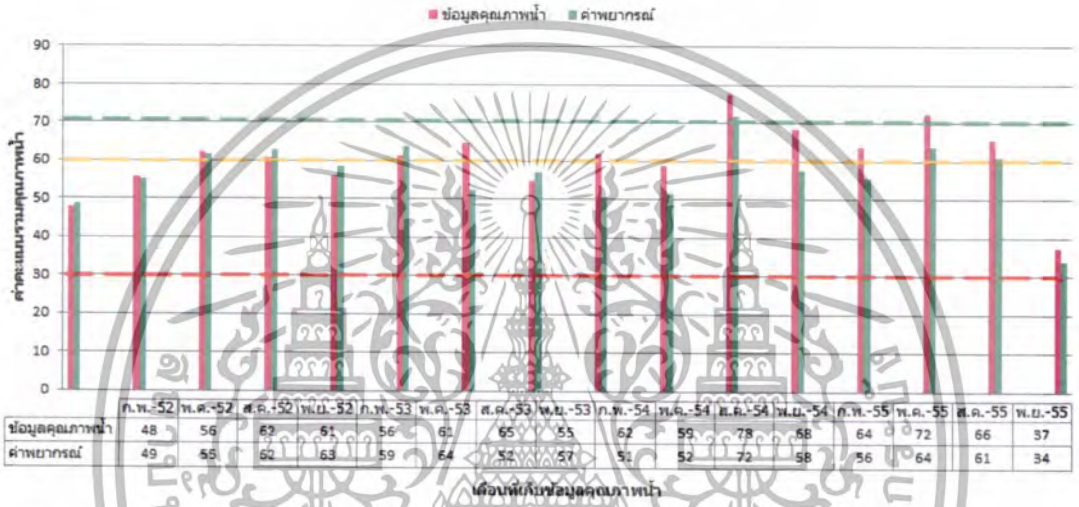
ตารางที่ 4.18 ค่า RMSE การพยากรณ์ค่า DO ,BOD ,FCB และ NH3 ของสถานี TC 15

พารามิเตอร์	GM(1,1)		RMSE		
	a	b	GM(1,1)	FGM	MFGM
ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	-0.0033	1.9898	1.0549	0.3422	0.1476
ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์(BOD)	-0.0338	1.8837	1.2284	0.3985	0.1803
แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (FCB)	-0.0608	2162.1426	6851.4764	2222.9233	634.0434
แอมโมเนีย (NH3)	-0.0634	0.0258	0.2184	0.0707	0.0095

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.18 จะเห็นว่า มาร์คอฟ ฟูเรีย เกร์ยโมเดลเป็นวิธีที่ดีที่สุดใน 3 วิธีเนื่องจากทำนายได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด โดยค่า RMSE ของออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ 0.1476 ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์เท่ากับ 0.1803 แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มเท่ากับ 634.0434 แอมโมเนียเท่ากับ 0.0095

จากผลการพยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนกลางบริเวณสะพานบางเลน อำเภอบางเลน ผลคุณภาพน้ำพบว่า อยู่ในเกณฑ์พอใช้– เสื่อมโทรม ทั้งนี้สามารถแสดงคุณภาพน้ำแต่ละสถานีได้ดังรูปที่ 4.5 และตารางที่ 4.19



รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนกลางสถานี TC15

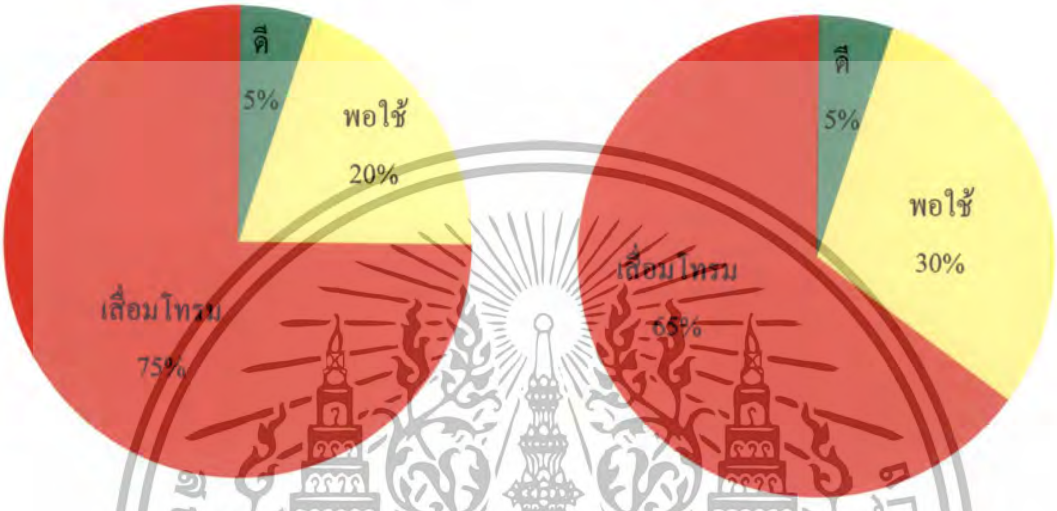
ตารางที่ 4.19 พยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนกลางสถานี TC 15

พ.ศ.	เดือนที่เก็บข้อมูล			
	กุมภาพันธ์	พฤษภาคม	สิงหาคม	พฤศจิกายน
2552	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	พอใช้	พอใช้
2553	เสื่อมโทรม	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม
2554	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	ดี	เสื่อมโทรม
2555	เสื่อมโทรม	พอใช้	พอใช้	เสื่อมโทรม
2556	เสื่อมโทรม	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์สำคัญที่บ่งชี้ถึงปัญหาคุณภาพน้ำตลอดปี คือ DO ,BOD และ FCB ทั้งนี้ฤดูแล้งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญ คือ DO และ FCB ส่วนฤดูฝน คือ DO และ BOD

คุณภาพน้ำโดยรวม อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมถึงพอใช้ และเมื่อคำนวณจาก WQI โดยใช้พารามิเตอร์DO, BOD, FCB และ NH_3-N พบว่าคุณภาพน้ำ อยู่ในเกณฑ์ดี พอใช้ และเสื่อมโทรม คิดเป็นร้อยละ 5 30 และ 65 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงคุณภาพน้ำระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์แม่น้ำท่าจีนของสถานี TC 15 จำแนกระดับตาม WQI

4.1.3.3 สถานี TC10 วัดบางช้างเหนือ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม

อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม อาชีพหลักของประชากรคือ เกษตรกรรม รับจ้างในโรงงานอุตสาหกรรม ค้าขาย โรงงานอุตสาหกรรมหลักได้แก่ โรงงานมาลี โรงงานโอตานิ บริษัทผลิตภัณฑ์อาหารไทย (ไวไว) บริษัทแฟชั่นฟู้ดบริษัท แฮคส์แสงอุดม โรงงานแสงโสม บริษัทเส้นหมี่ชอเฮง บริษัทเทพผดุงพรมะพร้าว ซึ่งปัจจัยต่างๆดังกล่าวมีส่งผลต่อพารามิเตอร์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCB แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด

$\otimes_1 = (-16,-11],\ \otimes_2 = (-11,-9],\ \otimes_3 = (-9,-6],\ \otimes_4 = (-6,-4],\ \otimes_5 = (-4,0],\ \otimes_6 = (0,2]$

$$\begin{bmatrix} \frac{2}{5} & 0 & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & 0 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

NH3 แอมโมเนีย

$\otimes_1 = (-19,-8],\ \otimes_2 = (-8,-2],\ \otimes_3 = (-2,0],\ \otimes_4 = (0,4],\ \otimes_5 = (4,7],\ \otimes_6 = (7,13]$

$$\begin{bmatrix} \frac{2}{5} & \frac{1}{5} & 0 & \frac{2}{5} & 0 & 0 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{4} & 0 & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BOD ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์

$\otimes_1 = (-50,-30],\ \otimes_2 = (-30,-6],\ \otimes_3 = (-6,0],\ \otimes_4 = (0,3],\ \otimes_5 = (3,25],\ \otimes_6 = (25,70]$

$$\begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ \frac{2}{5} & 0 & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & 0 & \frac{1}{5} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

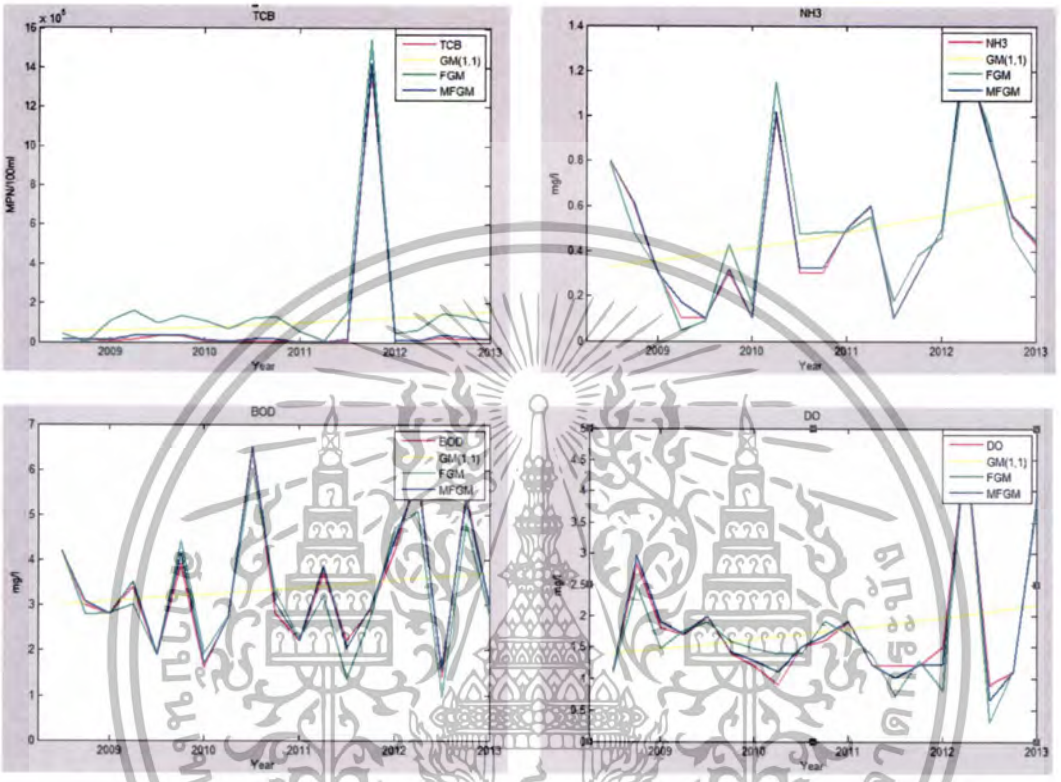
DO ออกซิเจนละลายน้ำ

$\otimes_1 = (-50,-32],\ \otimes_2 = (-32,-19],\ \otimes_3 = (-19,0],\ \otimes_4 = (0,10],\ \otimes_5 = (10,35],\ \otimes_6 = (35,63]$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{4} & 0 & \frac{1}{4} & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{4} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากพารามิเตอร์คุณภาพน้ำสามารถแสดงผลการพยากรณ์และพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.7 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกราฟจะมีค่าสูงในเดือนกุมภาพันธ์ปี 2013 โดยรวมของสถานีอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม



รูปที่ 4.7 การพยากรณ์ค่า TCB, NH3 ,BOD และ DO ของสถานี TC 10

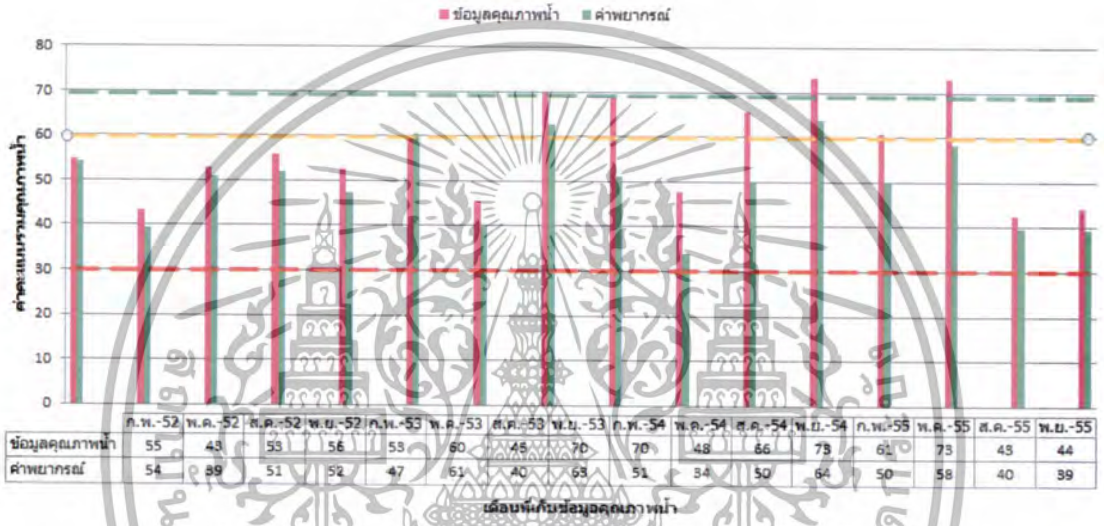
ตารางที่ 4.20 ค่า RMSE การพยากรณ์ค่า TCB ,NH3 ,BOD และ DO ของสถานี TC 10

พารามิเตอร์	GM(1,1)		RMSE		
	a	b	GM(1,1)	FGM	MFGM
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB)	-0.0573	53892.37	307656.96	99934.536	12165.561
แอมโมเนีย (NH3)	-0.0380	0.3009	0.3103	0.1005	0.02
ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD)	-0.0115	2.9654	1.3604	0.4414	0.1323
ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	0.0469	5.4021	0.9584	0.311	0.1145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.20 จะเห็นว่า มาร์คอฟ ฟูเรีย เกร์ยโมเดลเป็นวิธีที่ดีที่สุดใน 3 วิธีเนื่องจากทำนายได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด โดยค่า RMSE ของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเท่ากับ 12165.5607 แอมโมเนียเท่ากับ 0.0200 ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์เท่ากับ 0.1323 ออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ 0.1145

จากผลการพยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง วัดบางช้างเหนือ อำเภอสามพราน ผลคุณภาพน้ำพบว่า อยู่ในเกณฑ์พอใช้– เสื่อมโทรม ทั้งนี้สามารถแสดงคุณภาพน้ำแต่ละสถานีได้ดังรูปที่ 4.8 และตารางที่ 4.21



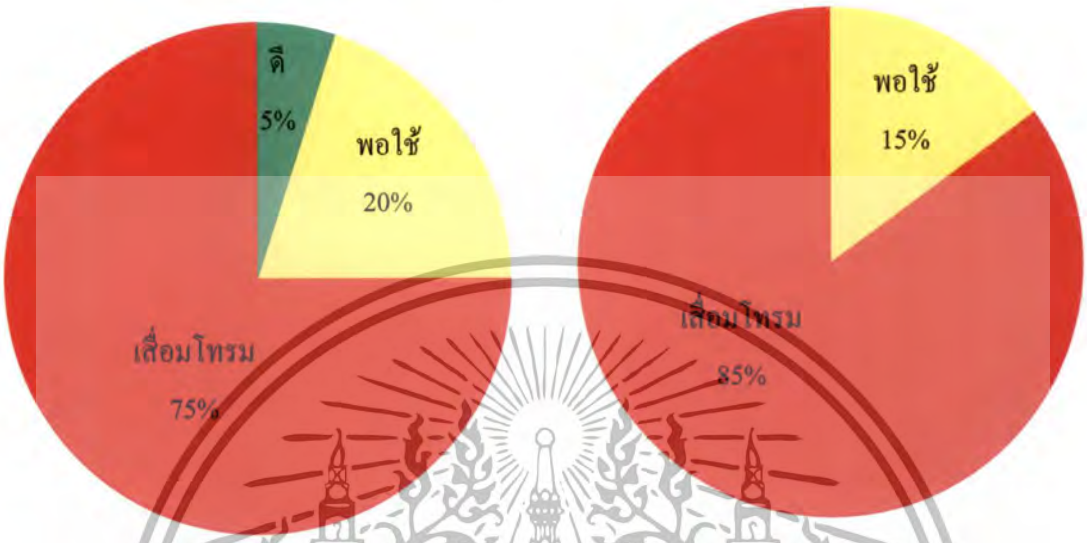
รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนล่างสถานี TC 10

ตารางที่ 4.21 พยากรณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนล่างสถานี TC 10

พ.ศ.	เดือนที่เก็บข้อมูล			
	กุมภาพันธ์	พฤษภาคม	สิงหาคม	พฤศจิกายน
2552	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม
2553	เสื่อมโทรม	พอใช้	เสื่อมโทรม	พอใช้
2554	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	พอใช้
2555	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม
2556	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพน้ำโดยรวม อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมถึงพอใช้ และเมื่อคำนวณจาก WQI โดยใช้พารามิเตอร์ TCB, NH_3-N ,BOD และ DO พบว่าคุณภาพน้ำ อยู่ในเกณฑ์ พอใช้ และเสื่อมโทรม คิดเป็นร้อยละ 15 และ 85 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงคุณภาพน้ำระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์แม่น้ำท่าจีนของสถานี TC 10 จำแนกระดับตาม WQI

4.1.4 การพยากรณ์ข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนโดยวิธี Markov-Fourier Grey Model

แม่น้ำท่าจีนตอนบน สถานี TC25 สะพานข้ามแม่น้ำ อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี การพยากรณ์เป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 2 การอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและการกีฬาทางน้ำได้ ต้องมีค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand: BOD) ไม่เกิน 1.5 มก./ล. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดไม่เกิน 1,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มล. และแอมโมเนีย 0.5 มก./ล.เป็นต้น จากการวิเคราะห์WQI ของแม่น้ำท่าจีนตอนบน สถานี TC25 สะพานข้ามแม่น้ำ อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ผลการพยากรณ์พบว่าคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม โดยมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆและวิธีคิดดังแสดงในตารางที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 การพยากรณ์ข้อมูลคุณภาพน้ำปี พ.ศ. 2556 สถานี TC25

สถานี TC25																
เดือน	กุมภาพันธ์				พฤษภาคม				สิงหาคม				พฤศจิกายน			
พารามิเตอร์	DO	BOD	TCB	NH3	DO	BOD	TCB	NH3	DO	BOD	TCB	NH3	DO	BOD	TCB	NH3
ข้อมูลคุณภาพน้ำ	5.2	3.8	9000	1.4	2	7.5	13000	0.1	1.8	4.2	3200	0.1	3.5	2.1	24000	0.18
ค่าพยากรณ์ MFGM	5.2	3.8	9002	1.4	2	7.7	13026	0.1	1.8	4.2	3631	0.1	3.5	2.1	24386	0.18
ค่าคะแนนคุณภาพน้ำ	67	34	67	41	31	7	64	87	28	30	78	87	54	60	59	76
ค่าถ่วงน้ำหนัก	0.125	0.5	0.25	0.125	0.125	0.5	0.25	0.125	0.125	0.5	0.25	0.125	0.125	0.5	0.25	0.125
ค่าคะแนนคุณภาพน้ำ*ค่าถ่วงน้ำหนัก	8.375	17	16.75	5.125	3.875	3.5	16	10.875	3.5	15	19.5	10.875	6.75	30	14.75	9.5
รวม	47.25				34.25				48.875				61			

แม่น้ำท่าจีนตอนกลาง สถานี TC15 สะพานบางเลน อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม การพยากรณ์เป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3 การอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อนสามารถใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรได้ ต้องมีออกซิเจนละลาย (DO)ไม่ต่ำกว่า 4 มก./ล. ค่าบีโอดี(BOD) ไม่เกิน 2 มก./ล. แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มไม่เกิน 4,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มล. และแอมโมเนีย 0.5 มก./ล. เป็นต้นจากการวิเคราะห์WQI แม่น้ำท่าจีนตอนกลางสถานี TC15 สะพานบางเลน อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ผลการพยากรณ์พบว่าคุณภาพน้ำยังคงอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมโดยมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆและวิธีคิดดังแสดงในตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 การพยากรณ์ข้อมูลคุณภาพน้ำปี พ.ศ. 2556 สถานี TC15

สถานี TC15																
เดือน	กุมภาพันธ์				พฤษภาคม				สิงหาคม				พฤศจิกายน			
พารามิเตอร์	DO	BOD	FCB	NH3	DO	BOD	FCB	NH3	DO	BOD	FCB	NH3	DO	BOD	FCB	NH3
ข้อมูลคุณภาพน้ำ	5.1	4.3	24000	1.1	1	1.2	2200	0.1	1.1	4	1300	0.24	3.8	3.8	2200	0.49
ค่าพยากรณ์ MFGM	5.1	4.6	24031	1.1	1.3	1.2	2240	0.1	1.1	4	1463	0.25	3.9	3.8	2340	0.51
ค่าคะแนนคุณภาพน้ำ	67	27	54	47	20	77	66	87	17	31	69	70	60	34	66	60
ค่าถ่วงน้ำหนัก	0.125	0.5	0.25	0.125	0.125	0.5	0.25	0.125	0.125	0.5	0.25	0.125	0.125	0.5	0.25	0.125
ค่าคะแนนคุณภาพน้ำ*ค่าถ่วงน้ำหนัก	8.375	13.5	13.5	5.875	2.5	38.5	16.5	10.875	2.125	15.5	17.25	8.75	7.5	17	16.5	7.5
รวม	41.25				68.375				43.625				48.5			

แม่น้ำท่าจีนตอนล่าง สถานี TC10 วัดบางช้างเหนือ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม การพยากรณ์เป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 4 การอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และใช้ประโยชน์เพื่อการอุตสาหกรรมได้ ต้องมีออกซิเจนละลาย (DO) ไม่ต่ำกว่า 2 มก./ล. ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์(BOD) ไม่เกิน 4 มก./ล. เป็นต้น จากการ WQI แม่น้ำท่าจีนตอนล่าง สถานี TC10 วัดบางช้างเหนือ อำเภอสามพราน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัดนครปฐม ผลการพยากรณ์พบว่าคุณภาพน้ำยังคงอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม โดยมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆและวิธีคิดดังแสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 การพยากรณ์ข้อมูลคุณภาพน้ำปี พ.ศ. 2556 สถานี TC10

สถานี TC10																
เดือน	กุมภาพันธ์				พฤษภาคม				สิงหาคม				พฤศจิกายน			
พารามิเตอร์	DO	BOD	TCB	NH3	DO	BOD	TCB	NH3	DO	BOD	TCB	NH3	DO	BOD	TCB	NH3
ข้อมูลคุณภาพน้ำ	4.7	6	9000	1.3	0.9	1.4	22000	0.9	1.1	5.5	13000	0.55	3.9	2.9	14000	0.43
ค่าพยากรณ์ MFGM	4.7	5.8	11753	1.3	0.7	1.5	39468	0.9	1.1	5.4	29043	0.56	3.9	3	20709	0.45
ค่าคะแนนคุณภาพน้ำ	65	19	65	43	11	71	56	52	17	22	58	60	60	46	60	63
ค่าถ่วงน้ำหนัก	0.125	0.5	0.25	0.125	0.125	0.5	0.25	0.125	0.125	0.5	0.25	0.125	0.125	0.5	0.25	0.125
ค่าคะแนนคุณภาพน้ำ*ค่าถ่วงน้ำหนัก	8.125	9.5	16.25	5.375	1.375	35.5	14	6.5	2.125	11	14.5	7.5	7.5	23	15	7.875
รวม	39.25				57.375				35.125				53.375			

4.1.5 แนวโน้มผู้ป่วยโรคระบบทางเดินอาหาร

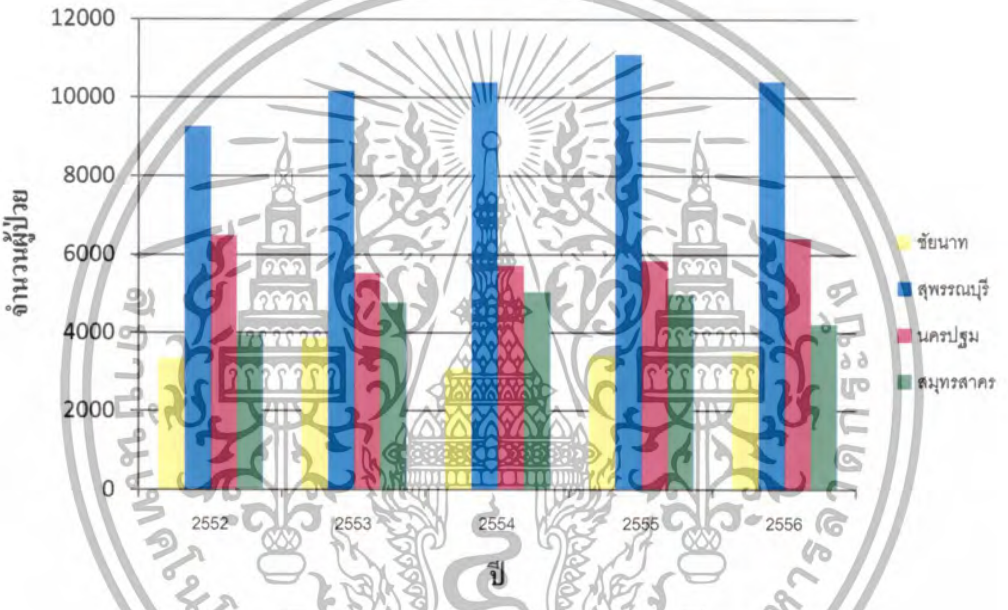
ประเทศไทยมีพื้นที่ทั้งหมด 513,120 ตารางกิโลเมตร ปัจจุบันมีพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดมลพิษทางน้ำ 477,885.38 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 92.68 ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนพื้นที่ที่ไม่มีความเสี่ยงเหลือเพียง 37,497.81 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 7.32 ของพื้นที่ทั้งหมด จังหวัดที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดมลพิษทางน้ำระดับสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ สมุทรสาคร คือ ร้อยละ 100 ชลบุรี ร้อยละ 98.89 ระยอง ร้อยละ 97.78 ซึ่งพื้นที่โดยส่วนใหญ่อยู่ในภาคกลาง

ทุกวันนี้กรมควบคุมมลพิษประเมินว่าประเทศไทยเหลือแหล่งน้ำคุณภาพดีเพียงร้อยละ 2 จังหวัดปทุมธานีและพระนครศรีอยุธยาตกอยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดมลพิษทางน้ำในระดับสูง ขณะที่กรุงเทพมหานคร อาศัยแหล่งน้ำที่ไหลผ่าน 2 จังหวัดนี้ ผลิตน้ำประปาเลี้ยงประชาชนกว่า 10 ล้านคน จึงทำให้เกิดโรคต่างๆที่เกี่ยวกับการรับประทานน้ำที่ไม่สะอาดตามมาในที่นี้จึงขอยกตัวอย่างโรคระบบทางเดินอาหารมาพิจารณาประกอบด้วย โรคแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้ส่วนต้น โรคของลำไส้และเยื่อบุช่องท้อง ลำไส้อัมพาต และลำไส้มีการอุดตันโดยไม่มีไส้เลื่อน โรคนิ่วในถุงน้ำดีและถุงน้ำดีอักเสบ โรคอื่นของระบบย่อยอาหาร โดยพิจารณาจากจำนวนผู้ป่วยนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

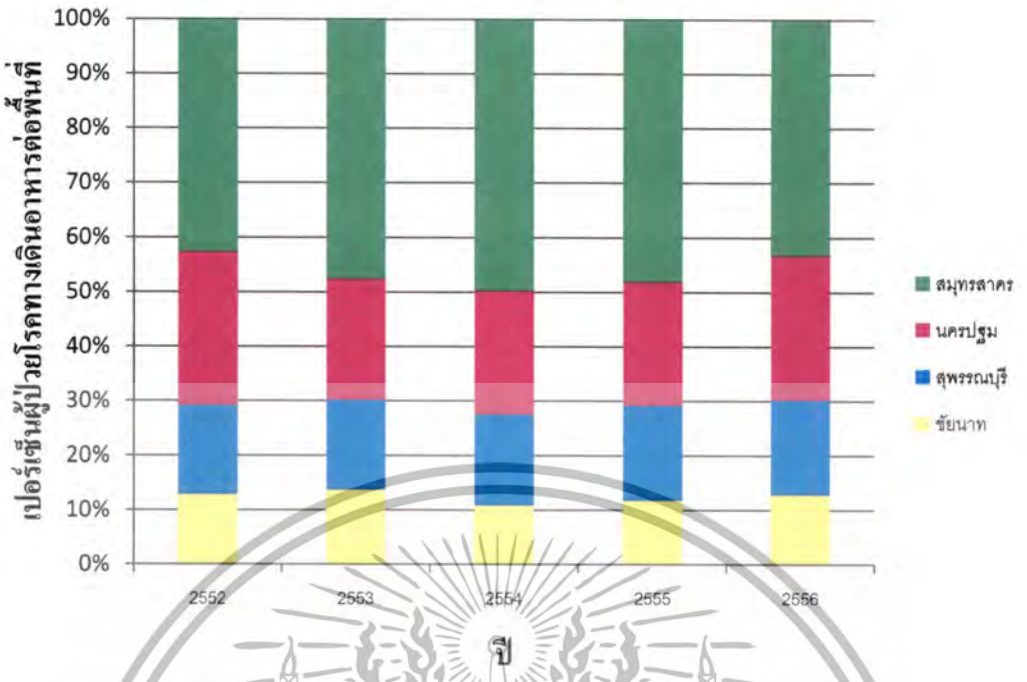
ตารางที่ 4.25 จำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินอาหารต่อพื้นที่ในจังหวัดบริเวณแม่น้ำท่าจีน

จังหวัด / พ.ศ.	2552	2553	2554	2555	2556
ชัยนาท	1.36	1.57	1.25	1.39	1.42
สุพรรณบุรี	1.73	1.90	1.94	2.07	1.94
นครปฐม	2.99	2.55	2.63	2.69	2.95
สมุทรสาคร	4.51	5.46	5.78	5.70	4.82



รูปที่ 4.10 จำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 เปอร์เซ็นผู้ป่วยโรคระบบทางเดินอาหารของแต่ละจังหวัดบริเวณแม่น้ำท่าจีน

สถานการณ์ของโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร ตั้งแต่ ปี 2552 ถึง 2556 โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารมีอัตราผู้ป่วยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีจำนวนผู้ป่วยของแต่ละจังหวัดอยู่ระหว่าง 12,000 - 3,000 ราย การเกิดโรคพบกระจายในทั่วทุกจังหวัดบริเวณแม่น้ำท่าจีน โดยจังหวัดสมุทรสาครมีอัตราผู้ป่วยมากที่สุดประมาณ 55% ของผู้ป่วยต่อพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร) จังหวัดนครปฐมมีอัตราผู้ป่วยประมาณ 20% ของผู้ป่วยต่อพื้นที่(ตารางกิโลเมตร) จังหวัดสุพรรณบุรีมีอัตราผู้ป่วยประมาณ 15% ของผู้ป่วยต่อพื้นที่(ตารางกิโลเมตร) และจังหวัดชัยนาทมีอัตราผู้ป่วยน้อยที่สุดประมาณ 10% ของผู้ป่วยต่อพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)

หากในปี 2014 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดโรคอย่างมาก แนวโน้มของจำนวนผู้ป่วยโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารในภาพรวมของประเทศน่าจะใกล้เคียงหรือสูงกว่าปี 2013 ดังนั้นกรมควบคุมโรคสามารถใช้นโยบายป้องกันควบคุมโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารในสภาวะปกติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำจากแม่น้ำท่าจีนเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับข้อมูลดังกล่าว โดยแบบจำลองที่ต้องการใช้เทคนิค factor analysis Coefficient of variation ประยุกต์กับ Markov-Fourier Grey Model ซึ่งได้สรุป ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลวิจัย

ผลการพยากรณ์คุณภาพน้ำโดยภาพรวม ปรากฏว่าแม่น้ำท่าจีนมีคุณภาพน้ำเสื่อมโทรม สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยเฉพาะแม่น้ำท่าจีนตอนกลางและตอนล่าง เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่8 (พ.ศ.2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535

พารามิเตอร์บ่งชี้คุณภาพน้ำที่สำคัญที่แสดงถึงความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์(BOD) แอมโมเนีย (NH3) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) และแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญ คือ ชุมชน เป็นสำคัญ จึงมีความสอดคล้องกับผลการประมาณสัดส่วนปริมาณความสกปรกของแหล่งกำเนิดมลพิษในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำท่าจีนทั้งของกรมควบคุมมลพิษ และกรมโรงงานอุตสาหกรรม บริเวณที่คุณภาพน้ำมักมีการปนเปื้อนของของเสียในแม่น้ำท่าจีนคือ บริเวณที่ไหลผ่านชุมชนและพบว่ามีการปนเปื้อนเพิ่มมากขึ้นตามระยะทางการไหลของแม่น้ำท่าจีน เนื่องจากเกิดการสะสมของของเสียต่างๆ ซึ่งจะพบว่าบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่างมีความเสื่อมโทรมสูง

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยรวมพบว่า มาร์คอฟ ฟูเรีย เกร์ยโมเดลเป็นวิธีที่ดีที่สุดใน 3 วิธีเนื่องจากทำนายได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุดและให้ค่า RMSE น้อยที่สุด จะเห็นได้ว่า FCB และ TCB มีค่า RMSE มากเนื่องจากการวิเคราะห์แบคทีเรียโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ในดัชนีคุณภาพน้ำจะพิจารณาเป็นช่วงของข้อมูลดังที่แสดงในภาคผนวกจึงทำให้ค่า RMSE มาก วิธีมาร์คอฟ ฟูเรีย เกร์ยโมเดลจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกับข้อมูลจริง ถ้า Coefficient of variation มีค่ามาก วิธีฟูเรีย เกร์ยโมเดลจะช่วยลด error ของวิธี grey model วิธีมาร์คอฟ ฟูเรีย เกร์ยโมเดลจะใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีกับข้อมูลที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างชัดเจน ในตัวแบบมาร์คอฟได้รับความแม่นยำสูงจากการแบ่งสถานะที่ใช้ในการพยากรณ์ไม่มีมาตรฐานกำหนด ขึ้นอยู่กับจำนวนของข้อมูล ถ้ามีข้อมูลจำนวนมาก จำนวนของสถานะควรจะแบ่งมากขึ้นเพื่อทำให้ความแม่นยำในการพยากรณ์เพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลองต้องศึกษาและปรับปรุงเพิ่มเติม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. สนับสนุนให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยเฉพาะองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นขนาดใหญ่หรือมีพื้นที่รับผิดชอบติดแหล่งน้ำมีการจัดการน้ำเสียที่เหมาะสมและถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยอาจขอรับการสนับสนุนงบประมาณผ่านแผนปฏิบัติการเพื่อการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระดับจังหวัดหรืองบประมาณจากแหล่งอื่น

2. ติดตามและผลักดันให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีระบบบำบัดน้ำเสียรวมดำเนินการใช้และดูแลรักษาระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ใช้มาตรการทางกฎหมายที่เข้มงวด เช่น กฎกระทรวงกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการและแบบการจัดเก็บสถิติ ข้อมูล การจัดทำบันทึกรายละเอียดและรายงานสรุปผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย พ.ศ.2555 ที่ออกตามความในมาตรา 80 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 รวมทั้งกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง

4. ส่งเสริมและเปิดโอกาสให้เกิดกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนในการเฝ้าระวังและเตือนภัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน รวมทั้งสนับสนุนการทำงานของภาคประชาชนให้มีความเข้มแข็งทั้งทางวิชาการและการปฏิบัติ

5. ส่งเสริมกลไกและมาตรการใหม่ๆ เพื่อสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมและจูงใจให้ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง เกิดความตระหนักถึงคุณค่าและมูลค่าของระบบนิเวศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Somkid Amornsamankul, Busayamas Pimpunchat, Sartja Duangchai-Yoosook & Wannapong Triampo, **Applying Genetic Algorithm and Fourier Series to WQI of Tha Chin River in Thailand**. International journal of mathematics and computer in simulation, Volume 6 (2012)

[2] Sujaya Yodpetch & Decha Navanugraha , **A Study of Water Qualities of the Yom River.**

[3] สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 5 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม **รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อมในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555**

[4] ส่วนแหล่งน้ำจืด สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม **การดำเนินการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน**

[5] สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ **รายงานประจำปีสำนักจัดการคุณภาพน้ำ 2552**

[6] H. C. Guo, L. Liu & G. H. Huang, **A Stochastic Water Quality Forecasting System for the Yiluo River**. Journal of Environmental Informatics 1 (2) 18 - 32 (2003)

[7] ศาสตราจารย์เกียรติคุณ แพทย์หญิง พวงทอง ไกรพิบูลย์ **โรคทางเดินอาหาร โรคระบบทางเดินอาหาร (Digestive disease)**, รังสีรักษา และเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลบำรุงราษฎ์

[8] นางสิร์รานี วสุภัทร,**ภาวะผู้นำทางวิชาการ และสมรรถนะของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการบริหารโดยใช้โรงเรียนเป็นฐาน**.ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (กาบริหารการศึกษา) สาขาวิชาการบริหารการศึกษา ภาควิชาการศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2551

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

[10] Chin-Tsai Lin. & Shih-Yu Yang, **Forecast of the output value of Taiwan's opto-electronics industry using the Grey forecasting model**, Technological Forecasting & Social Change, 70(2003), pp. 177-186.

[11] Jie Cui , Si-feng Liu , Bo Zeng & Nai-ming Xie , **A novel grey forecasting model and its optimization**, Applied Mathematical Modelling 37 (2013) 4399–4406.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] DONG Sheng, CHI Kun, ZHANG Qiyi,& ZHANG Xiangdong, **The Application of a Grey Markov Model to Forecasting Annual Maximum Water Levels at Hydrological Stations.** ***J. Ocean Univ. China*** (Oceanic and Coastal Sea Research) ISSN 1672-5182, 2012 11 (1): 13-17

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

[14] Yen-Tseng Hsu , Ming-Chung Liu , Jerome Yeh & Hui-Fen Hung, **Forecasting the turning time of stock market based on Markov–Fourier grey model.**, Expert Systems with Applications 36 (2009) 8597–8603

[15] Sifeng Liu & Yi Lin, **Grey information: theory and practical applications**, Springer (2006), 197-217.

[16] ส่วนแหล่งน้ำจืด สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ **ค่าคะแนนรวมของคุณภาพน้ำ 5 พารามิเตอร์**

[17] สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 5 **รายงานการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554-2555**

[18] สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 5 ส่วนเฝ้าระวังและเตือนภัย **การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีน และคลองสาขาประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555**

[19] สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 5 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม **รายงานผลการติดตามประเมินผลการเดินระบบและบำรุงรักษาระบบกำจัดขยะมูลฝอยรวมขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556**

[20] สุทธนันท์ สุทธชนะ และคณะสำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค **การพยากรณ์การเกิดโรคไข้หวัดใหญ่ ประเทศไทย ปี พ.ศ. 2555** รายงานการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาประจำสัปดาห์ ปีที่ 43 ฉบับที่ 36 : 14 กันยายน 2555

[21] สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ .**ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ** กรุงเทพฯ : ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549.

[22] กัลยา วานิชย์บัญชา **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ** กรุงเทพฯ : คณะพาณิชย์ศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2553)

[23] **ธีระพงษ์ กิตติสยาม คณิตศาสตร์ อนุกรม อนุกรมฟูเรียร์ และลาปลาซ** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ดวงแก้ว (2544)

[24] วันทนีย์ ภูมิภัทราคม (พิมพ์ครั้งที่ 3). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ** พระนครศรีอยุธยา: สำนักพิมพ์เทียนวัฒนา (2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[25] แววมยุรา คำสุข และนิรันดร์ ฉิมพาลี **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ** สมุทรปราการ: โครงการสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (2554)

[26] วัฒนา เถาว์ทิพย์ **Linear Algebra I** ขอนแก่น: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[27] ภรณ์ทิพย์ ภัทรมาลัยสิริและภัสสร ปริสุทธิ์สุนทร **การให้ความสำคัญของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในยุคปัจจุบัน** โครงงานพิเศษ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี 2553

[28] สิร์รานี วสุภัทร **ภาวะผู้นำทางวิชาการ และสมรรถนะของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการบริหารโดยใช้โรงเรียนเป็นฐาน** ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต การบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดประเภทของแหล่งน้ำในแม่น้ำท่าจีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศกรมควบคุมมลพิษ
เรื่อง กำหนดประเภทของแหล่งน้ำในแม่น้ำท่าจีน

ด้วย ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ ๙ (พ.ศ. ๒๕๓๗) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ข้อ ๔ ได้ให้กรมควบคุมมลพิษกำหนดประเภทของแหล่งน้ำผิวดิน โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉะนั้น เพื่อให้การเป็นไปตามความในประกาศดังกล่าว และเพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน กรมควบคุมมลพิษจึงกำหนดประเภทของแหล่งน้ำในแม่น้ำท่าจีน ไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ให้แบ่งแม่น้ำท่าจีนตั้งแต่ปากแม่น้ำ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครขึ้นไปทางตอนเหนือจนถึงจุดเริ่มต้นของแม่น้ำที่จังหวัดชัยนาท ออกเป็น ๓ ช่วง ดังต่อไปนี้

(๑) แม่น้ำท่าจีนตั้งแต่ปากแม่น้ำ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร ที่กิโลเมตร ๐ ของกรมเจ้าท่าขึ้นไปทางตอนเหนือจนถึงบริเวณที่ว่าการอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ที่กิโลเมตร ๘๒ จากปากแม่น้ำ เป็นช่วงที่ ๑

(๒) แม่น้ำท่าจีนตั้งแต่หน้าที่ว่าการอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ที่กิโลเมตร ๘๒ จากปากแม่น้ำขึ้นไปทางตอนเหนือจนถึงประตูระบายน้ำโพธิ์พระยา อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ที่กิโลเมตร ๒๐๒ จากปากแม่น้ำ เป็นช่วงที่ ๒

(๓) แม่น้ำท่าจีนตั้งแต่ประตูระบายน้ำโพธิ์พระยา อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ที่กิโลเมตร ๒๐๒ จากปากแม่น้ำขึ้นไปทางตอนเหนือจนถึงจุดเริ่มต้นของแม่น้ำท่าจีน ที่บ้านปากคลองมะขามเฒ่า อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท ที่กิโลเมตร ๓๒๕ จากปากแม่น้ำเป็นช่วงที่ ๓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้ ตั้งปรากฏตามแผนที่ท้ายประกาศนี้

ข้อ ๒ ให้แม่น้ำท่าจีนช่วงที่ ๑ เป็นแหล่งน้ำประเภทที่ ๔

ข้อ ๓ ให้แม่น้ำท่าจีนช่วงที่ ๒ เป็นแหล่งน้ำประเภทที่ ๓

ข้อ ๔ ให้แม่น้ำท่าจีนช่วงที่ ๓ เป็นแหล่งน้ำประเภทที่ ๒

ประกาศ ณ วันที่ ๗ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๓๗

ปกิต กิระวานิช

อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ

(ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๑๑๑ ตอนที่ ๒๒๑ ง วันที่ ๙ สิงหาคม ๒๕๓๗)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

มาตรฐานในแหล่งน้ำผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	คุณภาพน้ำ	ค่าสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				1	2	3	4	5
1	สี กลิ่นและรส(Colour, Order and Taste)		-	ธ	ธ	ธ	ธ	-
2	อุณหภูมิ (Temperature)		°ซ	ธ	ธ	ธ	ธ	-
3	ความเป็นกรดและด่าง (pH)		-	ธ	5.0-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	-
4	ออกซิเจนละลาย (DO)	P20	มก./ล.	ธ	≥6.0	≥4.0	≥2.0	-
5	บีโอดี (BOD)	P80	มก./ล.	ธ	≤1.5	≤2.0	≤4.0	-
6	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	P80	เอ็มพีเอ็น/ 100 มล.	ธ	≤5,000	≤20,000	-	-
7	แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	P80	เอ็มพีเอ็น/ 100 มล.	ธ	≤1,000	≤4,000	-	-
8	ไนเตรตในหน่วยไนโตรเจน (NO_3)		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 5.0			-
9	แอมโมเนียในหน่วยไนโตรเจน (NH_3)		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.5			-
10	ฟีนอล (Phenols)		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.005			-
11	ทองแดง (Cu)		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.1			-
12	นิคเกิล (Ni)		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.1			-
13	แมงกานีส (Mn)		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 1.0			-
14	สังกะสี (Zn)		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 1.0			-
15	แคดเมียม (Cd)		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.005* มีค่าไม่เกินกว่า 0.05**			-
16	โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr hexavalent)		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.05			-
17	ตะกั่ว (Pb)		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.05			-
18	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.002			-
19	สารหนู (As)		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.001			-
20	ไซยาไนด์ (Cyanide)		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.005			-
21	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) * ค่ารังสีแอลฟา (Alpha) * ค่ารังสีเบตา (Beta)		เบคเคอเรล/ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 มีค่าไม่เกินกว่า 1.0			-
22	สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Oranochlorine Pesticides)		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.05			-
23	ดีดีที (DDT)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 1.0			-
24	บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha BHC)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.02			-
25	ดีลดริน (Dieldrin)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.1			-
26	อัลดริน (Aldrin)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.1			-
27	เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลอร์อีปอกไซด์ (Heptachlor & Heptachlor epoxide)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.2			-
28	เอนดริน (Endrin)		-	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-

แหล่งที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ :

1. การแบ่งประเภทแหล่งน้ำในผิวดิน

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่มีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน และการอนุรักษ์ระบบนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง และการว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และการเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และการอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

2. กำหนดเฉพาะค่ามาตรฐานในแหล่งน้ำประเภทที่ 2 – 4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

ธ	เป็นไปตามธรรมชาติ
ธ'	อุณหภูมิน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิธรรมชาติ เกิน 3 องศาเซลเซียส (° ซ)
*	น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
**	น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
≤	น้อยกว่าหรือเท่ากับ
≥	มากกว่าหรือเท่ากับ
P20	ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง
P80	ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง
มก./ล.	มิลลิกรัมต่อลิตร
มล.	มิลลิลิตร
MPN	เอ็ม.พี.เอ็น. หรือ Most Probable Number

วิธีการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association ,AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ภาพการปฏิบัติงานภาคสนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะพานข้ามแม่น้ำ อ.สามชุก จ.สุพรรณบุรี (TC25)

สะพานบางเลน อ.บางเลน จ.นครปฐม (TC15)

วัดบางช้างเหนือ อ.สามพราน จ.นครปฐม (TC10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางคะแนนของแต่ละพารามิเตอร์ที่ใช้วัดคุณภาพน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- DO (mg/l)

ค่าDO	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
คะแนน	0	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15	17	18	20	22	23	25	26	28	29	31	32	34
ค่าDO	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
คะแนน	35	37	38	40	41	43	44	46	47	49	50	52	54	55	57	58	60	61	62	62	63	63	64
ค่าDO	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8
คะแนน	64	65	65	66	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	73	75	76	77	78	79	81
ค่าDO	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1
คะแนน	82	83	84	85	87	88	89	90	92	93	94	95	96	98	99	100	92	84	77	69	61	60	58
ค่าDO	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.9	11.0	11.1	11.2	11.3	11.4
คะแนน	57	56	54	53	52	51	49	48	47	45	44	43	41	40	39	38	36	35	34	32	31	30	29
ค่าDO	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	13.0	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7
คะแนน	29	28	27	26	26	25	24	23	23	22	21	20	20	19	18	17	17	16	15	14	14	13	12
ค่าDO	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.2	≥15.3							
คะแนน	11	11	10	9	8	8	7	6	5	5	4	3	2	2	1	0							

- BOD (mg/l)

ค่าBOD	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
คะแนน	100	98	96	94	92	90	88	86	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	61	60	58
ค่าBOD	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
คะแนน	57	55	54	52	51	49	48	46	45	43	42	40	39	37	36	34	33	31	30	30	29	28	28
ค่าBOD	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8
คะแนน	27	26	26	25	25	24	23	23	22	21	21	20	19	19	18	17	17	16	15	15	14	14	13
ค่าBOD	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	≥8.8			
คะแนน	12	12	11	10	10	9	8	8	7	6	6	5	5	4	3	3	2	1	1	0			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- TCB (MPN/100ml)

ค่า TCB	≥ 0	≥ 250	≥ 260	≥ 440	≥ 610	≥ 780	≥ 950	≥ 1,130	≥ 1,300	≥ 1,470	≥ 1,640	≥ 1,820	≥ 1,990
คะแนน	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88
ค่า TCB	≥ 2,160	≥ 2,330	≥ 2,510	≥ 2,660	≥ 2,850	≥ 3,020	≥ 3,190	≥ 3,370	≥ 3,540	≥ 3,710	≥ 3,880	≥ 4,060	≥ 4,230
คะแนน	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75
ค่า TCB	≥ 4,400	≥ 4,570	≥ 4,750	≥ 4,920	≥ 5,000	≥ 5,480	≥ 6,910	≥ 8,340	≥ 9,770	≥ 11,200	≥ 12,620	≥ 14,050	≥ 15,480
คะแนน	74	73	72	71	71	70	69	68	67	66	65	64	63
ค่า TCB	≥ 16,910	≥ 18,340	≥ 20,000	≥ 23,940	≥ 28,940	≥ 33,940	≥ 38,940	≥ 43,940	≥ 48,940	≥ 53,940	≥ 58,940	≥ 63,940	≥ 68,940
คะแนน	62	61	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51
ค่า TCB	≥ 73,940	≥ 78,940	≥ 83,940	≥ 88,940	≥ 93,940	≥ 98,940	≥ 103,940	≥ 108,940	≥ 113,940	≥ 118,940	≥ 123,940	≥ 128,940	≥ 133,940
คะแนน	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38
ค่า TCB	≥ 138,940	≥ 143,940	≥ 148,940	≥ 153,940	≥ 158,940	≥ 160,000	≥ 240,000	≥ 360,000	≥ 520,000	≥ 690,000	≥ 800,000	≥ 910,000	≥ 1,030,000
คะแนน	37	36	36	34	33	31	30	29	28	27	26	25	24
ค่า TCB	≥ 1,150,000	≥ 1,260,000	≥ 1,400,000	≥ 1,520,000	≥ 1,640,000	≥ 1,750,000	≥ 1,890,000	≥ 2,020,000	≥ 2,140,000	≥ 2,260,000	≥ 2,380,000	≥ 2,500,000	≥ 2,640,000
คะแนน	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
ค่า TCB	≥ 2,760,000	≥ 2,880,000	≥ 3,000,000	≥ 3,140,000	≥ 3,260,000	≥ 3,380,000	≥ 3,500,000	≥ 3,620,000	≥ 3,760,000	≥ 3,880,000	≥ 4,000,000		
คะแนน	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- FCB (MPN/100ml)

ค่า FCB	≥ 0	≥ 20	≥ 60	≥ 90	≥ 130	≥ 150	≥ 190	≥ 230	≥ 260	≥ 300	≥ 330	≥ 370	≥ 400
คะแนน	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88
ค่า FCB	≥ 440	≥ 470	≥ 510	≥ 540	≥ 570	≥ 610	≥ 640	≥ 660	≥ 710	≥ 750	≥ 780	≥ 820	≥ 850
คะแนน	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75
ค่า FCB	≥ 880	≥ 920	≥ 950	≥ 990	≥ 1,000	≥ 1,170	≥ 1,470	≥ 1,770	≥ 2,060	≥ 2,360	≥ 2,660	≥ 2,960	≥ 3,250
คะแนน	74	73	72	71	71	70	69	68	67	66	65	64	63
ค่า FCB	≥ 3,590	≥ 3,690	≥ 4,000	≥ 6,320	≥ 9,660	≥ 12,990	≥ 16,320	≥ 19,660	≥ 22,990	≥ 26,320	≥ 29,660	≥ 32,990	≥ 36,320
คะแนน	62	61	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51
ค่า FCB	≥ 39,660	≥ 42,990	≥ 46,320	≥ 49,660	≥ 52,990	≥ 56,320	≥ 59,660	≥ 62,990	≥ 66,320	≥ 69,660	≥ 72,990	≥ 76,320	≥ 79,660
คะแนน	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38
ค่า FCB	≥ 82,990	≥ 86,320	≥ 89,660	≥ 92,000	≥ 160,000	≥ 240,000	≥ 310,000	≥ 390,000	≥ 460,000	≥ 530,000	≥ 615,000	≥ 690,000	≥ 760,000
คะแนน	37	36	35	34	30	29	28	27	26	25	24	23	22
ค่า FCB	≥ 835,000	≥ 910,000	≥ 980,000	≥ 1,055,000	≥ 1,135,000	≥ 1,210,000	≥ 1,280,000	≥ 1,360,000	≥ 1,430,000	≥ 1,500,000	≥ 1,585,000	≥ 1,655,000	≥ 1,730,000
คะแนน	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
ค่า FCB	≥ 1,805,000	≥ 1,880,000	≥ 1,950,000	≥ 2,030,000	≥ 2,105,000	≥ 2,180,000	≥ 2,250,000	≥ 2,325,000	≥ 2,400,000				
คะแนน	8	7	6	5	4	3	2	1	0				

- NH_3 (mg/l)

ค่าNH_3	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22
คะแนน	100	99	97	96	95	93	92	91	89	88	87	85	84	83	82	80	79	78	76	75	74	72	71
ค่าNH_3	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45
คะแนน	70	70	70	70	69	69	68	68	68	67	67	67	66	66	66	65	65	65	64	64	63	63	63
ค่าNH_3	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68
คะแนน	62	62	62	61	61	60	60	60	60	60	60	59	59	59	59	59	58	58	58	58	57	57	57
ค่าNH_3	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91
คะแนน	57	56	56	56	56	56	55	55	55	55	54	54	54	54	54	53	53	53	53	52	52	52	52
ค่าNH_3	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14
คะแนน	52	51	51	51	51	50	50	50	50	49	49	49	49	49	48	48	48	48	47	47	47	47	47
ค่าNH_3	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	1.30	1.31	1.32	1.33	1.34	1.35	1.36	1.37
คะแนน	46	46	46	46	45	45	45	45	45	44	44	44	44	43	43	43	43	43	42	42	42	42	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า NH_3	1.38	1.39	1.40	1.41	1.42	1.43	1.44	1.45	1.46	1.47	1.48	1.49	1.50	1.51	1.52	1.53	1.54	1.55	1.56	1.57	1.58	1.59	1.60
คะแนน	41	41	41	40	40	40	40	40	39	39	39	39	38	38	38	38	38	37	37	37	37	36	36
ค่า NH_3	1.61	1.62	1.63	1.64	1.65	1.66	1.67	1.68	1.69	1.70	1.71	1.72	1.73	1.74	1.75	1.76	1.77	1.78	1.79	1.80	1.81	1.82	1.83
คะแนน	36	36	36	35	35	35	35	34	34	34	34	33	33	33	33	33	32	32	32	32	31	31	31
ค่า NH_3	1.84	1.85	1.86	1.87	1.88	1.89	1.90	1.91	1.92	1.93	1.94	1.95	1.96	1.97	1.98	1.99	2.00	2.01	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06
คะแนน	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
ค่า NH_3	2.07	2.08	2.09	2.10	2.11	2.12	2.13	2.14	2.15	2.16	2.17	2.18	2.19	2.20	2.21	2.22	2.23	2.24	2.25	2.26	2.27	2.28	2.29
คะแนน	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	28	28	28	28	28	28
ค่า NH_3	2.30	2.31	2.32	2.33	2.34	2.35	2.36	2.37	2.38	2.39	2.40	2.41	2.42	2.43	2.44	2.45	2.46	2.47	2.48	2.49	2.50	2.51	2.52
คะแนน	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
ค่า NH_3	2.53	2.54	2.55	2.56	2.57	2.58	2.59	2.60	2.61	2.62	2.63	2.64	2.65	2.66	2.67	2.68	2.69	2.70	2.71	2.72	2.73	2.74	2.75
คะแนน	27	27	27	27	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	25	25
ค่า NH_3	2.76	2.77	2.78	2.79	2.80	2.81	2.82	2.83	2.84	2.85	2.86	2.87	2.88	2.89	2.90	2.91	2.92	2.93	2.94	2.95	2.96	2.97	2.98
คะแนน	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	24	24	24	24	24	24	24	24	24
ค่า NH_3	2.99	3.00	3.01	3.02	3.03	3.04	3.05	3.06	3.07	3.08	3.09	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15	3.16	3.17	3.18	3.19	3.20	3.21
คะแนน	24	24	24	24	24	24	24	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
ค่า NH_3	3.22	3.23	3.24	3.25	3.26	3.27	3.28	3.29	3.30	3.31	3.32	3.33	3.34	3.35	3.36	3.37	3.38	3.39	3.40	3.41	3.42	3.43	3.44
คะแนน	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	21	21	21	21	21	21
ค่า NH_3	3.45	3.46	3.47	3.48	3.49	3.50	3.51	3.52	3.53	3.54	3.55	3.56	3.57	3.58	3.59	3.60	3.61	3.62	3.63	3.64	3.65	3.66	3.67
คะแนน	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
ค่า NH_3	3.68	3.69	3.70	3.71	3.72	3.73	3.74	3.75	3.76	3.77	3.78	3.79	3.80	3.81	3.82	3.83	3.84	3.85	3.86	3.87	3.88	3.89	3.90
คะแนน	20	20	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	18	18	18
ค่า NH_3	3.91	3.92	3.93	3.94	3.95	3.96	3.97	3.98	3.99	4.00	4.01	4.02	4.03	4.04	4.05	4.06	4.07	4.08	4.09	4.10	4.11	4.12	4.13
คะแนน	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17
ค่า NH_3	4.14	4.15	4.16	4.17	4.18	4.19	4.20	4.21	4.22	4.23	4.24	4.25	4.26	4.27	4.28	4.29	4.30	4.31	4.32	4.33	4.34	4.35	4.36
คะแนน	17	17	17	17	17	17	17	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
ค่า NH_3	4.37	4.38	4.39	4.40	4.41	4.42	4.43	4.44	4.45	4.46	4.47	4.48	4.49	4.50	4.51	4.52	4.53	4.54	4.55	4.56	4.57	4.58	4.59
คะแนน	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14	14	14	14	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า NH_3	4.60	4.61	4.62	4.63	4.64	4.65	4.66	4.67	4.68	4.69	4.70	4.71	4.72	4.73	4.74	4.75	4.76	4.77	4.78	4.79	4.80	4.81	4.82
ความถี่	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
ค่า NH_3	4.83	4.84	4.85	4.86	4.87	4.88	4.89	4.90	4.91	4.92	4.93	4.94	4.95	4.96	4.97	4.98	4.99	5.00	5.01	5.02	5.03	5.04	5.05
ความถี่	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	11
ค่า NH_3	5.06	5.07	5.08	5.09	5.10	5.11	5.12	5.13	5.14	5.15	5.16	5.17	5.18	5.19	5.20	5.21	5.22	5.23	5.24	5.25	5.26	5.27	5.28
ความถี่	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
ค่า NH_3	5.29	5.30	5.31	5.32	5.33	5.34	5.35	5.36	5.37	5.38	5.39	5.40	5.41	5.42	5.43	5.44	5.45	5.46	5.47	5.48	5.49	5.50	5.51
ความถี่	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
ค่า NH_3	5.52	5.53	5.54	5.55	5.56	5.57	5.58	5.59	5.60	5.61	5.62	5.63	5.64	5.65	5.66	5.67	5.68	5.69	5.70	5.71	5.72	5.73	5.74
ความถี่	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7
ค่า NH_3	5.75	5.76	5.77	5.78	5.79	5.80	5.81	5.82	5.83	5.84	5.85	5.86	5.87	5.88	5.89	5.90	5.91	5.92	5.93	5.94	5.95	5.96	5.97
ความถี่	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
ค่า NH_3	5.98	5.99	6.00	6.01	6.02	6.03	6.04	6.05	6.06	6.07	6.08	6.09	6.10	6.11	6.12	6.13	6.14	6.15	6.16	6.17	6.18	6.19	6.20
ความถี่	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4
ค่า NH_3	6.21	6.22	6.23	6.24	6.25	6.26	6.27	6.28	6.29	6.30	6.31	6.32	6.33	6.34	6.35	6.36	6.37	6.38	6.39	6.40	6.41	6.42	6.43
ความถี่	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ค่า NH_3	6.44	6.45	6.46	6.47	6.48	6.49	6.50	6.51	6.52	6.53	6.54	6.55	6.56	6.57	6.58	6.59	6.60	6.61	6.62	6.63	6.64	6.65	6.66
ความถี่	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ค่า NH_3	6.67	6.68	6.69	6.70	6.71	6.72	6.73	6.74	6.75	6.76	6.77	6.78	6.79	6.80	6.81	6.82	6.83						
ความถี่	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ตารางแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนผู้ป่วยนอก จำแนกตามกลุ่มสาเหตุป่วย 21 โรค จากสถานบริการสาธารณสุข ของกระทรวงสาธารณสุข จังหวัดชัยนาท พ.ศ.2547 - 2556

NUMBER OF OUT - PATIENTS BY 21 CAUSE GROUPS ACCORDING FROM HEALTH SERVICE UNITS, MINISTRY OF PUBLIC HEALTH, CHAI NAT PROVINCE: 2004 - 2013

กลุ่มสาเหตุ	2547 (2004)	2548 (2005)	2549 (2006)	2550 (2007)	2551 (2008)	2552 (2009)	2553 (2010)	2554 (2011)	2555 (2012)	2556 (2013)	Cause Groups
รวม	1,080,559	962,304	998,688	1,075,674	1,129,565	1,245,076	1,402,018	1,475,374	1,667,372	1,611,840	**Total**
โรคติดเชื้อและปรสิต	29,567	22,362	24,939	26,205	29,513	32,568	41,508	33,754	36,831	35,362	Certain infectious and parasitic diseases
เนื้องอก (ร้ายและเร็ง)	2,934	3,494	3,847	4,549	4,280	5,250	7,590	5,904	7,122	7,187	Neoplasms
โรคเลือดและอวัยวะสร้างเลือด และความผิดปกติเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน	13,298	10,357	6,508	6,456	6,056	6,450	8,033	6,118	8,406	7,758	Diseases of the blood and blood forming organs and certain disorderdisorder involving the immune mechanism
โรคเกี่ยวกับต่อมไร้ท่อ โภชนาการ และเมตะบอลิสึม	63,602	61,512	74,973	83,574	95,443	112,907	133,733	147,698	195,640	190,617	Endocrine, nutritional and metabolic diseases
ภาวะแปรปรวนทางจิตและพฤติกรรม	33,922	32,408	32,600	36,408	37,579	39,172	41,331	31,900	31,611	32,488	Mental and behavioural disorders
โรคระบบประสาท	52,293	35,421	36,367	32,126	28,921	29,692	32,433	32,579	68,776	73,532	Diseases of the nervous system
โรคตารวมส่วนประกอบของตา	27,465	18,956	18,462	19,173	23,404	21,530	25,546	30,240	33,299	32,584	Diseases of the eye and adnexa
โรคหูและปุ่มกกหู	5,500	7,190	6,060	7,418	8,019	11,426	15,148	7,397	14,615	17,765	Diseases of the ear and mastoid process
โรคระบบไหลเวียนเลือด	122,633	110,919	127,445	143,831	152,081	173,802	206,454	217,682	258,716	248,829	Diseases of the circulatory system
โรคระบบหายใจ	201,632	174,685	168,360	167,970	161,892	183,045	201,087	209,462	218,227	221,487	Diseases of the respiratory system
โรคระบบย่อยอาหาร รวมโรคในช่องปาก	127,819	108,603	112,778	114,779	114,263	128,406	142,200	147,143	185,738	186,188	Diseases of the digestive system
โรคผิวหนังและเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง	49,117	37,102	32,376	34,285	39,749	36,481	47,258	47,329	58,944	54,765	Diseases of the skin and subcutaneous tissue
โรคระบบกล้ามเนื้อ รวมโครงร่าง และเนื้อยึดเสริม	119,208	102,885	106,712	114,688	124,030	144,133	156,359	159,251	191,521	198,508	Diseases of the musculoskeletal system and connective
โรคระบบอวัยวะสืบพันธุ์รวมปัสสาวะ	16,747	17,036	17,871	21,270	20,859	26,249	29,758	31,537	38,387	36,206	Diseases of the genitourinary system
ภาวะแทรกในการตั้งครรภ์ การคลอด และระยะหลังคลอด	1,762	1,823	2,350	2,017	1,732	1,818	2,270	1,956	2,470	4,395	Complication of pregnancy, childbirth and the puerperium
ภาวะผิดปกติของทารกที่เกิดขึ้นในระยะปริคำเนิด (อายุครรภ์ 22 สัปดาห์ขึ้นไป จนถึง 7 วัน หลังคลอด)	111	200	392	302	358	355	383	424	1,043	1,115	Certain conditions originating in the perinatal period
รูปร่างผิดปกติแต่กำเนิด การพิการจนผิดรูปแต่กำเนิด และโครโมโซมผิดปกติ	207	277	1,888	1,046	999	2,691	5,952	2,321	1,264	717	Congenital malformations, deformations and chromosomal abnormalities
คลินิกและ ทางห้องปฏิบัติการ ที่ไม่สามารถจำแนกโรคในกลุ่มอื่นได้	115,030	127,723	145,936	181,849	202,076	218,518	224,806	305,223	249,112	205,396	Symptoms, signs and abnormal clinical and laboratory findings, not elsewhere classified
การเป็นพิษและผลที่ตามมา	1,003	2,130	6,218	9,165	9,524	12,385	10,706	534	1,215	729	Poisoning, toxic effect, and their sequelae
อุบัติเหตุจากการขนส่งและผลที่ตามมา	9,317	6,725	6,682	5,700	5,023	4,857	5,230	8,891	6,590	6,010	Transport accidents and their sequelae
สาเหตุจากภายนอกอื่น ๆ ที่ทำให้ป่วยหรือตาย	86,392	79,496	65,926	62,883	63,764	53,343	64,233	50,081	57,847	52,222	Other external causes of morbidity and mortality (eg: accidents, injuries, intentional self-harm, assault, animals and plants, complications of medical and surgical care and other unspecified causes)

จำนวนผู้ป่วยนอก จำแนกตามกลุ่มสาเหตุป่วย 21 โรค จากสถานบริการสาธารณสุข ของกระทรวงสาธารณสุข จังหวัดสุพรรณบุรี พ.ศ.2547 - 2556
NUMBER OF OUT - PATIENTS BY 21 CAUSE GROUPS ACCORDING FROM HEALTH SERVICE UNITS, MINISTRY OF PUBLIC HEALTH, SUPAN BURI PROVINCE: 2004 - 2013

กลุ่มสาเหตุ	2547 (2004)	2548 (2005)	2549 (2006)	2550 (2007)	2551 (2008)	2552 (2009)	2553 (2010)	2554 (2011)	2555 (2012)	2556 (2013)	Cause Groups
รวม	1,962,979	1,928,489	1,989,705	1,520,476	2,107,597	2,283,604	2,163,303	2,449,129	3,054,323	3,396,657	Total
โรคติดเชื้อและปรสิต	71,334	66,161	71,413	55,171	77,507	80,152	84,064	83,167	99,589	114,249	Certain infectious and parasitic diseases
เนื้องอก (รวมมะเร็ง)	11,162	11,441	13,037	9,908	13,359	13,676	14,627	18,752	22,940	17,743	Neoplasms
โรคเลือดและอวัยวะสร้างเลือด และความผิดปกติเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน	5,094	6,640	9,086	6,910	8,233	9,274	9,277	12,892	17,859	19,577	Diseases of the blood and blood forming organs and certain disorderdisorder involving the immune mechanism
โรคเกี่ยวกับต่อมไร้ท่อ โภชนาการ และเมตะบอลิสัม	108,979	117,132	126,288	103,456	194,899	239,796	272,424	336,873	418,265	444,686	Endocrine, nutritional and metabolic diseases
ภาวะแปรปรวนทางจิตและพฤติกรรม	35,366	30,776	30,630	22,813	33,784	38,016	36,349	40,745	50,468	47,378	Mental and behavioural disorders
โรคระบบประสาท	35,022	42,864	48,799	40,827	41,850	45,654	45,335	48,944	67,811	79,999	Diseases of the nervous system
โรคตารวมส่วนประกอบของตา	54,340	46,617	62,068	39,598	54,098	58,173	59,811	66,634	72,434	70,740	Diseases of the eye and adnexa
โรคหูและปุ่มกกหู	14,215	14,588	14,168	12,854	16,725	18,666	16,196	17,889	19,133	22,659	Diseases of the ear and mastoid process
โรคระบบไหลเวียนเลือด	193,681	216,672	240,413	194,084	308,419	357,475	369,427	397,250	458,144	474,470	Diseases of the circulatory system
โรคระบบหายใจ	448,686	435,895	417,995	293,614	388,956	414,848	352,843	371,826	452,820	497,391	Diseases of the respiratory system
โรคระบบย่อยอาหาร รวมโรคในช่องปาก	239,402	228,933	220,930	162,075	212,287	223,277	212,624	240,475	302,667	339,357	Diseases of the digestive system
โรคผิวหนังและเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง	108,787	83,351	83,885	67,736	73,543	71,960	68,524	88,452	125,225	142,982	Diseases of the skin and subcutaneous tissue
โรคระบบกล้ามเนื้อ รวมโครงร่าง และเนื้อยึดเสริม	169,508	175,022	189,474	148,768	202,476	240,648	242,717	273,982	357,605	415,089	Diseases of the musculoskeletal system and connective
โรคระบบอวัยวะอิบพันธุ์ร่วมปัสสาวะ	43,633	49,351	53,201	40,056	53,598	57,229	62,245	66,054	81,876	79,607	Diseases of the genitourinary system
ภาวะแทรกในการตั้งครรภ์ การคลอด และระยะหลังคลอด	5,521	5,369	13,143	18,525	11,894	9,791	9,868	10,561	12,335	10,159	Complication of pregnancy, childbirth and the puesperium
ภาวะผิดปกติของทารกที่เกิดขึ้นในระยะปริกำเนิด (อายุครรภ์ 22 สัปดาห์ขึ้นไป จนถึง 7 วัน หลังคลอด)	1,767	1,425	2,727	4,303	1,603	1,293	1,271	1,953	2,342	2,136	Certain conditions originating in the perinatal period
รูปร่างผิดปกติแต่กำเนิด การพิการจนผิดรูปแต่กำเนิด และโครโมโซมผิดปกติ	1,494	1,229	2,459	1,266	1,259	1,873	1,479	3,856	2,166	1,698	Congenital malformations, deformations and chromosomal abnormalities
คลินิกและ ทางห้องปฏิบัติการ ที่ไม่สามารถจำแนกโรคในกลุ่มอื่นได้	295,416	273,101	270,587	208,466	294,760	279,197	242,387	305,636	411,495	538,465	Symptoms, signs and abnormal clinical and laboratory findings, not elsewhere classified
การเป็นพิษและผลที่ตามมา	25,999	8,030	3,856	2,889	4,241	6,234	1,528	1,083	1,064	1,022	Poisoning, toxic effect, and their sequelae
อุบัติเหตุจากการขนส่งและผลที่ตามมา	22,809	20,948	13,500	10,541	14,136	14,848	12,994	13,528	14,415	14,290	Transport accidents and their sequelae
สาเหตุจากภายนอกอื่น ๆ ที่ทำให้ป่วยหรือตาย	70,764	92,960	102,048	76,816	100,020	81,526	47,333	48,617	63,670	62,960	Other external causes of morbidity and mortality (eg: accidents, injuries, intentional self-harm, assault, animals and plants, complications of medical and surgical care and other unspecified causes)

จำนวนผู้ป่วยนอก จำแนกตามกลุ่มสาเหตุป่วย 21 โรค จากสถานบริการสาธารณสุข ของกระทรวงสาธารณสุข จังหวัดนครปฐม พ.ศ.2547 - 2556
NUMBER OF OUT - PATIENTS BY 21 CAUSE GROUPS ACCORDING FROM HEALTH SERVICE UNITS, MINISTRY OF PUBLIC HEALTH, NAKHON PATHOM PROVINCE: 2004 - 2013

กลุ่มสาเหตุ	2547 (2004)	2548 (2005)	2549 (2006)	2550 (2007)	2551 (2008)	2552 (2009)	2553 (2010)	2554 (2011)	2555 (2012)	2556 (2013)	Cause Groups
รวม	1,791,429	1,490,296	1,862,974	1,958,489	2,308,183	2,366,885	2,855,044	3,546,648	3,822,591	3,563,580	Total
โรคติดเชื้อและปรสิต	121,121	64,887	81,316	81,248	100,738	96,598	120,210	128,979	123,937	116,323	Certain infectious and parasitic diseases
เนื้องอก (รวมมะเร็ง)	13,430	9,198	12,850	28,627	16,185	18,647	22,218	26,073	27,586	26,708	Neoplasms
โรคเลือดและอวัยวะสร้างเลือด และความผิดปกติเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน	8,372	7,630	7,723	11,654	16,798	16,356	17,397	14,843	21,851	23,280	Diseases of the blood and blood forming organs and certain disorderdisorder involving the immune mechanism
โรคเกี่ยวกับต่อมไร้ท่อ โภชนาการ และเมตะบอลิสัม	105,383	98,554	144,582	172,743	231,090	252,438	290,255	352,410	415,335	417,232	Endocrine, nutritional and metabolic diseases
ภาวะแปรปรวนทางจิตและพฤติกรรม	24,614	21,417	25,422	28,688	29,044	27,043	40,897	51,193	61,586	57,126	Mental and behavioural disorders
โรคระบบประสาท	38,387	29,953	39,805	42,721	51,733	47,747	57,358	77,768	81,022	80,390	Diseases of the nervous system
โรคตารวมส่วนประกอบของตา	64,385	37,738	77,681	92,541	112,124	125,131	156,863	194,848	199,428	192,852	Diseases of the eye and adnexa
โรคหูและปุ่มกกหู	15,511	11,978	33,465	15,574	15,957	22,049	22,204	27,115	32,335	25,162	Diseases of the ear and mastoid process
โรคระบบไหลเวียนเลือด	185,058	177,102	213,806	230,764	308,741	340,782	386,752	464,290	538,217	523,674	Diseases of the circulatory system
โรคระบบหายใจ	421,742	349,785	384,332	374,474	405,088	411,511	516,668	646,266	649,454	594,539	Diseases of the respiratory system
โรคระบบย่อยอาหาร รวมโรคในช่องปาก	186,214	146,806	194,147	230,236	275,916	228,584	268,508	318,394	343,519	338,361	Diseases of the digestive system
โรคผิวหนังและเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง	76,765	58,993	82,804	70,775	74,985	77,247	100,161	122,202	134,836	142,921	Diseases of the skin and subcutaneous tissue
โรคระบบกล้ามเนื้อ รวมโครงร่าง และเนื้อยึดเสริม	126,085	116,228	154,932	168,840	214,057	249,423	324,918	439,327	484,989	450,431	Diseases of the musculoskeletal system and connective
โรคระบบอวัยวะสืบพันธุ์ร่วมปัสสาวะ	45,510	33,740	48,128	57,794	72,128	64,372	85,904	76,175	86,366	89,222	Diseases of the genitourinary system
ภาวะแทรกในการตั้งครรภ์ การคลอด และระยะหลังคลอด	11,253	9,042	12,330	12,905	31,393	17,306	18,818	18,848	17,574	17,015	Complication of pregnancy, childbirth and the puerperium
ภาวะผิดปกติของทารกที่เกิดขึ้นในระยะปริกำเนิด (อายุครรภ์ 22 สัปดาห์ขึ้นไป จนถึง 7 วัน หลังคลอด)	979	1,417	1,658	1,084	8,733	2,304	3,197	2,981	2,870	2,104	Certain conditions originating in the perinatal period
รูปร่างผิดปกติแต่กำเนิด การพิการจนผิดรูปแต่กำเนิด และโครโมโซมผิดปกติ	1,186	1,008	1,396	1,519	2,795	15,010	1,722	2,698	2,699	2,264	Congenital malformations, deformations and chromosomal abnormalities
คลินิกและ ทางห้องปฏิบัติการ ที่ไม่สามารถจำแนกโรคในกลุ่มอื่นได้	199,652	199,791	223,522	202,931	197,391	221,486	281,697	411,749	429,029	337,511	Symptoms, signs and abnormal clinical and laboratory findings, not elsewhere classified
การบีนพิษและผลที่ตามมา	4,507	3,883	13,055	8,930	12,572	8,347	9,846	4,092	3,869	5,914	Poisoning, toxic effect, and their sequelae
อุบัติเหตุจากการขนส่งและผลที่ตามมา	37,687	23,172	36,493	36,578	34,362	28,099	20,414	28,803	36,930	29,241	Transport accidents and their sequelae
สาเหตุจากภายนอกอื่น ๆ ที่ทำให้ป่วยหรือตาย	93,638	90,004	73,627	87,863	98,393	98,405	131,039	141,598	129,181	93,310	Other external causes of morbidity and mortality (eg: accidents, injuries, intentional self-harm, assault, animals and plants, complications of medical and surgical care and other unspecified causes)

จำนวนผู้ป่วยนอก จำแนกตามกลุ่มสาเหตุป่วย 21 โรค จากสถานบริการสาธารณสุข ของกระทรวงสาธารณสุข จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ.2547 - 2556
NUMBER OF OUT - PATIENTS BY 21 CAUSE GROUPS ACCORDING FROM HEALTH SERVICE UNITS, MINISTRY OF PUBLIC HEALTH, SAMUT SAKHON PROVINCE: 2004 - 2013

กลุ่มสาเหตุ	2547 (2004)	2548 (2005)	2549 (2006)	2550 (2007)	2551 (2008)	2552 (2009)	2553 (2010)	2554 (2011)	2555 (2012)	2556 (2013)	Cause Groups
รวม	1,305,269	1,627,526	1,938,858	1,579,991	1,687,921	1,747,616	1,641,986	1,719,246	2,052,108	2,078,245	Total
โรคติดเชื้อและปรสิต	79,286	102,648	101,471	79,292	81,611	87,334	85,268	82,429	94,293	87,422	Certain infectious and parasitic diseases
เนื้องอก (รวมมะเร็ง)	3,955	8,024	9,624	7,441	7,252	10,057	7,843	14,589	17,164	19,850	Neoplasms
โรคเลือดและอวัยวะสร้างเลือด และความผิดปกติเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน	2,928	7,584	17,177	9,738	8,569	8,986	9,442	11,667	11,384	14,814	Diseases of the blood and blood forming organs and certain disorderdisorder involving the immune mechanism
โรคเกี่ยวกับต่อมไร้ท่อ โภชนาการ และเมตะบอลิสัม	66,595	76,022	76,078	81,388	104,739	118,507	137,317	163,858	188,152	228,203	Endocrine, nutritional and metabolic diseases
ภาวะแปรปรวนทางจิตและพฤติกรรม	11,824	29,429	55,865	29,544	16,883	16,233	14,195	16,891	21,090	23,674	Mental and behavioural disorders
โรคระบบประสาท	24,467	45,692	102,634	52,931	40,617	51,393	34,796	31,587	33,372	33,922	Diseases of the nervous system
โรคตารวมส่วนประกอบของตา	56,732	63,899	82,511	59,454	67,257	47,873	42,933	50,285	62,344	74,201	Diseases of the eye and adnexa
โรคหูและปุ่มกกหู	24,409	27,450	36,780	32,280	27,440	27,603	28,829	28,742	23,415	19,670	Diseases of the ear and mastoid process
โรคระบบไหลเวียนเลือด	89,985	107,448	131,137	130,284	139,110	147,224	167,550	169,939	210,638	224,175	Diseases of the circulatory system
โรคระบบหายใจ	359,407	377,792	834,962	359,223	378,156	390,284	395,243	380,268	403,601	399,735	Diseases of the respiratory system
โรคระบบย่อยอาหาร รวมโรคในช่องปาก	145,283	165,832	148,001	132,572	147,547	145,078	139,347	148,243	175,056	193,254	Diseases of the digestive system
โรคผิวหนังและเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง	69,726	80,949	68,263	58,997	59,265	64,737	63,236	73,406	88,109	89,204	Diseases of the skin and subcutaneous tissue
โรคระบบคล้ามเนื้อ รวมโครงร่าง และเนื้อยึดเสริม	108,348	124,197	115,050	120,779	136,616	171,862	171,854	180,207	215,839	201,394	Diseases of the musculoskeletal system and connective
โรคระบบอวัยวะสืบพันธุ์ร่วมปัสสาวะ	34,744	46,997	57,224	43,434	42,284	45,690	45,904	51,446	58,341	67,116	Diseases of the genitourinary system
ภาวะแทรกในการตั้งครรภ์ การคลอด และระยะหลังคลอด	7,167	18,327	16,450	15,368	11,580	10,406	10,890	13,268	14,819	15,278	Complication of pregnancy, childbirth and the puerperium
ภาวะผิดปกติของทารกที่เกิดขึ้นในระยะปริคำเนิด (อายุครรภ์ 22 สัปดาห์ขึ้นไป จนถึง 7 วัน หลังคลอด)	692	2,471	5,471	3,504	1,228	1,700	1,617	2,384	3,232	2,201	Certain conditions originsting in the perinatal period
รูปร่างผิดปกติแต่กำเนิด การพิการจนผิดรูปแต่กำเนิด และโครโมโซมผิดปกติ	1,250	2,657	11,777	5,222	4,586	1,441	947	1,542	3,899	2,316	Congenital malformations, deformations and chromosomal abnormalities
คลินิกและ หางห้องปฏิบัติการ ที่ไม่สามารถจำแนกโรคในกลุ่มอื่นได้	113,772	216,421	448,265	254,798	197,293	177,147	177,818	176,885	198,507	188,144	Symptoms, signs and abnormal clinical and laboratory findings, not elsewhere classified
การเป็นพิษและผลที่ตามมา	2,684	6,094	1,982	4,536	1,858	1,097	1,200	2,028	6,037	4,291	Poisoning, toxic effect, and their sequelae
อุบัติเหตุจากการขนส่งและผลที่ตามมา	21,314	27,026	24,500	14,824	12,120	11,994	12,578	13,474	18,394	17,163	Transport accidents and their sequelae
สาเหตุจากภายนอกอื่น ๆ ที่ทำให้ป่วยหรือตาย	80,723	90,569	93,656	84,382	201,910	210,970	93,179	106,128	204,422	172,218	Other external causes of morbidity and mortality (eg: accidents, injuries, intentional self-harm, assault, animals and plants, complications of medical and surgical care and other unspecified causes)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาว จุฑามาศ รอดทอง
วัน เดือน ปีเกิด	22 กันยายน พ.ศ. 2532
ที่อยู่	8/6 หมู่ 8 ซอยบางเสาธง ถนน บางนาตราด ต.ศีรษะจระเข้ใหญ่ อ.บางเสาธง จ. สมุทรปราการ 10540
ประวัติการศึกษา	2550 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 2555 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ
ผลงานวิชาการ	การพยากรณ์ค่าความสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าโดยแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ (Predictive Analysis on Loss of Electric Power Supply using Grey-Markov Model) การประชุมวิชาการทางคณิตศาสตร์ประจำปี 2556 (ครั้งที่ 18) 14 - 16 มีนาคม พ.ศ. 2556 ณ อโยธยารีสอร์ทแอนสปา จังหวัดกระบี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Proceedings of the 18th Annual Meeting in Mathematics (AMM2013)
Thaksin University, Phatthalung, Thailand, March 14-16, 2013

การพยากรณ์ค่าความสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าโดยแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ

จุฑามาศ รอดทอง[1] และ บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ[2,*]

หน่วยวิจัยคณิตศาสตร์อุตสาหกรรมและสาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 ประเทศไทย
[1]juthamas_R@hotmail.com, [2]knbusaya@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ : ปัญหาการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าในประเทศไทยเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งโดยมีอิทธิพลมาจากหลายปัจจัยที่ซับซ้อน เช่น ไฟฟ้าลัดวงจร สาเหตุจากตัวอุปกรณ์ในระบบที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสาเหตุจากเหตุการณ์ทางธรรมชาติ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีความผกผันของข้อมูลรวมอยู่ด้วย งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาเพื่อทำการพยากรณ์ข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี ค.ศ. 1999-2006 การวัดปริมาณของพลังงานไฟฟ้า หน่วยที่ใช้คือกิโลวัตต์-นาที โดยวิธีเกรย์โมเดล GM (1,1) และแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ (Grey-Markov Model) ซึ่งเป็นวิธีการลดข้อมูลที่มีความผันผวนเพื่อให้การพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น ผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการคาดการณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นเพื่อวางแผนและสำรองงบประมาณ อีกทั้งยังสามารถนำแนวทางงานวิจัยนี้ไปประยุกต์กับข้อมูลที่มีพฤติกรรมใกล้เคียงได้อีกด้วย

คำสำคัญ : การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า; แบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ; เกรย์โมเดล; ตัวแบบมาร์คอฟ

1 บทนำ

การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้า (Loss of supply) ที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ (Blockouts) โดยส่วนใหญ่จะเกิดแบบฉับพลัน ทำให้ไม่สามารถควบคุมระบบการจ่ายไฟฟ้าเพื่อทำการหยุดจ่ายไฟฟ้าได้ในทันที ส่งผลให้เกิดความเสียหายกับระบบอื่นๆ ตามมา การวัดปริมาณความสูญเสียของพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีที่ นิยมใช้อยู่ 3 แบบ คือ ปริมาณของกำลังไฟฟ้าหน่วย(กิโลวัตต์) ปริมาณของพลังงานหน่วย (กิโลวัตต์-นาที) และ ปริมาณของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ถูกผลกระทบจากเหตุการณ์ (จำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า:Customers) [1] งานวิจัยนี้นำเสนอรูปแบบการพยากรณ์เกรย์-มาร์คอฟ ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลอง GM (1,1) ตัวแบบมาร์คอฟ (Markov model) และวิธีเกรย์โมเดล [2]

*Corresponding author e-mail : knbusaya@kmitl.ac.th

Copyright © 2013 by the AMM2013. All rights reserve.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการพยากรณ์ GM (1,1) เป็นการจัดลำดับของข้อมูล แต่ไม่สามารถจัดการกับบางลำดับข้อมูลที่มีความผันผวนสูง [3] แต่แบบการพยากรณ์ของตัวแบบมาร์คอฟสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้ ดังนั้นแบบจำลอง เกรย์-มาร์คอฟถูกสร้างขึ้นตามข้อได้เปรียบของทั้งสองวิธี โดยรูปแบบ GM (1,1) ใช้เพื่อการพัฒนาควบคุมลำดับข้อมูล และตัวแบบมาร์คอฟใช้เพื่อศึกษาการผันผวนลำดับของข้อมูล [4]

2 วิธีการ

2.1 รูปแบบการพยากรณ์ GM (1,1)

วิธี GM (1,1) มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สมมติลำดับของข้อมูล

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

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

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

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

ขั้นตอนที่ 3 จาก $x^{(1)}$ สมมติให้

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

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 a และ b หาจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยที่

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

ขั้นตอนที่ 5 สร้างสมการเชิงอนุพันธ์ของ GM (1,1)

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

ขั้นตอนที่ 6 แก้สมการ (5) ได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ขั้นตอนที่ 7 ดำเนินการผกผันตามสมการ (6) จะได้

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

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

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

2.2 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบมาร์คอฟ

ตัวแบบมาร์คอฟเป็นตัวแบบที่นำแนวคิดในเรื่องความน่าจะเป็นมาใช้ในการพยากรณ์โดยจะพยากรณ์โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ในอนาคต โดยใช้ข้อมูลของเหตุการณ์ปัจจุบัน [5]

จากสมการที่ (7) สามารถสร้างลำดับตัวแบบได้ดังนี้

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

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

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

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3 ผลงานวิจัย

ข้อมูลการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี ค.ศ. 1999-2006 ระบุไว้ในตารางที่ 1 และใช้รูปแบบการพยากรณ์ เกรย์-มาร์คอฟในการพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตามวิธีที่นำเสนอในส่วนที่ 2 ขั้นตอนการพยากรณ์มีดังนี้

3.1 การสร้างรูปแบบการพยากรณ์ GM(1,1)

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

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

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

ค่าพยากรณ์ที่ได้จากการคำนวณโดยสมการ (14) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าจริงและค่าพยากรณ์การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี ค.ศ. 1999-2006

ปี	ค่าจริง	GM(1,1)	errors	ค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี	ค่าจริง	GM(1,1)	errors	ค่าคาดเคลื่อนสัมพัทธ์	สถานะ
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

3.2 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบมาร์คอฟโดยแบ่งตามสถานะ

ตามค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (ตารางที่ 1) จากปี ค.ศ. 1999-2006 และสถานะของค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ในตารางที่ 1 แบ่งออกเป็นสี่สถานะดังนี้

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

3.3 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

3.4 การคำนวณค่าการพยากรณ์

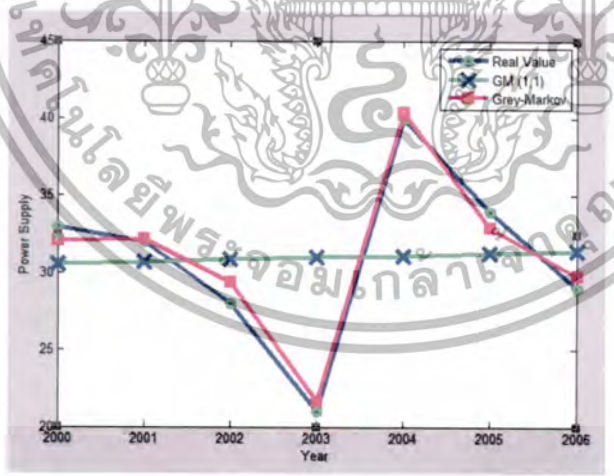
ผลรวมของความน่าจะเป็นจากการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ของสถานะสี่สถานะที่สูงสุดและค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของปี ค.ศ. 2007 อยู่ในสถานะ 3: (0, 0.1] ค่าการพยากรณ์ของ GM (1,1) คำนวณโดยสมการ (13) ค่าการพยากรณ์ของปี ค.ศ. 2007 จาก GM (1,1) คือ 31.6 ดังนั้นค่าที่ได้จากรูปแบบการพยากรณ์เกรย์-มาร์คอฟ ได้จาก $31.6 \times \left(1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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 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 2 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) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงกับค่าที่ได้จากการพยากรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 สรุปผลการวิจัย

การสูญเสียการจ่ายไฟฟ้ารับอิทธิพลจากปัจจัยหลายอย่างและข้อมูลมีความผันผวนมาก ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้การพยากรณ์โดยแบบจำลองเกรย์-มาร์คอฟ เพราะนำข้อดีของ GM (1,1) และตัวแบบมาร์คอฟซึ่งประสบความสำเร็จในการประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติและได้รับความแม่นยำสูง จากการแบ่งสถานะที่ใช้ในการพยากรณ์ไม่มีมาตรฐานกำหนด ขึ้นอยู่กับจำนวนของข้อมูล ถ้ามีข้อมูลจำนวนมาก จำนวนของสถานะควรจะแบ่งมากขึ้นเพื่อทำให้ความแม่นยำในการพยากรณ์เพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลองต้องศึกษาและปรับปรุงเพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ : งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก กองทุนสนับสนุนนักวิจัย เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

[1] เนาวรัตน์ มานิตเจริญ, *แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการสูญเสียการจ่ายไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า*, วิทยานิพนธ์ (วท.ม.), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, (2550).

[2] MAO Zhan-li and SUN Jin-hua, *Application of Grey-Markov model in forecasting fire accidents*, Procedia Engineering, 11 (2011), 314–318.

[3] Sifeng Liu and Yi Lin, *Grey Information: Theory and Practical Applications*, Springer (2006).

[4] Min Huang, Yong He and Haiyan Cen, *Predictive analysis on electric-power supply and demand in China*, Renewable Energy, 32 (2007), 1165 – 1174.

[5] กัลยา วานิชย์บัญชา, *การวิเคราะห์เชิงปริมาณ*, พิมพ์ครั้งที่ 1, คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ (2553).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้