

ตัวแบบสภาวะเสถียรของการตรวจวัดความเค็มในแม่น้ำ  
เจ้าพระยาสำหรับระบบผลิตน้ำประปา โดยใช้วิธีผลต่างจำกัด  
A STEADY STATE SALINITY MEASUREMENT MODEL IN  
THE CHAOPHRAYA RIVER FOR WATER SUPPLY SYSTEM  
USING A FINITE DIFFERENCE METHOD



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)  
ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STEADY STATE SALINITY MEASUREMENT MODEL IN  
THE CHAOPHRAYA RIVER FOR WATER SUPPLY SYSTEM  
USING A FINITE DIFFERENCE METHOD



KANJANA POOKLAI  
NATTARIKA MITYIM  
PRASIT KAEWKET

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR  
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED MATHEMATICS)  
DEPARTMENT OF MATHEMATICS, FACULTY OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หัวข้อปัญหาพิเศษ**

ตัวแบบสภาวะเสถียรของการตรวจวัดความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาสำหรับ  
ระบบผลิตน้ำประปา โดยใช้วิธีผลต่างจำกัด

A STEADY STATE SALINITY MEASUREMENT MODEL IN THE  
CHAOPHRAYA RIVER FOR WATER SUPPLY SYSTEM USING  
A FINITE DIFFERENCE METHOD

**ชื่อนักศึกษา**

นางสาวกาญจนา ภู่อาลัย รหัสนักศึกษา 58050012

นางสาวณัฐริกา มิตรยิ้ม รหัสนักศึกษา 58050059

นายประสิทธิ์ แก้วเกต รหัสนักศึกษา 58050106

**ปริญญา**

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)

**ภาควิชา**

คณิตศาสตร์

**ปีการศึกษา**

2561

**อาจารย์ที่ปรึกษา**

ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย

**อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**

ดร.พุทธพร วานิชกร

อาจารย์จินดา ไชยช่วย

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้  
ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์  
ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.พุทธา สักกะพลางกูร ประธานกรรมการ	พุทธา สักกะพลางกูร
ผศ.ดร.ภัทรารุช จันทร์เสงี่ยม กรรมการ	ภัทรารุช จันทร์เสงี่ยม
ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	นพรัตน์
ดร.พุทธพร วานิชกร กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	พุทธพร วานิชกร

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	ตัวแบบสภาวะเสถียรของการตรวจวัดความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาสำหรับระบบผลิตน้ำประปา โดยใช้วิธีผลต่างจำกัด
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกาญจนา ภู่อลัย รหัสนักศึกษา 58050012 นางสาวณัฐริกา มิตริย์ม รหัสนักศึกษา 58050059 นายประสิทธิ์ แก้วเกตุ รหัสนักศึกษา 58050106
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)
ภาควิชา	คณิตศาสตร์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.พุทธพร วานิชกร อาจารย์จินดา ไชยช่วย

### บทคัดย่อ

การแพร่ของน้ำเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา เกิดจากน้ำทะเลหนุนจากอ่าวไทยประกอบกับน้ำเหนือมีปริมาณน้อยในฤดูแล้ง ส่งผลกระทบต่อประชาชน โดยเฉพาะการผลิตน้ำประปา ซึ่งจะมีสถานีสูบหลักคือสถานีสูบน้ำดิบสำแล ตำบลบ้านกระแซง อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ซึ่งประสบปัญหาการรุกรานของน้ำเค็มทำให้ค่าระดับความเค็มของน้ำเกินเกณฑ์มาตรฐาน คณะผู้จัดทำจึงได้เห็นความสำคัญของการทำนายค่าความเค็มบริเวณสถานีสูบน้ำดิบสำแลไม่ให้เกินเกณฑ์เฝ้าระวังที่ 0.25 g/l เพื่อให้ระบบการผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยใช้ตัวแบบสภาวะเสถียรการพา-การแพร่ หาผลเฉลยโดยประมาณด้วยวิธีผลต่างจำกัด กำหนดค่าความเค็มเฉลี่ย 7 วัน ในการหาผลเฉลยทั้งหมด 4 กรณี ได้แก่ กรณี การประมาณค่าความเค็มจากสถานีแรกและสถานีสุดท้าย กรณี การประมาณค่าความเค็มข้อมูลสถานีแรกและสถานีสุดท้ายผนวกด้วยข้อมูลจาก 2 สถานีภายในลำน้ำ ได้แก่ สถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้าและสถานีสะพานพระนั่งเกล้า กรณี การประมาณค่าความเค็มโดยใช้ข้อมูลจากสถานีแรกเท่านั้น กรณี การประมาณค่าความเค็มโดยใช้ข้อมูลจากสถานีแรก และใช้ข้อมูลจาก 2 สถานีก่อนถึงพื้นที่เฝ้าระวัง ผลเฉลยที่ได้จากกรณีต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าจริงที่วัดได้ มีผลการคำนวณเป็นที่พอใจ

**คำสำคัญ :** ค่าความเค็ม ตัวแบบการแพร่การพา แม่น้ำเจ้าพระยา วิธีผลต่างจำกัด สภาวะเสถียร

<b>Title</b>	A Steady State Salinity Measurement Model in the Chaophraya River for Water Supply System Using a Finite Difference Method	
<b>Students</b>	Miss Kanjana Pooklai	Student ID 58050012
	Miss Nattarika Mityim	Student ID 58050059
	Mr. Prasit Kaewket	Student ID 58050106
<b>Degree</b>	Bachelor of Science (Applied Mathematics)	
<b>Department</b>	Mathematics	
<b>Faculty</b>	Science	
<b>University</b>	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
<b>Academic Year</b>	2018	
<b>Advisor</b>	Asst.Prof.Dr.Nopparat	Pochai
<b>Co-advisor</b>	Dr.Buddhaporn	Vanishkorn
	Chinda	Chaichuay

### Abstract

The salinity intrusion problem in the Chaophraya river is an important factor to human health. The salinity intrusion level will be growth in the dry season. The water supply production plant has encountered the problem of salinity intrusion in every year. In this research, the Chaophraya river segment from the Samlae pumping station to the Phra Nakhon Tai Power Plant station is considered. A one-dimensional steady advection-diffusion equation is used to approximate the salinity level along the considered area. A finite difference method is used to approximate the solution. There are some numerical techniques for numerical accuracy improvement are also introduced. The approximate solutions are also compare with the field measurement. The introduce numerical techniques give good agreement approximation under several simulations

**Keywords** : advection-diffusion model , finite difference method , salinity , steady state , the Chaophraya river

## กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย ดร.พุทธพร วานิชกร และอาจารย์จินดา ไชยช่วย อาจารย์ที่ปรึกษา ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากอาจารย์ทั้งสามท่านและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเพื่อนพี่น้อง ในสาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำ ให้ความอบอุ่นที่ดีต่อกันเสมอมา ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน เป็นกำลังใจที่ดี และคอยช่วยเหลือให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กาญจนา ภูค์ลัย  
ณัฐริกา มิตรยิ้ม  
ประสิทธิ์ แก้วเกตุ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 แนววิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	6
<b>บทที่ 2 พื้นที่ศึกษา.....</b>	<b>7</b>
2.1 สภาพภูมิประเทศ.....	7
2.2 สภาพภูมิอากาศ.....	8
2.3 ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	9
2.4 คุณภาพน้ำ.....	10
2.4.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำ.....	10
2.4.2 สถานการณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา.....	11
2.5 ปัญหาการรุกค้ำน้ำเค็ม.....	12
<b>บทที่ 3 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>17</b>
3.1 พฤติกรรมของการแพร่ของน้ำเค็มเข้าแม่น้ำ.....	17
3.1.1 ลักษณะการแพร่ของน้ำเค็มเข้าแม่น้ำ.....	17
3.1.2 สมการการพา-การแพร่ของน้ำเค็มในแม่น้ำ.....	18
3.2 ตัวแบบไร้มิติ (Non-Dimensional Model).....	20
3.3 วิธีผลต่างจำกัด (Finite Difference Method).....	21
3.4 ทฤษฎีบทการมีอยู่ของคำตอบเพียงคำตอบเดียว.....	23
3.5 ตัวอย่าง.....	24
3.5.1 ตัวอย่างวิธีผลต่างจำกัด (FDM).....	24
3.5.2 ตัวอย่างการใช้สมการการแพร่ด้วยวิธีผลต่างจำกัด.....	25
<b>บทที่ 4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....</b>	<b>29</b>
4.1 การประมาณค่าความเค็มจากข้อมูลของสถานีแรกและสถานีสุดท้าย.....	29

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การประมาณค่าความเค้มจากข้อมูลสถานีแรกและสถานีสุดท้าย ผนวกด้วยข้อมูลจาก 2 สถานีภายใน .....	33
4.3 การประมาณค่าความเค้มโดยใช้ข้อมูลจากสถานีแรกเท่านั้น .....	38
4.4 การประมาณค่าความเค้มโดยใช้ข้อมูลจากสถานีแรกและ ใช้ข้อมูลจาก 2 สถานีก่อนถึงพื้นที่เฝ้าระวัง .....	43
4.5 การประมาณค่าความเค้มในช่วงเวลาอื่นๆ.....	50
4.5.1 การประมาณค่าความเค้มในช่วงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560.....	50
4.5.2 การประมาณค่าความเค้มในช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 .....	51
4.5.3 การประมาณค่าความเค้มในช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 .....	53
4.6 การประมาณค่าขอบขวา ( $\beta$ ).....	56
4.6.1 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณ ค่าความเค้มในช่วง วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560.....	56
4.6.2 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณ ค่าความเค้มในช่วง วันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 .....	57
4.6.3 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณ ค่าความเค้มในช่วง วันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560.....	59
4.6.4 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณ ค่าความเค้มในช่วง วันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560.....	61
4.6.5 ช่วงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560 ประมาณ ค่าความเค้มในช่วง วันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560.....	63
4.6.6 ช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 ประมาณ ค่าความเค้มในช่วง วันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560.....	65
4.6.7 ช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 ประมาณ ค่าความเค้มในช่วง วันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560.....	67
<b>บทที่ 5 สรุป .....</b>	<b>70</b>
5.1 อภิปรายผลการวิจัย .....	70
5.2 สรุปงานวิจัย .....	71
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	71
<b>เอกสารอ้างอิง .....</b>	<b>72</b>

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ข้อมูลปริมาณค่าความเค็มเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2560.....	3
1.2 ระยะเวลาการศึกษาและการดำเนินงาน .....	6
2.1 มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ.....	10
2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา .....	11
3.1 แสดงค่าที่ได้ของตัวอย่างวิธีผลต่างจำกัด .....	25
3.2 แสดงค่าตัวอย่างการใช้สมการการแพร่ด้วยวิธีผลต่างจำกัด .....	27
4.1 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ .....	32
4.2 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	32
4.3 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ .....	37
4.4 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	37
4.5 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ .....	42
4.6 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	42
4.7 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ .....	48
4.8 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	48
4.9 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ .....	50
4.10 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	50
4.11 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ.....	51
4.12 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	52
4.13 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ.....	53
4.14 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	53
4.15 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ.....	54
4.16 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	55
4.17 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ.....	56
4.18 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	56
4.19 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ.....	58
4.20 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	58
4.21 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ.....	60
4.22 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	60
4.23 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ.....	62
4.24 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	62
4.25 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ.....	64
4.26 ผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.27 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ.....	66
4.28 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	66
4.29 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ.....	68
4.30 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน.....	68



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แผนที่แสดงแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง .....	4
1.2 จุดวัดปริมาณความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา.....	5
2.1 ปริมาณฝนรายเดือนและรวมทั้งปีของประเทศไทย พ.ศ.2560.....	8
2.2 ผู้ว่าการการประปาฯแจงเหตุน้ำประปาเค็ม.....	13
2.3 สถานีสูบน้ำดิบสำแล จ.ปทุมธานี.....	13
2.4 กรมชลประทานระบายน้ำต้นพันเจ้าพระยา.....	14
3.1 ลักษณะของการพา (convection).....	17
3.2 ลักษณะของการแพร่ (diffusion).....	18
3.3 สภาวะคงตัวและไม่คงตัว.....	19
3.4 กราฟแสดงจุดที่ทราบค่าและจุดประมาณผลเฉลย.....	22
3.5 การมีอยู่ของคำตอบเพียงคำตอบเดียว.....	24
3.6 ผลเฉลยโดยประมาณโดยวิธีผลต่างจำกัด.....	25
3.7 แสดงค่าตัวอย่างการใช้สมการการแพร่ด้วยวิธีผลต่างจำกัด.....	28
4.1 การประมาณค่าความเค็มจากข้อมูลของสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้ถึงสถานีสำแล.....	33
4.2 การประมาณค่าความเค็มจากข้อมูลสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้ สถานีสำแล ผนวกด้วยข้อมูลจากสถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้า และสะพานพระนั่งเกล้า.....	38
4.3 การประมาณค่าความเค็มโดยใช้ข้อมูลจากสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้เท่านั้น.....	48
4.4 การประมาณค่าความเค็มโดยใช้ข้อมูลจาก สถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้ สถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้า และสถานีสะพานพระนั่งเกล้า.....	49
4.5 การประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560.....	51
4.6 การประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560.....	52
4.7 การประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560.....	54
4.8 การประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560.....	55
4.9 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็ม ในช่วง วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม2560.....	57
4.10 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็ม ในช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560.....	59
4.11 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็ม ในช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560.....	61

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็ม ในช่วงวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560.....	63
4.13 ช่วงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็ม ในช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560.....	65
4.14 ช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็ม ในช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 .....	67
4.15 ช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็ม ในช่วงวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560.....	69



ประสิทธิภาพนั้น คณะผู้จัดทำจึงขอเสนอ ตัวแบบสถานะเสถียรของการตรวจวัดความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาสำหรับระบบผลิตน้ำประปา โดยใช้วิธีผลต่างจำกัด (Finite Difference Method) เพื่อช่วยในการจัดการน้ำในหน้าแล้งที่ต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อให้ทราบถึงปริมาณความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูแล้ง
2. เพื่อนำเสนอตัวแบบสถานะเสถียรของการตรวจวัดความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา สำหรับระบบผลิตน้ำประปา โดยใช้วิธีผลต่างจำกัด (Finite Difference Method)
3. ใช้โปรแกรม MATLAB คำนวณ เพื่อนำเสนอเชิงตัวเลขที่เหมาะสมกับตัวแบบสถานะเสถียรของการตรวจวัดความเค็ม
4. เพื่อให้ทราบถึงแนวทางการเตรียมความพร้อมในการรับมือกับปัญหาระดับความเค็มของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูแล้ง

## 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ตัวแบบสถานะเสถียรของการตรวจวัดความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา สำหรับระบบผลิตน้ำประปา โดยใช้วิธีผลต่างจำกัด (Finite Difference Method)
2. พื้นที่ศึกษามีขอบเขตครอบคลุมพื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง ได้แก่ สถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้ จังหวัดสมุทรปราการ สถานีคลองลาดโพธิ์ จังหวัดสมุทรปราการ สถานีสะพานพุทธยอดฟ้า จังหวัดกรุงเทพมหานคร สถานีสะพานพระนั่งเกล้า (วัดไทรมาเหนือ) จังหวัดนนทบุรี สถานีวัดมะขาม จังหวัดปทุมธานี และสถานีสูบน้ำสำแล จังหวัดปทุมธานี ลำน้ำส่วนนี้มีสภาพคดเคี้ยวโดยมีความยาวประมาณ 84 กิโลเมตร และมีความกว้างโดยเฉลี่ย 0.5 กิโลเมตร

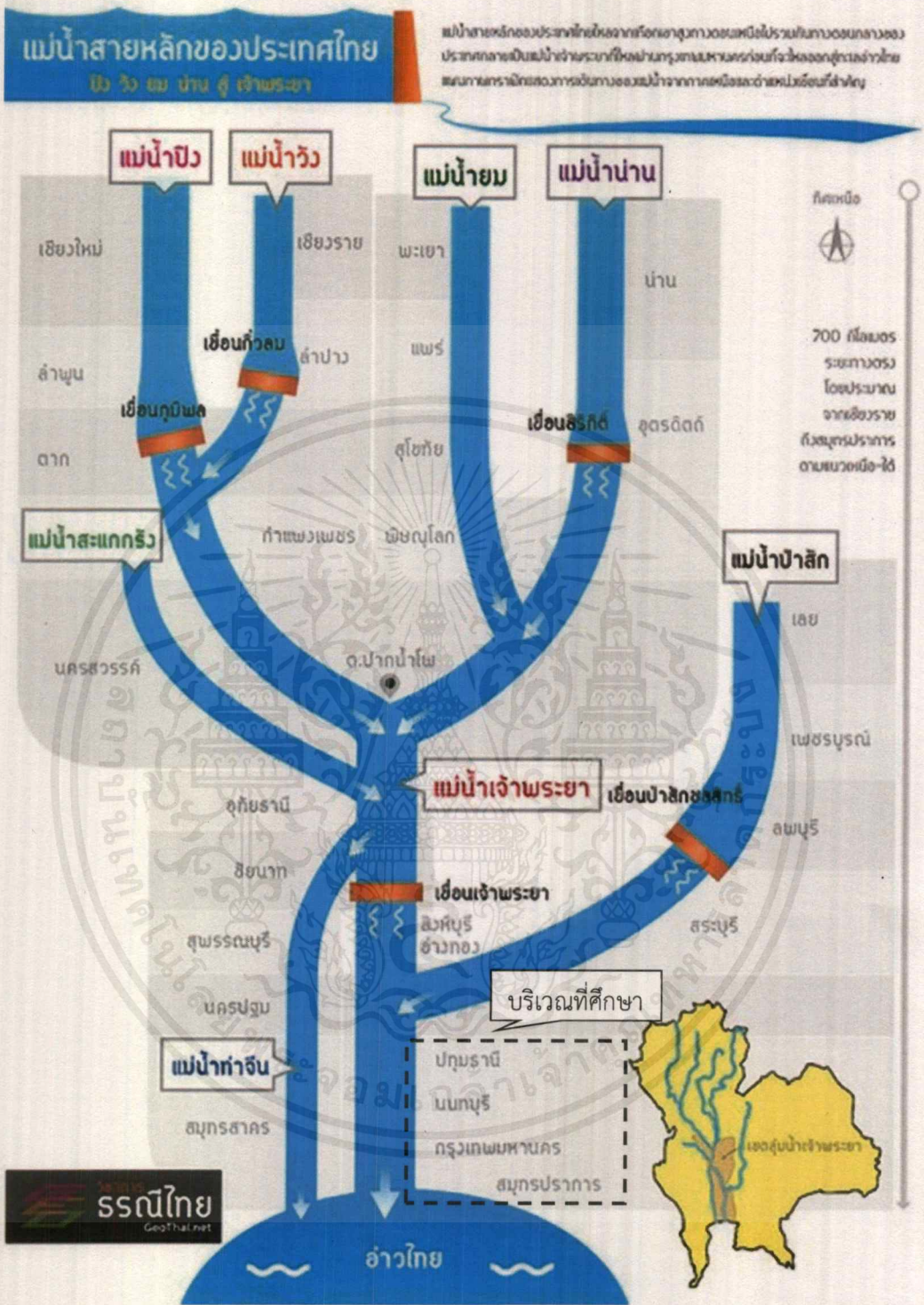
## 1.4 แนววิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาค่าความเค็มของแม่น้ำเจ้าพระยารั้งนี้ มุ่งพิจารณาค่าความเค็มของน้ำแต่ละสถานีเป็นหลัก โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ข้อมูลวัดจริงในสนามด้วยวิธีสถิติ การวิเคราะห์การแพร่ของน้ำเค็มโดยประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อเปรียบเทียบ ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองนี้ ได้ทำการทดสอบความแม่นยำและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองด้วยสำหรับข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะประกอบด้วยข้อมูลปริมาณค่าความเค็มเฉลี่ย 5 สัปดาห์ ในปี พ.ศ. 2560 [3] ดังตารางที่ 1-1 ข้อมูลแผนที่แสดงแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ดังรูปที่ 1-1 และจุดวัดปริมาณความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา 6 สถานี ดังรูปที่ 1-2

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลปริมาณค่าความเค็มเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2560

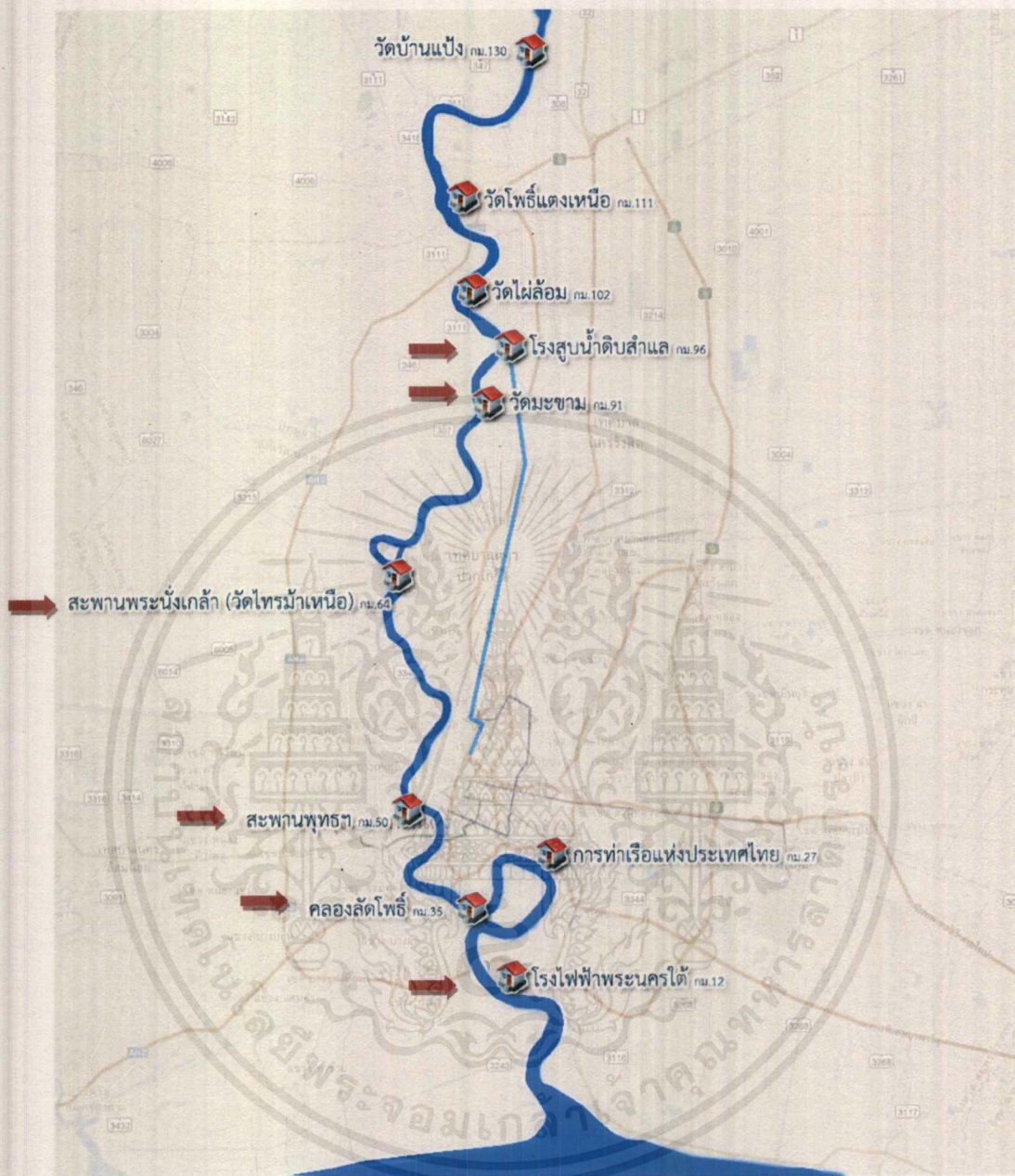
ข้อมูลแม่น้ำเจ้าพระยา ปี 2560												
ระยะห่าง	0		23		15		14		27		5	
วันที่	โรงไฟฟ้าพระนครใต้		คลองลัดโพธิ์		สะพานพระพุทธยอดฟ้า		สะพานพระนั่งเกล้า		วัดมะขาม		สำแล	
	day	week	day	week	day	week	day	week	day	week	day	week
19 ก.พ. 60	17.87		11.91		3.46		2.43					0.24
20 ก.พ. 60	18.13		11.91		3.56		2.46					0.26
21 ก.พ. 60	18.14		12.07		3.68		2.83					0.25
22 ก.พ. 60	16.71	17.3743	12.37	11.7671	3.83	3.6943	0.96	1.2614		0.3367		0.22
23 ก.พ. 60	17.22		11.63		2.93		0.05		0.38			0.19
24 ก.พ. 60	16.98		11.18		4.16		0.05		0.30			0.18
25 ก.พ. 60	16.57		11.30		4.24		0.05		0.33			0.18
26 ก.พ. 60	17.84		12.56		4.30		0.05		0.51			0.25
27 ก.พ. 60	18.74		14.18		4.37		0.05		0.76			0.37
28 ก.พ. 60	21.51		14.80		4.50		0.86		0.81			0.39
1 มี.ค. 60	21.43	20.5629	14.69	14.2314	4.60	4.6014	3.81	2.2357	0.69	0.6814		0.33
2 มี.ค. 60	21.49		14.49		4.71		3.53		0.64			0.29
3 มี.ค. 60	22.06		14.60		4.83		3.65		0.66			0.29
4 มี.ค. 60	20.87		14.30		4.90		3.70		0.70			0.30
5 มี.ค. 60	20.27		13.25		4.97		3.31		0.50			0.22
6 มี.ค. 60	19.51		12.49		5.03		3.14		0.44			0.21
7 มี.ค. 60	20.09		12.75		5.10		3.35		0.59			0.29
8 มี.ค. 60	20.20	19.9171	12.99	12.5343	5.20	5.2000	3.50	3.2929	0.71	0.5343		0.31
9 มี.ค. 60	21.13		12.80		5.30		3.47		0.66			0.29
10 มี.ค. 60	19.61		12.20		5.46		3.32		0.49			0.22
11 มี.ค. 60	18.61		11.26		5.34		2.96		0.35			0.18
12 มี.ค. 60	18.17		11.41		5.15		2.84		0.41			0.17
13 มี.ค. 60	17.92		11.23		4.90		2.75		0.44			0.17
14 มี.ค. 60	17.44		11.19		4.75		2.74		0.45			0.19
15 มี.ค. 60	17.05	16.8014	11.47	11.4014	4.72	4.7671	2.77	2.7829	0.48	0.4914		0.20
16 มี.ค. 60	16.05		11.42		4.66		2.73		0.51			0.20
17 มี.ค. 60	16.35		12.17		4.56		2.93		0.64			0.28
18 มี.ค. 60	14.63		10.92		4.63		2.72		0.51			0.21
19 มี.ค. 60	14.20		10.97		4.53		2.76		0.55			0.23
20 มี.ค. 60	14.24		10.78		4.46		2.7		0.48			0.21
21 มี.ค. 60	14.27		10.10		4.39		2.60		0.41			0.19
22 มี.ค. 60	13.79	13.5900	9.40	9.9071	4.27	4.2900	2.40	2.4683	0.30	0.3829		0.17
23 มี.ค. 60	14.18		10.32		4.13		2.55		0.43			0.21
24 มี.ค. 60	12.17		9.37		4.19		2.38		0.29			0.17
25 มี.ค. 60	12.28		8.41		4.06		2.12		0.22			0.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 จุดวัดปริมาณความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพยากรณ์และรายงานสภาพความเค็มของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาล่วงหน้าที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้
2. สามารถหาคำตอบของปัญหาโดยใช้โปรแกรม MATLAB ในการคำนวณได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. สามารถนำไปใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจในการผลิตน้ำประปาที่มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานได้
4. แบบจำลองข้างต้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแม่น้ำสายสำคัญอื่นๆได้ เช่น แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน

### 1.6 ขั้นตอนการศึกษา

ตารางที่ 1.2 ระยะเวลาการศึกษาและการดำเนินงาน

การดำเนินการ	ระยะเวลาในการดำเนินการ									
	ปี 2561					ปี 2562				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาข้อมูลและเอกสารอ้างอิง										
2. กำหนดตัวแบบสถานะเสถียร										
3. นำวิธีเชิงตัวเลขที่เหมาะสมมาประมาณผลเฉลยของตัวแบบ										
4. เขียนโปรแกรมคำนวณ โดยใช้โปรแกรม MATLAB										
5. นำเสนอในรูปแบบตารางผลเฉลยและกราฟเปรียบเทียบ										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

## บทที่ 2 พื้นที่ศึกษา

### 2.1 สภาพภูมิประเทศ

แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายใหญ่ที่สุดในประเทศไทย มีความยาว 372 กิโลเมตร มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 178,000 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ประเทศไทย เกิดจากแม่น้ำทางภาคเหนือ 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำปิง แม่น้ำวัง แม่น้ำยม และแม่น้ำน่าน ซึ่งต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาทางภาคเหนือ แล้วไหลผ่านที่ราบภาคกลางเกิดการรวมตัวกันของแม่น้ำสายหลัก 2 สาย คือ แม่น้ำปิงและแม่น้ำน่าน ลงมาบรรจบกันที่บริเวณตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ จากนั้นไหลลงใต้ทางทิศใต้ ผ่านจังหวัดอุทัยธานี โดยมีแนวลำน้ำไหลผ่านจังหวัดชัยนาท แล้วแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนหนึ่งจะผ่านเขื่อนเจ้าพระยา จังหวัดชัยนาท ไหลผ่านจังหวัดสิงห์บุรี ลพบุรี มารวมกับแม่น้ำป่าสักที่บริเวณป้อมเพชร จังหวัดอยุธยา (กม. 153 จากจังหวัดสมุทรปราการ) จากนั้นจึงไหลผ่านจังหวัดนนทบุรี กรุงเทพมหานคร และออกอ่าวไทยที่ปากน้ำ ซึ่งอยู่ระหว่างเขตตำบลท้ายบ้าน ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ และตำบลแหลมฟ้าผ่า อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ ดังรูปที่ 1-1 บริเวณตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยาได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลที่อ่าวไทย ประกอบกับปริมาณน้ำที่ปล่อยออกมาจากเขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนภูมิพล และเขื่อนกักลมมีปริมาณน้อยในฤดูแล้ง จึงทำให้เกิดการแพร่ของน้ำเค็มเข้ามาในแม่น้ำ ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะมีลักษณะค่อนข้างเรียบ กล่าวคือความลาดชันของระดับน้ำจากอำเภอบางไทรถึงกรุงเทพมหานคร ประมาณ 5 ถึง 6 เซนติเมตรต่อกิโลเมตร และจากกรุงเทพมหานครถึงสมุทรปราการ จะมีความลาดชันน้อยมาก คือประมาณ 2 ถึง 3 เซนติเมตรต่อกิโลเมตร มีความลึกโดยเฉลี่ยประมาณ 13 เมตร เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง มีความกว้างตั้งแต่ 180 เมตร ถึง 731 เมตร มีการไหลจากนครสวรรค์เฉลี่ย 718 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (25,356 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) และการไหลเฉลี่ยสูงสุด 5,960 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (210,475 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที)

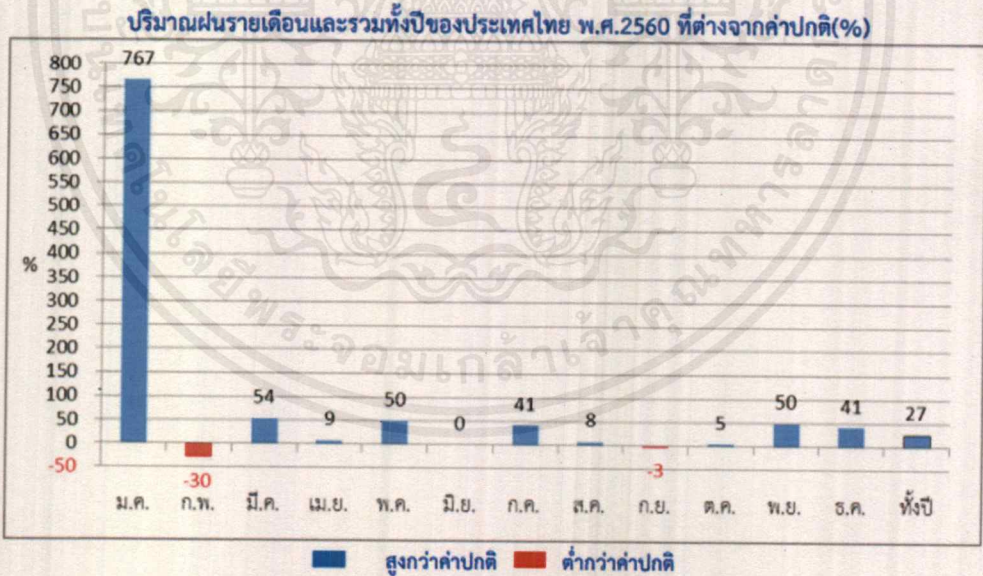
ซึ่งเราจะศึกษาบริเวณตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยา ที่มีจุดวัดปริมาณความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา 6 สถานี ได้แก่ สถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้ จังหวัดสมุทรปราการ สถานีคลองลัดโพธิ์ จังหวัดสมุทรปราการ สถานีสะพานพุทธยอดฟ้า จังหวัดกรุงเทพมหานคร สถานีสะพานพระนั่งเกล้า (วัดไทรมาเหนือ) จังหวัดนนทบุรี สถานีวัดมะขาม จังหวัดปทุมธานี และสถานีสูบน้ำสำแล จังหวัดปทุมธานี ลำน้ำส่วนนี้มีสภาพคดเคี้ยว มีความยาวประมาณ 84 กิโลเมตร โดยระยะห่างของสถานีจากสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้ถึงสถานีคลองลัดโพธิ์ ประมาณ 23 กิโลเมตร สถานีคลองลัดโพธิ์ถึงสถานีสะพานพุทธยอดฟ้า ประมาณ 15 กิโลเมตร สถานีสะพานพุทธยอดฟ้าถึงสถานีสะพานพระนั่งเกล้า (วัดไทรมาเหนือ) ประมาณ 14 กิโลเมตร สถานีสะพานพระนั่งเกล้า (วัดไทรมาเหนือ) ถึงสถานีวัดมะขาม ประมาณ 27 กิโลเมตร และ สถานีวัดมะขามถึงสถานีสูบน้ำสำแล ประมาณ 5 กิโลเมตร ซึ่งมีความกว้างโดยเฉลี่ย 0.5 กิโลเมตร [1]

## 2.2 สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณที่ศึกษาส่วนใหญ่จะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม พายุดีเปรสชันและไต้ฝุ่น โดยจะมี 3 ฤดูในหนึ่งปี คือ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน ดังต่อไปนี้

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมเมื่อมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยและร่องความกดอากาศต่ำ พาดผ่านประเทศไทยทำให้มีฝนชุกทั่วไป ร่องความกดอากาศต่ำนี้ปกติจะพาดผ่านภาคใต้ในเดือนพฤษภาคม แล้วจึงเลื่อนขึ้นไปทางเหนือ ตามลำดับ จนถึงช่วงประมาณปลายเดือน มิถุนายนจะพาดผ่านอยู่บริเวณประเทศจีนตอนใต้ ทำให้ฝนในประเทศไทยลดลงระยะหนึ่งและเรียกว่าเป็นช่วงฝนทิ้ง ซึ่งอาจนานประมาณ 1 - 2 สัปดาห์หรือบางปีอาจเกิดขึ้นรุนแรงและมีฝนน้อย นานนับเดือน ในเดือนกรกฎาคมปกติร่องความกดอากาศต่ำจะเลื่อนกลับลงมาทางใต้พัดผ่านบริเวณ ประเทศไทยอีกครั้งทำให้มีฝนชุกต่อเนื่อง จนกระทั่งมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดเข้ามาปกคลุม ประเทศไทยแทนที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ประมาณกลางเดือนตุลาคม ประเทศไทยตอนบนจะเริ่มมี อากาศเย็นและฝนลดลง โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เว้นแต่ภาคใต้ยังคงมีฝน ชุกต่อไปจนถึงเดือนธันวาคมและมักมีฝนหนักถึงหนักมากจนก่อให้เกิดอุทกภัย โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่ง ตะวันออกซึ่งจะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตก อย่างไรก็ตามการเริ่มต้นฤดูฝนอาจจะช้าหรือ เร็วกว่ากำหนดได้ประมาณ 1 - 2 สัปดาห์

สำหรับในปี 2560 ในเดือนกุมภาพันธ์จะมีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าค่าปกติ -30% ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ปริมาณฝนรายเดือนและรวมทั้งปีของประเทศไทย พ.ศ.2560

ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยตั้งแต่กลางเดือนตุลาคม ในช่วงกลางเดือนตุลาคมนานราว 1-2 สัปดาห์

เป็นช่วงเปลี่ยนฤดูจาก ฤดูฝนเป็นฤดูหนาว อากาศแปรปรวน ไม่แน่นอน อาจเริ่มมีอากาศเย็นหรืออาจยังมีฝนฟ้าคะนอง โดยเฉพาะบริเวณ ภาคกลางตอนล่างและภาคตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งจะหมดฝนและเริ่มมีอากาศเย็นช้ากว่าภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนจากมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือเป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และเป็นระยะที่ขั้วโลกเหนือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะเดือน เมษายนบริเวณประเทศไทยมีดวงอาทิตย์อยู่เกือบตรงศีรษะในเวลาเที่ยงวัน ทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เต็มที่ สภาวะอากาศจึงร้อนอบอ้าวทั่วไป ในฤดูนี้แม้ว่าโดยทั่วไปจะมีอากาศร้อนและแห้งแล้ง แต่บางครั้งอาจมี มวลอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาปกคลุมถึงประเทศไทยตอนบน ทำให้เกิดการปะทะกันของมวลอากาศเย็นกับ มวลอากาศร้อนที่ปกคลุมอยู่เหนือประเทศไทยซึ่งก่อให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองและลมกระโชกแรงหรืออาจมีลูกเห็บตก ก่อให้เกิดความเสียหายได้พายุฝนฟ้าคะนองที่เกิดขึ้นในฤดูนี้มักเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า พายุฤดูร้อน [4]

### 2.3 ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การผันแปรของปริมาณฝน ซึ่งเป็นสภาพที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติไม่สามารถเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขได้จากสภาพการผันแปรของปริมาณฝนดังกล่าวนี้ ส่งผลให้เกิดภาวะภัยแล้งในช่วงที่ฝนทิ้งช่วง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งน้ำหรือแม้แต่ในพื้นที่อยู่ติดลำน้ำสาขา หากฝนทิ้งช่วงติดต่อกันเป็นเวลานานก็จะเกิดการขาดแคลนน้ำได้ ส่วนในช่วงที่ฝนตกหนักในช่วงสั้นๆ ก็ก่อให้เกิดปริมาณน้ำจำนวนมากไหลหลากมาตามลำน้ำเข้าท่วมพื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่เกษตรกรรม สภาพความผันแปรของปริมาณฝนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเริ่มปรากฏให้เห็นชัดเจนขึ้นในภาพรวมการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนเฉลี่ยต่อปี การเปลี่ยนแปลงด้านการกระจายตัวของปริมาณฝนรายเดือนซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเกษตร ฝนตกติดต่อกันหลายเดือน และการระบายน้ำฝนมากกว่าปกติในช่วงฤดูฝนกรณีปกติ จากข้อมูลปริมาณของกรมอุตุนิยมวิทยาในปี พ.ศ. 2549-2553 เทียบกับค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยในรอบ 30 ปี (ช่วงปี 2514-2543) พบว่ามีการกระจายตัวของฝนเปลี่ยนแปลงจากค่าเฉลี่ยในรอบ 30 ปีเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

## 2.4 คุณภาพน้ำ

### 2.4.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำ

#### ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ

มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ		
ปริมาณออกซิเจนละลาย(DO)	เกณฑ์คุณภาพน้ำ	การใช้ประโยชน์
6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ขึ้นไป	ดี (ประเภท 2)	การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำ กีฬาทางน้ำ การอุปโภคและบริโภค โดยต้องทำการฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน
ระหว่าง 4.0 - 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	พอใช้ (ประเภท 3)	การเกษตร การอุปโภคและบริโภค โดยต้องทำการฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน
ระหว่าง 2.0 - 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	เสื่อมโทรม (ประเภท 4)	การอุตสาหกรรม การอุปโภคและบริโภค โดยต้องทำการฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน
ต่ำกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	เสื่อมโทรมมาก (ประเภท 5)	การคมนาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา

บริเวณ	มาตรฐานแหล่งน้ำ	DO	BOD	FCB	หมายเหตุ
เจ้าพระยาตอนบน	ประเภทที่ 2	> 6.0 mg/L	< 1.5 mg/L	< 1,000 หน่วย	จากจุดเริ่มต้นแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดนครสวรรค์ ถึงป้อมเพชร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา รวมระยะทาง 23 กิโลเมตร (กิโลเมตรที่ 379 ถึง 142)
เจ้าพระยาตอนกลาง	ประเภทที่ 3	> 4.0 mg/L	< 2.0 mg/L	< 20,000 หน่วย	จากป้อมเพชร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ถึงศาลากลาง จังหวัดนนทบุรี (หลังเก่า) รวมระยะทาง 80 กิโลเมตร (กิโลเมตรที่ 142 ถึง 62)
เจ้าพระยาตอนล่าง	ประเภทที่ 3	> 2.0 mg/L	< 4.0 mg/L	-	จากศาลากลางจังหวัดนนทบุรี (หลังเก่า) ถึงองค์พระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ รวมระยะทาง 55 กิโลเมตร (กิโลเมตรที่ 62 ถึง 7)

#### 2.4.2 สถานการณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา

กรมควบคุมมลพิษ โดยกองจัดการคุณภาพน้ำ ร่วมกับสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 1-16 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีการติดตามตรวจวัดคุณภาพน้ำทุกๆ 3 เดือน โดยมีสถานีตรวจวัดทั้งสิ้น 18 สถานี ซึ่งผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในปี 2549 ดังนี้

##### 1. เจ้าพระยาตอนบน

ช่วงตั้งแต่ป้อมเพชร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ถึงจุดเริ่มต้นแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดนครสวรรค์ กำหนดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 2 โดยมีดัชนีคุณภาพน้ำตามมาตรฐานดังนี้

- 1) ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ไม่ต่ำกว่า 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 2) ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี (BOD) ไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 3) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ไม่เกิน 5,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร
- 4) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์ม ไม่เกิน 1,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร

ปัจจุบันแม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน มีคุณภาพน้ำโดยรวมไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 หรือเกณฑ์ดี แต่มีคุณภาพน้ำลดต่ำลงไปอยู่ในเกณฑ์พอใช้ โดยปัญหาคุณภาพน้ำ ได้แก่ การปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์ม

## 2. เจ้าพระยาตอนกลาง

ช่วงตั้งแต่ป้อมเพชร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ถึงศาลากลางจังหวัดนนทบุรี (หลังเก่า) รวมระยะทาง 80 กิโลเมตร กำหนดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3 โดยมีดัชนีคุณภาพน้ำตามมาตรฐานดังนี้

- 1) ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ไม่ต่ำกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 2) ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี (BOD) ไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 3) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ไม่เกิน 20,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร
- 4) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (FCB) ไม่เกิน 4,000 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร

ปัจจุบันแม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลาง มีคุณภาพน้ำโดยรวมอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ซึ่งได้ตามเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนด แต่มีบางช่วงที่คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม ปัญหาคุณภาพน้ำ ได้แก่ การปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม

## 3. เจ้าพระยาตอนล่าง

ตั้งแต่วัดพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ ถึงศาลากลางจังหวัดนนทบุรี (หลังเก่า) รวมระยะทาง 55 กิโลเมตร เป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 4 โดยมีดัชนีคุณภาพน้ำตามมาตรฐานดังนี้

- 1) ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ไม่ต่ำกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 2) ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี (BOD) ไม่เกิน 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปัจจุบันแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง มีคุณภาพน้ำโดยรวมอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม ปัญหาคุณภาพน้ำ ได้แก่ การปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มสูง [5]

### 2.5 ปัญหาการรุกรานน้ำเค็ม

อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำเป็นตัวแปรที่สำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อการรุกรานของน้ำเค็ม ถ้าการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลที่ปากแม่น้ำมีความรุนแรงมาก ปริมาณน้ำเค็มก็จะถูกดันเข้าไปในแม่น้ำได้มาก การรุกรานของน้ำเค็มจะมีมาก และในทางกลับกันถ้าการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลที่ปากแม่น้ำมีความรุนแรงน้อย การรุกรานของน้ำเค็มจะมีน้อย ซึ่งจะไม่อธิบายในบทความนี้ แต่จะศึกษาจากข่าวสารเกี่ยวกับปัญหาการรุกรานน้ำเค็ม ดังต่อไปนี้

จากกรณีที่เกิดปัญหาน้ำประปาเค็มในพื้นที่หลายส่วนของกรุงเทพมหานครเมื่อ วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2557 นายสง่า ดามาพงษ์ อนุนายกสมาคมโภชนาการแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ กล่าวว่า ปัญหาดังกล่าวไม่น่าจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำประปามีมาตรฐาน แต่หากมีรสเค็มมากเกินไปจนเหมือนกินน้ำเกลือก็อาจทำให้ร่างกายได้โซเดียมคลอไรด์ แต่เฉพาะกรณีที่ดื่มน้ำประปาในปริมาณมาก ๆ ทุกวัน ด้าน นายธนศักดิ์ วัฒนฐานะ ผู้ว่าการการประปานครหลวง เผยว่า ปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้นในพื้นที่กรุงเทพฯ เขตพระนครทั้งหมด รวมถึงปลายน้ำสมุทรปราการ ส่วนฝั่งธนบุรีนั้นไม่มีแน่ ส่วนวิธีการแก้ั้น เบื้องต้น ตนได้ประสานไปยังกรมชลฯ ให้ดึงน้ำจากทางตะวันตกเข้ามาเติมเพื่อลดความเค็มแล้ว

จากที่เคยเค็มสูงสุดอยู่ที่ 1,800 มก./ลิตร จากค่ามาตรฐานที่ 250 มก./ลิตร พร้อมกันนี้ ทางกรมชลฯ ได้ระบายน้ำในเขื่อนมาช่วย



รูปที่ 2.2 ผู้ว่าการการประปาแจงเหตุ น้ำประปาเค็ม

ทั้งนี้ สำหรับสาเหตุที่น้ำประปาเค็มนั้น นายวิสุทธิ นพคุณทอง รองผู้ว่าการประปานครหลวง ฝ่ายผลิตและส่งน้ำในฐานะประธานกรรมการศูนย์อำนวยการเพื่อแก้ไขปัญหาวิกฤตการณ์น้ำและคุณภาพน้ำ ระบุว่า เป็นผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้งในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ประกอบกับปรากฏการณ์น้ำทะเลยกตัวสูงที่มาเร็วกว่าทุกปี ส่งผลให้มีน้ำทะเลหนุนเข้าแม่น้ำเจ้าพระยามาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อการผลิตน้ำประปาในฝั่งตะวันออกที่ใช้น้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยา เรียกได้ว่า เป็นสถานการณ์ที่ไม่เคยเจอมาก่อนในรอบ 100 ปี ที่เคยพบสูงสุดเมื่อปี 2553 ก็น้อยกว่านี้มาก [6]

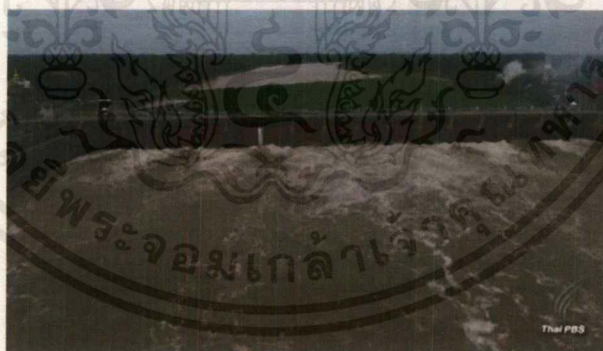


รูปที่ 2.3 สถานีสูบน้ำดิบสำแล จ.ปทุมธานี

การประปานครหลวง (กปน.) เตือนให้ชาวกรุงเทพมหานครสำรองน้ำดื่มไว้ล่วงหน้า ซึ่งมีแนวโน้มว่าน้ำประปามีค่าความเค็มเพิ่มขึ้น หลังจากเมื่อวานนี้ (18 มิ.ย.2558) ต้องหยุดสูบน้ำดิบเมื่อค่าความเค็มสูงขึ้นเป็นช่วงๆ เมื่อวันที่ 18 มิ.ย.2558 ค่าความเค็มน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณสถานีสูบน้ำดิบสำแล จ.ปทุมธานี วัดได้สูงสุดถึง 0.43 กรัมต่อลิตร ซึ่งสูงที่สุดในรอบปี ทั้งที่ค่าความเค็มไม่ควรเกิน 0.25 กรัมต่อลิตร ทำให้การประปานครหลวงต้องหยุดสูบน้ำในช่วงเวลานี้ และช่วงเช้า

วันที่ 19 มิ.ย.2558 ค่าความเค็มยังเกินมาตรฐานที่ 0.32 กรัมต่อลิตร จึงต้องหยุดสูบน้ำดิบเพื่อรอเวลาให้ค่าความเค็มลดลง โดยขณะนี้สามารถสูบน้ำดิบมาผลิตน้ำประปาได้ตามปกติแล้ว แต่การประปานครหลวงยังคงเตือนว่าถ้าภายใน 30 วันนี้ ยังไม่มีฝนตกมาช่วยเติมน้ำในเขื่อนและเจือจางความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา อาจทำให้น้ำประปามีรสกร่อย [7]

วันที่ 18 ก.ค. 2558 การประปานครหลวง(กปน.) ได้ออกประกาศแจ้งว่า ช่วงเวลาจากนี้ไป น้ำประปาภายในบ้านอาจมีรสชาติเปลี่ยนไปจากเดิมบ้างในพื้นที่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา 11 จุด ประกอบด้วย สำนักงานประปาสาขาสุขุมวิท พระโขนง สมุทรปราการ แม้นศรี ท่งมหาเมฆ ลาดพร้าว พญาไท มินบุรี สุวรรณภูมิ ประชาชื่น และบางเขน สำหรับเหตุการณ์น้ำประปาเค็ม มีสาเหตุมาจากน้ำทะเลหนุนสูงกว่าปกติ ส่งผลให้น้ำทะเลหนุนขึ้นมาถึงจุดรับน้ำดิบของ กปน. บริเวณสถานีสูบน้ำดิบสำแล อ.เมือง จ.ปทุมธานี โดยพบค่าความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาเริ่มขยับสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 11 ก.ค. 2558 ทั้งนี้ กปน. ได้หลีกเลี่ยงการสูบน้ำดิบในช่วงเวลาดังกล่าวมาผลิตน้ำประปาแล้ว แต่เนื่องจากภาวะน้ำทะเลหนุนครั้งนี้สูงต่อเนื่องหลายวัน จึงจำเป็นต้องสูบน้ำดิบที่มีลิ้มความเค็มดังกล่าวมาผลิตน้ำประปาด้วย จึงอาจส่งผลให้น้ำประปาในช่วงนี้มีรสชาติเปลี่ยนไปจากเดิมบ้างในบางช่วงเวลา โดยเฉพาะช่วงน้ำขึ้น แต่คุณภาพน้ำประปาในด้านอื่นๆ ยังได้มาตรฐานองค์การอนามัยโลกทุกประการ และสามารถดื่มได้อย่างปลอดภัย นายธนศักดิ์ วัฒนฐานะ ผู้ว่าการ กปน. เปิดเผยว่าการเฝ้าระวัง 11 จุดเสี่ยงที่น้ำประปาเค็มเนื่องจากผลกระทบจากน้ำทะเลหนุนสูงส่งผลให้การผลิตน้ำประปาอาจได้รับผลกระทบจากน้ำเค็มในบางช่วงเป็นเรื่องที่เจ้าหน้าที่ กปน.อยู่ระหว่างการแก้ไข และต้องยอมรับว่าน้ำดิบที่มี อยู่ขณะนี้ปริมาณน้อยมาก การผลักดันน้ำเค็มอาจเกิดความยากลำบาก ซึ่ง กปน.พยายามเร่งแก้ไขและหาแหล่งน้ำจากจุดอื่นเข้ามาช่วยผลักดันน้ำทะเลด้วย [8]



รูปที่ 2.4 กรมชลประทานระบายน้ำต้นพันเจ้าพระยา

เมื่อวันที่ 13 ก.พ. 2560 นายทองเปลว กองจันทร์ รองอธิบดีกรมชลประทาน เปิดเผยว่า จากการติดตามสถานการณ์น้ำทะเลหนุนสูงในแม่น้ำเจ้าพระยาภายหลังจากได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดปกคลุมอ่าวไทยและภาคใต้มีกำลังแรงขึ้นทำให้บริเวณดังกล่าวมีคลื่นลมแรงหรือ สตอร์ม เซิร์จ (Storm surge) ส่งผลให้น้ำทะเลยกตัวสูงขึ้นกว่าที่คาดหมายไว้ถึง 30-40

เซนติเมตร ทำให้ความเค็มรุกล้ำเข้าไปในแม่น้ำเจ้าพระยาจนถึงจุดเฝ้าระวังบริเวณสถานีสูบน้ำดิบสำแล ต.สำแล อ.เมือง จ.ปทุมธานี วัดค่าความเค็มได้ 0.50 กรัมต่อลิตร (น้ำที่ใช้ในการผลิตประปามีค่าความเค็มได้ไม่เกิน 0.50 กรัมต่อลิตร) ยังไม่ส่งผลกระทบต่อน้ำดิบผลิตประปามากนัก เนื่องจากการประปานครหลวง จะสูบน้ำไปสำรองไว้เมื่อค่าความเค็มต่ำกว่า 0.50 กรัมต่อลิตร และหยุดสูบน้ำเมื่อความเค็มขึ้นสูงเกินมาตรฐาน ทั้งนี้ เพื่อป้องกันความเค็มไม่ให้รุกล้ำเข้าไปบริเวณจุดเฝ้าระวังสถานีสูบน้ำดิบสำแลมากกว่านี้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการผลิตน้ำประปาได้ กรมชลประทาน ได้เพิ่มการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาเพิ่มขึ้นจาก 70 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เป็น 75 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที พร้อมกับเพิ่มการระบายน้ำผ่านเขื่อนพระรามหกจาก 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เป็น 45 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ส่งผลให้ค่าความเค็มบริเวณปากคลองสำแลไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานในการผลิตน้ำประปา นอกจากนี้ ยังใช้ประตูระบายน้ำคลองลัดโพธิ์ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ในการผลักดันน้ำเค็ม โดยในช่วงที่น้ำทะเลลงจะยกบานประตูระบายน้ำขึ้น เพื่อให้น้ำไหลออกสู่ทะเลได้เร็วขึ้น และเมื่อน้ำทะเลสูงขึ้นจะปิดประตูระบายน้ำ ช่วยหน่วงน้ำทะเลที่รุกล้ำเข้ามาให้ช้าลงจนถึงขณะนี้สถานการณ์ความเค็มเริ่มดีขึ้นแล้ว โดยข้อมูลจากกรมชลประทาน (14 ก.พ. 2560) ตรวจวัดค่าความเค็ม แม่น้ำเจ้าพระยาที่กรมชลประทาน สามเสน 4.10 ทำน่านนทบุรี 1.84 (มาตรฐานเพื่อการเกษตร ไม่เกิน 2.00 กรัมต่อลิตร) สถานีสูบน้ำสำแล 0.18 (มาตรฐานเพื่อการผลิตน้ำประปาไม่เกิน 0.50 กรัมต่อลิตร) [9]

เมื่อวันที่ 1 มี.ค. 2560 จากวิกฤตการณ์น้ำเค็มที่เกิดจากน้ำทะเลหนุนเข้ามาปะปนกับน้ำจืดในแม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้เกษตรกรผู้ใช้น้ำในการทำเกษตรกรรมในหลายจังหวัดที่อยู่ใกล้ปากอ่าว เริ่มพบเจอผลกระทบที่เกิดกับพืชผลการเกษตร ทำให้ชาวนาที่ปลูกข้าวนาปรังในจังหวัดปทุมธานี ที่เพิ่งเริ่มปลูกข้าวไปเมื่อประมาณปลายปีที่แล้ว จนถึงตอนนี้ข้าวเริ่มออกรวงแล้ว ก็วันจะได้รับผลกระทบจากภัยน้ำเค็มชาวนาในพื้นที่หมู่ 1 ต.บางคูวัด อ.เมือง จ.ปทุมธานี ได้ลงนำเครื่องวัดค่าความเค็มที่ซื้อเก็บไว้มาวัดค่าความเค็มในน้ำ ระหว่างน้ำประปา กับน้ำในคลองที่เขาใช้ในการทำเกษตรกรรมเปรียบเทียบให้ทีมข่าวดู ซึ่งน้ำประปาพบค่าความเค็มอยู่ที่ 230 PPM ถือเป็นค่าปกติ ขณะที่น้ำในคลองมีความเค็มเจือปนอยู่ที่ 600 PPM ขึ้นไป ทำให้ชาวนาในพื้นที่รู้สึกเป็นห่วงกับสถานการณ์นี้ที่มากกว่ากำหนด เพราะได้มีการประมาณการว่าน้ำเค็มน่าจะเกิดขึ้นในช่วงเดือนมีนาคม แต่ปีนี้กลับเกิดขึ้นตั้งแต่ต้นเดือนกุมภาพันธ์ ทำให้ข้าวที่กำลังออกรวง และกำลังจะเก็บเกี่ยวในอีก 1 เดือนข้างหน้าอยู่ในสภาวะน่าเป็นห่วง ทำให้ชาวนาต้องเฝ้าสังเกตการณ์รายวัน สำหรับปัญหานี้ ปีที่ผ่านมาชาวนาก็ประสบกับปัญหานี้มาแล้วครั้งหนึ่ง เนื่องจากภัยแล้ง ทำให้ปลูกข้าวได้ครั้งเดียว มาปีนี้ที่หวังว่าจะปลูกข้าวนาปรังได้ ก็กลับเจอวิกฤตน้ำเค็มมาเร็วอีก ชาวนาบางรายบอกกับทีมข่าวว่า ตนไม่รู้ว่าน้ำเค็มมาถึงที่นี่แล้ว เพราะไม่ทราบสถานการณ์นี้เลย และไม่รู้จักรับฟังข่าวสารจากที่ใด โดยหากข้าวได้รับน้ำเค็ม ผลผลิตก็จะได้รับความเสียหาย เนื่องจากเมล็ดข้าวจะลีบไม่มีน้ำหนัก หรือบางครั้งก็อาจจะยืนต้นตาย ทั้งนี้ ชาวนาต่างตั้งข้อสงสัย เหตุใดน้ำจึงไม่พอ ทั้งที่ก่อนหน้านี้มีฝนมาก จนเกิดน้ำท่วม ในขณะที่เกิดสถานการณ์น้ำเค็ม ทางโครงการชลประทานจังหวัด

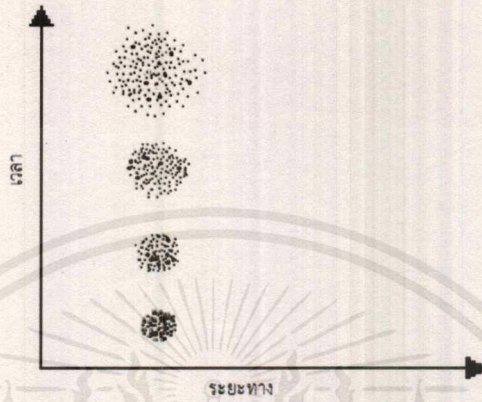
ปทุมธานี ได้ปิดประตูระบายน้ำ เพื่อไม่ให้น้ำเค็มหนุนเข้ามาเพิ่ม แต่เมื่อปิดบางจุดก็ทำให้เกิดปัญหา น้ำเน่า จึงอยากให้ประชาชนบางส่วนเข้าใจ โดยในพื้นที่ 7 อำเภอในจังหวัดปทุมธานีต่างได้รับผลกระทบจากน้ำเค็มแทบทุกจุด ซึ่งสาเหตุที่น้ำเค็มมาเร็วกว่าทุกปีเกิดจากลมพัดสอบที่ปากอ่าว ทำให้น้ำเค็มขึ้นสูงและเร็ว โครงการชลประทานจังหวัดปทุมธานียังคงรับมือกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อยู่ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ผลิตน้ำประปาส่งให้ประชาชนในกรุงเทพมหานครได้ใช้ โดยจะควบคุมค่าความเค็มของน้ำไม่ให้เกิน 0.5 กรัมต่อลิตร สถานการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นเป็นเวลานานกว่า 2 ปี ได้ทำให้ปริมาณน้ำลดลงไปอย่างมาก แม้ในช่วงปลายปีและต้นปีที่ผ่านมาปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มมากขึ้น แต่ก็มีน้ำเค็มเต็มอยู่ในอ่างเพียงแค่ 8,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ทั้งที่ในความเป็นจริงจำเป็นต้องมีน้ำอยู่ในอ่างที่ประมาณ 10,000 ล้านลูกบาศก์เมตรขึ้นไป จึงเป็นเหตุผลที่ชลประทานต้องให้ชวานางดทำนาปรัง [10]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2) การแพร่ (Diffusion) เป็นการเคลื่อนไหวของโมเลกุลของสารละลายที่มีความเข้มข้นมากกว่าไปสู่สารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า การเคลื่อนที่นี้เป็นไปในลักษณะทุกทิศทุกทาง โดยไม่มีทิศทางที่แน่นอนผลจากการเคลื่อนที่นี้จะทำให้ความเข้มข้นของโมเลกุลของสารในภาชนะที่มีเนื้อที่จำกัดนั้นมีความเข้มข้นเท่ากันหมด โดยกระบวนการที่เกิดขึ้น ไม่ต้องอาศัยกระบวนการพา



รูปที่ 3.2 ลักษณะของการแพร่ (diffusion)

การแพร่เกิดจากพลังงานจลน์ (Kinetic energy) ของโมเลกุลหรือไอออนของสาร ทำให้เกิดการเคลื่อนที่และกระทบกระทั่งหรือชนกันโดยบังเอิญเป็นผลให้เกิดการกระจายในทุกทิศทุกทาง บริเวณที่มีความเข้มข้นของโมเลกุลหรือไอออนน้อยกว่า จนทำให้ทุกบริเวณมีความเข้มข้นของโมเลกุลหรือไอออนเท่ากัน จึงเรียกว่า ภาวะสมดุลของการแพร่ (diffusion equilibrium) ในภาวะเช่นนี้สารต่าง ๆ ก็ยังมีการเคลื่อนที่อยู่แต่อยู่ในลักษณะที่ไปและมาหรือออกเข้าในจำนวนที่เท่าๆกัน

การแพร่ของความเค็มในบริเวณปากน้ำจึงเป็นกระบวนการพาและการแพร่ร่วมกัน[11], [12]

### 3.1.2 สมการการพา-การแพร่ของน้ำเค็มในแม่น้ำ

ในแม่น้ำตามธรรมชาติและบริเวณปากแม่น้ำจะมีการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งเป็นแบบ Unsteady state และความเร็วของกระแสน้ำเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งในการศึกษาเพื่อหาปริมาณความเค็ม ในปี 1965 Holley และ Harleman [13] ได้ใช้คุณสมบัติการอนุรักษ์ (conservative property) หาสมการการแพร่ของน้ำเค็มในการไหลแบบปั่นป่วน 1 มิติ ดังนี้

$$A \frac{\partial c}{\partial t} + Q \frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( AD \frac{\partial c}{\partial x} \right) \quad \text{สำหรับทุก } x \in [0, L] \text{ และ } t > 0 \quad (3.1)$$

โดยที่

- $A(x)$  คือ พื้นที่หน้าตัดของแม่น้ำ ( $\text{km}^2$ )
- $Q(x, t)$  คือ อัตราการไหล ( $\text{km}^3/\text{hr}$ )
- $D$  คือ สัมประสิทธิ์ของการแพร่ ( $\text{m}^2/\text{s}$ )
- $c(x, t)$  คือ ปริมาณความเค็ม ( $\text{g/l}$ )
- $x$  คือ ระยะทาง ( $\text{km}$ )
- $t$  คือ เวลา ( $\text{hr}$ )
- $L$  คือ ความยาวของลำน้ำ ( $\text{km}$ )

จากสมการที่ (3.1) สมมติให้ลำน้ำมีพื้นที่หน้าตัดคงที่ตลอดทั้งลำน้ำ  $A(x)$  นำพื้นที่หน้าตัด  $A$  มาหารทั้ง 2 ข้างของสมการที่ (3.1) จะได้

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{Q}{A} \frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ D \frac{\partial c}{\partial x} \right] \quad (3.2)$$

กำหนดให้  $V$  คือ ความเร็วการไหล ( $\text{km/hr}$ ) หาได้จาก

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3.3)$$

โดยที่  $Q$  คือ อัตราการไหล ( $\text{km}^3/\text{hr}$ )

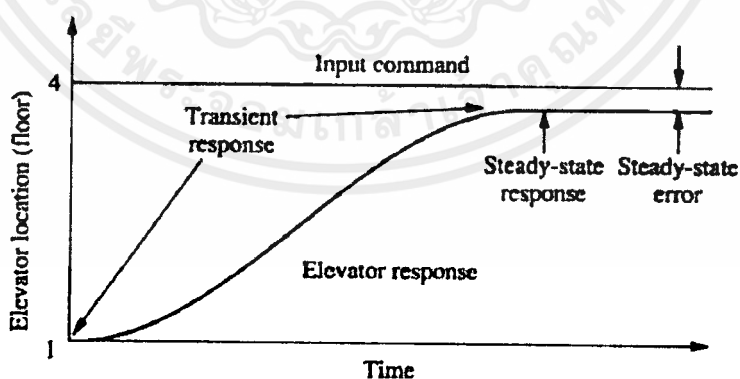
$A$  คือ พื้นที่หน้าตัด ( $\text{km}^2$ )

จากสมการที่ (3.2)

จะได้ว่า

$$\frac{\partial c}{\partial t} + V \frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ D \frac{\partial c}{\partial x} \right] \quad (3.4)$$

เนื่องจาก สมการการพา-การแพร่ของน้ำเค็มในแม่น้ำเป็นแบบ Steady state เมื่อเวลาผ่านไปความเค็มไม่เปลี่ยนแปลง แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 สภาวะคงตัวและไม่คงตัว

กำหนดให้  $T_1$  คือ ช่วงเวลาที่ 1 ( $\text{hr}$ )

$T_2$  คือ ช่วงเวลาที่ 2 ( $\text{hr}$ )

จะได้ว่า 
$$\frac{T_2 - T_1}{\Delta t} = 0 \quad (3.5)$$

กำหนดให้ 
$$\frac{\partial c}{\partial t} = 0 \quad (3.6)$$

และ 
$$c(x, t) = c(x) \quad (3.7)$$

ดังนั้น 
$$V \frac{dc}{dx} = \frac{d}{dx} \left( D \frac{dc}{dx} \right) \quad (3.8)$$

เนื่องจากการเคลื่อนที่หรือการไหลของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา มีความเร็วการไหลเฉลี่ยเป็น  $u_w$  (km/hr) ซึ่งไหลในทิศทางตรงกันข้ามกับการพาของน้ำเค็ม  $u$  (km/hr)

จะได้ 
$$(u - u_w) \frac{dc}{dx} = \frac{d}{dx} \left( D \frac{dc}{dx} \right) \quad (3.9)$$

ดังนั้น 
$$(u - u_w) \frac{dc}{dx} = D \frac{d^2 c}{dx^2} \quad (3.10)$$

โดยที่  $u$  คือ ความเร็วการพาของน้ำเค็ม (km/hr)

$u_w$  คือ ความเร็วการไหลเฉลี่ยของแม่น้ำเจ้าพระยา (km/hr)

$D$  คือ สัมประสิทธิ์การแพร่ ( $m^2/s$ )

### 3.2 ตัวแบบไร้มิติ (Non-Dimensional Model)

จากสมการการพา-การแพร่ (Convection-Diffusion Equation) ที่ (3.8) จะได้รูปไร้มิติ [17] เป็น

$$V \frac{\partial c}{\partial x} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \quad \text{สำหรับทุก } x \in [0, L] \quad (3.11)$$

กำหนดให้ 
$$X = \frac{x}{L}, \quad C = \frac{c}{c_0}, \quad V = u - u_w$$

$$\frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial c_0 C}{\partial X} \cdot \frac{dX}{dx} = \frac{\partial c_0 C}{\partial X} \left( \frac{d \left( \frac{x}{L} \right)}{dx} \right) \quad (3.12)$$

$$= \frac{c_0}{L} \frac{\partial C}{\partial X} \cdot \frac{dx}{dx} \quad (3.13)$$

จะได้ว่า 
$$\frac{\partial c}{\partial x} = \frac{c_0}{L} \frac{\partial C}{\partial X} \quad (3.14)$$

$$\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial c}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{c_0}{L} \frac{\partial C}{\partial X} \right) = \frac{c_0}{L} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial C}{\partial X} \right) \quad (3.15)$$

$$= \frac{c_0}{L} \left( \frac{\partial}{\partial X} \left( \frac{\partial C}{\partial X} \right) \cdot \frac{\partial X}{\partial x} \right) \quad (3.16)$$

$$= \frac{c_0}{L} \left( \frac{\partial^2 C}{\partial X^2} \cdot \frac{1}{L} \right) \quad (3.17)$$

จะได้ว่า 
$$\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = \frac{c_0}{L^2} \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial X^2} \quad (3.18)$$

ดังนั้น 
$$V \frac{\partial c}{\partial x} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \quad (3.19)$$

$$V \frac{c_0}{L} \frac{\partial C}{\partial X} = D \frac{c_0}{L^2} \frac{\partial^2 C}{\partial X^2} \quad (3.20)$$

$$V \frac{\partial C}{\partial X} = \frac{D}{L} \frac{\partial^2 C}{\partial X^2} \quad (3.21)$$

$$\left( u - u_w \right) \frac{dC}{dX} = \frac{D}{L} \frac{d^2 C}{dX^2} \quad \text{สำหรับทุก } X \in [0,1] \quad (3.22)$$

### 3.3 วิธีผลต่างจำกัด (Finite Difference Method)

ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สมการที่เกี่ยวข้องจะอธิบายถึงวิธีผลต่างจำกัด เพื่อหาผลเฉลยโดยประมาณ ดังนี้ [14]

พิจารณาสมการเชิงอนุพันธ์สามัญแบบเชิงเส้นในรูปอันดับสอง

$$y'' + a(x)y' + b(x)y = g(x) \quad (3.23)$$

สำหรับทุก  $x_0 \leq x \leq x_n$  เมื่อ  $x \in [n, m]$

เงื่อนไขขอบ 
$$y(x_0) = y_0 \quad (3.24)$$

และ 
$$y(x_n) = y_n \quad (3.25)$$

เมื่อ  $y_0, y_n$  ทราบค่า

ใช้วิธีผลต่างจากกลาง โดยการประมาณพจน์ของอนุพันธ์ที่ปรากฏในสมการ

$$y(x_i) = y_i \quad (3.26)$$

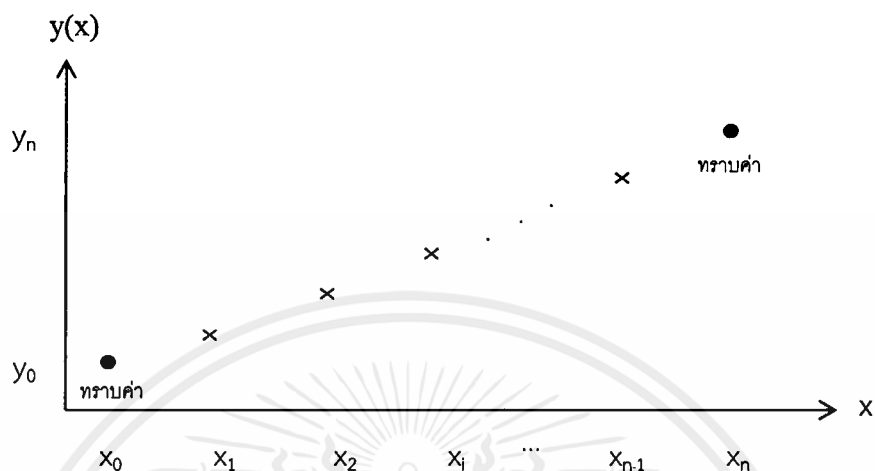
$$y'(x_i) \approx \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2h} \quad (3.27)$$

$$y''(x_i) \approx \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{h^2} \quad (3.28)$$

เมื่อ 
$$h = \frac{m - n}{N} = \frac{x_n - x_0}{N}$$

แบ่งโดเมน  $[x_0, x_n]$  ออกเป็น  $N$  ช่วงย่อย

$$\text{ให้ } h = \frac{x_n - x_0}{N}$$



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงจุดที่ทราบค่าและจุดประมาณผลเฉลย

พิจารณา ณ จุด  $x_i$  โดย  $x_0 \leq x_i \leq x_n$

จะได้ผลเฉลยที่สอดคล้องกับสมการ

$$y'' + a(x)y' + b(x)y = g(x) \quad (3.29)$$

$$y''(x_i) + a(x_i)y'(x_i) + b(x_i)y(x_i) = g(x_i) \quad (3.30)$$

โดย  $y_i'' + a_i y_i' + b_i y_i = g_i \quad (3.31)$

เมื่อ  $y_i = y(x_i), y_i' = y'(x_i), y_i'' = y''(x_i) \quad (3.32)$

$$a_i = a(x_i), b_i = b(x_i), g_i = g(x_i) \quad (3.33)$$

ประมาณค่าพจน์ของอนุพันธ์ในสมการ (3.31) โดยใช้วิธีผลต่างจากกลาง (3.27), (3.28)

$$\left( \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{h^2} \right) + a_i \left( \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2h} \right) + b_i y_i = g_i \quad (3.34)$$

นำ  $h^2$  คูณทั้ง 2 ข้างของสมการที่ (3.34) จะได้

$$y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1} + \frac{1}{2} a_i h (y_{i+1} - y_{i-1}) + h^2 b_i y_i = h^2 g_i \quad (3.35)$$

ดังนั้น สมการผลต่างจำกัดคือ

$$\left( 1 - \frac{1}{2} a_i h \right) y_{i-1} + \left( -2 + h^2 b_i \right) y_i + \left( 1 + \frac{1}{2} a_i h \right) y_{i+1} = h^2 g_i \quad (3.36)$$

สำหรับ  $i = 1, 2, \dots, N-1$

หากเราเลือก  $N$  มากตามความต้องการสามารถขยาย สมการผลต่างจำกัดได้  $N = 10$  หรือมากกว่าระบบสมการ จะอยู่ในรูปแบบของเมทริกซ์แถบ (Banded Matrix) ดังนี้

$$\begin{bmatrix} -2+h^2b_1 & 1+\frac{1}{2}a_1h & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1-\frac{1}{2}a_2h & -2+h^2b_2 & 1+\frac{1}{2}a_2h & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1-\frac{1}{2}a_3h & -2+h^2b_3 & 1+\frac{1}{2}a_3h & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1-\frac{1}{2}a_4h & -2+h^2b_4 & 1+\frac{1}{2}a_4h & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1-\frac{1}{2}a_5h & -2+h^2b_5 & 1+\frac{1}{2}a_5h & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1-\frac{1}{2}a_6h & -2+h^2b_6 & 1+\frac{1}{2}a_6h & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1-\frac{1}{2}a_7h & -2+h^2b_7 & 1+\frac{1}{2}a_7h & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1-\frac{1}{2}a_8h & -2+h^2b_8 & 1+\frac{1}{2}a_8h & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1-\frac{1}{2}a_9h & -2+h^2b_9 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \\ y_7 \\ y_8 \\ y_9 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} h^2g_1 - (1-\frac{1}{2}a_1h)y_0 \\ h^2g_2 \\ h^2g_3 \\ h^2g_4 \\ h^2g_5 \\ h^2g_6 \\ h^2g_7 \\ h^2g_8 \\ h^2g_9 - (1+\frac{1}{2}a_9h)y_{10} \end{bmatrix}$$

### 3.4 ทฤษฎีบทการมีอยู่ของคำตอบเพียงคำตอบเดียว (Existence and uniqueness of solutions)

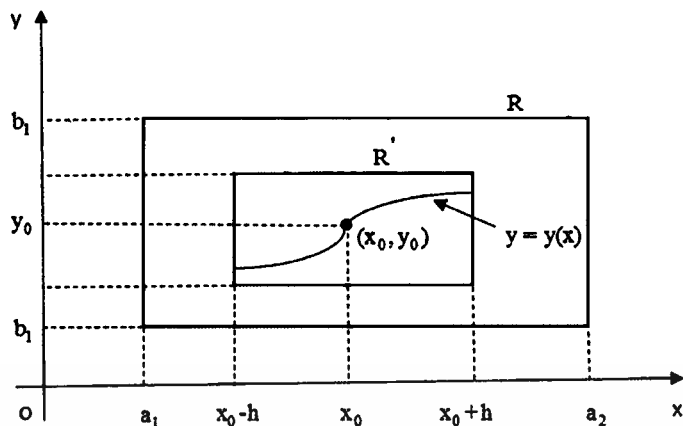
บทนิยาม สมมติว่า  $f(x, y)$  และ  $\frac{\partial f}{\partial y}$  เป็นฟังก์ชันที่มีความต่อเนื่องบนอาณาบริเวณปิดรูป

สี่เหลี่ยมผืนผ้า  $R$  โดย  $a_1 \leq x \leq a_2, b_1 \leq y \leq b_2$  (ตามรูปที่ 3.5) ถ้า  $(x_0, y_0)$  เป็นจุดภายใน

(interior) ของ  $R$  แล้วจะมี  $h > 0$  ซึ่งปัญหาเงื่อนไขค่าเริ่มต้น

$$y' = f(x, y), \quad y(x_0) = y_0 \quad (3.37)$$

มีคำตอบ  $y = y(x)$  เพียงคำตอบเดียวสำหรับทุก  $x$  บนช่วง  $|x - x_0| \leq h$



รูปที่ 3.5 การมีอยู่ของคำตอบเพียงคำตอบเดียว

### 3.5 ตัวอย่าง

#### 3.5.1 ตัวอย่างวิธีผลต่างจำกัด (FDM)

$$\text{BVP: } y'' - 2y' + 3y = 0 \quad ; 0 \leq x \leq 1$$

$$\text{BCs: } y(0) = 1, y(1) = 0.4238$$

$$\text{จะได้ว่า } a(x) = -2, b(x) = 3 \text{ และ } g(x) = 0$$

$$\text{เลือก } N = 4$$

$$\text{จะได้ว่า } h = \frac{x_n - x_0}{N} = \frac{1 - 0}{4} = 0.25$$

พิจารณาสมการที่ (3.36) สำหรับ  $i = 1, 2, 3$  จะได้

$$\begin{aligned} i = 1; \quad & \left(1 - \frac{1}{2}(-2)(0.25)\right)y_0 + (-2 + (0.25)^2(3))y_1 + \left(1 + \frac{1}{2}(-2)(0.25)\right)y_2 = (0.25)^2(0) \\ & -1.8125y_1 + 0.75y_2 = -1.25 \quad (3.38) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i = 2; \quad & \left(1 - \frac{1}{2}(-2)(0.25)\right)y_1 + (-2 + (0.25)^2(3))y_2 + \left(1 + \frac{1}{2}(-2)(0.25)\right)y_3 = (0.25)^2(0) \\ & 1.25y_1 - 1.8125y_2 + 0.75y_3 = 0 \quad (3.39) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i = 3; \quad & \left(1 - \frac{1}{2}(-2)(0.25)\right)y_2 + (-2 + (0.25)^2(3))y_3 + \left(1 + \frac{1}{2}(-2)(0.25)\right)y_4 = (0.25)^2(0) \\ & 1.25y_2 - 1.8125y_3 = -0.3178 \quad (3.40) \end{aligned}$$

เขียนสมการ (3.38), (3.39) และ (3.40) ในรูปของเมทริกซ์  $Ax=b$

$$\begin{bmatrix} -1.8125 & 0.75 & 0 \\ 1.25 & -1.8125 & 0.75 \\ 0 & 1.25 & -1.8125 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.25 \\ 0 \\ -0.3178 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

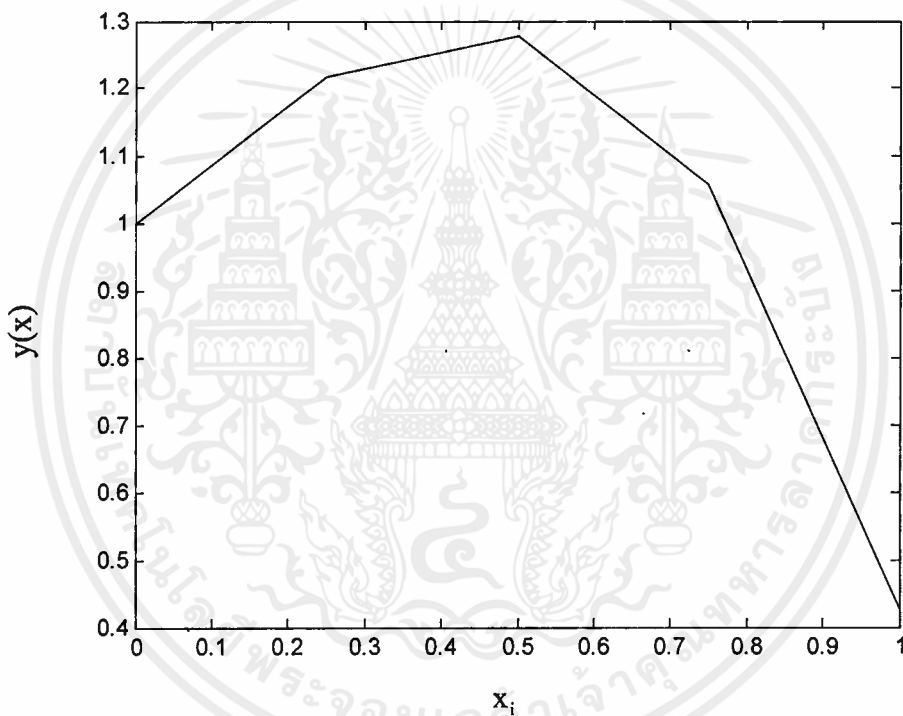
จะได้

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 1.2180 \\ 1.2770 \\ 1.0560 \end{bmatrix}$$

ดังนั้น จะได้สมการผลต่างจำกัด ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าที่ได้ของตัวอย่างวิธีผลต่างจำกัด

$i$	0	1	2	3	4
$x_i$	0	0.25	0.5	0.75	1
$y_i$	1	1.2180	1.2770	1.0560	0.4238



รูปที่ 3.6 ผลเฉลยโดยประมาณโดยวิธีผลต่างจำกัด

### 3.5.2 ตัวอย่างการใช้สมการการแพร่ด้วยวิธีผลต่างจำกัด

$$(u - u_w) \frac{dc}{dx} = D \frac{d^2c}{dx^2} - Q \quad \text{สำหรับทุก } x \in [0,1] \quad (3.41)$$

เงื่อนไข  $c(0) = 1$  และ  $c(1) = 0.1$

เมื่อ  $u = 0.3$ ,  $u_w = 0.05$ ,  $D = 1$  และ  $Q = 0.01$

เลือก  $N = 10$

$$\text{จะได้ } h = \frac{x_n - x_0}{N} = \frac{1 - 0}{10} = 0.1$$

จากสมการที่ (3.41) แทนค่า  $u$ ,  $u_w$ ,  $D$  และ  $Q$  ลงในสมการจะได้

$$(0.25) \frac{dc}{dx} = \frac{d^2c}{dx^2} - 0.01 \quad (3.42)$$

แทนสมการที่ (3.27), (3.28) ลงในสมการที่ (3.42) จะได้

$$(0.25) \frac{c_{i+1} - c_{i-1}}{2h} = \frac{c_{i+1} - 2c_i + c_{i-1}}{h^2} - 0.01 \quad (3.43)$$

แทนค่า  $h = 0.1$  ลงในสมการที่ (3.43) จะได้

$$(0.25) \frac{c_{i+1} - c_{i-1}}{2(0.1)} = \frac{c_{i+1} - 2c_i + c_{i-1}}{(0.1)^2} - 0.01$$

ดังนั้น

$$\frac{c_{i+1} - 2c_i + c_{i-1}}{(0.1)^2} - (1.25)(c_{i+1} - c_{i-1}) = 0.01 \quad (3.44)$$

จะได้

$$(c_{i+1} - 2c_i + c_{i-1}) - (1.25)(0.1)^2(c_{i+1} - c_{i-1}) = 0.01(0.1)^2$$

ดังนั้น

$$(c_{i+1} - 2c_i + c_{i-1}) - (0.0125)(c_{i+1} - c_{i-1}) = 0.0001$$

จะได้

$$1.0125c_{i-1} - 2c_i + 0.9875c_{i+1} = 0.0001 \quad (3.45)$$

พิจารณาสำหรับ  $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$

$i = 1;$

$$\begin{aligned} 1.0125c_0 - 2c_1 + 0.9875c_2 &= 0.0001 \\ 1.0125(1) - 2c_1 + 0.9875c_2 &= 0.0001 \\ -2c_1 + 0.9875c_2 &= -1.0125 \end{aligned} \quad (3.46)$$

$i = 2;$

$$1.0125c_1 - 2c_2 + 0.9875c_3 = 0.0001 \quad (3.47)$$

$i = 3;$

$$1.0125c_2 - 2c_3 + 0.9875c_4 = 0.0001 \quad (3.48)$$

$i = 4;$

$$1.0125c_3 - 2c_4 + 0.9875c_5 = 0.0001 \quad (3.49)$$

$i = 5;$

$$1.0125c_4 - 2c_5 + 0.9875c_6 = 0.0001 \quad (3.50)$$

$i = 6;$

$$1.0125c_5 - 2c_6 + 0.9875c_7 = 0.0001 \quad (3.51)$$

$i = 7;$

$$1.0125c_6 - 2c_7 + 0.9875c_8 = 0.0001 \quad (3.52)$$

$i = 8;$

$$1.0125c_7 - 2c_8 + 0.9875c_9 = 0.0001 \quad (3.53)$$

$i = 9;$

$$\begin{aligned} 1.0125c_8 - 2c_9 + 0.9875c_{10} &= 0.0001 \\ 1.0125c_8 - 2c_9 + 0.9875(0.1) &= 0.0001 \\ 1.0125c_8 - 2c_9 &= -0.09865 \end{aligned} \quad (3.54)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขียนสมการ (3.46), (3.47), (3.48), (3.49), (3.50), (3.51), (3.52), (3.53) และ (3.54)

ในรูปของเมทริกซ์  $Ax=b$

$$\begin{bmatrix} -2 & 0.9875 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.0125 & -2 & 0.9875 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.0125 & -2 & 0.9875 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.0125 & -2 & 0.9875 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0125 & -2 & 0.9875 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0125 & -2 & 0.9875 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0125 & -2 & 0.9875 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0125 & -2 & 0.9875 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0125 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \\ c_8 \\ c_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.0124 \\ 0.0001 \\ 0.0001 \\ 0.0001 \\ 0.0001 \\ 0.0001 \\ 0.0001 \\ 0.0001 \\ -0.09865 \end{bmatrix}$$

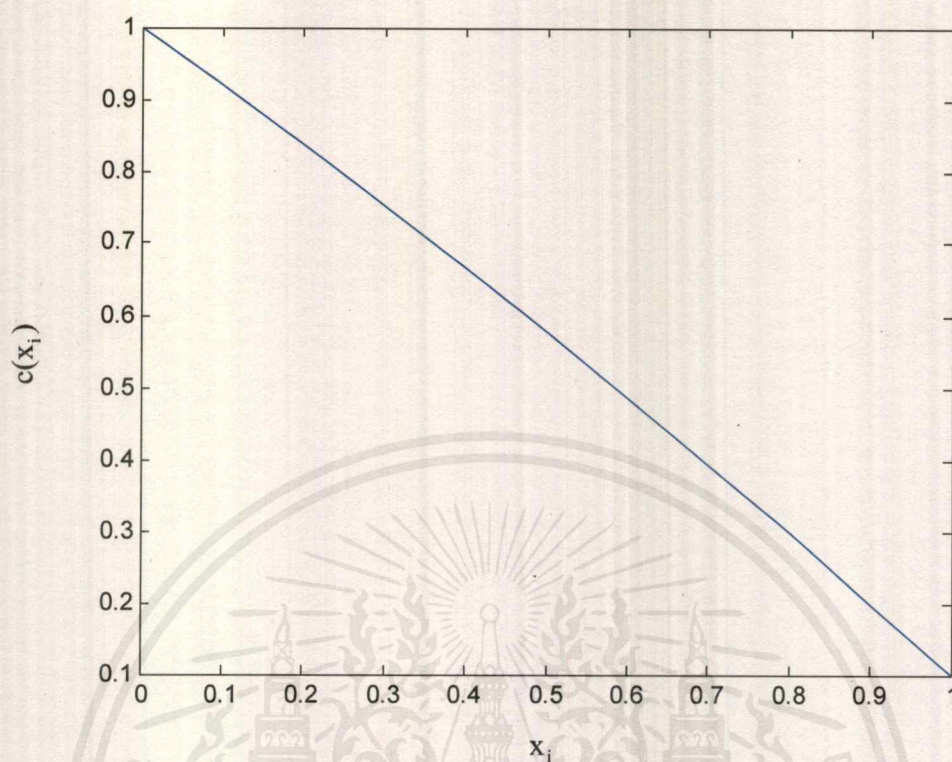
จะได้

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \\ c_8 \\ c_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.9193 \\ 0.8368 \\ 0.7522 \\ 0.6656 \\ 0.5768 \\ 0.4860 \\ 0.3929 \\ 0.2976 \\ 0.2000 \end{bmatrix}$$

ดังนั้น จะได้สมการผลต่างจำกัด ดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าตัวอย่างการใช้สมการการแพร่ด้วยวิธีผลต่างจำกัด

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$x_i$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$c(x_i)$	1	0.919	0.837	0.752	0.666	0.577	0.486	0.393	0.298	0.200	0.100



รูปที่ 3.7 แสดงค่าตัวอย่างการใช้สมการการแพร่ด้วยวิธีผลต่างจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

#### 4.1 การประมาณค่าความเค็มจากข้อมูลของสถานีแรกและสถานีสุดท้าย

การประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของความเค็มนี้ทำเพื่อแสดงถึงแนวโน้มปริมาณความเค็มจากข้อมูลภาคสนาม

พิจารณา ส่วนของแม่น้ำเจ้าพระยาความยาว 84 km จากโรงไฟฟ้าพระนครใต้ซึ่งเป็นสถานีตรวจวัดความเค็มสถานีแรกถึงสถานีสำแลเป็นสถานีตรวจวัดสถานีสุดท้าย กำหนดให้การพาของน้ำเค็มเป็น 0.4 km/hr และการไหลของกระแสน้ำจืดเป็น 0.3 km/hr โดยกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำเค็มเป็น  $58.8 \text{ m}^2/\text{s}$  กำหนดค่าเฉลี่ยความเค็ม 7 วัน ของสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้เป็น  $17.3743 \text{ g/l}$  และสถานีสำแลเป็น  $0.2171 \text{ g/l}$  สามารถกำหนดตัวแบบได้เป็น

$$(u - u_w) \frac{dc}{dx} = D \frac{d^2c}{dx^2} \quad \text{สำหรับทุก } x \in [0,84] \quad (3.10)$$

เงื่อนไขขอบ  $c(0) = 17.3743 \text{ g/l}$  (สถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้)

และ  $c(84) = 0.2171 \text{ g/l}$  (สถานีสำแล)

โดยที่  $u = 0.4 \text{ km/hr}$ ,  $u_w = 0.3 \text{ km/hr}$  และ  $D = 58.8 \text{ m}^2/\text{s}$

กำหนดตัวแบบไร้มิติ (Non-Dimensional Model)

$$V \frac{dC}{dX} = \frac{D}{L} \frac{d^2C}{dX^2} \quad \text{สำหรับทุก } X \in [0,1] \quad (3.21)$$

เมื่อ  $V = u - u_w$  และ  $X = \frac{x}{L}$

$$(u - u_w) \frac{dC}{dX} = \frac{D}{L} \frac{d^2C}{dX^2} \quad \text{สำหรับทุก } X \in [0,1] \quad (3.22)$$

เงื่อนไขขอบ  $C(0) = 1$

และ  $C(1) = 0.0125$

โดยที่  $u = 0.4$ ,  $u_w = 0.3$  และ  $D = 58.8$

ใช้วิธีผลต่างจำกัดโดยวิธีผลต่างจากกลาง

เลือก  $N = 20$

$$\text{จะได้ } h = \frac{X_n - X_0}{N} = \frac{1-0}{20} = 0.05$$

แทนค่า  $u$ ,  $u_w$  และ  $D$  ลงในสมการ (3.22) จะได้

$$(0.4 - 0.3) \frac{dC}{dX} = \left( \frac{58.8}{84} \right) \frac{d^2C}{dX^2}$$

$$(0.1)\frac{dC}{dX} = (0.7)\frac{d^2C}{dX^2}$$

$$(0.7)\frac{d^2C}{dX^2} - (0.1)\frac{dC}{dX} = 0$$

ดังนั้น

$$(1)\frac{d^2C}{dX^2} - (0.1429)\frac{dC}{dX} = 0 \quad (4.1)$$

จะเห็นว่า  $a(X) = -0.1429$  ,  $b(X) = 0$  ,  $g(X) = 0$

แทน  $a(X)$  ,  $b(X)$  และ  $g(X)$  ลงในสมการที่ (3.36) จะได้

$$\left(1 - \frac{1}{2}(-0.1429)(0.05)\right)C_{i-1} + \left(-2 + (0.05)^2(0)\right)C_i + \left(1 + \frac{1}{2}(-0.1429)(0.05)\right)C_{i+1} = (0.05)^2(0)$$

$$1.0036C_{i-1} - 2C_i + 0.9964C_{i+1} = 0 \quad (4.2)$$

พิจารณาสำหรับ  $i=1,2,3,\dots,19$

$$\begin{aligned} i=1; \quad & 1.0036C_0 - 2C_1 + 0.9964C_2 = 0 \\ & 1.0036(1) - 2C_1 + 0.9964C_2 = 0 \\ & -2C_1 + 0.9964C_2 = -1.0036 \end{aligned} \quad (4.3)$$

$$i=2; \quad 1.0036C_1 - 2C_2 + 0.9964C_3 = 0 \quad (4.4)$$

$$i=3; \quad 1.0036C_2 - 2C_3 + 0.9964C_4 = 0 \quad (4.5)$$

$$i=4; \quad 1.0036C_3 - 2C_4 + 0.9964C_5 = 0 \quad (4.6)$$

$$i=5; \quad 1.0036C_4 - 2C_5 + 0.9964C_6 = 0 \quad (4.7)$$

$$i=6; \quad 1.0036C_5 - 2C_6 + 0.9964C_7 = 0 \quad (4.8)$$

$$i=7; \quad 1.0036C_6 - 2C_7 + 0.9964C_8 = 0 \quad (4.9)$$

$$i=8; \quad 1.0036C_7 - 2C_8 + 0.9964C_9 = 0 \quad (4.10)$$

$$i=9; \quad 1.0036C_8 - 2C_9 + 0.9964C_{10} = 0 \quad (4.11)$$

$$i=10; \quad 1.0036C_9 - 2C_{10} + 0.9964C_{11} = 0 \quad (4.12)$$

$$i=11; \quad 1.0036C_{10} - 2C_{11} + 0.9964C_{12} = 0 \quad (4.13)$$

$$i=12; \quad 1.0036C_{11} - 2C_{12} + 0.9964C_{13} = 0 \quad (4.14)$$

$$i=13; \quad 1.0036C_{12} - 2C_{13} + 0.9964C_{14} = 0 \quad (4.15)$$

$$i=14; \quad 1.0036C_{13} - 2C_{14} + 0.9964C_{15} = 0 \quad (4.16)$$

$$i = 15; \quad 1.0036C_{14} - 2C_{15} + 0.9964C_{16} = 0 \quad (4.17)$$

$$i = 16; \quad 1.0036C_{15} - 2C_{16} + 0.9964C_{17} = 0 \quad (4.18)$$

$$i = 17; \quad 1.0036C_{16} - 2C_{17} + 0.9964C_{18} = 0 \quad (4.19)$$

$$i = 18; \quad 1.0036C_{17} - 2C_{18} + 0.9964C_{19} = 0 \quad (4.20)$$

$$i = 19; \quad 1.0036C_{18} - 2C_{19} + 0.9964C_{20} = 0$$

$$1.0036C_{18} - 2C_{19} + 0.9964(0.0125) = 0$$

$$1.0036C_{18} - 2C_{19} = -0.0125 \quad (4.21)$$

เขียนสมการที่ (4.3), (4.4), (4.5),..., (4.21) ให้อยู่ในรูป  $Ax=b$

$$\begin{bmatrix} -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.0036 & -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.0036 & -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.0036 & -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0036 & -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0036 & -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0036 & -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0036 & -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0036 & -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0036 & -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0036 & -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0036 & -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0036 & -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0036 & -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0036 & -2 & 0.9964 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0036 & -2 & 10.9964 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0036 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0036 & -2 & -0.0125 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \\ c_8 \\ c_9 \\ c_{10} \\ c_{11} \\ c_{12} \\ c_{13} \\ c_{14} \\ c_{15} \\ c_{16} \\ c_{17} \\ c_{18} \\ c_{19} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.0036 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0.0125 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \\ c_8 \\ c_9 \\ c_{10} \\ c_{11} \\ c_{12} \\ c_{13} \\ c_{14} \\ c_{15} \\ c_{16} \\ c_{17} \\ c_{18} \\ c_{19} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.9539 \\ 0.9075 \\ 0.8608 \\ 0.8137 \\ 0.7663 \\ 0.7185 \\ 0.6704 \\ 0.220 \\ 0.5732 \\ 0.5240 \\ 0.4745 \\ 0.4247 \\ 0.3744 \\ 0.3238 \\ 0.2729 \\ 0.2216 \\ 0.1699 \\ 0.1178 \\ 0.0654 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9539	0.9075	0.8608	0.8137	0.7663	0.7185	0.6704	0.6220	0.5732

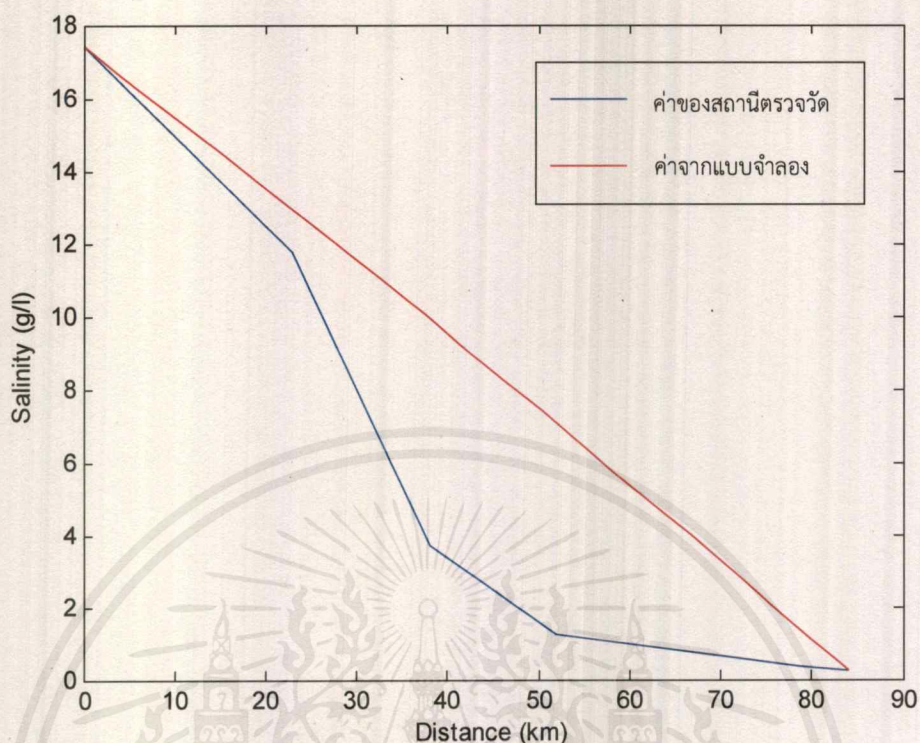
$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.5240	0.4745	0.4247	0.3744	0.3238	0.2729	0.2216	0.1699	0.1178	0.0654	0.0125

ตารางที่ 4.2 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	17.3743	16.5733	15.7672	14.9558	14.1375	13.3139	12.4834	11.6477	10.8068	9.9589

$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ (km)	42	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_i)$ (g/l)	9.1041	8.2441	7.3789	6.5049	5.6258	4.7414	3.8501	2.9519	2.0467	1.1363	0.2171

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.1 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.2 โดยผู้วิจัยได้เปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การประมาณค่าความเค็มจากข้อมูลของสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้ถึงสถานีสำแล

#### 4.2 การประมาณค่าความเค็มจากข้อมูลสถานีแรกและสถานีสุดท้าย ผนวกด้วยข้อมูลจาก 2 สถานีภายใน

การประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของความเค็มนี้ เพื่อแสดงถึงเทคนิคการตรวจวัดปริมาณความเค็มให้มีความใกล้เคียงกับข้อมูลภาคสนาม ดังนี้

พิจารณา ในส่วนของแม่น้ำเจ้าพระยาความยาว 84 km จากโรงไฟฟ้าพระนครใต้ซึ่งเป็นสถานีตรวจวัดความเค็มสถานีแรกถึงสถานีสำแลเป็นสถานีตรวจวัดสถานีสุดท้าย กำหนดให้การพาของน้ำเค็มเป็น 0.4 km/hr และการไหลของกระแสน้ำจืดเป็น 0.3 km/hr โดยกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำเค็มเป็น  $58.8 \text{ m}^2/\text{s}$  กำหนดค่าเฉลี่ยความเค็ม 7 วัน ของสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้เป็น 17.3743 g/l โดยเลือกใช้ข้อมูลจากสถานีภายในลำน้ำ 2 สถานี ได้แก่ สถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้า 3.6943 g/l สถานีสะพานพระนั่งเกล้า 1.2614 g/l โดยสถานีสำแลเป็นสถานีสุดท้ายเช่นเดิม มีค่าความเค็มเป็น 0.2171 g/l สามารถกำหนดตัวแบบได้เป็น

$$(u - u_w) \frac{dc}{dx} = D \frac{d^2c}{dx^2} \quad \text{สำหรับทุก } x \in [0,84] \quad (3.10)$$

เงื่อนไขขอบ	$c(0) = 17.3743 \text{ g/l}$	(สถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้)
	$c(38) = 3.6943 \text{ g/l}$	(สถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้า)
	$c(52) = 1.2614 \text{ g/l}$	(สถานีสะพานพระนั่งเกล้า)
	$c(84) = 0.2171 \text{ g/l}$	(สถานีสำแล)

โดยที่  $u = 0.4 \text{ km/hr}$ ,  $u_w = 0.3 \text{ km/hr}$  และ  $D = 58.8 \text{ m}^2/\text{s}$

กำหนดตัวแบบไร้มิติ (Non-Dimensional Model)

$$V \frac{dC}{dX} = \frac{D}{L} \frac{d^2C}{dX^2} \quad \text{สำหรับทุก } X \in [0,1] \quad (3.21)$$

เมื่อ  $V = u - u_w$  และ  $X = \frac{x}{L}$

$$(u - u_w) \frac{dC}{dX} = \frac{D}{L} \frac{d^2C}{dX^2} \quad \text{สำหรับทุก } X \in [0,1] \quad (3.22)$$

เงื่อนไขขอบ  $C(0) = 1$  และ  $C(1) = 0.0125$

โดยกำหนด  $C(0.4524) = 0.2126$

และ  $C(0.6190) = 0.0726$

โดยที่  $u = 0.4$ ,  $u_w = 0.3$  และ  $D = 58.8$

ใช้วิธีผลต่างจำกัดโดยวิธีผลต่างจากกลาง

เลือก  $N = 20$

$$\text{จะได้ } h = \frac{X_n - X_0}{N} = \frac{1 - 0}{20} = 0.05$$

แทนค่า  $u$ ,  $u_w$  และ  $D$  ลงในสมการ (3.22) จะได้

$$(0.4 - 0.3) \frac{dC}{dX} = \left( \frac{58.8}{84} \right) \frac{d^2C}{dX^2}$$

$$(0.1) \frac{dC}{dX} = (0.7) \frac{d^2C}{dX^2}$$

$$(0.7) \frac{d^2C}{dX^2} - (0.1) \frac{dC}{dX} = 0$$

$$\text{ดังนั้น} \quad (1) \frac{d^2C}{dX^2} - (0.1429) \frac{dC}{dX} = 0 \quad (4.22)$$

จะเห็นว่า  $a(X) = -0.1429$ ,  $b(X) = 0$ ,  $g(X) = 0$

แทน  $a(X)$ ,  $b(X)$  และ  $g(X)$  ลงในสมการที่ (3.36) จะได้

$$\left(1 - \frac{1}{2}(-0.1429)(0.05)\right)C_{i-1} + \left(-2 + (0.05)^2(0)\right)C_i + \left(1 + \frac{1}{2}(-0.1429)(0.05)\right)C_{i+1} = (0.05)^2(0)$$

$$1.0036C_{i-1} - 2C_i + 0.9964C_{i+1} = 0 \quad (4.23)$$

พิจารณาสำหรับ  $i=1,2,3,\dots,19$

$$\begin{aligned} i=1; \quad & 1.0036C_0 - 2C_1 + 0.9964C_2 = 0 \\ & 1.0036(1) - 2C_1 + 0.9964C_2 = 0 \\ & -2C_1 + 0.9964C_2 = -1.0036 \end{aligned} \quad (4.24)$$

$$i=2; \quad 1.0036C_1 - 2C_2 + 0.9964C_3 = 0 \quad (4.25)$$

$$i=3; \quad 1.0036C_2 - 2C_3 + 0.9964C_4 = 0 \quad (4.26)$$

$$i=4; \quad 1.0036C_3 - 2C_4 + 0.9964C_5 = 0 \quad (4.27)$$

$$i=5; \quad 1.0036C_4 - 2C_5 + 0.9964C_6 = 0 \quad (4.28)$$

$$i=6; \quad 1.0036C_5 - 2C_6 + 0.9964C_7 = 0 \quad (4.29)$$

$$i=7; \quad 1.0036C_6 - 2C_7 + 0.9964C_8 = 0 \quad (4.30)$$

$$\begin{aligned} i=8; \quad & 1.0036C_7 - 2C_8 + 0.9964C_9 = 0 \\ & 1.0036C_7 - 2C_8 + 0.9964(0.2126) = 0 \\ & 1.0036C_7 - 2C_8 = -0.2119 \end{aligned} \quad (4.31)$$

$$i=9; \quad C_9 = 0.2126 \quad (4.32)$$

$$\begin{aligned} i=10; \quad & 1.0036C_9 - 2C_{10} + 0.9964C_{11} = 0 \\ & 1.0036(0.2126) - 2C_{10} + 0.9964C_{11} = 0 \\ & -2C_{10} + 0.9964C_{11} = -0.2134 \end{aligned} \quad (4.33)$$

$$\begin{aligned} i=11; \quad & 1.0036C_{10} - 2C_{11} + 0.9964C_{12} = 0 \\ & 1.0036C_{10} - 2C_{11} + 0.9964(0.0726) = 0 \\ & 1.0036C_{10} - 2C_{11} = -0.0723 \end{aligned} \quad (4.34)$$

$$i=12; \quad C_{12} = 0.0726 \quad (4.35)$$



จะได้

$c_1$	0.9150
$c_2$	0.8294
$c_3$	0.7432
$c_4$	0.6564
$c_5$	0.5689
$c_6$	0.4808
$c_7$	0.3921
$c_8$	0.3027
$c_9$	0.2126
$c_{10}$	0.1663
$c_{11}$	0.1196
$c_{12}$	0.0726
$c_{13}$	0.0653
$c_{14}$	0.0579
$c_{15}$	0.0505
$c_{16}$	0.0430
$c_{17}$	0.0355
$c_{18}$	0.0279
$c_{19}$	0.0202

ตารางที่ 4.3 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9150	0.8294	0.7432	0.6564	0.5689	0.4808	0.3921	0.3027	0.2126

$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.1663	0.1196	0.0726	0.0653	0.0579	0.0505	0.0430	0.0355	0.0279	0.0202	0.0125

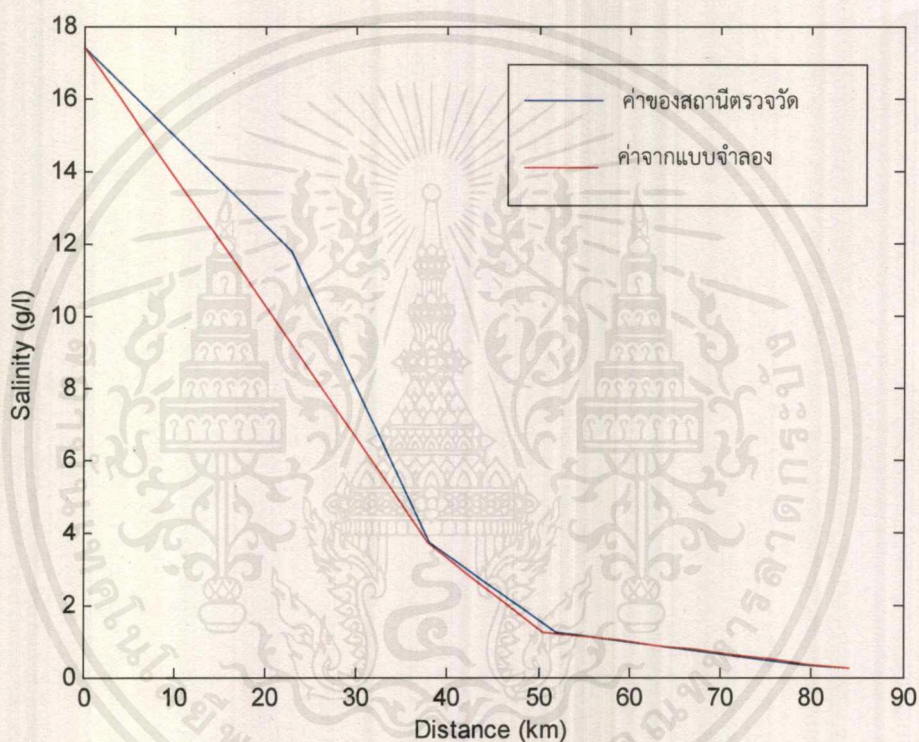
ตารางที่ 4.4 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	17.3743	15.8975	14.4102	12.9126	11.4045	9.8842	8.3536	6.8125	5.2592	3.6938

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_1$ (km)	42	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_1)$ (g/l)	2.8893	2.0780	1.2614	1.1345	1.0060	0.8774	0.7471	0.6168	0.4847	0.3510	0.2171

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปปริมาตร ดังตารางที่ 4.3 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.4 โดยผู้วิจัยได้เปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การประมาณค่าความเค็มจากข้อมูลสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้ สถานีสำแล ผนวกด้วยข้อมูลจากสถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้า และสะพานพระนั่งเกล้า

#### 4.3 การประมาณค่าความเค็มโดยใช้ข้อมูลจากสถานีแรกเท่านั้น

การประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของความเค็ม ณ บริเวณปลายลำน้ำ เพื่อแสดงถึงเทคนิคการวิเคราะห์ความเค็มจากข้อมูลภาคสนาม โดยอาศัยเพียงข้อมูลความเค็มจากสถานีแรกเพียงแห่งเดียว และไม่ใช้ข้อมูลจากสถานีสุดท้าย ได้ดังนี้

พิจารณา ในส่วนของแม่น้ำเจ้าพระยาความยาว 84 km จากโรงไฟฟ้าพระนครใต้ซึ่งเป็นสถานีตรวจวัดความเค็มสถานีแรกถึงสถานีสำแลเป็นสถานีตรวจวัดสถานีสุดท้าย กำหนดให้การพา

ของน้ำเค็มเป็น 0.4 km/hr และการไหลของกระแสน้ำจืดเป็น 0.3 km/hr โดยกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำเค็มเป็น  $58.8 \text{ m}^2/\text{s}$  กำหนดค่าเฉลี่ยความเค็ม 7 วัน ของสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้ เป็น  $17.3743 \text{ g/l}$  โดยไม่ใช้ข้อมูลจากสถานีสุดท้ายคือ สถานีสำแล และสถานีอื่นๆ ตลอดทั้งลำน้ำสามารถกำหนดตัวแบบได้เป็น

$$(u - u_w) \frac{dc}{dx} = D \frac{d^2c}{dx^2} \quad \text{สำหรับทุก } x \in [0,84] \quad (3.10)$$

เงื่อนไขขอบ  $c(0) = 17.3743$  (สถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้) และ  $\left. \frac{dc}{dx} \right|_{x=84} = \beta$

โดยที่  $u = 0.4 \text{ km/hr}$ ,  $u_w = 0.3 \text{ km/hr}$  และ  $D = 58.8 \text{ m}^2/\text{s}$

กำหนดตัวแบบไร้มิติ (Non-Dimensional Model)

$$V \frac{dC}{dX} = \frac{D}{L} \frac{d^2C}{dX^2} \quad \text{สำหรับทุก } X \in [0,1] \quad (3.21)$$

เมื่อ  $V = u - u_w$  และ  $X = \frac{x}{L}$

$$(u - u_w) \frac{dC}{dX} = \frac{D}{L} \frac{d^2C}{dX^2} \quad \text{สำหรับทุก } X \in [0,1] \quad (3.22)$$

เงื่อนไขขอบ  $c(0) = 1$

และ  $c(1) = \left. \frac{dC}{dX} \right|_{x=1} = \beta$

เนื่องจาก  $\beta$  คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเค็มที่  $X = \frac{x}{L}$

โดยที่  $u = 0.4$ ,  $u_w = 0.3$  และ  $D = 58.8$

ใช้วิธีผลต่างจำกัดโดยวิธีผลต่างจากกลาง

เลือก  $N = 20$

จะได้  $h = \frac{X_n - X_0}{N} = \frac{1-0}{20} = 0.05$

แทนค่า  $u$ ,  $u_w$  และ  $D$  ลงในสมการ (3.22) จะได้

$$(0.4 - 0.3) \frac{dC}{dX} = \left( \frac{58.8}{84} \right) \frac{d^2C}{dX^2}$$

$$(0.1) \frac{dC}{dX} = (0.7) \frac{d^2C}{dX^2}$$

$$(0.7)\frac{d^2C}{dX^2} - (0.1)\frac{dC}{dX} = 0$$

ดังนั้น

$$(1)\frac{d^2C}{dX^2} - (0.1429)\frac{dC}{dX} = 0 \quad (4.43)$$

จะเห็นว่า  $a(X) = -0.1429$  ,  $b(X) = 0$ ,  $g(X) = 0$

แทน  $a(X)$  ,  $b(X)$  และ  $g(X)$  ลงในสมการที่ (3.36) จะได้

$$\left(1 - \frac{1}{2}(-0.1429)(0.05)\right)C_{i-1} + \left(-2 + (0.05)^2(0)\right)C_i + \left(1 + \frac{1}{2}(-0.1429)(0.05)\right)C_{i+1} = (0.05)^2(0)$$

$$1.0036C_{i-1} - 2C_i + 0.9964C_{i+1} = 0 \quad (4.44)$$

พิจารณาสำหรับ  $i = 1, 2, 3, \dots, 20$

$$\begin{aligned} i = 1; \quad & 1.0036C_0 - 2C_1 + 0.9964C_2 = 0 \\ & 1.0036(1) - 2C_1 + 0.9964C_2 = 0 \\ & -2C_1 + 0.9964C_2 = -1.0036 \end{aligned} \quad (4.45)$$

$$i = 2; \quad 1.0036C_1 - 2C_2 + 0.9964C_3 = 0 \quad (4.46)$$

$$i = 3; \quad 1.0036C_2 - 2C_3 + 0.9964C_4 = 0 \quad (4.47)$$

$$i = 4; \quad 1.0036C_3 - 2C_4 + 0.9964C_5 = 0 \quad (4.48)$$

$$i = 5; \quad 1.0036C_4 - 2C_5 + 0.9964C_6 = 0 \quad (4.49)$$

$$i = 6; \quad 1.0036C_5 - 2C_6 + 0.9964C_7 = 0 \quad (4.50)$$

$$i = 7; \quad 1.0036C_6 - 2C_7 + 0.9964C_8 = 0 \quad (4.51)$$

$$i = 8; \quad 1.0036C_7 - 2C_8 + 0.9964C_9 = 0 \quad (4.52)$$

$$i = 9; \quad 1.0036C_8 - 2C_9 + 0.9964C_{10} = 0 \quad (4.53)$$

$$i = 10; \quad 1.0036C_9 - 2C_{10} + 0.9964C_{11} = 0 \quad (4.54)$$

$$i = 11; \quad 1.0036C_{10} - 2C_{11} + 0.9964C_{12} = 0 \quad (4.55)$$

$$i = 12; \quad 1.0036C_{11} - 2C_{12} + 0.9964C_{13} = 0 \quad (4.56)$$

$$i = 13; \quad 1.0036C_{12} - 2C_{13} + 0.9964C_{14} = 0 \quad (4.57)$$

$$i = 14; \quad 1.0036C_{13} - 2C_{14} + 0.9964C_{15} = 0 \quad (4.58)$$

$$i = 15; \quad 1.0036C_{14} - 2C_{15} + 0.9964C_{16} = 0 \quad (4.59)$$

$$i = 16; \quad 1.0036C_{15} - 2C_{16} + 0.9964C_{17} = 0 \quad (4.60)$$

$$i = 17; \quad 1.0036C_{16} - 2C_{17} + 0.9964C_{18} = 0 \quad (4.61)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จะได้

$$\begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \\ C_7 \\ C_8 \\ C_9 \\ C_{10} \\ C_{11} \\ C_{12} \\ C_{13} \\ C_{14} \\ C_{15} \\ C_{16} \\ C_{17} \\ C_{18} \\ C_{19} \\ C_{20} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.9540 \\ 0.9076 \\ 0.8609 \\ 0.8138 \\ 0.7664 \\ 0.7187 \\ 0.6706 \\ 0.6222 \\ 0.5734 \\ 0.5242 \\ 0.4748 \\ 0.4249 \\ 0.3747 \\ 0.3241 \\ 0.2732 \\ 0.2219 \\ 0.1702 \\ 0.1182 \\ 0.0658 \\ 0.0130 \end{bmatrix}$$

ตารางที่ 4.5 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9540	0.9076	0.8609	0.8138	0.7664	0.7187	0.6706	0.6222	0.5734

$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.5242	0.4748	0.4249	0.3747	0.3241	0.2732	0.2219	0.1702	0.1182	0.0658	0.0130

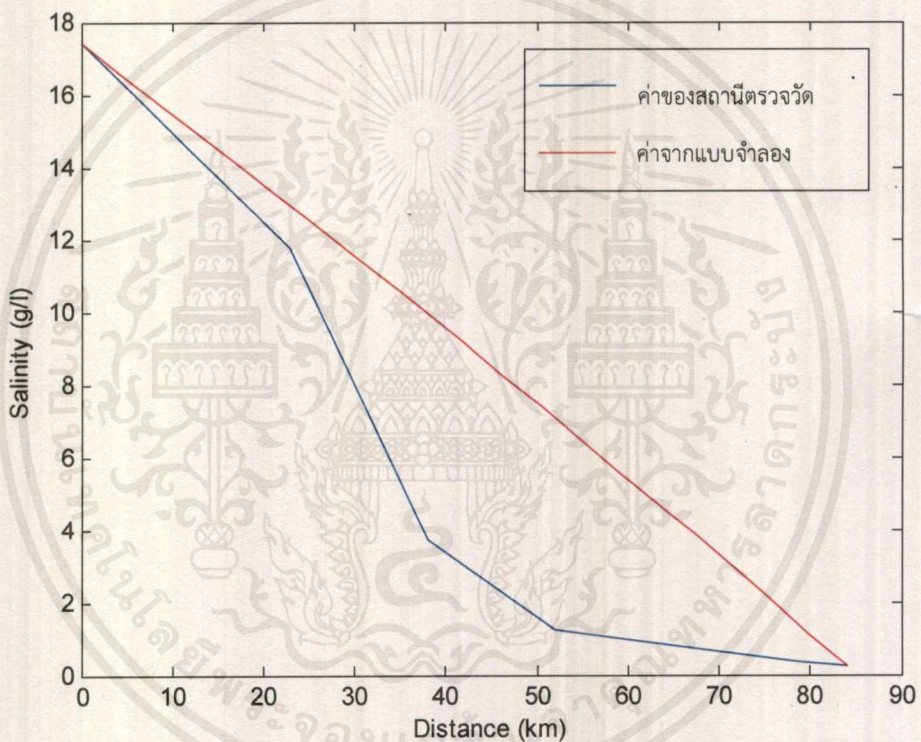
ตารางที่ 4.6 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	17.3743	16.5751	15.7689	14.9575	14.1392	13.3157	12.4869	11.6512	10.8103	9.9624

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ (km)	42	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_i)$ (g/l)	9.1076	8.2493	7.3823	6.5102	5.6310	4.7467	3.8554	2.9571	2.0536	1.1432	0.2259

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร่มิติ ดังตารางที่ 4.5 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.6 โดยผู้วิจัยได้เปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การประมาณค่าความเค็มโดยใช้ข้อมูลจากสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้เท่านั้น

#### 4.4 การประมาณค่าความเค็มโดยใช้ข้อมูลจากสถานีแรกและใช้ข้อมูลจาก 2 สถานี ก่อนถึงพื้นที่ฝักระวัง

การประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของความเค็มนี้ทำเพื่อแสดงถึงแนวโน้มปริมาณความเค็มที่มีความแม่นยำใกล้เคียงกับข้อมูลภาคสนาม

พิจารณา ส่วนของแม่น้ำเจ้าพระยาความยาว 84 km จากโรงไฟฟ้าพระนครใต้ซึ่งเป็นสถานีตรวจวัดความเค็มสถานีแรกถึงสถานีสำแลเป็นสถานีตรวจวัดสถานีสุดท้าย กำหนดให้การพาของน้ำเค็มเป็น

0.4 km/hr และการไหลของกระแส น้ำจืดเป็น 0.3 km/hr โดยกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำเค็มเป็น  $58.8 \text{ m}^2/\text{s}$  กำหนดค่าเฉลี่ยความเค็ม 7 วัน ของสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้เป็น 17.3743 g/l สถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้า 3.6943 g/l สถานีสะพานพระนั่งเกล้า 1.2614 g/l โดยไม่ใช้ข้อมูลจากสถานีสุดท้าย คือ สถานีสำแล สามารถกำหนดตัวแบบได้เป็น

$$(u - u_w) \frac{dc}{dx} = D \frac{d^2c}{dx^2} \quad \text{สำหรับทุก } x \in [0,84] \quad (3.10)$$

เงื่อนไขขอบ  $c(0) = 17.3743$  (สถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้)  
 $c(38) = 3.6943$  (สถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้า)  
 $c(52) = 1.2614$  (สถานีสะพานพระนั่งเกล้า)

และ  $c(84) = \frac{dc}{dx} \Big|_{x=84} = \beta$  (สถานีสำแล)

เนื่องจาก  $\beta$  คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเค็มที่  $X = \frac{x}{L}$

โดยที่  $u = 0.4 \text{ km/hr}$ ,  $u_w = 0.3 \text{ km/hr}$  และ  $D = 58.8 \text{ m}^2/\text{s}$

กำหนดตัวแบบไร้มิติ (Non-Dimensional Model)

$$V \frac{dC}{dX} = \frac{D}{L} \frac{d^2C}{dX^2} \quad \text{สำหรับทุก } X \in [0,1] \quad (3.21)$$

เมื่อ  $V = u - u_w$  และ  $X = \frac{x}{L}$

$$(u - u_w) \frac{dC}{dX} = \frac{D}{L} \frac{d^2C}{dX^2} \quad \text{สำหรับทุก } X \in [0,1] \quad (3.22)$$

เงื่อนไขขอบ  $C(0) = 1$  และ  $C(1) = \frac{dC}{dX} \Big|_{x=1} = \beta$

โดยกำหนด  $C(0.4524) = 0.2126$

และ  $C(0.6190) = 0.0726$

โดยที่  $u = 0.4$ ,  $u_w = 0.3$  และ  $D = 58.8$

ใช้วิธีผลต่างจำกัดโดยวิธีผลต่างจากกลาง

เลือก  $N = 20$

$$\text{จะได้ } h = \frac{X_n - X_0}{N} = \frac{1 - 0}{20} = 0.05$$

แทนค่า  $u$ ,  $u_w$  และ  $D$  ลงในสมการ (3.22) จะได้

$$(0.4 - 0.3) \frac{dC}{dX} = \left( \frac{58.8}{84} \right) \frac{d^2C}{dX^2}$$

$$(0.1) \frac{dC}{dX} = (0.7) \frac{d^2C}{dX^2}$$

$$(0.7) \frac{d^2 C}{dX^2} - (0.1) \frac{dC}{dX} = 0$$

ดังนั้น

$$(1) \frac{d^2 C}{dX^2} - (0.1429) \frac{dC}{dX} = 0 \quad (4.69)$$

จะเห็นว่า  $a(X) = -0.1429$ ,  $b(X) = 0$ ,  $g(X) = 0$

แทน  $a(X)$ ,  $b(X)$  และ  $g(X)$  ลงในสมการที่ (3.36) จะได้

$$\left(1 - \frac{1}{2}(-0.1429)(0.05)\right)C_{i-1} + \left(-2 + (0.05)^2(0)\right)C_i + \left(1 + \frac{1}{2}(-0.1429)(0.05)\right)C_{i+1} = (0.05)^2(0)$$

$$1.0036C_{i-1} - 2C_i + 0.9964C_{i+1} = 0 \quad (4.70)$$

พิจารณาสำหรับ  $i = 1, 2, 3, \dots, 20$

$$\begin{aligned} i = 1; \quad & 1.0036C_0 - 2C_1 + 0.9964C_2 = 0 \\ & 1.0036(1) - 2C_1 + 0.9964C_2 = 0 \\ & -2C_1 + 0.9964C_2 = -1.0036 \end{aligned} \quad (4.71)$$

$$i = 2; \quad 1.0036C_1 - 2C_2 + 0.9964C_3 = 0 \quad (4.72)$$

$$i = 3; \quad 1.0036C_2 - 2C_3 + 0.9964C_4 = 0 \quad (4.73)$$

$$i = 4; \quad 1.0036C_3 - 2C_4 + 0.9964C_5 = 0 \quad (4.74)$$

$$i = 5; \quad 1.0036C_4 - 2C_5 + 0.9964C_6 = 0 \quad (4.75)$$

$$i = 6; \quad 1.0036C_5 - 2C_6 + 0.9964C_7 = 0 \quad (4.76)$$

$$i = 7; \quad 1.0036C_6 - 2C_7 + 0.9964C_8 = 0 \quad (4.77)$$

$$\begin{aligned} i = 8; \quad & 1.0036C_7 - 2C_8 + 0.9964C_9 = 0 \\ & 1.0036C_7 - 2C_8 + 0.9964(0.2126) = 0 \\ & 1.0036C_7 - 2C_8 = -0.2119 \end{aligned} \quad (4.78)$$

$$i = 9; \quad C_9 = 0.2126 \quad (4.79)$$

$$\begin{aligned} i = 10; \quad & 1.0036C_9 - 2C_{10} + 0.9964C_{11} = 0 \\ & 1.0036(0.2126) - 2C_{10} + 0.9964C_{11} = 0 \\ & -2C_{10} + 0.9964C_{11} = -0.2134 \end{aligned} \quad (4.80)$$

$$\begin{aligned} i = 11; \quad & 1.0036C_{10} - 2C_{11} + 0.9964C_{12} = 0 \\ & 1.0036C_{10} - 2C_{11} + 0.9964(0.0726) = 0 \\ & 1.0036C_{10} - 2C_{11} = -0.0723 \end{aligned} \quad (4.81)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i = 12; \quad C_{12} = 0.0726 \quad (4.82)$$

$$\begin{aligned} i = 13; \quad & 1.0036C_{12} - 2C_{13} + 0.9964C_{14} = 0 \\ & 1.0036(0.0726) - 2C_{13} + 0.9964C_{14} = 0 \\ & -2C_{13} + 0.9964C_{14} = -0.0729 \end{aligned} \quad (4.83)$$

$$i = 14; \quad 1.0036C_{13} - 2C_{14} + 0.9964C_{15} = 0 \quad (4.84)$$

$$i = 15; \quad 1.0036C_{14} - 2C_{15} + 0.9964C_{16} = 0 \quad (4.85)$$

$$i = 16; \quad 1.0036C_{15} - 2C_{16} + 0.9964C_{17} = 0 \quad (4.86)$$

$$i = 17; \quad 1.0036C_{16} - 2C_{17} + 0.9964C_{18} = 0 \quad (4.87)$$

$$i = 18; \quad 1.0036C_{17} - 2C_{18} + 0.9964C_{19} = 0 \quad (4.88)$$

$$i = 19; \quad 1.0036C_{18} - 2C_{19} + 0.9964C_{20} = 0 \quad (4.89)$$

$$i = 20; \quad 1.0036C_{19} - 2C_{20} + 0.9964C_{21} = 0 \quad (4.90)$$

จากสมการที่ (4.90) ไม่ทราบค่าขอบขวาจึงใช้วิธีผลต่างจากกลางมาประมาณค่าในการคำนวณได้ดังนี้  
วิธีผลต่างจากกลางในการประมาณค่าขอบขวา

$$\text{ให้} \quad \beta = \frac{C_{i+1} - C_{i-1}}{2h} \quad (4.91)$$

$$C_{i+1} = C_{i-1} + 2h\beta \quad (4.92)$$

$$\text{จะได้} \quad \left(1 - \frac{1}{2}a_i h\right)y_{i-1} + \left(-2 + h^2 b_i\right)y_i + \left(1 + \frac{1}{2}a_i h\right)(y_{n-1} + 2h\beta) = h^2 g_i \quad (4.93)$$

$$\text{สมมติ} \quad \beta = -0.155, h = 0.05$$

จากสมการที่ (4.90) จะได้ว่า

$$1.0036C_{19} - 2C_{20} + 0.9964C_{21} = 0$$

$$1.0036C_{19} - 2C_{20} + 0.9964[C_{19} + 2(0.05)(-0.155)] = 0$$

$$1.0036C_{19} - 2C_{20} + 0.9964C_{19} = 0.0154$$

$$2C_{19} - 2C_{20} = 0.0154 \quad (4.94)$$



ตารางที่ 4.7 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9150	0.8294	0.7432	0.6564	0.5689	0.4808	0.3921	0.3027	0.2126

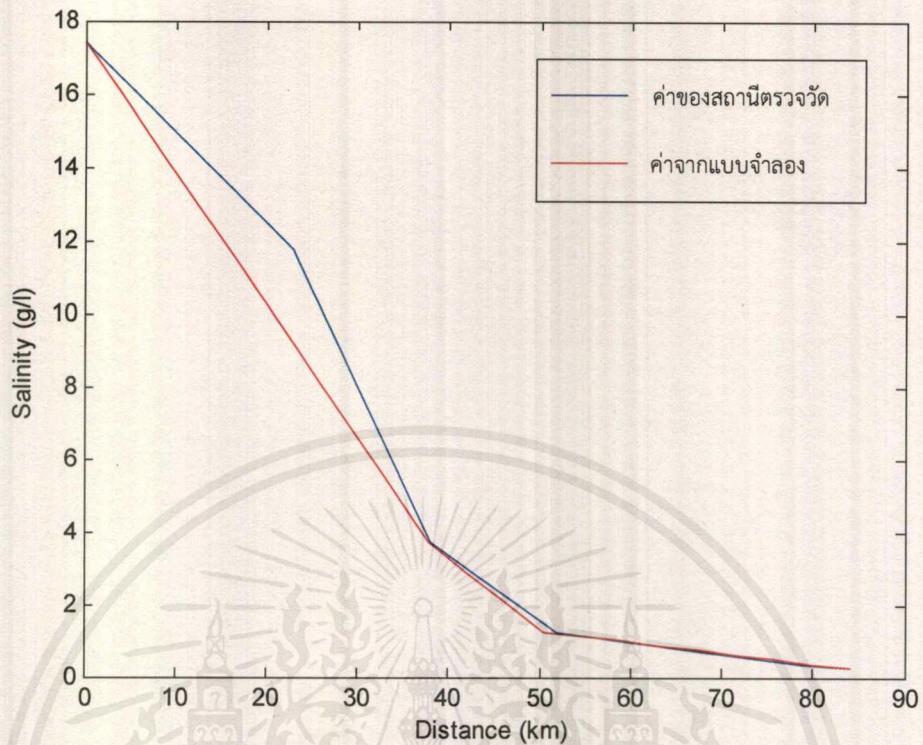
$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.1663	0.1196	0.0726	0.0653	0.0579	0.0505	0.0430	0.0355	0.0279	0.0203	0.0126

ตารางที่ 4.8 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	17.3743	15.8975	14.4102	12.9126	11.4045	9.8842	8.3536	6.8125	5.2592	3.6938

$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ (km)	42	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_i)$ (g/l)	2.8893	2.0780	1.2614	1.1345	1.0060	0.8774	0.7471	0.6168	0.4847	0.3527	0.2189

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.7 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.8 โดยผู้วิจัยได้เปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การประมาณค่าความเค็มโดยใช้ข้อมูลจาก สถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้  
สถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้า และสถานีสะพานพระนั่งเกล้า

พบว่าวิธีนี้สามารถประมาณค่าความเค็ม ณ สถานีสำแล ซึ่งเป็นสถานีสุดท้าย และเป็นพื้นที่ที่  
ต้องการคาดการณ์ความเค็มล่วงหน้าได้ คือ ความเค็มเป็น 0.2189 g/l

## 4.5 การประมาณค่าความเค็มในช่วงเวลาอื่นๆ

### 4.5.1 การประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560

พิจารณา ในส่วนของแม่น้ำเจ้าพระยาความยาว 84 km จากโรงไฟฟ้าพระนครใต้ ซึ่งเป็นสถานีตรวจวัดความเค็มสถานีแรกถึงสถานีสำแลเป็นสถานีสุดท้าย กำหนดให้การพาของน้ำเค็มเป็น 0.4 km/hr และการไหลของกระแสน้ำจืดเป็น 0.3 km/hr โดยกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำเค็มเป็น  $58.8 \text{ m}^2/\text{s}$  กำหนดค่าเฉลี่ยความเค็ม 7 วัน ของสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้เป็น 20.5629 g/l สถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้า 4.6014 g/l และสถานีสะพานพระนั่งเกล้า 2.2357 g/l โดยกำหนดให้  $\beta = -0.24$  จะได้ผลเฉลยดังตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.10 ดังนี้

ตารางที่ 4.9 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9162	0.8318	0.7468	0.6612	0.5750	0.4881	0.4007	0.3126	0.2238

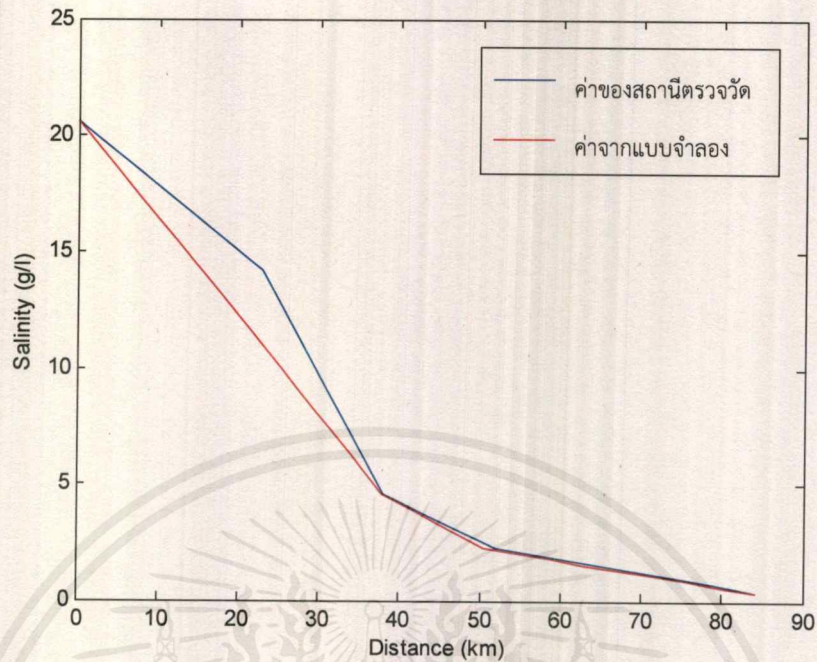
i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.1857	0.1473	0.1087	0.0973	0.0859	0.0744	0.0628	0.0511	0.0393	0.0274	0.0155

ตารางที่ 4.10 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	20.5629	18.8397	17.1042	15.3564	13.5962	11.8237	10.0368	8.2396	6.4280	4.6020

i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ (km)	42	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_i)$ (g/l)	3.8185	3.0289	2.2352	2.0008	1.7664	1.5299	1.2914	1.0508	0.8081	0.5634	0.3187

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.9 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.10 โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560 ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560

#### 4.5.2 การประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560

พิจารณา ในส่วนของแม่น้ำเจ้าพระยาความยาว 84 km จากโรงไฟฟ้าพระนครใต้ ซึ่งเป็น สถานีตรวจวัดความเค็มสถานีแรกถึงสถานีสำแลเป็นสถานีสุดท้าย กำหนดให้การพาของน้ำเค็มเป็น 0.4 km/hr และการไหลของกระแสน้ำจืดเป็น 0.3 km/hr โดยกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่ของ น้ำเค็มเป็น  $58.8 \text{ m}^2/\text{s}$  กำหนดค่าเฉลี่ยความเค็ม 7 วัน ของสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้เป็น 19.9171 g/l สถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้า 5.2000 g/l และสถานีสะพานพระนั่งเกล้า 3.2929 g/l โดย กำหนดให้  $\beta = -0.393$  จะได้ผลเฉลยดังตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12 ดังนี้

ตารางที่ 4.11 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9202	0.8399	0.7590	0.6775	0.5954	0.5127	0.4294	0.3455	0.2611

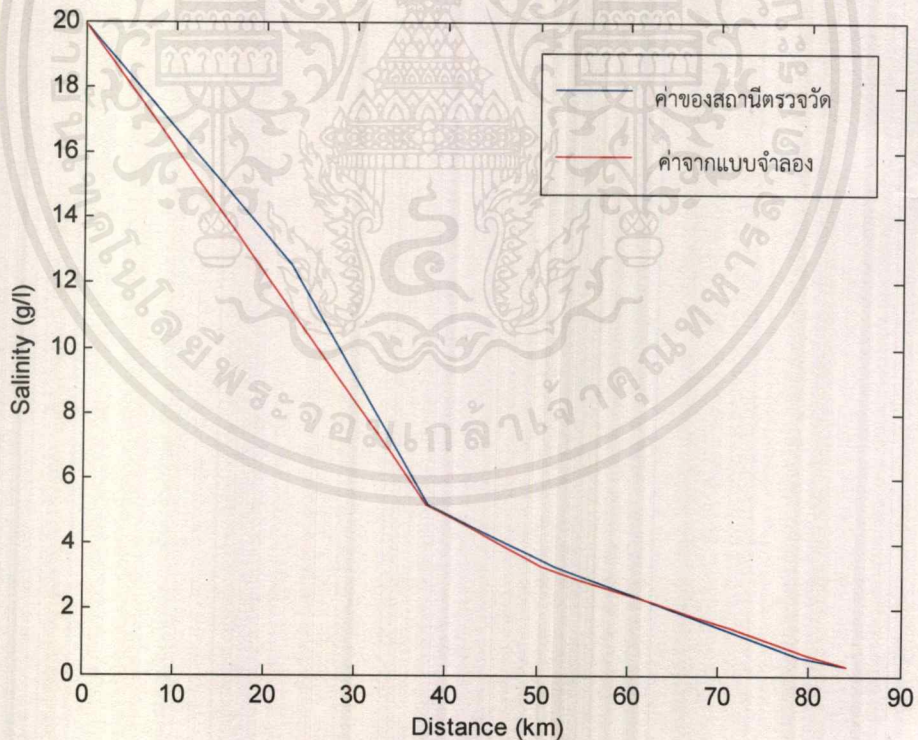
i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.2294	0.1974	0.1653	0.1467	0.1279	0.1090	0.0899	0.0708	0.0514	0.0320	0.0124

ตารางที่ 4.12 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	19.9171	18.3277	16.7284	15.1171	13.4938	11.8586	10.2115	8.5524	6.8814	5.2004

i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ (km)	42	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_i)$ (g/l)	4.5690	3.9316	3.2923	2.9218	2.5474	2.1710	1.7905	1.4101	1.0237	0.6373	0.2470

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.11 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.12 โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560

#### 4.5.3 การประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560

พิจารณา ในส่วนของแม่น้ำเจ้าพระยาความยาว 84 km จากโรงไฟฟ้าพระนครใต้ ซึ่งเป็นสถานีตรวจวัดความเค็มสถานีแรกถึงสถานีสำแลเป็นสถานีสุดท้าย กำหนดให้การพาของน้ำเค็มเป็น 0.4 km/hr และการไหลของกระแสน้ำจืดเป็น 0.3 km/hr โดยกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำเค็มเป็น  $58.8 \text{ m}^2/\text{s}$  กำหนดค่าเฉลี่ยความเค็ม 7 วัน ของสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้เป็น 16.8014 g/l สถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้า 4.7671 g/l และสถานีสะพานพระนั่งเกล้า 2.7829 g/l โดยกำหนดให้  $\beta = -0.394$  จะได้ผลเฉลยดังตารางที่ 4.13 และตารางที่ 4.14 ดังนี้

ตารางที่ 4.13 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9227	0.8448	0.7664	0.6874	0.6078	0.5277	0.4469	0.3656	0.2837

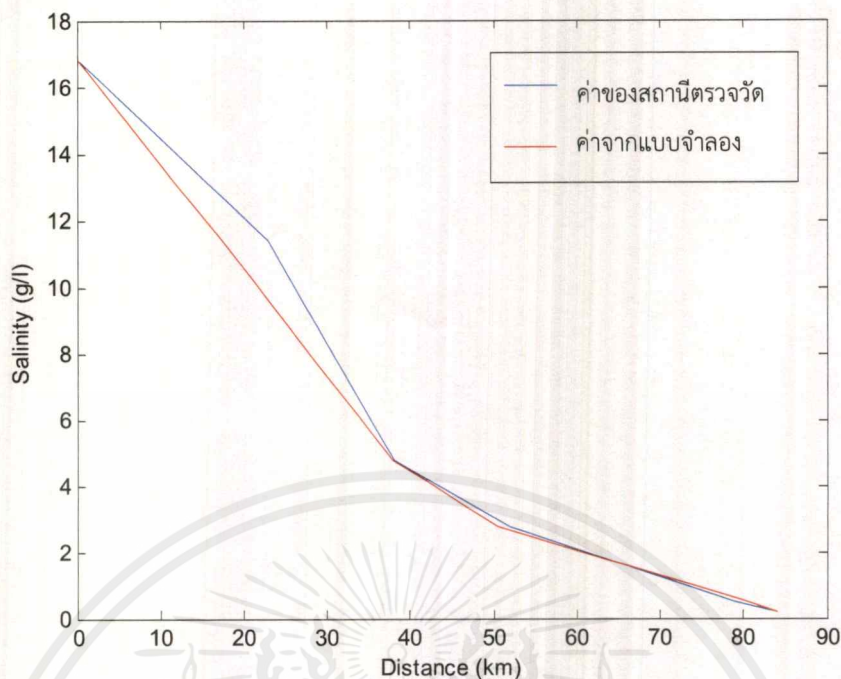
i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.2446	0.2052	0.1656	0.1469	0.1281	0.1091	0.0901	0.0708	0.0515	0.0319	0.0123

ตารางที่ 4.14 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	16.8014	15.5027	14.1938	12.8766	11.5493	10.2119	8.8661	7.5085	6.1426	4.7666

i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ (km)	42	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_i)$ (g/l)	4.1096	3.4476	2.7823	2.4681	2.1523	1.8330	1.5138	1.1895	0.8653	0.5360	0.2067

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.13 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.14 โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560

#### 4.5.4 การประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560

พิจารณา ในส่วนของแม่น้ำเจ้าพระยาความยาว 84 km จากโรงไฟฟ้าพระนครใต้ ซึ่งเป็น สถานีตรวจวัดความเค็มสถานีแรกถึงสถานีสำแลเป็นสถานีสุดท้าย กำหนดให้การพาของน้ำเค็มเป็น 0.4 km/hr และการไหลของกระแสน้ำจืดเป็น 0.3 km/hr โดยกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่ของ น้ำเค็มเป็น  $58.8 \text{ m}^2/\text{s}$  กำหนดค่าเฉลี่ยความเค็ม 7 วัน ของสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้เป็น 13.5900 g/l สถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้า 4.2900 g/l และสถานีสะพานพระนั่งเกล้า 2.4683 g/l โดย กำหนดให้  $\beta = -0.43$  จะได้ผลเฉลยดังตารางที่ 4.15 และตารางที่ 4.16 ดังนี้

ตารางที่ 4.15 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9261	0.8517	0.7768	0.7013	0.6253	0.5487	0.4716	0.3939	0.3157

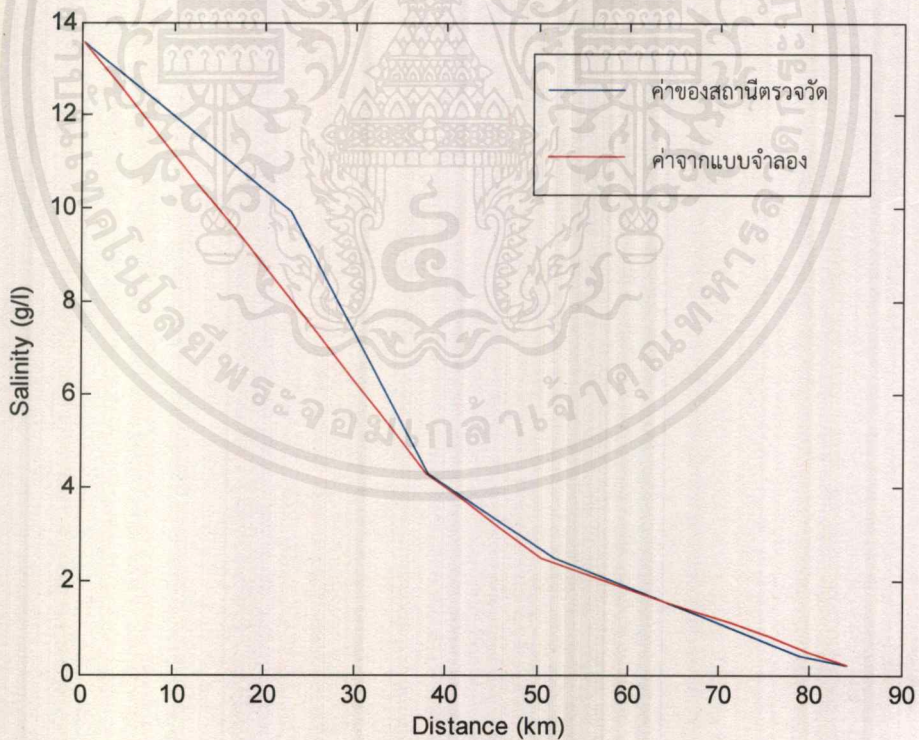
i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.2713	0.2266	0.1816	0.1613	0.1408	0.1202	0.0994	0.0784	0.0573	0.0361	0.0147

ตารางที่ 4.16 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	13.590 0	12.585 7	11.574 6	10.556 7	9.5307	8.4978	7.4568	6.4090	5.3531	4.2904

i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ (km)	4.2	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_i)$ (g/l)	3.6870	3.0795	2.4679	2.1921	1.9135	1.6335	1.3508	1.0655	0.7787	0.4906	0.1998

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.15 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.16 โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560 ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.6 การประมาณค่าขอบขวา ( $\beta$ )

จากการศึกษาพบว่าค่า  $\beta$  ไม่คงที่ในแต่ละสัปดาห์เราจึงทำการสุ่มค่า  $\beta$  มาเพื่อประมาณค่าความเค็มในสัปดาห์ถัดไป จนทำให้ค่าความเค็มมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลภาคสนาม

##### 4.6.1 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560

จากการทดลองพบว่าค่าความเค็มในช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560 พบค่าขอบขวาที่  $\beta = -0.1390$  ทำให้ได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.17 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.17 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9150	0.8294	0.7432	0.6564	0.5689	0.4808	0.3921	0.3027	0.2126

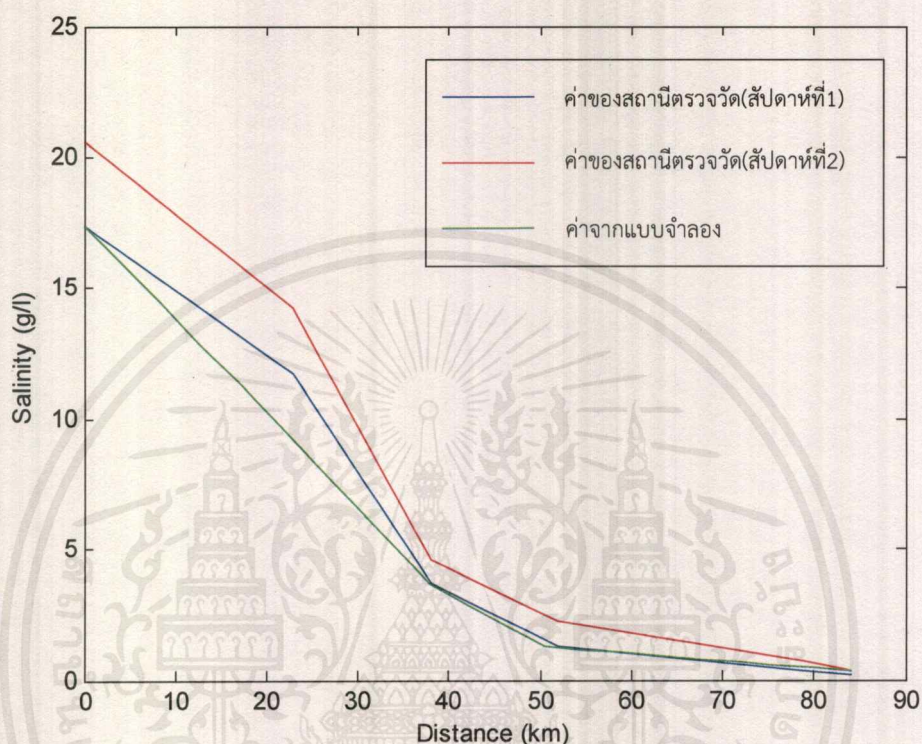
i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.1663	0.1196	0.0726	0.0660	0.0594	0.0527	0.0459	0.0391	0.0323	0.0254	0.0184

ตารางที่ 4.18 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	17.3743	15.8975	14.4102	12.9126	11.4045	9.8842	8.3536	6.8125	5.2592	3.6938

i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ (km)	42	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_i)$ (g/l)	2.8893	2.0780	1.2614	1.1467	1.0320	0.9156	0.7975	0.6793	0.5612	0.4413	0.3197

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไรมิตี ดังตารางที่ 4.17 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.18 โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 กับช่วงเวลาวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560 ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560

จากรูปที่ 4.9 จะสังเกตได้ว่า เส้นกราฟของช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 เมื่อให้  $\beta = -0.1390$  จะได้ค่าขอบขวา(สถานีสำแล)เท่ากับ 0.3197 ซึ่งใกล้เคียงกับวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560 เท่ากับ 0.3171 จากข้อมูลภาคสนาม

#### 4.6.2 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560

จากการทดลองพบว่าค่าความเค็มในช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 พบค่าขอบขวาที่  $\beta = -0.1510$  ทำให้ได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไรมิตี ดังตารางที่ 4.19 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.19 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9150	0.8294	0.7432	0.6564	0.5689	0.4808	0.3921	0.3027	0.2126

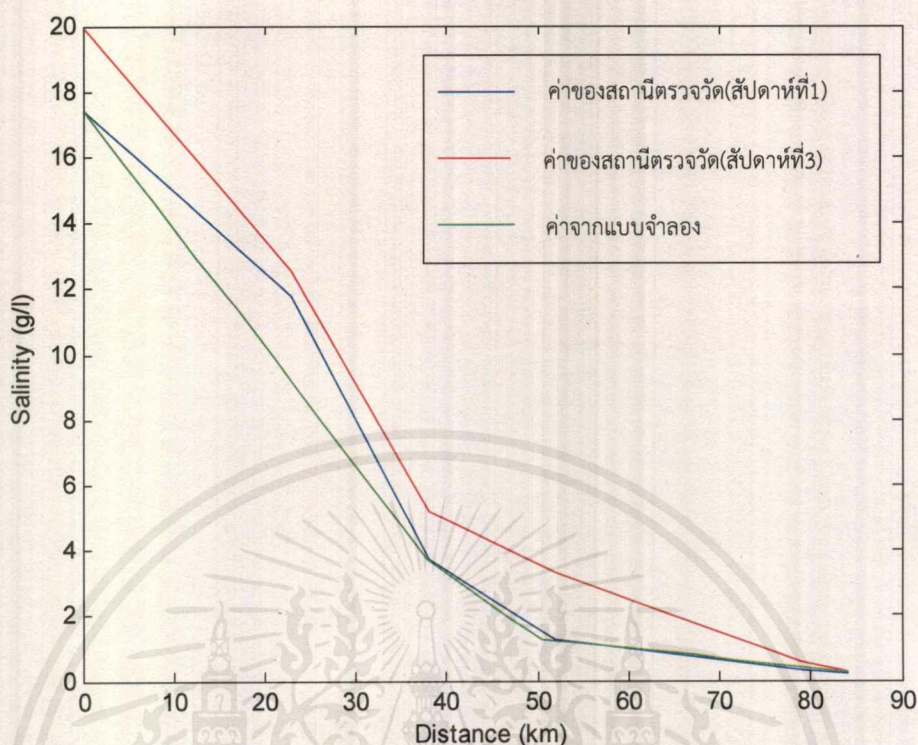
i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.1663	0.1196	0.0726	0.0665	0.0583	0.0511	0.0438	0.0365	0.0291	0.0216	0.0141

ตารางที่ 4.20 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	17.3743	15.8975	14.4102	12.9126	11.4045	9.8842	8.3536	6.8125	5.2592	3.6938

i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ (km)	42	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_i)$ (g/l)	2.8893	2.0780	1.2614	1.1380	1.0129	0.8878	0.7610	0.6342	0.5056	0.3753	0.2450

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.19 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.20 โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 กับช่วงเวลาวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560

จากรูปที่ 4.10 จะสังเกตได้ว่า เส้นกราฟของช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 เมื่อให้  $\beta = -0.1510$  จะได้ค่าขอบขวา(สถานีสำแล)เท่ากับ 0.2450 ซึ่งใกล้เคียงกับวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 เท่ากับ 0.2457 จากข้อมูลภาคสนาม

#### 4.6.3 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560

จากการทดลองพบว่าค่าความเค็มในช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 พบค่าขอบขวาที่  $\beta = -0.1570$  ทำให้ได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.21 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.21 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9150	0.8294	0.7432	0.6564	0.5689	0.4808	0.3921	0.3027	0.2126

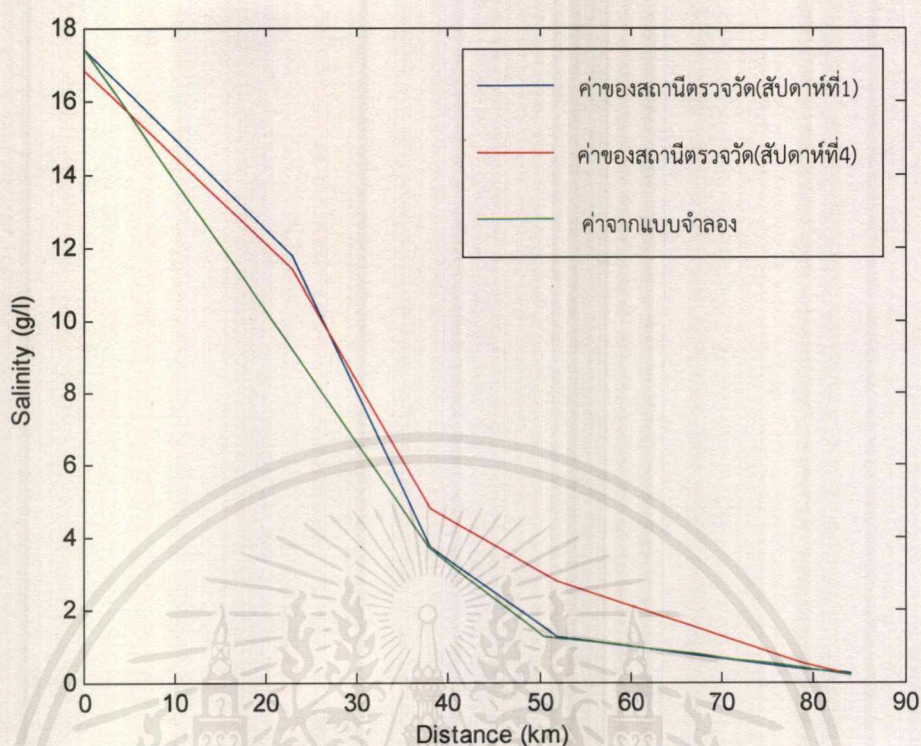
$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.1663	0.1196	0.0726	0.0652	0.0578	0.0502	0.0426	0.0350	0.0273	0.0196	0.0118

ตารางที่ 4.22 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	17.3743	15.8975	14.4102	12.9126	11.4045	9.8842	8.3536	6.8125	5.2592	3.6938

$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ (km)	42	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_i)$ (g/l)	2.8893	2.0780	1.2614	1.1328	1.0042	0.8722	0.7401	0.6081	0.4743	0.3405	0.2050

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.21 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.22 โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 กับช่วงเวลาวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560

จากข้อมูลจากรูปที่ 4.11 จะสังเกตได้ว่า เส้นกราฟของช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 เมื่อให้  $\beta = -0.1570$  จะได้ค่าขอบขวา(สถานีสำแล)เท่ากับ 0.2050 ซึ่งใกล้เคียงกับวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 เท่ากับ 0.2029 จากข้อมูลภาคสนาม

#### 4.6.4 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560

จากการทดลองพบว่าค่าความเค็มในช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วง 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560 พบค่าขอบขวาที่  $\beta = -0.1580$  ทำให้ได้ค่าประมาณความเค็มในรูปปริมาตร ดังตารางที่ 4.23 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.23 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9150	0.8294	0.7432	0.6564	0.5689	0.4808	0.3921	0.3027	0.2126

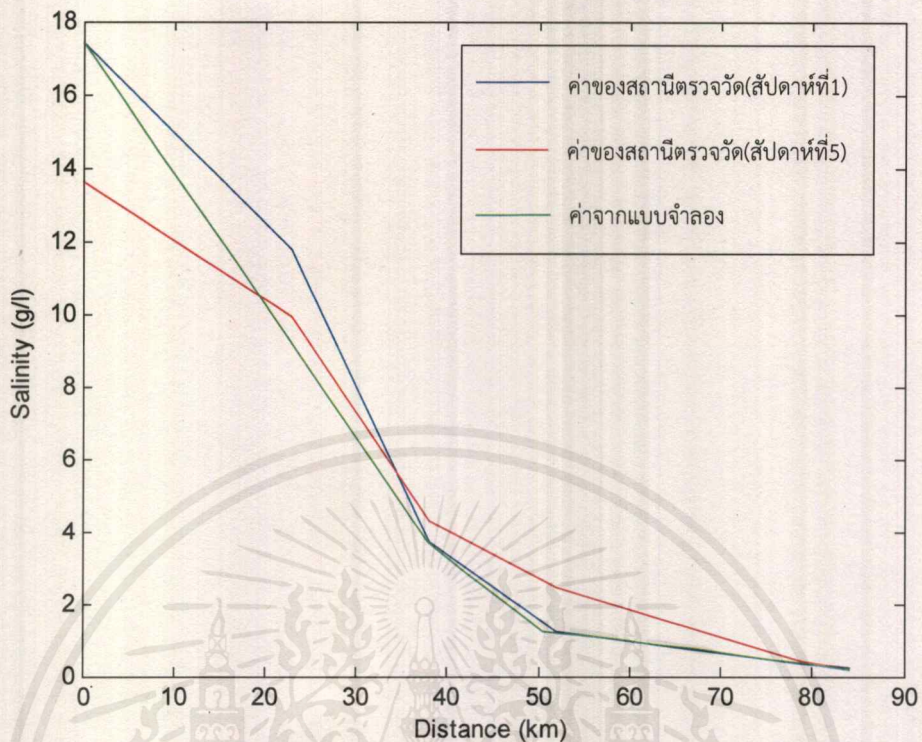
i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.1663	0.1196	0.0726	0.0652	0.0577	0.0501	0.0425	0.0348	0.0270	0.0192	0.0114

ตารางที่ 4.24 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	17.3743	15.8975	14.4102	12.9126	11.4045	9.8842	8.3536	6.8125	5.2592	3.6938

i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ (km)	42	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_i)$ (g/l)	2.8893	2.0780	1.2614	1.1328	1.0025	0.8705	0.7384	0.6046	0.4691	0.3336	0.1981

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.23 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.24 โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 กับช่วงเวลาวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560 ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560

จากรูปที่ 4.12 จะสังเกตได้ว่า เส้นกราฟของช่วงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2560 เมื่อให้  $\beta = -0.1580$  จะได้ค่าขอบขวา(สถานีสำแล) เท่ากับ 0.1981 ซึ่งใกล้เคียงกับวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560 เท่ากับ 0.1914 จากข้อมูลภาคสนาม

#### 4.6.5 ช่วงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560

จากการทดลองพบว่าค่าความเค็มในช่วงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 พบค่าขอบขวาที่  $\beta = -0.25$  ทำให้ได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.25 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.25 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9162	0.8318	0.7468	0.6612	0.5750	0.4881	0.4007	0.3126	0.2238

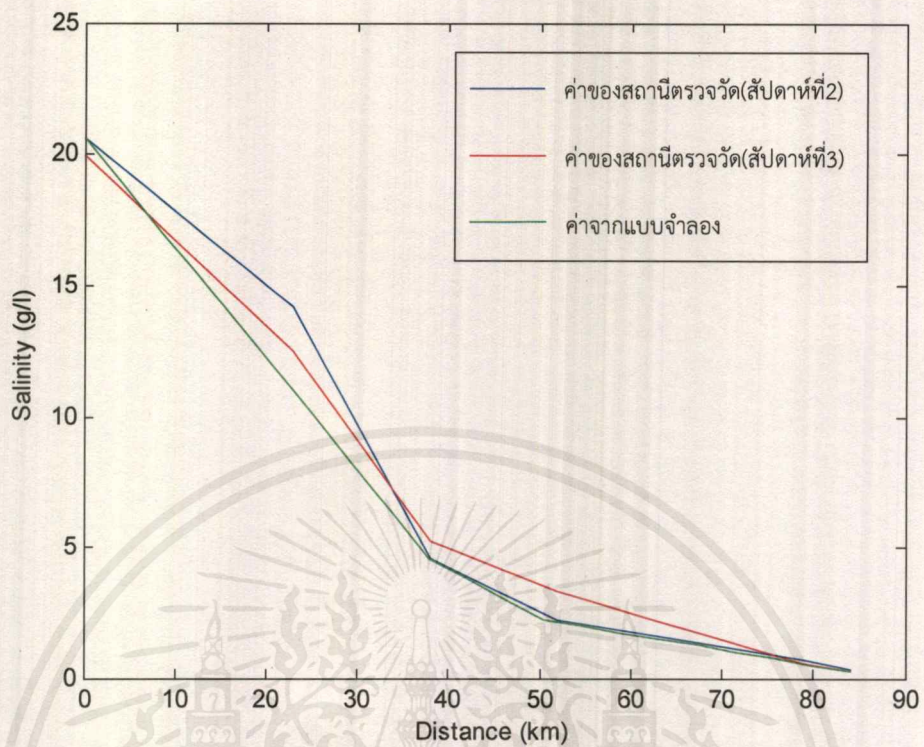
$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.1857	0.1473	0.1087	0.0969	0.0849	0.0729	0.0608	0.0487	0.0364	0.0240	0.0116

ตารางที่ 4.26 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	20.5629	18.8397	17.1042	15.3564	13.5962	11.8237	10.0368	8.2396	6.4280	4.6020

$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ (km)	42	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_i)$ (g/l)	3.8185	3.0289	2.2352	1.9925	1.7458	1.4990	1.2502	1.0014	0.7485	0.4935	0.2385

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.25 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.26 โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ช่วงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560

จากรูปที่ 4.13 จะสังเกตได้ว่า เส้นกราฟของช่วงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 4 มีนาคม 2560 เมื่อให้  $\beta = -0.25$  จะได้ค่าขอบขวา(สถานีสำแล) เท่ากับ 0.2385 ซึ่งใกล้เคียงกับวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 เท่ากับ 0.2457 จากข้อมูลภาคสนาม

#### 4.6.6 ช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560

จากการทดลองพบว่าค่าความเค็มในช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 พบค่าขอบขวาที่  $\beta = -0.4$  ทำให้ได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.27 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.27 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9202	0.8399	0.7590	0.6775	0.5954	0.5127	0.4294	0.3455	0.2611

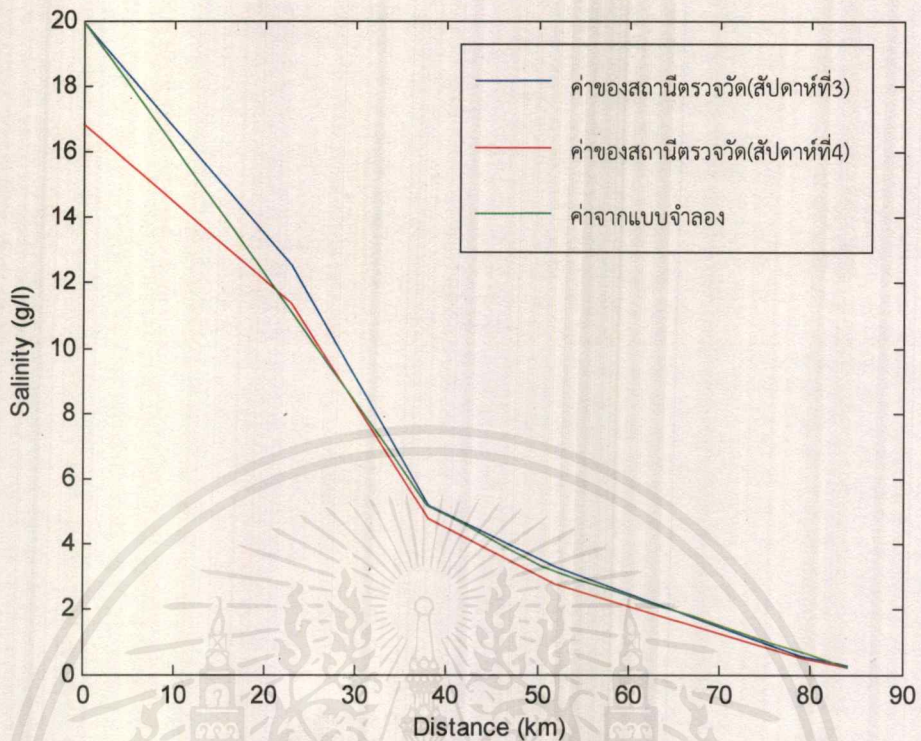
$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.2294	0.1974	0.1653	0.1463	0.1272	0.1080	0.0886	0.0691	0.0494	0.0296	0.0097

ตารางที่ 4.28 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	19.9171	18.3277	16.7284	15.1171	13.4938	11.8586	10.2115	8.5524	6.8814	5.2004

$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ (km)	42	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_i)$ (g/l)	4.5690	3.9316	3.2923	2.9139	2.5335	2.1510	1.7647	1.3763	0.9839	0.5895	0.1932

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.27 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.28 โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560

จากรูปที่ 4.14 จะสังเกตได้ว่า เส้นกราฟของช่วงวันที่ 5 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2560 เมื่อให้  $\beta = -0.4$  จะได้ค่าขอบขวา(สถานีสำแล)เท่ากับ 0.1932 ซึ่งใกล้เคียงกับวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 เท่ากับ 0.2029 จากข้อมูลภาคสนาม

#### 4.6.7 ช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560

จากการทดลองพบว่าค่าความเค็มในช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560 พบค่าขอบขวาที่  $\beta = -0.395$  ทำให้ได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.29 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.29 ผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปไร้มิติ

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$C(X_i)$	1.0000	0.9202	0.8399	0.7590	0.6775	0.5954	0.5127	0.4294	0.3455	0.2611

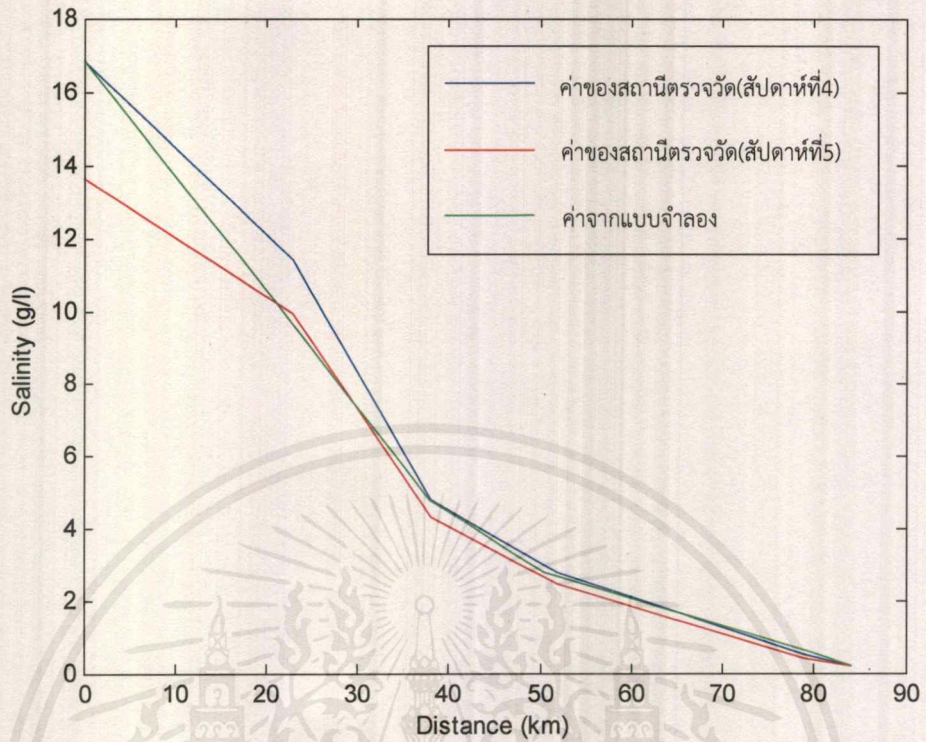
$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$X_i$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$C(X_i)$	0.2294	0.1974	0.1653	0.1463	0.1272	0.1080	0.0886	0.0691	0.0494	0.0296	0.0097

ตารางที่ 4.30 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเค็มตลอดลำน้ำ (g/l) โดยเฉลี่ย 7 วัน

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_i$ (km)	0	4.2	8.4	12.6	16.8	21	25.2	29.4	33.6	37.8
$c(x_i)$ (g/l)	19.9171	18.3277	16.7284	15.1171	13.4938	11.8586	10.2115	8.5524	6.8814	5.2004

$i$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_i$ (km)	42	46.2	50.4	54.6	58.8	63	67.2	71.4	75.6	79.8	84
$c(x_i)$ (g/l)	4.5690	3.9316	3.2923	2.9139	2.5335	2.1510	1.7647	1.3763	0.9839	0.5895	0.1932

ดังนั้น จะได้ค่าประมาณความเค็มในรูปไร้มิติ ดังตารางที่ 4.29 และค่าประมาณความเค็มเฉลี่ยตลอด 7 วัน ดังตารางที่ 4.30 โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเค็มที่คำนวณได้กับค่าความเค็มจากการเก็บข้อมูลจริง ในช่วงเวลาวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560 ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 ประมาณค่าความเค็มในช่วงวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560

จากรูปที่ 4.15 จะสังเกตได้ว่า เส้นกราฟของช่วงวันที่ 12 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2560 เมื่อให้  $\beta = -0.395$  จะได้ค่าขอบขวา(สัปดาห์)เท่ากับ 0.1999 ซึ่งใกล้เคียงกับวันที่ 19 มีนาคม 2560 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2560 เท่ากับ 0.1914 จากข้อมูลภาคสนาม

## บทที่ 5

### สรุป

#### 5.1 อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยเลือกใช้สมการการพา-การแพร่โดยวิธีผลต่างจำกัดในการหาผลเฉลยทั้งหมด 4 กรณี

กรณีที่ 4.1 การประมาณค่าความเค็มจากสถานีแรกและสถานีสุดท้าย โดยกำหนดให้การพาของน้ำเค็มเป็น  $0.4 \text{ km/hr}$  และการไหลของกระแสน้ำจืดเป็น  $0.3 \text{ km/hr}$  โดยกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำเค็มเป็น  $58.8 \text{ m}^2/\text{s}$  กำหนดค่าเฉลี่ยความเค็ม 7 วัน ของสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้(สถานีแรก)เป็น  $17.3743 \text{ g/l}$  และสถานีสำแล(สถานีสุดท้าย)เป็น  $0.2171 \text{ g/l}$  ใช้เทคนิคการหาค่าผลเฉลยทำได้โดยการกำหนดผลเฉลยทดลอง กำหนดให้  $c$  เป็นค่าความเค็มที่ไม่ทราบค่า จึงทำการแทนค่าผลเฉลยในสมการที่กำหนด ซึ่งแทนในสมการการพา-การแพร่โดยวิธีผลต่างจำกัด จะได้สมการออกมา จากนั้นจะหาค่า  $c$  โดยนำมาเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ ซึ่งเราจะหาค่า  $c$  โดยใช้โปรแกรม matlab แล้วจะได้ค่า  $c$  ที่ได้จากสมการผลเฉลยที่สามารถหาค่าความเค็มในแต่ละจุดและนำมาเขียนเป็นกราฟได้จากกราฟพบว่าค่าความเค็มที่คำนวณได้ ยังไม่แม่นยำนัก หากเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้จริง

กรณีที่ 4.2 การประมาณค่าความเค็มจากข้อมูลสถานีแรกและสถานีสุดท้ายผนวกด้วยข้อมูลจาก 2 สถานีภายใน กำหนดให้การพาของน้ำเค็มเป็น  $0.4 \text{ km/hr}$  และการไหลของกระแสน้ำจืดเป็น  $0.3 \text{ km/hr}$  โดยกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำเค็มเป็น  $58.8 \text{ m}^2/\text{s}$  กำหนดค่าเฉลี่ยความเค็ม 7 วัน ของสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้เป็น  $17.3743 \text{ g/l}$  โดยเลือกใช้ข้อมูลจากสถานีภายในลำน้ำ 2 สถานี ได้แก่ สถานีสะพานพระพุทธรูปอดฟ้า(สถานีที่3)เป็น  $3.6943 \text{ g/l}$  สถานีสะพานพระนั่งเกล้า(สถานีที่4)เป็น  $1.2614 \text{ g/l}$  โดยสถานีสำแลเป็นสถานีสุดท้ายเช่นเดิม ซึ่งมีค่าความเค็มเป็น  $0.2171 \text{ g/l}$  ใช้เทคนิคการหาค่าผลเฉลยทำได้โดยการกำหนดผลเฉลยทดลอง เนื่องจากมีผลเฉลยที่ไม่ทราบค่าคือ  $c$  ซึ่งเราแทนผลเฉลยในสมการที่กำหนด แทนในสมการการพา-การแพร่โดยวิธีผลต่างจำกัด จะได้สมการออกมา จากนั้นจะหาค่า  $c$  โดยนำมาเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ ซึ่งเราจะหาค่า  $c$  โดยใช้โปรแกรม matlab แล้วจะได้ค่า  $c$  ที่ได้จากสมการผลเฉลยที่สามารถหาค่าความเค็มในแต่ละจุดและนำมาเขียนเป็นกราฟได้จากกราฟ พบว่าค่าความเค็มที่คำนวณได้ มีความแม่นยำมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้จริง และเป็นที่น่าพอใจในการยอมรับ

กรณีที่ 4.3 การประมาณค่าความเค็มโดยใช้ข้อมูลจากสถานีแรกเท่านั้น กำหนดให้การพาของน้ำเค็มเป็น  $0.4 \text{ km/hr}$  และการไหลของกระแสน้ำจืดเป็น  $0.3 \text{ km/hr}$  โดยกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำเค็มเป็น  $58.8 \text{ m}^2/\text{s}$  กำหนดค่าเฉลี่ยความเค็ม 7 วัน ของสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้เป็น  $17.3743 \text{ g/l}$  โดยไม่ใช้ข้อมูลจากสถานีอื่นๆ ตลอดทั้งลำน้ำ รวมทั้งสถานีสำแลซึ่งเป็นสถานีสุดท้าย เพื่อแสดงถึงเทคนิคการวิเคราะห์ความเค็มจากข้อมูลที่ตรวจวัดได้จริง ทำได้โดยการกำหนดผลเฉลยทดลอง โดยเราจะหาค่า  $c$  โดยแทนผลเฉลยในสมการที่กำหนดแทนในสมการการพา-การแพร่โดยวิธีผลต่างจำกัด จะได้สมการออกมา จากนั้นจะหาค่า  $c$  โดยนำมาเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ ซึ่งเราจะหาค่า  $c$  โดยใช้โปรแกรม matlab แล้วจะได้ค่า  $c$  ที่ได้จากสมการผลเฉลยที่สามารถหาค่าความเค็มในแต่ละจุดและนำมาเขียน

เป็นกราฟได้ จากกราฟ พบว่าค่าความเค็มที่คำนวณได้ ยังไม่แม่นยำนักในช่วงก่อนถึงสถานีสำแล หากเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้จริง แต่มีความแม่นยำที่ตำแหน่งสถานีสำแล เมื่อ  $\beta = -1.06$  กรณีที่ 4.4 การประมาณค่าความเค็มโดยใช้ข้อมูลจากสถานีแรก และใช้ข้อมูลจาก 2 สถานีก่อนถึงพื้นที่ฝักระวัง กำหนดให้การพาของน้ำเค็มเป็น 0.4 km/hr และการไหลของกระแสน้ำจืดเป็น 0.3 km/hr โดยกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำเค็มเป็น 58.8 m<sup>2</sup>/s กำหนดค่าเฉลี่ยความเค็ม 7 วันของสถานีโรงไฟฟ้าพระนครใต้เป็น 17.3743 g/l สถานีสะพานพระพุทธยอดฟ้าเป็น 3.6943 g/l สถานีสะพานพระนั่งเกล้าเป็น 1.2614 g/l โดยไม่ใช้ข้อมูลจากสถานีสุดท้ายคือ สถานีสำแล ใช้เทคนิคการหาค่าผลเฉลย ทำได้โดยการกำหนดผลเฉลยทดลอง เนื่องจากมีผลเฉลยที่ไม่ทราบค่าคือ  $c$  โดยแทนผลเฉลยในสมการที่กำหนดแทนในสมการการพา-การแพร่โดยวิธีผลต่างจำกัด จะได้สมการออกมา จากนั้นจะหาค่า  $c$  โดยนำมาเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ ซึ่งเราจะหาค่า  $c$  โดยใช้โปรแกรม matlab แล้วจะได้ค่า  $c$  ที่ได้จากสมการผลเฉลยที่สามารถหาค่าความเค็มในแต่ละจุดและนำมาเขียนเป็นกราฟได้ จากกราฟ พบว่าค่าความเค็มที่คำนวณได้ มีความแม่นยำมากขึ้นที่  $\beta = -0.155$  เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้จริง และเป็นที่น่าพอใจในการยอมรับ

## 5.2 สรุปงานวิจัย

การวัดปริมาณความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาโดยวิธีเก็บข้อมูลภาคสนามมีความแม่นยำ แต่ไม่สามารถวัดค่าความเค็มที่อยู่ในน้ำได้ทุกจุดแต่ถ้าวัดได้ก็เสียค่าใช้จ่ายสูง และมีอุปสรรคในการวัดบางพื้นที่ จึงต้องใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ในการหาค่าความเค็มที่อยู่ในแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งข้อดีของการนำคณิตศาสตร์มาใช้ในการคำนวณนั้น คือสามารถหาค่าความเค็มที่อยู่ในแม่น้ำได้ทุกจุดตลอดทั้งลำน้ำ โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์สามารถประหยัดเวลา ประหยัดค่าใช้จ่าย ส่วนความแม่นยำในการคำนวณทางคณิตศาสตร์นั้น ค่าที่ได้เป็นค่าที่เรายอมรับได้ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้สมการการพา-การแพร่ โดยวิธีผลต่างจำกัด เพื่อหาค่าความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณเป็นค่าที่ยอมรับได้

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ทำวิจัยในครั้งต่อไปดังนี้ ควรพัฒนาแบบจำลองเป็นตัวแบบในสภาวะไม่เสถียร ควรใช้ข้อมูลพื้นฐานของแม่น้ำเจ้าพระยา เช่น ความลึกของลำน้ำ พื้นที่ภาคตัดแต่ละตำแหน่ง กระแสน้ำในช่วงเวลาต่างๆ ข้อมูลพื้นฐานท้องน้ำ และพารามิเตอร์ต่างๆ มาพัฒนาตัวแบบให้มีความแม่นยำมากขึ้นต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

- [1] วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี. “แม่น้ำเจ้าพระยา”. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://th.wikipedia.org/wiki/แม่น้ำเจ้าพระยา>. 2561.
- [2] อติสรณ์ ฉิมน้อย. “ปัญหาน้ำเค็มส่งผลกระทบต่อชาวสวนนนทบุรี”. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.duriannon.com>. 2561.
- [3] ฝ่ายทรัพยากรน้ำและสิ่งแวดล้อม. “โครงการระบบเฝ้าระวังคุณภาพน้ำแบบ Real time การประปานครหลวง”. [Online]. เข้าถึงได้จาก : [rwc.mwa.co.th/page/home](http://rwc.mwa.co.th/page/home). 2561.
- [4] กรมอุตุนิยมวิทยา. “ภูมิอากาศของไทย”. [Online]. เข้าถึงได้จาก : [www.tmd.go.th](http://www.tmd.go.th). 2561.
- [5] กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. “มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ”. [Online]. เข้าถึงได้จาก : [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/reg\\_std\\_water04.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html). 2561.
- [6] เจาะข่าวเด่น. “ปัญหาน้ำประปาเค็มในพื้นที่หลายส่วนของกรุงเทพมหานคร”. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://highlight.kapook.com/view/98148>. 2557.
- [7] Thai PBS. “กปน.เตือนคนกรุงเทพสำรองน้ำดื่มหลังน้ำประปามีค่าความเค็มสูง”. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://news.thaipbs.or.th/content/2867>. 2558.
- [8] ข่าวภูมิภาค. “เดือน11จุดกม. น้ำประปาเค็ม”. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.posttoday.com/social/local/376917>. 2558.
- [9] Thai PBS. “น้ำเค็มรุก”เฉียดจุดพิก 0.50 กรัมต่อลิตร กรมชลประทานระบายน้ำดันพื้นเจ้าพระยา”. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://news.thaipbs.or.th/content/>. 2560.
- [10] PPTV. “ชาวนาปทุมธานีหวั่นน้ำเค็มกระทบข้าวนาปรัง”. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.pptvhd36.com/news/ประเด็นร้อน/47863>. 2560.
- [11] กীরติ ลีวัจนกุล. “การแพร่ของน้ำเค็มเข้าแม่น้ำเจ้าพระยา”. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2531
- [12] Chapra, Steven C. Surface water-quality modeling. New York : McGraw-Hill, c1997
- [13] Ippen, A. T. Estuary and Coastline Hydrodynamics. Cambridge, Massachusetts, Mc Graw-Hill Book Company, Inc, 1966, p.493-689.
- [14] Richard, L. Burden, and J. Douglas, Faires. Numerical analysis. 8th ed. Australia : Thomson/Brooks/Cole, c2005
- [15] Kwon, Young W. The finite element method using MATLAB/Young W. Kwon, Hyochong Bang. 2<sup>nd</sup> ed. Boca Raton : CRC Press, c2000.

- [16] พินิจ เพิ่มพงศ์พันธ์. สมการเชิงอนุพันธ์. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์หน้าอักษร  
การพิมพ์, 2545.
- [17] Smith, G.D. Numerical solution of partial differential equations : finite difference  
methods / G.D. Smith. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford : Clarendon, c1985.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้