

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบบหนึ่งมิติของวิวัฒนาการของส่วนหนึ่ง
ของชายหาดที่มีรอดักทราย

A ONE DIMENSIONAL MATHEMATICAL MODEL OF
SHORELINE EVOLUTION SEGMENT WITH A GROIN



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)
ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

A ONE DIMENSIONAL MATHEMATICAL MODEL OF SHORELINE EVOLUTION SEGMENT WITH A GROIN



A SPECIAL PROBLEM 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 อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบบหนึ่งมิติของวิวัฒนาการของส่วนหนึ่งของชายหาดที่มีรอดักทราย
 A one dimensional mathematical model of shoreline evolution segment with a groin

ชื่อนักศึกษา นายชัยวร ทองสมบัติ 58050041
 นางสาวธนัญญา สุวรรณสุข 58050072
 นางสาวนพเกตุน์ มากตัน 58050081

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)
ภาควิชา คณิตศาสตร์
ปีการศึกษา 2561

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร.อาทิตย์ แข็งธัญการ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้
 ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์
 ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ใจปอง เกษมสุวรรณ ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.ธวัชชัย คำประภัสสร กรรมการ	
ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
รศ.ดร.อาทิตย์ แข็งธัญการ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบบหนึ่งมิติของวิวัฒนาการของส่วนหนึ่งของ ชายหาดที่มีรอดักทราย
ชื่อนักศึกษา	นายชัยวร ทองสมบัติ รหัสนักศึกษา 58050041 นางสาวธัญญา สุวรรณสุข รหัสนักศึกษา 58050072 นางสาวนพเกศน์ มากตัน รหัสนักศึกษา 58050081
ปริญญา ภาควิชา คณะ	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์) คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รศ.ดร.อาทิตย์ แข็งธัญการ

บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษนี้ต้องการนำเสนอตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบบหนึ่งมิติของวิวัฒนาการของส่วนหนึ่งของชายหาดที่มีรอดักทรายในระยะยาว ซึ่งเป็นการอธิบายการงอกของแนวชายฝั่งกรณีที่มีรอดักทรายและชายฝั่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เงื่อนไขเริ่มต้น และเงื่อนไขขอบกำหนดโดยลักษณะทางกายภาพของชายฝั่งและสิ่งปลูกสร้าง การจำลองแบบกระทำ อยู่ระหว่าง 0 ถึง 2 ปี โดยผลเฉลยของตัวแบบถูกประมาณโดยวิธีผลต่างจากหน้าในเวลาผลต่างจากกลางในปริภูมิ ผลลัพธ์จากการคำนวณจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ในกรณีเฉพาะ โดยพบว่า ผลการคำนวณมีผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ งานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในกรณีที่ลักษณะของชายหาดไม่เป็นรูปเรขาคณิตได้อีกด้วย

คำสำคัญ : รอดักทรายรูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า, ค่าปริมาณความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าประมาณที่ได้, วิวัฒนาการชายฝั่ง, รอดักทรายรูปแบบแท่ง, ความสูงคลื่นทำลาย

Title	A one dimensional mathematical model of shoreline evolution segment with a groin
Students	Mr. Chaivorn Thongsombuti Student ID 58050041 Miss. Thananya Suwannasuk Student ID 58050072 Miss. Noppagate Maktan Student ID 58050081
Degree	Bachelor of Science (Applied Mathematics)
Department	Mathematics
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2018
Advisor	Asst.Prof.Dr. Nopparat Pochai
Co-advisor	Assoc.Prof.Dr. Atid Kangtunyakarn

Abstract

A one dimensional mathematical model of shoreline evolution segment with a groin is introduced. In this research, the shoreline evolution with a groin and the rectangular initial shoreline problems are investigated. The initial condition and the boundary conditions are assumed by using the shoreline topography and a man made construction. The considered mathematical model is stimulated along 2 years. The solution of the model is approximated by a forward difference in time centered in space finite difference method. The approximated solutions are compared with the specified exact solution. The numerical method gives good agreement solutions. The proposed numerical model is able to apply in other realistic problems.

Keywords : rectangular cut in breach, absolute error, shoreline evolution, straight impermeable groins, wave height breaking

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปัญหาพิเศษ เรื่อง ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบบหนึ่งมิติของวิวัฒนาการของส่วนหนึ่งของชายหาดที่มีรอยตัดทราย เพื่อแก้ปัญหาคาร์กัตเซาของชายฝั่งทะเล จึงมีการใช้รอยตัดทรายเพื่อช่วยในการชะลอกกระแสน้ำที่พัดเข้ามากระทบชายฝั่งทะเลสามารถช่วยลดการสูญเสียตะกอนที่ถูกกระแสน้ำพัดพาออกไปและต้องการทำให้กระแสน้ำที่พัดพาตะกอนเข้ามาไปติดที่รอยตัดทรายแทน พร้อมทั้งในปัญหาพิเศษนี้จะมีการพัฒนารูปแบบของรอยตัดทรายให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ที่ต้องการศึกษาด้วย

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย และรองศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ แข็งธัญการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา รวมไปถึงคณะกรรมการสอบปัญหาพิเศษ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ใจปอง เกษมสุวรรณ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย คำประภัสสร ที่เสียสละเวลาอันมีค่ามาเป็นกรรมการสอบปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน และให้ความรู้ทางด้านวิชาการอันเป็นประโยชน์ สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี

ชัยวร ทองสมบัติ
ธัญญา สุวรรณสุข
นพเกตุน์ มากตัน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ	8
1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ	8
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงานปัญหาพิเศษ	9
บทที่ 2 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบบหนึ่งมิติของวิวัฒนาการของส่วนหนึ่งของชายหาดที่มีรอดักทราย	10
2.1 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบบหนึ่งมิติของวิวัฒนาการของชายฝั่งเมื่อมีระบบรอดักทราย	11
บทที่ 3 วิธีเชิงตัวเลขเพื่อประมาณค่าผลเฉลย	13
3.1 วิธีผลต่างจำกัด	13
3.1.1 การประมาณพจน์ $\frac{\partial u}{\partial x}$	13
3.1.2 การประมาณพจน์อนุพันธ์โดยวิธีต่าง ๆ	13
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	22
4.1 ปัญหาที่ 1 : รอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบเรียบ	22
4.2 ปัญหาที่ 2 : รอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า	34
4.3 ปัญหาที่ 3 : รอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบไม่สม่ำเสมอ	44
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	54
ภาคผนวก ก	55

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ข้อดีและข้อจำกัดของรอดักทราย	8
4.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา	24
4.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา	25
4.3 การก่อดัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี	25
4.4 ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$	28
4.5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา	28
4.6 การก่อดัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี	29
4.7 ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$	31
4.8 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา	31
4.9 การก่อดัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี	32
4.10 ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$	34
4.11 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา	35
4.12 การก่อดัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี	36
4.13 ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$	38
4.14 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา	38
4.15 การก่อดัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี	39
4.16 ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$	41
4.17 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา	41
4.18 การก่อดัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี	42
4.19 ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$	44
4.20 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา	45
4.21 การก่อดัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี	45
4.22 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา	47
4.23 การก่อดัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี	47
4.24 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา	49
4.25 การก่อดัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี	49

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1.1 ต้นโงกง	5
1.1.2 คลองบางขุนเทียนที่ไหลออกทะเล	6
1.1.3 แสดงการสัญจรด้วยเรือหางยาวซึ่งถูกกล่าวหาว่าเป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหา	6
2.1 รอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบเรียบ	10
2.2 รอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า	10
3.1 วิธีชัดแจ้ง 4 จุด (Four points explicit method)	14
3.2 วิธีปริยายโดยแท้ (The fully implicit method)	15
3.3 วิธีแครงก์-นิโคลสัน (Crank-Nicolson method)	15
3.4 แท่งโลหะที่มีน้ำแข็งวางอยู่ที่ปลายแท่งทั้งสองข้าง	16
4.1 รอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบเรียบ	22
4.2 การทับถม (up-drift side) และการกัดกร่อน (down-drift side)	23
4.3 รอดักทรายกันคลื่นเข้ามากระทบชายฝั่งทำมุม $\alpha_0 = 15^\circ$	23
4.4 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา	24
4.5.1 ผลเฉลยเชิงตัวเลขและผลเฉลยแม่นยำตรงการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$	26
4.5.2 กราฟพื้นผิวการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$	27
4.6.1 ผลเฉลยเชิงตัวเลขและผลเฉลยแม่นยำตรงการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$	30
4.6.2 กราฟพื้นผิวการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$	30
4.7.1 ผลเฉลยเชิงตัวเลขและผลเฉลยแม่นยำตรงการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$	30
4.7.2 กราฟพื้นผิวการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$	33
4.8 รอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า	33
4.9.1 ผลเฉลยเชิงตัวเลขและผลเฉลยแม่นยำตรงการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$	37
4.9.2 กราฟพื้นผิวการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$	37
4.10.1 ผลเฉลยเชิงตัวเลขและผลเฉลยแม่นยำตรงการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$	40
4.10.2 กราฟพื้นผิวการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$	40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11.1 ผลเฉลยเชิงตัวเลขและผลเฉลยแม่นยำตรงการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$	43
4.11.2 กราฟพื้นผิวการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$	43
4.12.1 การก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$	46
4.12.2 กราฟพื้นผิวการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$	46
4.13.1 การก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปีกรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$	48
4.13.2 กราฟพื้นผิวการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$	48
4.14.1 การก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$	50
4.14.2 กราฟพื้นผิวการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$	50



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันพื้นที่ชายฝั่งทะเลถูกใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย เช่น จากกิจกรรมการท่องเที่ยวและนันทนาการ การประมงและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของชุมชนริมทะเล อุตสาหกรรมท่าเรือ การคมนาคมทางน้ำ เป็นต้น ชายฝั่งทะเลจึงมีความสำคัญในทุก ๆ ด้านทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม แต่ปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเล เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในรูปแบบการกัดเซาะ (Erosional Coast) และการสะสมตัว (Depositional Coast) ซึ่งมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลายประการ ทั้งสาเหตุจากธรรมชาติและสาเหตุจากการกระทำของมนุษย์ และมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ สาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง 2 สาเหตุหลักที่กล่าวข้างต้นคือ

1. การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งโดยกระบวนการตามธรรมชาติ

เกิดจากการกัดเซาะของคลื่นและลม วาดภัย อุทกภัย หรือจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้น โดยคลื่นเป็นตัวการสำคัญในการเปลี่ยนแปลงลักษณะของตะกอนและทรายบริเวณชายฝั่ง

2. การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งโดยกิจกรรมของมนุษย์

กิจกรรมของมนุษย์ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่ง จากการมุ่งเน้นพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคมโดยใช้ทรัพยากรเป็นฐานการผลิต แต่กลับให้ความสำคัญในการรักษาและฟื้นฟูทรัพยากรน้อยเกินไป ทำให้ทรัพยากรที่มีความสำคัญถูกทำลายและเสื่อมโทรมลงทุกขณะกิจกรรมที่กระบวนการกัดเซาะชายฝั่งให้รุนแรงมากขึ้น

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ และถือเป็นภัยธรรมชาติอย่างหนึ่งที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนในประเทศไทย คือการกัดเซาะชายฝั่งที่ก่อให้เกิดความเสียหายของพื้นที่และสูญเสียคุณค่าในการใช้ประโยชน์ไปอย่างถาวร ซึ่งผลกระทบจากการกัดเซาะชายฝั่งอาจจำแนกผลกระทบที่สำคัญได้ 4 ประการคือ

ทางเศรษฐกิจ ธุรกิจที่ได้รับผลกระทบโดยตรงคือ ภาคการท่องเที่ยว จากชายฝั่งถูกกัดเซาะจนเกิดสภาพเสื่อมโทรม สูญเสียแนวชายหาดที่สวยงาม โดยเฉพาะชายหาดที่มีชื่อเสียงและเป็นจุดหมายท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวจากทั่วโลก กระทบถึงรายได้จำนวนมหาศาล และการลงทุนในอนาคต อีกประการหนึ่งคือต้องใช้ทรัพยากรและเงินจำนวนมากในการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง สูญเสียประโยชน์ที่ควรจะได้รับด้วย อีกทั้งต้องสูญเสียงบประมาณและทรัพยากรจำนวนมากเพื่อป้องกันการกัดเซาะแนวชายฝั่งอีกด้วย

ทางสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศชายฝั่ง ได้แก่ ระบบนิเวศชายหาด ป่าชายเลน หญ้าทะเล และปะการังจะได้รับผลกระทบโดยตรง เนื่องจากการกัดเซาะและการทับถมของตะกอนที่เปลี่ยนไป สูญเสียแนวชายหาดเดิมที่เคยมี เกิดตะกอนทับถมบนหญ้าทะเลและแนวปะการัง อีกทั้งแนวป่าชายเลนที่ถูกกัดเซาะมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่เสื่อมโทรมลง ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมในแหล่งหญ้าทะเล แนวปะการัง ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง กระทั่งสมดุลของระบบนิเวศในบริเวณนั้น

ทางสังคม ชุมชนริมฝั่งทะเลต้องอพยพย้ายถิ่นฐานไปยังพื้นที่อื่นจากพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะ ทำให้สูญเสียวิถีชีวิตและวัฒนธรรมประเพณีดั้งเดิมของชุมชน ไม่มีที่อยู่อาศัยและที่ทำกิน ไม่สามารถประกอบอาชีพได้ตามปกติ ส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังภาคเศรษฐกิจอีกด้วย

คุณภาพชีวิต ชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากการกัดเซาะ สูญเสียที่ดินและทรัพย์สินของตนต้องปรับเปลี่ยนวิถีดำรงชีวิตไปจากเดิม เกิดความวิตกกังวลในการประกอบอาชีพใหม่ อาจส่งผลถึงสภาพจิตใจและความสัมพันธ์ในครอบครัว ทำให้คุณภาพชีวิตตกต่ำหรือไม่ดีเหมือนเดิม

สุดท้ายนี้ผลกระทบจากการกัดเซาะเกิดขึ้นเป็นลูกโซ่ และเกิดต่อเนื่องสัมพันธ์กันในทุก ๆ ส่วนของสังคม ทั้งภาคเศรษฐกิจ สังคม ทรัพยากรและคุณภาพชีวิต ซึ่งผลกระทบนั้นสามารถป้องกันและลดผลกระทบให้เบาบางลงได้ จากการเตรียมพร้อมรับมือทั้งจากภาครัฐ ชุมชนชายทะเล และประชาชนทุกภาคส่วน

ในปัจจุบันพื้นที่ชายฝั่งทะเลถูกนำมาใช้ประโยชน์หลายอย่างเช่น เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณริมทะเล กิจกรรมการท่องเที่ยวและนันทนาการ การประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การคมนาคมทางน้ำ การอุตสาหกรรม และการทำเรือ เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าชายฝั่งทะเลนั้น มีความสำคัญในทุก ๆ ด้าน ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม พื้นที่ชายฝั่งนั้นมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งเกิดมาจากการกัดเซาะของคลื่นและลม ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของตะกอนจากบริเวณหนึ่งไปตกทับถมในอีกบริเวณหนึ่ง ซึ่งจากเหตุการณ์ดังกล่าวมีผลทำให้แนวของชายฝั่งเดิมเปลี่ยนแปลงไปและในบริเวณที่มีตะกอนเคลื่อนเข้ามาน้อยกว่าปริมาณที่ตะกอนเคลื่อนออกไปจะถือว่าเป็นบริเวณที่มีการกัดเซาะชายฝั่งจึงจำเป็นต้องมีรอดักทราย (Groin) แท่งตั้งฉากที่สร้างขึ้นเพื่อลดภาวะการถดถอยของชายฝั่งทะเลโดยทำหน้าที่ดักตะกอนที่เคลื่อนตัวตามแนวชายฝั่งทำให้เกิดการทับถมและตกตะกอนในบริเวณที่กระแสน้ำพัดพาตะกอนมา ซึ่งโดยปกติโครงสร้างชนิดนี้จะวางตัวในแนวตั้งฉากกับชายฝั่ง ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาความสำคัญในการออกแบบรอดักทรายมีบทบาทมาก การออกแบบการทำงานด้านวิศวกรรมชายฝั่งทะเลแบบใหม่ให้มีการวางแนวชายหาดพร้อมกับการก่อสร้างรอดักทรายโดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการเปลี่ยนแนวชายฝั่ง แบบจำลองดังกล่าวได้รับการพิจารณาถึงสถานะสภาพคลื่นที่ผันแปรกับความยาวต่าง ๆ การซึมผ่านและระยะห่างของรอดักทราย

1.1.1 การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเล

ปัจจัยหลักทางการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเลมักเกิดจากการกระทำของคลื่น กระแสน้ำ น้ำขึ้น-น้ำลง โดยคลื่นที่เคลื่อนที่ท่ามมเฉียงเข้าหาแนวชายฝั่งทำให้เกิดการไหลเลียไปกับชายฝั่งในโซนท้องทะเลได้รับอิทธิพลจากการแตกของคลื่น (surf zone) กระแสน้ำเลียบฝั่งและแรงจากการกระทำจากคลื่นเป็นปัจจัยสำคัญในการพัดพาทรายให้เคลื่อนที่ไปตามแนวชายฝั่ง ซึ่งคลื่นที่เคลื่อนที่ไปกระทบกับชายฝั่งจะพัดพาตะกอนไปทับถมกันจนเกิดเป็นชายฝั่งทะเล เมื่อเกิดการกระทบกันระหว่างคลื่นกับชายฝั่งแล้วจะทำให้เกิดการย้อนกลับของคลื่นและตะกอนออกมา ซึ่งถ้าคลื่นพัดพาตะกอนเข้าเยอะกว่าการที่คลื่นพัดพาตะกอนออกจะทำให้เกิดการงอกของชายฝั่งทะเลซึ่งจะทำให้ขนาดพื้นที่ของชายฝั่งเพิ่มขึ้นแต่ถ้าคลื่นพัดพาตะกอนออกมากกว่าตะกอนที่เข้ามาจะทำให้ชายฝั่งทะเลหดหายหรือเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการกัดเซาะชายฝั่งทะเล

1.1.1.1 สาเหตุการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเล

โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่จะคงไว้ซึ่งระบบสมดุลตามธรรมชาติของชายฝั่งทะเลเป็นเรื่องปกติที่เกิดเป็นประจำ แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นแล้วไม่คืนกลับสู่สภาพเดิมตามธรรมชาติหมายถึงชายฝั่งบริเวณนั้นจัดเป็นชายฝั่งที่มีการเปลี่ยนแปลง สาเหตุที่ทำให้ชายฝั่งทะเลเปลี่ยนแปลงมีหลายสาเหตุ ทั้งที่เกิดจากปัจจัยทางธรณีวิทยาและปัจจัยร่วมอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กันคือ

1. ธรณีภัยพิบัติ ที่เกิดในบริเวณชายฝั่งทะเลซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัด เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินถล่ม เป็นต้น

2. การเปลี่ยนแปลงของอากาศ อากาศเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้โลกมีสภาพแวดล้อมแตกต่างกันและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ปัจจุบันอุณหภูมิของโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานอุตสาหกรรมและการเผาผลาญพลังงานเชื้อเพลิงโดยอากาศที่ร้อนขึ้นจะทำให้ลักษณะของลม คลื่น น้ำขึ้น-น้ำลงเปลี่ยนแปลง เกิดพายุรุนแรงและถี่กว่าเดิม

3. ระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น ระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้นส่วนหนึ่งเกิดจากอากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ธารน้ำแข็งในบริเวณขั้วโลกละลายไหลลงสู่มหาสมุทร

4. ธรณีแปรสัณฐานของท้องทะเล หมายถึง ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของท้องทะเลที่มีการเคลื่อนที่ที่เกิดจากการมุดตัวของแผ่นธรณีภาค มีรอยเลื่อนที่มีพลังมากมายทำให้เกิดการทรุดตัวของพื้นที่ นอกจากนั้นการทรุดตัวของพื้นที่ชายฝั่งอาจเกิดจากการกดทับหรืออัดตัวของตะกอนในพื้นที่

5. ปริมาณตะกอนลดน้อยลงโดยธรรมชาติเกิดจากน้ำจากแม่น้ำลำคลองไหลลงสู่ทะเลทำให้ตะกอนที่ถูกพัดพาไปเกิดการสะสมตัวตามแนวชายฝั่งแต่เมื่อมีสิ่งก่อสร้างปิดกั้นการไหลของน้ำตามธรรมชาติทำให้ปริมาณตะกอนตามแนวชายฝั่งลดลงซึ่งทำให้เกิดการกัดเซาะได้ง่ายขึ้น

6. กิจกรรมของมนุษย์บนชายฝั่งที่พัฒนาขึ้นมาโดยไม่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมชายฝั่ง เช่น การสร้างตึกสูงตามแนวหาดทรายด้านนอกที่อยู่ติดทะเล การถมลากูนเพื่อการพัฒนาที่ดิน การเปลี่ยนแปลงสภาพป่าชายเลนที่เป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติที่ทำประโยชน์อย่างอื่น การถมทะเลและการก่อสร้าง

ขนาดใหญ่ที่เกิดขวางการเคลื่อนที่ตามธรรมชาติของคลื่นและกระแสน้ำ ตัวอย่างเช่น พื้นที่ชายฝั่งบางขุนเทียนการกัดเซาะบริเวณพื้นที่ชายฝั่งบางขุนเทียน

ชายฝั่งทะเลของไทยปัจจุบันปฏิเสธไม่ได้ว่ากำลังถูกปัญหาน้ำทะเลกัดเซาะคุกคาม ทั้งฝั่งอ่าวไทยและอันดามันแต่ระดับของความรุนแรงที่มากที่สุดกลับเป็นพื้นที่อ่าวไทยตอนใน หรืออ่าวไทยช่วงตอนบนรูปตัว ก.ไก่ ในพื้นที่ชายฝั่งของกรุงเทพมหานครกับอีก 3 สมุทรคือ สมุทรสาคร สมุทรปราการ สมุทรสงคราม ซึ่งเป็นบริเวณที่แม่น้ำสำคัญ ๆ 4 สายหลักคือ แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง ไหลลงมาตรงจุดนี้

การศึกษาทางด้านอุทกศาสตร์ อุทกวิทยา และขบวนการการเคลื่อนที่ของตะกอนและสภาพการกัดเซาะบริเวณชายฝั่งทะเล ตั้งแต่จังหวัดเพชรบุรี สมุทรสงคราม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง การกัดเซาะชายฝั่งที่บางขุนเทียนถือว่าเป็น 1 ใน 17 พื้นที่ประสบปัญหาการกัดเซาะในบริเวณอ่าวไทยตอนบน โดยรายงานระบุว่าในแต่ละปีชายฝั่งบางขุนเทียนถูกกัดเซาะลง 815 ไร่ คิดเป็นมูลค่าความเสียหายปีละ 37 ล้านบาท

สาเหตุของสภาพการกัดเซาะชายฝั่งในบริเวณอ่าวไทยตอนบน ส่วนหนึ่งเกิดจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์จากชายฝั่งทะเลที่ไม่ยั่งยืน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดลงของพื้นที่ป่าชายเลนในอัตราที่รวดเร็วจากการตัดไม้เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมและกิจการเผาถ่าน การล้มตายของต้นไม้เนื่องมาจากมลพิษของน้ำเสีย และถูกซัดล้มในเวลาที่มีคลื่นลม พายุรุนแรง การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินจากป่าชายเลนไปเป็นพื้นที่ทำนาเกลือและนาุ้ง ซึ่งทำให้สูญเสียปราการสำคัญทางธรรมชาติที่ช่วยรักษาแนวชายฝั่งไม่ให้ถูกซัดเซาะโดยคลื่นลมซึ่งเป็นกิจกรรมที่ส่งผลกระทบมากที่สุด

นอกจากนี้ การสร้างเขื่อนเก็บน้ำในแม่น้ำต่าง ๆ ยังเป็นสาเหตุให้ตะกอนที่ลงมาถึงปากแม่น้ำมีปริมาณลดลง เพราะส่วนหนึ่งถูกกักไว้บริเวณหน้าเขื่อน ทำให้ปริมาณตะกอนที่จะมาทับถมทดแทนมีน้อยลง และยังประกอบกับมีคลื่นลมในทะเลพัดพาตะกอนโคลนหรือทรายออกจากชายฝั่งด้วย

การรुकคืออย่างต่อเนื่องของทะเลทำให้ชาวบ้านใช้วิธีทิ้งหินป้องกันน้ำเซาะได้ผล แต่ยังมีประสิทธิภาพเพราะต่างคนต่างทำ จึงนำมาประยุกต์กับแนวทางแก้ไขปัญหาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ทำโครงการทดลองทิ้งหินเป็นแนวเขื่อนขึ้นมาในช่วงปี 2536-2537 จากนั้นได้เสนอโครงการต่อกรุงเทพมหานคร แม้วิธีนี้จะไม่ได้แก้ปัญหาคือที่สุด แต่ก็ถือได้ว่าทำให้ปัญหาลดความรุนแรงลงได้เล็กน้อย นอกจากนี้ยังได้ปลูกป่าชายเลนหลายแปลง

โดยหวังว่า รากต้นโกงกาง (ดังรูปที่ 1.1.1) จะช่วยยึดเกาะหน้าดินเรียกชายฝั่งคืนจากทะเลได้ไม่มากนักน้อย แต่ก็ปรากฏว่ากระแสน้ำรุนแรงซัดกล้าไม้จนซัดหลุดหายไปเป็นส่วนใหญ่



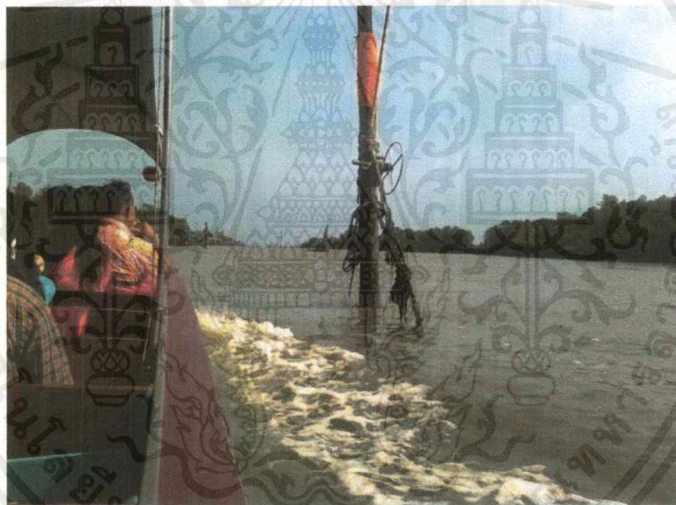
รูปที่ 1.1.1 ต้นโกงกาง

ปัญหานี้เกิดมานานแล้ว แต่ก่อนชายฝั่งมีทั้งพื้และงอก 3-4 ปีหลังมานี้มีรุนแรงขึ้น ที่หมดไปเป็นแถบ เพราะไม่มีที่รองรับ อาจจะเป็นเพราะดินอ่อน ส่วนหนึ่งเป็นเพราะไม่เหลือป่าชายเลน ชาวบ้านอยากแก้ปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่งเพราะถ้าปล่อยไว้เกิดซัดไปถึงลำคลองสรรพสามิตจะเสียหายมาก เพราะห่างจากชายฝั่งเพียง 1.5 - 2 กิโลเมตรเท่านั้น อีกไม่กี่ปีคงหมด ถ้าไม่ช่วยกันคิดภายใน 10 ปีคงหมดไปแน่

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน (ในช่วง ปี พ.ศ. 2523-2537 และปี พ.ศ. 2538-2543) พบว่ามีอัตราการกัดเซาะเฉลี่ย 15 เมตร/ปีและ 9 เมตร/ปี ตามลำดับและคาดการณ์ว่าในอนาคต อีก 10 ปีจะพบว่าแนวป่าชายเลนปัจจุบันจะหมดไป เนื่องมาจากการถอยร่นของแนวชายฝั่ง แม้ผลกระทบดังกล่าวจะไม่รุนแรงมากเท่าชุมชนสมุทรจีน แต่การกัดเซาะที่เกิดขึ้นหากไม่มีการแก้ไขปัญหา อาจทำให้ความรุนแรงของการ กัดเซาะเพิ่มขึ้นอย่างคาดไม่ถึงคลองในเขตบางขุนเทียน ซึ่งเป็นคลองที่ไหลออกสู่ทะเล ปัจจุบันเสาไฟฟ้าอยู่ที่กลางคลองไปแล้ว และคลองก็มีขนาดกว้างขึ้นอย่างมาก แสดงถึงการทรุดตัวของแผ่นดินได้อย่างชัดเจน (ดังรูปที่ 2.2) การสัญจรไปมาของเรือก็ถูกกล่าวหาว่าเป็นสาเหตุหนึ่งของการกัดเซาะชายฝั่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณคลอง เนื่องจากเรือที่ขับส่วนใหญ่เป็นเรือหางยาวขับด้วยความเร็วทำให้เกิดคลื่นกระแทกฝั่ง นอกจากนี้ เมื่อมีประชากรเพิ่มมากขึ้นความถี่ในการสัญจร ไป-มาก็มีมากขึ้นทำให้ผลกระทบเห็นได้อย่างชัดเจน (ดังรูปที่ 2.3)



รูปที่ 1.1.2 คลองบางขุนเทียนที่ไหลออกทะเล



รูปที่ 1.1.3 แสดงการสัญจรด้วยเรือหางยาวซึ่งถูกกล่าวหาว่าเป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหา

1.1.2 แผนและนโยบายการป้องกันชายฝั่งทะเล

แนวทางการป้องกันแบ่งออกเป็น 4 แนวทาง คือ

1. การแก้ไขปัญหาโดยใช้ธรรมชาติ ได้แก่ การฟื้นฟูป่าชายเลน ป่าชายหาด ปะการังและหญ้าทะเล ให้เกิดความอุดมสมบูรณ์
2. การแก้ไขปัญหาการกัดเซาะแบบไม่ใช่โครงสร้าง วิธีการนี้เหมาะสำหรับบริเวณชายฝั่งที่มีชุมชนอาศัยไม่หนาแน่นและมีปัญหาการกัดเซาะที่ไม่รุนแรง เช่น

2.1 การปลูกพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การเสริมทรายชายหาด

2.3 ใส่กรอกทราย

2.4 ปักแนวไม้ไผ่กันคลื่น

3. การแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งโดยใช้โครงสร้างทางวิศวกรรม วิธีการณ์เป็นการแก้ไขโดยการสลายพลังงานของคลื่นที่เหมาะสมหรือเพื่อช่วยดักตะกอนเลนทรายชายฝั่งและช่วยยึดแนวชายฝั่ง แนวทางการแก้ไขปัญหานี้เหมาะสำหรับบริเวณชายฝั่งที่มีปัญหาถูกกัดเซาะอย่างรุนแรง

3.1 กำแพงป้องกันคลื่น (Seawall)

3.2 รอดักทราย (Groyn)

3.3 เขื่อนกันคลื่น (Breakwater)

3.4 เขื่อนกันตะกอนและคลื่น (Jetty)

3.5 หัวหาด (Head Land)

4. การใช้มาตรการควบคุมทางกฎหมายและการใช้ประโยชน์ที่ดินชายฝั่งที่เหมาะสม ต้องใช้การบูรณาการร่วมกันจากทุกภาคที่เกี่ยวข้อง การส่งเสริมการเรียนรู้ และการมีส่วนร่วมของทุก ๆ ฝ่าย

ประเทศที่ประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลซึ่งนับเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่งทะเลและการพัฒนาชายฝั่งทะเล เนื่องจากปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลของน้ำทะเลเกิดขึ้นทำให้ชายฝั่งทะเลเกิดการถดถอยลง รอดักทรายจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่ามาใช้ในการช่วยในการชะลอกระแสน้ำที่พัดเข้ามากระทบชายฝั่งทะเลเพื่อลดตะกอนที่ถูกกระแสน้ำพัดพาออกไปและทำให้กระแสน้ำที่พัดพาตะกอนเข้ามาไปติดที่รอดักทรายแทนข้อดี-ข้อจำกัดของรอดักทราย มีดังนี้

ตารางที่ 1.1 ข้อดีและข้อจำกัดของรอดักทราย

ข้อดี	ข้อจำกัด
เกิดการทับถมของทราย	ปิดบังทัศนียภาพของชายหาด
เป็นที่กำบังคลื่นลม	แนวรอดักทรายแบบแนวตรงซึ่งตั้งฉากกับแนวชายฝั่งทะเลสามารถสลายพลังงานคลื่นได้เพียงบางส่วน
สามารถสลายพลังงานคลื่นได้	เป็นอุปสรรคในการใช้พื้นที่บริเวณชายฝั่ง
ป้องกันการพัดพาตะกอนทรายออกนอกชายฝั่ง	อาจเป็นอันตรายต่อการเดินเรือโดยเฉพาะเรือประมงชายฝั่งขนาดเล็ก
กรณีใช้ก้อนหินจะมีรูโพรงเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ

1. จำลองแบบการงอกของชายหาดเมื่อสร้างรอดักทราย (Groin)
2. ใช้วิธีเชิงตัวเลขเพื่อประมาณผลเฉลยของแบบจำลอง
3. เขียนโปรแกรมเพื่อสนับสนุนการคำนวณ
4. จำลองแบบการงอกของชายหาดเมื่อสร้างรอดักทรายหากเวลาผ่านไป 2 ปี
5. นำเสนอแนวทางหรือความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง

1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

1. จำลองแบบวิวัฒนาการส่วนหนึ่งในรูปแบบ 1 มิติของชายหาดเมื่อใช้รอดักทราย (Groin)
2. จำลองแบบเมื่อลักษณะทางกายภาพเริ่มต้นของชายหาดมีที่แตกต่างกันคือ ชายหาดที่มีลักษณะเรียบ , ชายหาดที่มีลักษณะเว้าแหว่งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และชายหาดที่มีหน้าหาดไม่สม่ำเสมอ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาเกี่ยวกับเรื่องวิวัฒนาการของชายฝั่งหรือหาดทรายมีประโยชน์ต่อมนุษย์มากมาย ทั้งชุมชนชายฝั่งที่ใช้ประโยชน์โดยตรงและผู้คนห่างไกลที่เดินทางมาใช้ประโยชน์ของหาดทราย หาดทรายเป็นกำแพงกันคลื่นตามธรรมชาติทำให้แผ่นดินบนฝั่งมีความมั่นคง ช่วยลดความรุนแรงที่จะพัดเข้าสู่แผ่นดินและบรรเทาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ เป็นแหล่งประกอบอาชีพประมงพื้นบ้าน แหล่งพักผ่อนหย่อนใจของครอบครัว แหล่งระบบนิเวศรอยต่อระหว่างบนบกและในน้ำ แหล่งอาศัยของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนทราย แหล่งอนุบาลของสัตว์น้ำวัยอ่อนหลายชนิดและเป็นแหล่งหาอาหารและที่พักของนกอพยพในฤดูหนาว ซึ่งการสูญเสียหาดทรายอาจส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตของนกบางชนิด เป็นต้น หาดทรายจึงมีความสำคัญและเป็นรอยต่อที่เชื่อมโยงชีวิตอีกมากมาย ดังนั้นการจำลองแบบวิวัฒนาการของชายหาดทำให้ทราบถึงแนวทางการป้องกันชายฝั่งในอนาคตหรือผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงานปัญหาพิเศษ

1. รวบรวมเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาตัวแบบเพื่อกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นตัวแบบการงอกของชายหาดและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องของชายหาดแบบต่าง ๆ
3. ศึกษาตัวแบบเพื่อกำหนดเงื่อนไขขอบตัวแบบการงอกของชายหาดและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องของชายหาดแบบต่าง ๆ
4. ใช้วิธีเชิงตัวเลขเพื่อประมาณผลเฉลยของแบบจำลอง
5. เขียนโปรแกรมสนับสนุนการคำนวณ
6. นำเสนอผลการคำนวณในรูปแบบตารางและกราฟเพื่อสรุปแนวโน้ม



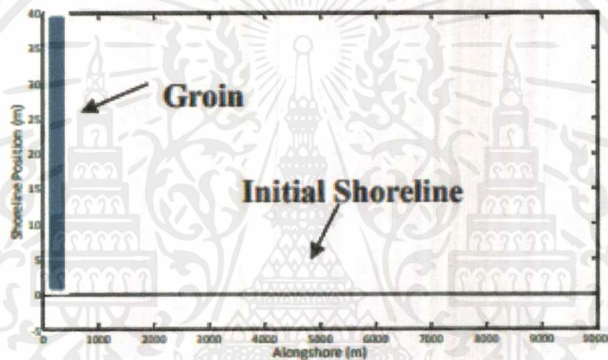
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบบหนึ่งมิติของวิวัฒนาการของส่วนหนึ่งของชายหาดที่มีรอดักทราย

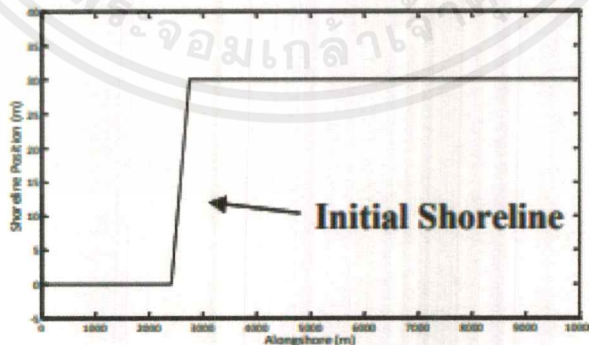
งานวิจัยนี้จะศึกษารูปแบบของรอดักทรายที่ติดตั้งอยู่ในชายฝั่งที่มีรูปเริ่มต้น 2 รูปแบบดังนี้

1. ชายหาดรูปแบบเรียบ [1]



รูปที่ 2.1 รอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบเรียบ (Straight Impermeable groin)

2. ชายหาดที่มีลักษณะเว้าแหว่งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า [1]



รูปที่ 2.2 รอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (A rectangular cut in beach)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบบหนึ่งมิติของการวิวัฒนาการของชายฝั่งเมื่อมีระบบรอดักทราย (A one dimensional mathematical model of shoreline evolution with groin system)

สมการวิวัฒนาการของชายฝั่งคือ ตัวแบบหนึ่งมิติที่กำหนดโดยการคงอยู่ปริมาณทรายภายใต้สมมติฐานที่นำเสนอโดย [1] ดังนี้

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{1}{D_B + D_C} \left(-\frac{\partial Q}{\partial x} \right) \quad (1)$$

เมื่อ x คือ พิกัดความยาวของชายหาด (m)

$y(x, t)$ คือ ความยาวของชายหาด ณ ตำแหน่งที่ $x(m)$ ซึ่งตั้งฉากกับแกน x

t คือ เวลา (day)

Q คือ อัตราการเคลื่อนย้ายทราย

D_B คือ ค่าเฉลี่ยความสูงของสันทรายวัดจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (m)

D_C คือ ความลึกของระดับน้ำถึงท้องน้ำโดยเฉลี่ย (m)

การอธิบายวิวัฒนาการในระยะยาวของชายฝั่งที่ถูกชักนำโดยการกระทำของคลื่น

การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ในอัตราการเคลื่อนย้ายตะกอนบริเวณชายฝั่งจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในแนวชายฝั่ง รูปทั่วไปของอัตราการเคลื่อนย้ายทรายที่บริเวณชายฝั่งได้รับการพัฒนาโดย [1]

$$Q = Q_0 \sin(2\alpha_b) \quad (2)$$

เมื่อ Q_0 คือ อัตราการเคลื่อนย้ายทรายบริเวณชายฝั่งสูงสุด โดยอัตรา Q_0 ถูกกำหนดโดย

$$Q_0 = \frac{\rho}{16} (H^2 C_{gb}) \frac{K}{(\rho_s - \rho)(1-n)} \quad (3)$$

เมื่อ b คือ ดัชนีบ่งตำแหน่งบริเวณศึกษา

C_g คือ ความเร็วเฉลี่ยของกลุ่มคลื่น (m/s)

H คือ ความสูงเฉลี่ยของคลื่น (m)

ρ_s คือ ความหนาแน่นของตะกอน (kg/m^3)

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำทะเล (kg/m^3)

n คือ อัตราความพรุนหาดทราย

K คือ สัมประสิทธิ์จำเพาะขนาดอนุภาคทราย

สำหรับชายหาดที่มีความลาดเอียงเล็กน้อย พบว่ามุมการตกกระทบของคลื่นที่บริเวณชายฝั่งมีขนาดไม่มากนัก สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยสำหรับอธิบายวิวัฒนาการของชายฝั่งสามารถกำหนดโดย

$$\frac{\partial y}{\partial t} = D \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \quad (4)$$

เมื่อ $D = \frac{2Q_0}{D_B + D_C}$ (5)

เมื่อ $y(x, t)$ เป็นระยะของชายหาดวัดจากแนวกลาง (m)

D คือ สัมประสิทธิ์การพัดพาตะกอนทราย (m^3 / day)

กำหนดเงื่อนไขเริ่มต้น คือ ระยะชายหาดเริ่มต้นก่อนการติดตั้งรอดักทราย กำหนดโดย

$$y(x, 0) = f(x)$$

เมื่อ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันทราบค่า

เงื่อนไขขอบ กำหนดโดย

$$y(0, x) = y_L$$

เมื่อ y_L เป็นความยาวของรอดักทราย (m)

และ

$$y(L, t) = y_R$$

เมื่อ y_R เป็นระยะชายหาดทางด้านขวาสุด (m)

บทที่ 3

วิธีเชิงตัวเลขเพื่อประมาณค่าผลเฉลย

3.1 วิธีผลต่างจำกัด (Finite difference method)

ผู้วิจัยต้องการทำการประมาณผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย โดยการประมาณพจน์ของอนุพันธ์ย่อยทุกพจน์ที่มีในสมการ แล้วแทนการประมาณค่าลงในสมการ จากนั้น จัดรูปให้อยู่ในรูปของสมการผลต่างจำกัด (Finite difference equation)

3.1.1 การประมาณพจน์ $\frac{\partial u}{\partial x}$

3.1.1.1 การประมาณผลต่างจากหน้า (Forward difference scheme)

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{u(x+h,t) - u(x,t)}{h} + O(h) \quad (6)$$

หรือ

$$\frac{\partial u}{\partial x} \approx \frac{u(x+h,t) - u(x,t)}{h} \quad (7)$$

3.1.1.2 การประมาณผลต่างจากหลัง (Backward difference scheme)

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{u(x,t) - u(x-h,t)}{h} + O(h) \quad (8)$$

หรือ

$$\frac{\partial u}{\partial x} \approx \frac{u(x,t) - u(x-h,t)}{h} \quad (9)$$

3.1.1.3 การประมาณผลต่างจากกลาง (Centered difference method)

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{u(x+h,t) - u(x-h,t)}{2h} + O(h^2) \quad (10)$$

หรือ

$$\frac{\partial u}{\partial x} \approx \frac{u(x+h,t) - u(x-h,t)}{2h} \quad (11)$$

3.1.2 การประมาณพจน์อนุพันธ์โดยวิธีต่าง ๆ

พิจารณาสมการความร้อน

$$\frac{\partial u}{\partial x} = D \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (12)$$

เมื่อ D คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนวัสดุที่พิจารณาอยู่ (Heat conductivity)

โดยมีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

1. แบ่งกริด (Grid spacing) โดเมน $[0, L] \times [0, T]$
2. ประมาณพจน์ของอนุพันธ์โดยวิธีต่าง ๆ
3. เริ่มการคำนวณไปตามกริดต่าง ๆ

พิจารณาช่วงปิด $[0, L]$ แบ่งออกเป็น N ช่วงย่อย กว้าง $n = \Delta x = \frac{L-0}{N} = \frac{b-a}{N}$

กำหนดให้ $a = x_0, x_1, x_2, \dots, x_N = b$ โดยที่ $x_m = m\Delta x = mh$ สำหรับทุก $m = 0, 1, 2, \dots, N$

ในทำนองเดียวกัน $[0, T]$ จะถูกแบ่งออกเป็น M ช่วงย่อย กว้าง $l = \Delta t = \frac{T-0}{M}$

จะได้ $t_n = n\Delta t = nl$ สำหรับทุก $n = 0, 1, 2, \dots, M$

พิจารณาจุดบนโดเมน (x_m, t_n) จะมีพิกัดจริงเป็น $(x_m, t_n) = (m\Delta x, n\Delta t)$

ดังนั้น การประมาณพจน์อนุพันธ์โดยวิธีต่าง ๆ เมื่อพิจารณาสมการความร้อน จะมีสูตรการประมาณผลเฉลยดังนี้

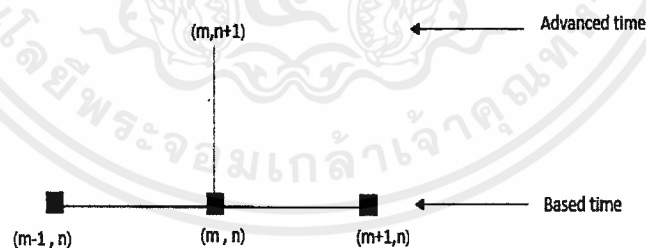
3.1.2.1 วิธีซัดแจ้ง 4 จุด (Four points explicit method)

$$U_m^{n+1} = pU_{m-1}^n + (1-2p)U_m^n + pU_{m+1}^n \quad (13)$$

เมื่อ

$$p = \frac{Dl}{h^2} \quad (14)$$

ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 วิธีซัดแจ้ง 4 จุด (Four points explicit method)

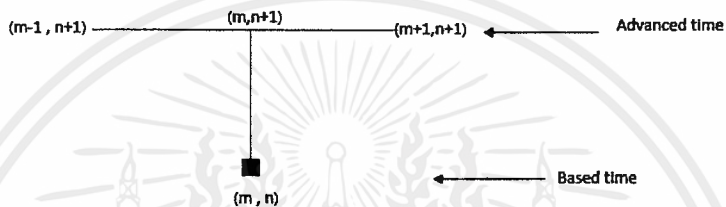
3.1.2.2 วิธีปริยายโดยแท้ (The fully implicit method)

$$U_m^n = -pU_{m-1}^{n+1} - (1-2p)U_m^{n+1} - pU_{m+1}^{n+1} \tag{15}$$

เมื่อ

$$p = \frac{Dl}{h^2}$$

ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วิธีปริยายโดยแท้ (The fully implicit method)

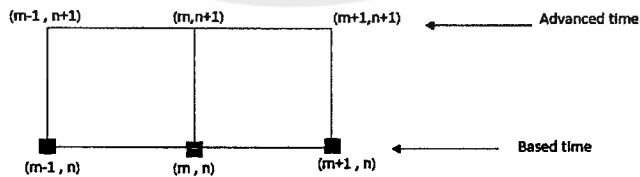
3.1.2.3 วิธีแครงก์-นิโคลสัน (Crank-Nicolson method)

$$-\frac{1}{2}pU_{m-1}^{n+1} + (1+p)U_m^{n+1} - \frac{1}{2}pU_{m+1}^{n+1} = \frac{1}{2}pU_{m-1}^n + (-1-p)U_m^n + \frac{1}{2}pU_{m+1}^n \tag{16}$$

เมื่อ

$$p = \frac{Dl}{h^2}$$

ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วิธีแครงก์-นิโคลสัน (Crank-Nicolson method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$n=0$, $m=3$ จะได้

$$U_3^1 = 0.16U_2^0 + 0.68U_3^0 + 0.16U_4^0$$

$$U_1^1 = 0.16(2 \times 0.5) + 0.68(2(1-0.75)) + 0.16(0)$$

$$U_1^1 = 0.50$$

ตัวอย่าง 2 พิจารณาสมการความร้อนเมื่อ $D=1$ เมื่อใช้ $\Delta t = 0.01$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = 1 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} ; 0 \leq x \leq 1$$

$$\text{เงื่อนไขเริ่มต้น } u(x,0) = \begin{cases} 2x ; 0 \leq x \leq \frac{1}{2} \\ 2(1-x) ; \frac{1}{2} \leq x \leq 1 \end{cases}$$

เงื่อนไขขอบ $u(0,t) = 0^\circ\text{C}$, $t > 0$ และ $u(1,t) = 0^\circ\text{C}$, $t > 0$

1. เลือก $\Delta x = h = \frac{1}{4} = 0.25$, $\Delta t = l = \frac{1}{100} = 0.01$

2. เลือกใช้วิธีปริยายโดยแท้ (The fully implicit

method) $U_m^n = -pU_{m-1}^{n+1} - (1-2p)U_m^{n+1} - pU_{m+1}^{n+1}$; $p = \frac{Dl}{h^2} = \frac{1(0.01)}{(0.25)^2} = 0.16$

จะได้สมการผลต่างจำกัด $-0.16U_{m-1}^{n+1} + 1.32U_m^{n+1} - 0.16U_{m+1}^{n+1} = U_m^n$ (18)

$n=0$ (เริ่มต้น) , $m=1$ จะได้

$$-0.16U_0^1 + 1.32U_1^1 - 0.16U_2^1 = U_1^0$$

$$-0.16(0) + 1.32U_1^1 - 0.16U_2^1 = 0.5$$

$$\begin{aligned} 2x &= 2(m\Delta x) \\ &= 2(1 \times 0.25) \\ &= 0.5 \end{aligned}$$

จะได้

$$1.32U_1^1 - 0.16U_2^1 = 0.5 \quad (19)$$

$n=0$, $m=2$ จะได้

$$-0.16U_1^1 + 1.32U_2^1 - 0.16U_3^1 = U_2^0$$

$$-0.16U_1^1 + 1.32U_2^1 - 0.16U_3^1 = 1.0$$

$$\begin{aligned} 2x &= 2(m\Delta x) \\ &= 2(2 \times 0.25) \\ &= 1.0 \end{aligned}$$

จะได้

$$-0.16U_1^1 + 1.32U_2^1 - 0.16U_3^1 = 1.0 \quad (20)$$

$n=0$, $m=3$ จะได้

$$-0.16U_2^1 + 1.32U_3^1 - 0.16U_4^1 = U_3^0$$

$$-0.16U_2^1 + 1.32U_3^1 - 0.16(0) = U_3^0$$

$$\begin{aligned} 2(1-x) &= 2(1-m\Delta x) \\ &= 2(1-(3 \times 0.25)) \\ &= 0.5 \end{aligned}$$

$$-0.16U_2^1 + 1.32U_3^1 = 0.5$$

จะได้

$$-0.16U_2^1 + 1.32U_3^1 = 0.5 \quad (21)$$

จะได้ว่ามีตัวไม่ทราบค่า 3 ตัว และมี 3 สมการ คือ สมการ (19) , (20) และ (21) จึงทำให้สามารถหาค่าของตัวที่ไม่ทราบค่าได้โดยนำสมการ (19) , (20) และ (21) นำมาเขียนเป็นเมทริกซ์

$$Ax = b$$

จะได้

$$\begin{bmatrix} 1.32 & -0.16 & 0 \\ -0.16 & 1.32 & -0.16 \\ 0 & -0.16 & 1.32 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1^1 \\ U_2^1 \\ U_3^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 1 \\ 0.5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_1^1 \\ U_2^1 \\ U_3^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4849 \\ 0.8751 \\ 0.4849 \end{bmatrix}$$

$n=1$, $m=1$ จะได้

$$-0.16U_0^2 + 1.32U_1^2 - 0.16U_2^2 = U_1^1$$

$$-0.16(0) + 1.32U_1^2 - 0.16U_2^2 = 0.4849$$

$$1.32U_1^2 - 0.16U_2^2 = 0.4849 \quad (22)$$

$n=1$, $m=2$ จะได้

$$-0.16U_1^2 + 1.32U_2^2 - 0.16U_3^2 = U_2^1$$

$$-0.16U_1^2 + 1.32U_2^2 - 0.16U_3^2 = 0.8751 \quad (23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$n=1, m=3$ จะได้

$$-0.16U_2^2 + 1.32U_3^2 - 0.16U_4^2 = U_3^1$$

$$-0.16U_2^2 + 1.32U_3^2 - 0.16(0) = 0.4849$$

$$-0.16U_2^2 + 1.32U_3^2 = 0.4849 \quad (24)$$

$$\begin{bmatrix} 1.32 & -0.16 & 0 \\ -0.16 & 1.32 & -0.16 \\ 0 & -0.16 & 1.32 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1^2 \\ U_2^2 \\ U_3^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4849 \\ 0.8751 \\ 0.4849 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_1^2 \\ U_2^2 \\ U_3^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4613 \\ 0.7748 \\ 0.4613 \end{bmatrix}$$

จะเห็นว่า การคำนวณแต่ละขั้นตอน $n=0,1,2,3,\dots,n$ การคำนวณครั้งถัดไปเพียงแค่อัพเดทเวกเตอร์ b ในระบบ $Ax=b$ จากผลเฉลยในขั้นตอนก่อนหน้า โดยเมทริกซ์สัมประสิทธิ์ A ยังคงเดิม แต่จุดด้อยของวิธีปริยายคือ หากเราเลือก Δx ขนาดเล็ก ๆ วิธีนี้จะสร้างสมการเชิงเส้น $Ax=b$ ขนาดใหญ่มากตามขนาดของ Δx ที่เล็กลง

ตัวอย่าง 3 ดังรูปที่ 3.4 พิจารณาสมการความร้อนเมื่อ $D=1$ เมื่อใช้ $\Delta t=0.1$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = 1 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} ; 0 \leq x \leq 1$$

$$\text{เงื่อนไขเริ่มต้น } u(x,0) = \begin{cases} 2x ; 0 \leq x \leq \frac{1}{2} \\ 2(1-x) ; \frac{1}{2} \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\text{เงื่อนไขขอบ } u(0,t) = 0^\circ\text{C}, t > 0 \text{ และ } u(1,t) = 0^\circ\text{C}, t > 0$$

1. เลือก $\Delta x = h = \frac{1}{4} = 0.25$, $\Delta t = l = \frac{1}{10} = 0.1$

2. เลือกใช้วิธีเครงก์-นิโคลสัน (Crank-Nicolson method)

$$-\frac{1}{2}pU_{m-1}^{n+1} + (1+p)U_m^{n+1} - \frac{1}{2}pU_{m+1}^{n+1} = \frac{1}{2}pU_{m-1}^n + (-1-p)U_m^n + \frac{1}{2}pU_{m+1}^n$$

$$p = \frac{Dl}{h^2} = \frac{1(0.1)}{(0.25)^2} = 1.6$$

วิธีนี้เป็นวิธีปริยายชนิดหนึ่งที่ทำให้ความแม่นยำสูงกว่าวิธี The fully implicit

$n=0, m=1$ จะได้

$$-\frac{1}{2}(1.6)U_0^1 + (1+1.6)U_1^1 - \frac{1}{2}(1.6)U_2^1 = \frac{1}{2}(1.6)U_0^0 + (1-1.6)U_1^0 + \frac{1}{2}(1.6)U_2^0$$

$$-\frac{1}{2}(1.6)(0) + (1+1.6)U_1^1 - \frac{1}{2}(1.6)U_2^1 = \frac{1}{2}(1.6)(0) + (1-1.6)(0.5) + \frac{1}{2}(1.6)(1)$$

$2x=2(m\Delta x)$ $=2(0 \times 0.25)$ $=0.0$	$2x=2(m\Delta x)$ $=2(1 \times 0.25)$ $=0.5$	$2x=2(m\Delta x)$ $=2(2 \times 0.25)$ $=1.0$
--	--	--

$$2.6U_1^1 - 0.8U_2^1 = -0.6(0.5) + 0.8(1)$$

$$2.6U_1^1 - 0.8U_2^1 = 0.5 \quad (25)$$

$n=0, m=2$ จะได้

$$-\frac{1}{2}(1.6)U_1^1 + (1+1.6)U_2^1 - \frac{1}{2}(1.6)U_3^1 = \frac{1}{2}(1.6)U_1^0 + (1-1.6)U_2^0 + \frac{1}{2}(1.6)U_3^0$$

$$-(0.8)U_1^1 + (2.6)U_2^1 - (0.8)U_3^1 = (0.8)(0.5) + (-0.6)(1) + (0.8)(0.5)$$

$2x=2(m\Delta x)$ $=2(1 \times 0.25)$ $=0.5$	$2x=2(m\Delta x)$ $=2(2 \times 0.25)$ $=1.0$	$2(1-x)=2(1-m\Delta x)$ $=2(1-(3 \times 0.25))$ $=0.5$
--	--	--

$$-(0.8)U_1^1 + (2.6)U_2^1 - (0.8)U_3^1 = 0.2 \quad (26)$$

$n=0, m=3$ จะได้

$$-\frac{1}{2}(1.6)U_2^1 + (1+1.6)U_3^1 - \frac{1}{2}(1.6)U_4^1 = \frac{1}{2}(1.6)U_2^0 + (1-1.6)U_3^0 + \frac{1}{2}(1.6)U_4^0$$

$$-\frac{1}{2}(1.6)U_2^1 + (1+1.6)U_3^1 - \frac{1}{2}(1.6)(0) = \frac{1}{2}(1.6)(1) + (1-1.6)(0.5) + \frac{1}{2}(1.6)(0)$$

$2x=2(m\Delta x)$ $=2(2 \times 0.25)$ $=1.0$	$2(1-x)=2(1-m\Delta x)$ $=2(1-(3 \times 0.25))$ $=0.5$
--	--

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$-0.8U_2^1 + 2.6U_3^1 = 0.5 \quad (27)$$

จะได้ว่ามีตัวไม่ทราบค่า 3 ตัว และมี 3 สมการ คือ สมการ (25) , (26) และ (27) จึงทำให้สามารถหาค่าของตัวที่ไม่ทราบค่าได้โดยนำสมการ (25) , (26) และ (27) นำมาเขียนเป็นเมทริกซ์

$$Ax = b$$

จะได้

$$\begin{bmatrix} 2.6 & -0.8 & 0 \\ -0.8 & 2.6 & -0.8 \\ 0 & -0.8 & 2.6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1^1 \\ U_2^1 \\ U_3^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.2 \\ 0.5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_1^1 \\ U_2^1 \\ U_3^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2664 \\ 0.2409 \\ 0.2664 \end{bmatrix}$$

การคำนวณในขั้นตอนถัดไป ใช้การอัปเดตที่จุด ไม่ใช่การอัปเดตที่เวกเตอร์ b เหมือนกับวิธี
ปริยายโดยแท้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

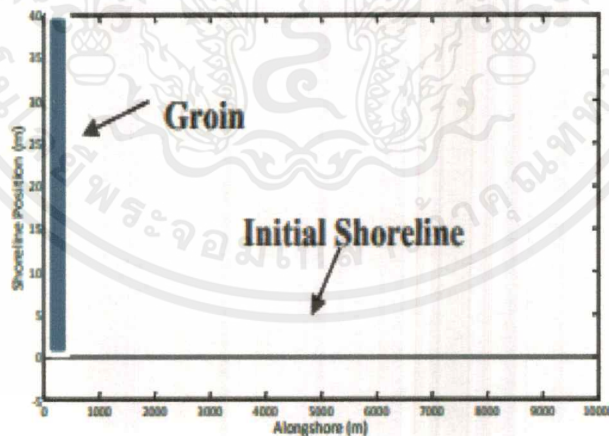
บทนี้จะนำเสนอปัญหาเพื่อศึกษาวิวัฒนาการของชายฝั่งในระยะยาว การก่อตัวของชายหาดที่แตกต่างกันจะถูกพิจารณา การจำลองแบบทั้งหมดกำหนดค่าคงตัว ในทุกการจำลองแบบ

4.1 ปัญหาที่ 1 : รอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบเรียบ

สำหรับปัญหานี้เงื่อนไขเริ่มต้นของชายหาดจะขนานกับแกน x กำหนดมุมแตกหักเป็น (α_0) ดังรูปที่ 4.1 ในเวลาที่ $t = 0$ รอดักทรายจะถูกรวางในตำแหน่งที่ $x = 0$ กำหนดเงื่อนไขขอบได้เป็น [1]

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \tan \alpha_0 \quad \text{ที่ } x = 0 \quad (28)$$

สมการนี้ระบุว่าชายฝั่งที่มีรอดักทรายนั้นทอดตัวขนานกับแนวคลื่น รอดักทรายจึงสามารถขัดขวางการถ่ายเทของตะกอนทรายตามแนวชายฝั่ง ซึ่งจะทำให้เกิดการทับถม (up-drift side) และการกัดกร่อน (down-drift side) ในเวลาเดียวกันได้

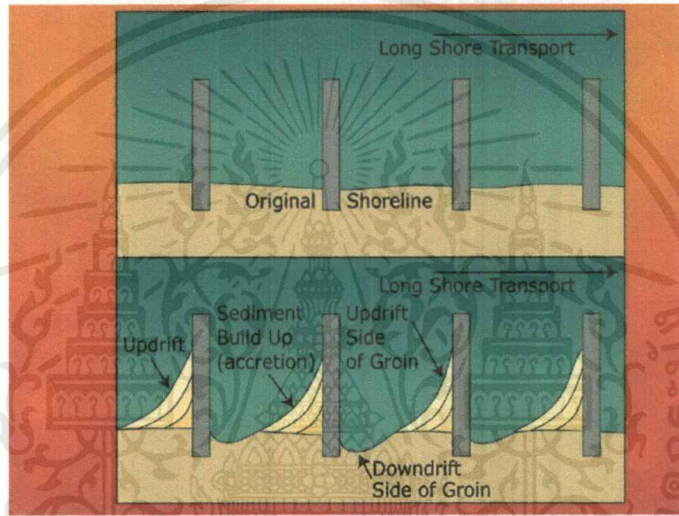


รูปที่ 4.1 รอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบเรียบ

ผลเฉลยแม่นตรงของตัวแบบนี้คือ [1]

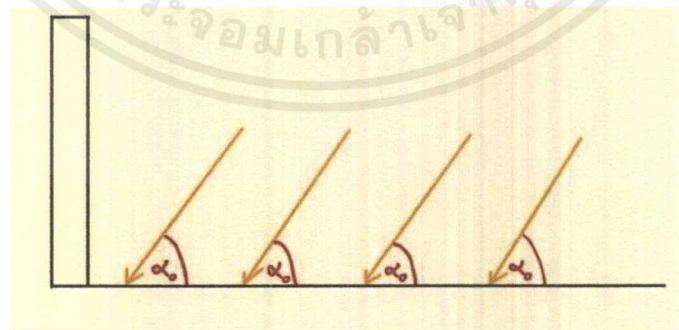
$$y(x,t) = \tan \alpha_0 \sqrt{\frac{4Dt}{\pi}} \left\{ e^{\frac{-x^2}{4Dt}} - \frac{x\sqrt{\pi}}{2\sqrt{Dt}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) \right\} \quad (29)$$

การทับถม (up-drift side) คือการที่ตะกอนทรายถูกกระแสน้ำทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการพัดทรายเข้ามาทับถมกัน ส่วนการกัดกร่อน (down-drift side) คือการที่ทรายถูกกัดเซาะโดยกระแสน้ำพัดพาทรายออกไปดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การทับถม (up-drift side) และการกัดกร่อน (down-drift side)

กรณีนี้สมมติ $\alpha_0 = 15^\circ$ และอัตราการเคลื่อนย้ายทรายเป็น $Q = 0$ ดังรูปที่ 4.3

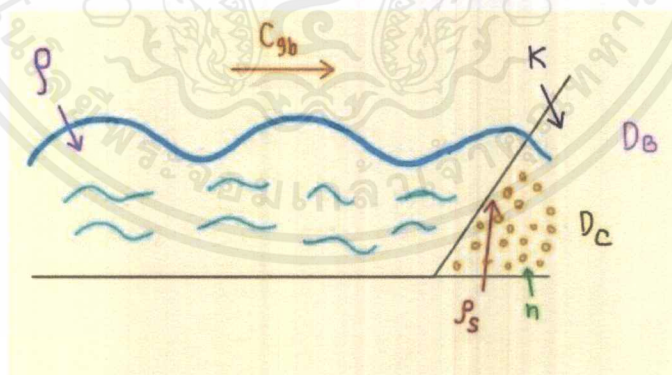


รูปที่ 4.3 รอดักทรายกันคลื่นเข้ามากระทบชายฝั่งทำมุม $\alpha_0 = 15^\circ$

กำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังตารางที่ 4.1 และดังรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา

พารามิเตอร์	ปริมาณและหน่วย
x	พิกัดความยาวของชายหาด (m)
y	ระยะของชายหาดวัดจากแนวกลาง (m)
t	เวลา (day)
Q	อัตราการเคลื่อนย้ายทราย
D_B	ค่าเฉลี่ยความสูงของสันทรายวัดจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (m)
D_c	ความลึกของระดับน้ำถึงท้องน้ำโดยเฉลี่ย (m)
Q_0	อัตราการเคลื่อนย้ายทรายบริเวณชายฝั่ง
b	ดัชนีบ่งตำแหน่งบริเวณศึกษา
C_g	ความเร็วเฉลี่ยของกลุ่มคลื่น (m/s)
H	ความสูงเฉลี่ยของคลื่น (m)
ρ_s	ความหนาแน่นของตะกอน (kg/m^3)
ρ	ความหนาแน่นของน้ำทะเล (kg/m^3)
n	อัตราความพรุนหาดทราย
K	สัมประสิทธิ์จำเพาะขนาดอนุภาคทราย



รูปที่ 4.4 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา

โดยใช้วิธีเชิงตัวเลข คือวิธีผลต่างจำกัดแบบผลต่างจากหน้าในเวลาผลต่างจากกลางในปริภูมิ (Forward-Time Central-Space method : FTCS) สามารถจำลองแบบของการก่อดันของชายหาดที่เกิดขึ้นจากรอดักทรายดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ทำการศึกษาหน้าหาดแห่งหนึ่งซึ่งมีพิกัดความยาวของชายหาด 10000 เมตร ใช้ระยะเวลาในการติดตามผลเป็นระยะเวลา 720 วัน หรือ 2 ปี โดยกำหนดพารามิเตอร์อัตราการพัดพาตะกอนทรายเป็น 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน กำหนดมุมที่กระแสน้ำพัดเข้ามาทำมุมกับความยาวของหาดทรายภายในบริเวณที่ศึกษาเป็น 15 องศา กำหนดพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา

พารามิเตอร์	ปริมาณและหน่วย
x	10000 (m)
t	720 days
D	$30 \text{ m}^3 / \text{day}$
α_0	15

จากวิธีเชิงตัวเลขได้ผลเฉลยโดยประมาณเป็นการก่อดำของชายหาด ระยะชายหาดที่ยื่นออกไปในทะเลเมื่อวัดจากแนวเดิมดังตารางที่ 4.3

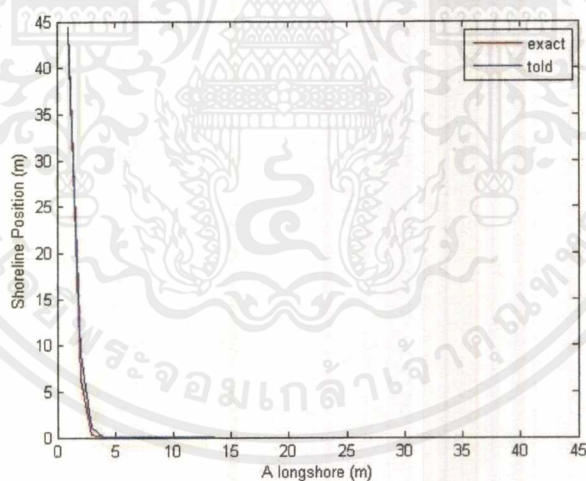
ตารางที่ 4.3 การก่อดำของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี

ความยาวของชายหาด	การก่อดำของชายหาดในระยะเวลา	
	0 ปี	2 ปี
0	0	44.3815
250	0	9.0349
500	0	1.1744
750	0	0.1115
1000	0	0.0083
1250	0	0.0000

ตารางที่ 4.3 การก่อดัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี (ต่อ)

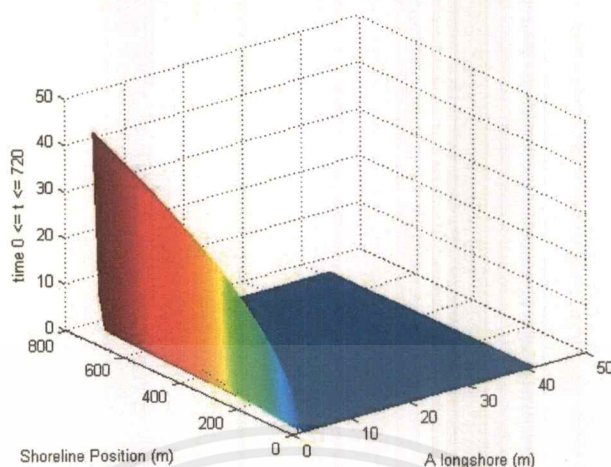
ความยาวของชายหาด	การก่อดัวของชายหาดในระยะเวลา	
	0 ปี	2 ปี
1500	0	0.0000
1750	0	0.0000
2000	0	0.0000
2250	0	0.0000
5000	0	0.0000
7500	0	0.0000
10000	0	0.0000

เมื่อพิจารณาการก่อดัวของชายหาดเมื่อเวลาผ่านไป 2 ปี ดังรูปที่ 4.5.1, 4.5.2



รูปที่ 4.5.1 ผลเฉลยเชิงตัวเลขและผลเฉลยแม่นยำตรงของการก่อดัวของชายหาดหลังผ่าน 2 ปี กรณี

$$D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$$



รูปที่ 4.5.2 กราฟพื้นผิวของการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$

จากการวิเคราะห์ปัญหาทั้ง 3 กรณี จะต้องนำมาทำการคิดค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (absolute error) คือ ค่าปริมาณความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าประมาณที่ได้ สามารถหาได้จากสมการ

$$e = |\hat{y} - y|$$

โดยที่ e เป็นค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (absolute error)

\hat{y} คือค่าประมาณที่ได้ (measure value)

y คือค่าจริง (true value)

การก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$ นำมาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (absolute error) ได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าคาดเคลื่อนสัมบูรณ์ กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$

ความยาวของชายหาด	ค่าคาดเคลื่อนสัมบูรณ์
0	0.0000
250	2.8402
500	0.8784
750	0.1074
1000	0.0083
1250	0.0005
1500	0.0000
1750	0.0000
2000	0.0000
2250	0.0000
5000	0.0000
7500	0.0000
10000	0.0000

4.1.2 ทำการศึกษาหน้าหาดแห่งหนึ่งซึ่งมีพิกัดความยาวของชายหาด 10000 เมตร ใช้ระยะเวลาในการติดตามผลเป็นระยะเวลา 720 วัน หรือ 2 ปี โดยกำหนดพารามิเตอร์อัตราการพัดพาตะกอนทรายเป็น 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน กำหนดมุมที่กระแสน้ำพัดเข้ามาทำมุมกับความยาวของหาดทรายภายในบริเวณที่ศึกษาเป็น 15 องศา กำหนดพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา

พารามิเตอร์	ปริมาณและหน่วย
x	10000 (m)
t	720 days
D	50 m^3 / day
α_0	15

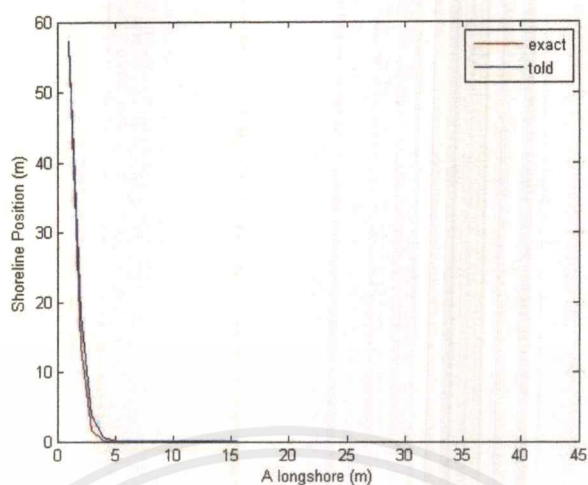
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวิธีเชิงตัวเลขได้ผลเฉลยโดยประมาณเป็นการก่อดตัวของชายหาด ระยะชายหาดที่ยื่นออกไปในทะเล เมื่อวัดจากแนวเดิมดังตารางที่ 4.6

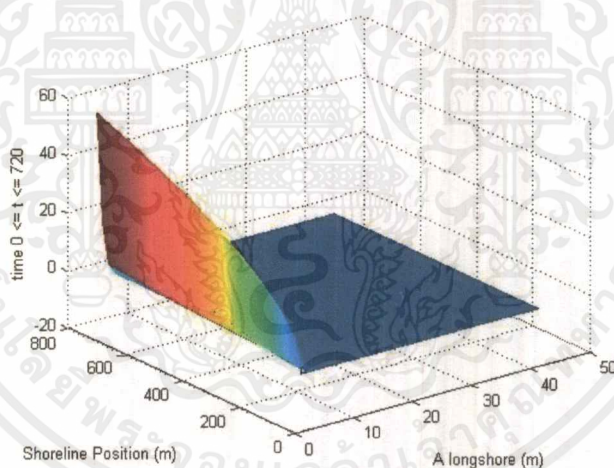
ตารางที่ 4.6 การก่อดตัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี

ความยาวของชายหาด	การก่อดตัวของชายหาดในระยะเวลา	
	0 ปี	2 ปี
0	0	57.2963
250	0	18.2216
500	0	3.8056
750	0	0.5885
1000	0	0.0720
1250	0	0.0073
1500	0	0.0000
1750	0	0.0000
2000	0	0.0000
2250	0	0.0000
5000	0	0.0000
7500	0	0.0000
10000	0	0.0000

เมื่อพิจารณาการก่อดตัวของชายหาดเมื่อเวลาผ่านไป 2 ปี ดังรูปที่ 4.6.1 , 4.6.2



รูปที่ 4.6.1 ผลเฉลยเชิงตัวเลขและผลเฉลยแม่นยำของการก่อดำของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$



รูปที่ 4.6.2 กราฟพื้นผิวของการก่อดำของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$

การก่อดำของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$ นำมาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (absolute error) ได้ดังตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ค่าตลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$ (ต่อ)

ความยาวของชายหาด	ค่าตลาดเคลื่อนสัมบูรณ์
0	0.0000
250	4.6328
500	2.0663
750	0.4780
1000	0.0687
1250	0.0072
1500	0.0006
1750	0.0000
2000	0.0000
2250	0.0000
5000	0.0000
7500	0.0000
10000	0.0000

4.1.3 ทำการศึกษาหน้าหาดแห่งหนึ่งซึ่งมีพิกัดความยาวของชายหาด 10000 เมตร ใช้ระยะเวลาในการติดตามผลเป็นระยะเวลา 720 วัน หรือ 2 ปี โดยกำหนดพารามิเตอร์อัตราการพัดพาตะกอนทรายเป็น 75 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน กำหนดมุมที่กระแสน้ำพัดเข้ามาทำมุมกับความยาวของหาดทรายภายในบริเวณที่ศึกษาเป็น 15 องศา กำหนดพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา

พารามิเตอร์	ปริมาณและหน่วย
x	10000 (m)
t	720 days
D	$75 \text{ m}^3 / \text{day}$
α_0	15

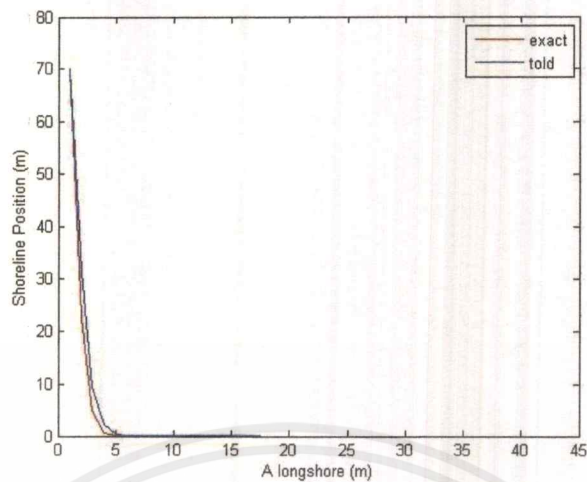
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวิธีเชิงตัวเลขได้ผลเฉลยโดยประมาณเป็นการก่อดำของชายหาด ระยะชายหาดที่ยื่นออกไปในทะเล เมื่อวัดจากแนวเดิมดังตารางที่ 4.9

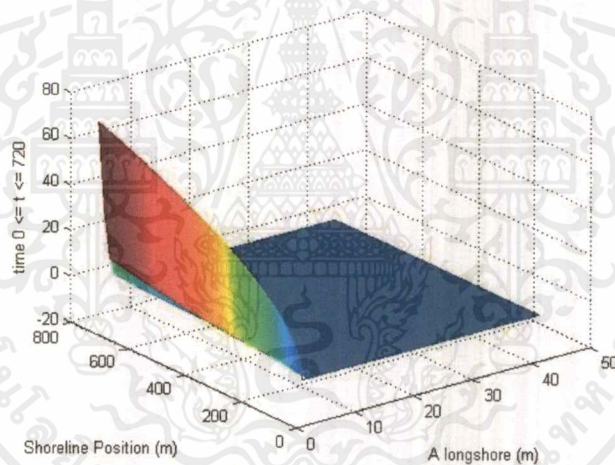
ตารางที่ 4.9 การก่อดำของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี

ความยาวของชายหาด	การก่อดำของชายหาดในระยะเวลา	
	0 ปี	2 ปี
0	0	70.1733
250	0	31.3500
500	0	9.4076
750	0	2.1185
1000	0	0.3807
1250	0	0.0568
1500	0	0.0072
1750	0	0.0000
2000	0	0.0000
2250	0	0.0000
5000	0	0.0000
7500	0	0.0000
10000	0	0.0000

เมื่อพิจารณาการก่อดำของชายหาดเมื่อเวลาผ่านไป 2 ปี ดังรูปที่ 4.7.1 , 4.7.2



รูปที่ 4.7.1 ผลเฉลยเชิงตัวเลขและผลเฉลยแม่นยำตรงของการก่อดัวของชายหาดหลังผ่าน 2 ปี กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$



รูปที่ 4.7.2 กราฟพื้นผิวของการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$

การก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$ นำมาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (absolute error) ได้ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$

ความยาวของชายหาด	ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์
0	0.0000
250	8.7232
500	4.5114
750	1.4431
1000	0.3235
1250	0.0539
1500	0.0072
1750	0.0008
2000	0.0001
2250	0.0000
5000	0.0000
7500	0.0000
10000	0.0000

4.2 ปัญหาที่ 2 : ชายหาดเป็นรูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

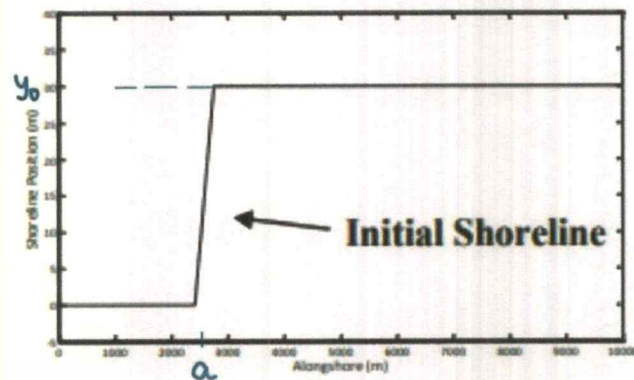
พิจารณาสันฐานของทรายของชายหาดที่ไม่ได้เป็นแนวเส้นตรงโดยจำลองแบบการงอกของชายหาด ในกรณีที่ชายหาดในเริ่มแรกมีลักษณะว่าแห่วงดังรูปที่ 4.9 โดยสามารถกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นเป็น

$$y(x,0) = \begin{cases} y_0 & |x| \geq a \\ 0 & |x| < a \end{cases} \quad (30)$$

ผลเฉลยเชิงวิเคราะห์คือ

$$y(x,t) = \frac{y_0}{2} \left[\operatorname{erfc} \left(\frac{a-x}{2\sqrt{Dt}} \right) + \operatorname{erfc} \left(\frac{a+x}{2\sqrt{Dt}} \right) \right] \quad (31)$$

สำหรับทุก $t > 0$ และ $x \in [0, L]$



รูปที่ 4.8 รอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4.2.1 ทำการศึกษาหน้าหาดแห่งหนึ่งซึ่งมีพิกัดความยาวของชายหาด 10000 เมตร ใช้ระยะเวลาในการติดตามผลเป็นระยะเวลา 720 วัน หรือ 2 ปี โดยกำหนดพารามิเตอร์อัตราการพัดพาตะกอนทรายเป็น 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีอัตราการไหลของทรายที่มีปริมาตร โดยที่ $y_0 = 30$ เมตร เมื่อ $a = 2500$ กำหนดพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา

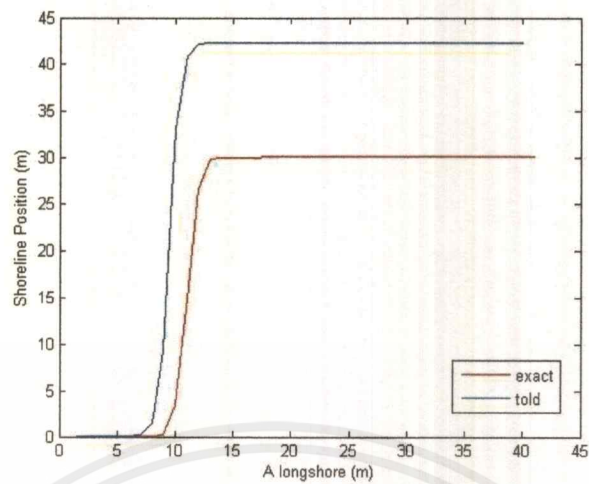
พารามิเตอร์	ปริมาณและหน่วย
x	10000 (m)
t	720 days
D	30 m ³ / day
y_0	30 m
a	2500

จากวิธีเชิงตัวเลขได้ผลเฉลยโดยประมาณเป็นการก่อดูของชายหาด ระยะชายหาดที่ยื่นออกไปในทะเล เมื่อวัดจากแนวเดิมดังตารางที่ 4.12

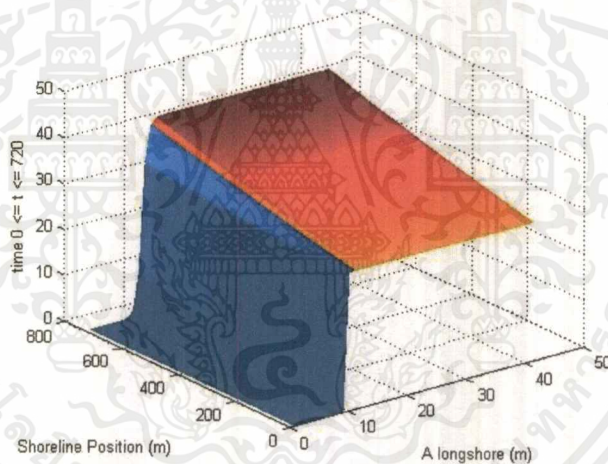
ตารางที่ 4.12 การก่อตัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี

ความยาวของชายหาด	การก่อตัวของชายหาดในระยะเวลา	
	0 ปี	2 ปี
0	0	0.0000
250	0	0.0000
500	0	0.0000
750	0	0.0001
1000	0	0.0009
1250	0	0.0137
1500	0	0.1632
1750	0	1.4783
2000	0	9.2570
2250	30	33.1042
5000	30	42.2107
10000	30	40.2432

เมื่อพิจารณาการก่อตัวของชายหาดเมื่อเวลาผ่านไป 2 ปี ดังรูปที่ 4.9.1 , 4.9.2



รูปที่ 4.9.1 ผลเฉลยเชิงตัวเลขและผลเฉลยแม่นยำตรงของการก่อดัวของชายหาดหลังผ่าน 2 ปี กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$



รูปที่ 4.9.2 กราฟพื้นผิวของการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$

การก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$ นำมาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (absolute error) ได้ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าคาดเคลื่อนสัมบูรณ์ กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$

ความยาวของชายหาด	ค่าคาดเคลื่อนสัมบูรณ์
0	0.0000
250	0.0000
500	0.0000
750	0.0001
1000	0.0009
1250	0.0137
1500	0.1631
1750	1.4738
2000	9.0160
2250	29.6733
5000	13.9086
10000	11.7432

4.2.2 ทำการศึกษาหน้าหาดแห่งหนึ่งซึ่งมีพิกัดความยาวของชายหาด 10000 เมตร ใช้ระยะเวลาในการติดตามผลเป็นระยะเวลา 720 วัน หรือ 2 ปี โดยกำหนดพารามิเตอร์อัตราการพัดพาตะกอนทรายเป็น 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีอัตราการไหลของทรายที่มีปริมาตร โดยที่ $y_0 = 30$ เมตร เมื่อ $a = 2500$ กำหนดพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา

พารามิเตอร์	ปริมาณและหน่วย
x	10000 (m)
t	720 days
D	50 m^3 / day
y_0	30 m
a	2500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

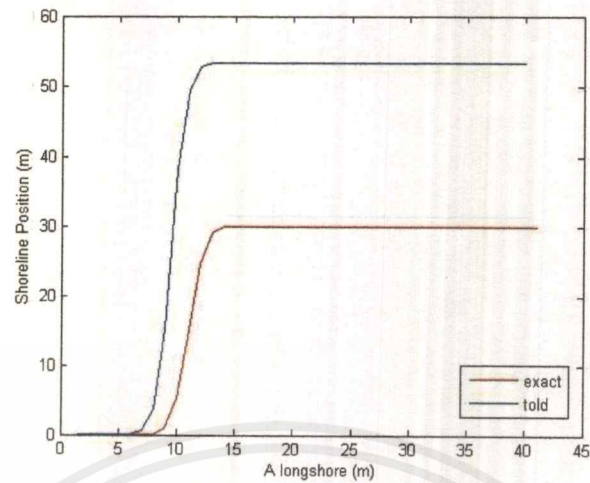
จากวิธีเชิงตัวเลขได้ผลเฉลยโดยประมาณเป็นการก่อดำของชายหาด ระยะชายหาดที่ยื่นออกไปในทะเล เมื่อวัดจากแนวเดิมดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การก่อดำของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี

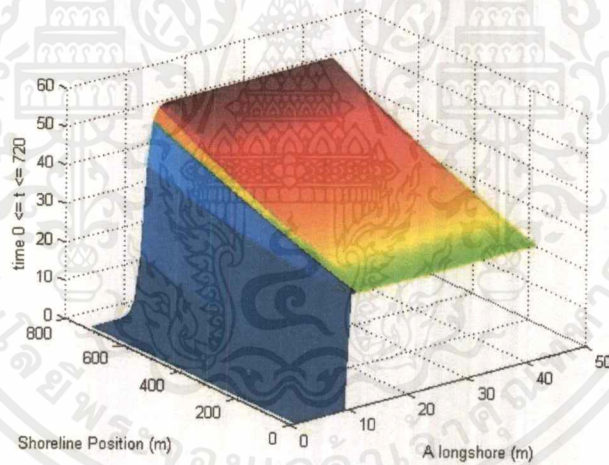
ความยาวของชายหาด	การก่อดำของชายหาดในระยะเวลา	
	0 ปี	2 ปี
0	0	0.0000
250	0	0.0000
500	0	0.0001
750	0	0.0010
1000	0	0.0102
1250	0	0.0919
1500	0	0.6715
1750	0	3.7825
2000	0	15.1890
2250	30	38.1233
5000	30	52.8980
10000	30	50.6467

เมื่อพิจารณาการก่อดำของชายหาดเมื่อเวลาผ่านไป 2 ปี ดังรูปที่ 4.10.1 , 4.10.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10.1 ผลเฉลยเชิงตัวเลขและผลเฉลยแม่นยำตรงของการก่อดัวของชายหาดหลังผ่าน 2 ปี กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$



รูปที่ 4.10.2 กราฟพื้นผิวของการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$

การก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$ นำมาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (absolute error) ได้ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$

ความยาวของชายหาด	ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์
0	0.0000
250	0.0000
500	0.0001
750	0.0010
1000	0.0102
1250	0.0919
1500	0.6686
1750	3.7052
2000	14.2556
2250	32.8559
5000	24.8327
10000	22.1467

4.2.3 ทำการศึกษาหน้าหาดแห่งหนึ่งซึ่งมีพิกัดความยาวของชายหาด 10000 เมตร ใช้ระยะเวลาในการติดตามผลเป็นระยะเวลา 720 วัน หรือ 2 ปี โดยกำหนดพารามิเตอร์อัตราการพัดพาตะกอนทรายเป็น 75 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีอัตราการไหลของทรายที่มีปริมาตร โดยที่ $y_0 = 30$ เมตร เมื่อ $a = 2500$ กำหนดพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา

พารามิเตอร์	ปริมาณและหน่วย
x	10000 (m)
t	720 days
D	$75 \text{ m}^3 / \text{day}$
y_0	30 m
a	2500

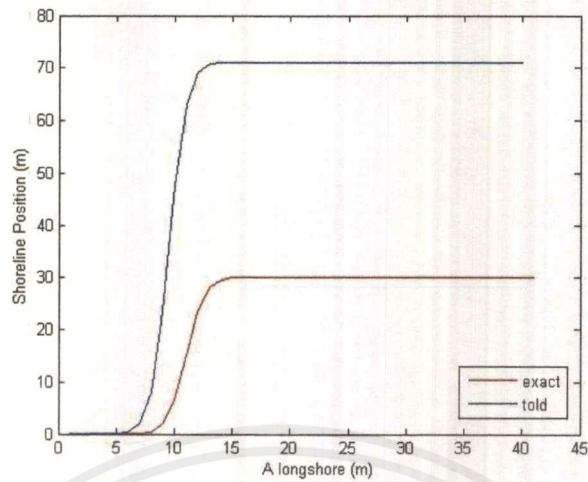
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวิธีเชิงตัวเลขได้ผลเฉลยโดยประมาณเป็นการก่อดตัวของชายหาด ระยะชายหาดที่ยื่นออกไปในทะเล เมื่อวัดจากแนวเดมดังตารางที่ 4.18

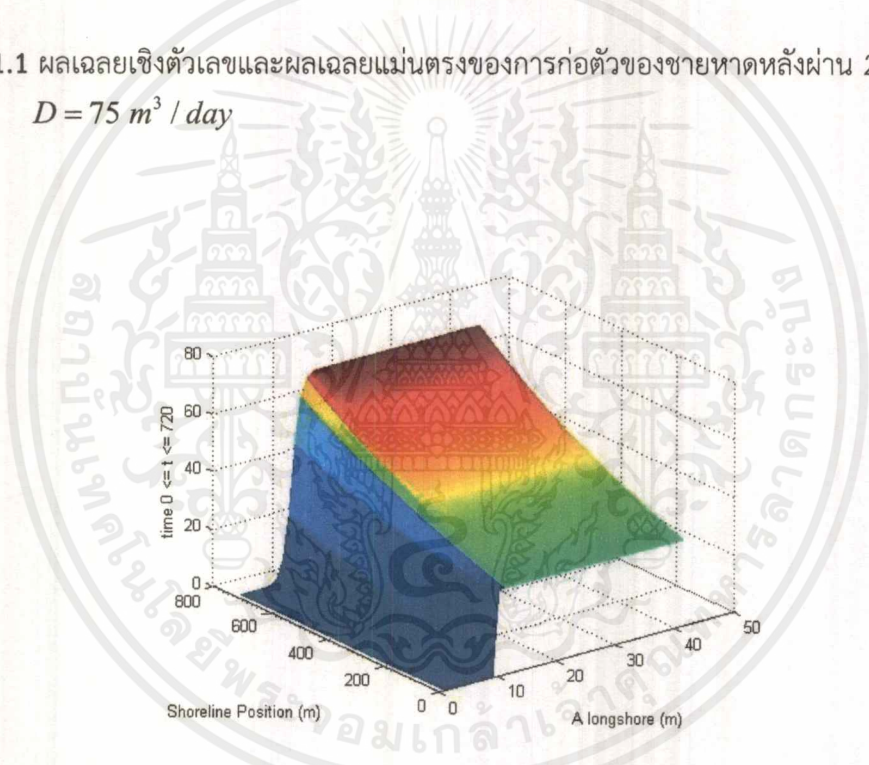
ตารางที่ 4.18 การก่อดตัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี

ความยาวของชายหาด	การก่อดตัวของชายหาดในระยะเวลา	
	0 ปี	2 ปี
0	0	0.0000
250	0	0.0001
500	0	0.1011
750	0	0.0090
1000	0	0.0655
1250	0	0.4022
1500	0	2.0251
1750	0	8.0165
2000	0	23.5395
2250	30	47.5174
5000	30	70.1005
10000	30	67.5040

เมื่อพิจารณาการก่อดตัวของชายหาดเมื่อเวลาผ่านไป 2 ปี ดังรูปที่ 4.11.1 , 4.11.2



รูปที่ 4.11.1 ผลเฉลยเชิงตัวเลขและผลเฉลยแม่นยำตรงของการก่อดัวของชายหาดหลังผ่าน 2 ปี กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$



รูปที่ 4.11.2 กราฟพื้นผิวของการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$

การก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$ นำมาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (absolute error) ได้ดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$

ความยาวของชายหาด	ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์
0	0.0000
250	0.0001
500	0.0011
750	0.0090
1000	0.0654
1250	0.4001
1500	1.9902
1750	7.6808
2000	21.6213
2250	40.8198
5000	42.2813
10000	41.0568

4.3 ปัญหาที่ 3 : ชายหาดเป็นรูปแบบไม่สม่ำเสมอ

พิจารณาสันฐานของทรายของชายหาดที่ไม่ได้เป็นแนวเส้นตรงโดยจำลองการงอกของชายหาดในกรณีที่ชายหาดในเริ่มแรกมีลักษณะเว้าแบบไม่สม่ำเสมอดังรูปที่ 4.8 โดยสามารถกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นเป็น

$$y(x,0) = y_0 + |\sin(x)| \quad (32)$$

4.3.1 ทำการศึกษาหน้าหาดแห่งหนึ่งซึ่งมีพิกัดความยาวของชายหาด 10000 เมตร ใช้ระยะเวลาในการติดตามผลเป็นระยะเวลา 720 วัน หรือ 2 ปี โดยกำหนดพารามิเตอร์อัตราการพัดพาตะกอนทรายเป็น 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีอัตราการไหลของทรายที่มีปริมาตร โดยที่ $y_0 = 30$ เมตร กำหนดพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา

พารามิเตอร์	ปริมาณและหน่วย
x	10000 (m)
t	720 days
D	$30 \text{ m}^3 / \text{day}$
y_0	30 m

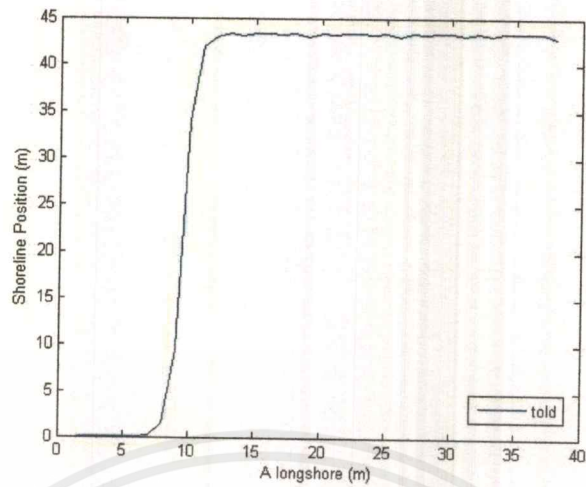
จากวิธีเชิงตัวเลขได้ผลเฉลยโดยประมาณเป็นการก่อดัวของชายหาด ระยะชายหาดที่ยื่นออกไปในทะเลเมื่อวัดจากแนวเดิมดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 การก่อดัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี

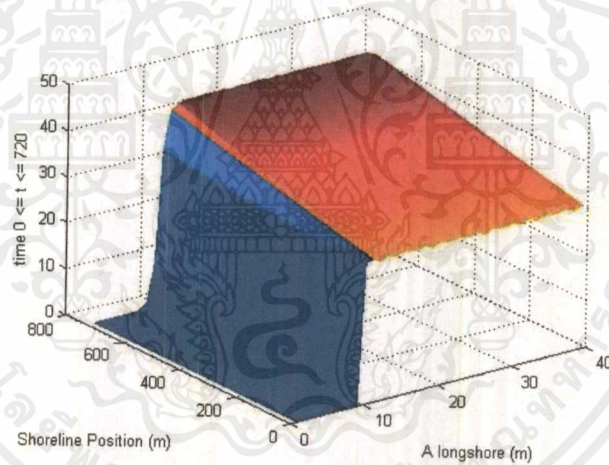
ความยาวของชายหาด	การก่อดัวของชายหาดในระยะเวลา	
	0 ปี	2 ปี
0	0	0.0000
250	0	0.0000
500	0	0.0000
750	0	0.0001
1000	0	0.0009
1250	0	0.0140
1500	0	0.1668
1750	0	1.5114
2000	0	9.4663
2250	30.6501	33.8676
5000	30.6260	43.0971
10000	29.1463	40.4531

เมื่อพิจารณาการก่อดัวของชายหาดเมื่อเวลาผ่านไป 2 ปี ดังรูปที่ 4.12.1, 4.12.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12.1 การก่อตัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$



รูปที่ 4.12.2 กราฟพื้นผิวของการก่อตัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$

4.3.2 ทำการศึกษาหน้าหาดแห่งหนึ่งซึ่งมีพิกัดความยาวของชายหาด 10000 เมตร ใช้ระยะเวลาในการติดตามผลเป็นระยะเวลา 720 วัน หรือ 2 ปี โดยกำหนดพารามิเตอร์อัตราการพัดพาตะกอนทรายเป็น 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีอัตราการไหลของทรายที่มีปริมาตร โดยที่ $y_0 = 30$ เมตร กำหนดพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา

พารามิเตอร์	ปริมาณและหน่วย
x	10000 (m)
t	720 days
D	50 m ³ / day
y_0	30 m

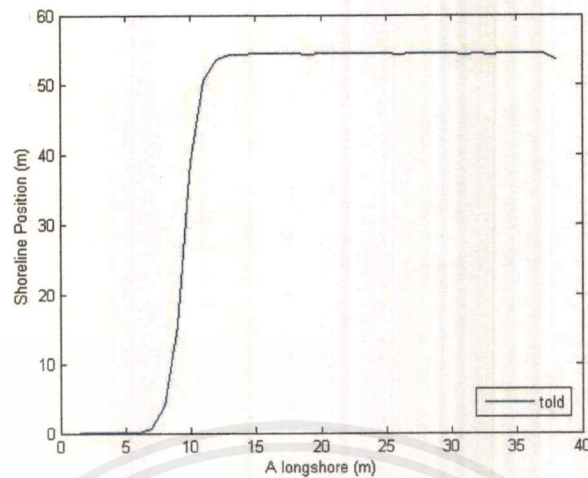
จากวิธีเชิงตัวเลขได้ผลเฉลยโดยประมาณเป็นการก่อดัวของชายหาด ระยะชายหาดที่ยื่นออกไปในทะเลเมื่อวัดจากแนวเดิมดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 การก่อดัวของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี

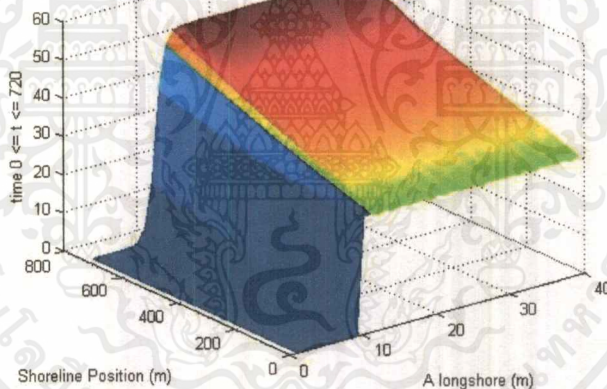
ความยาวของชายหาด	การก่อดัวของชายหาดในระยะเวลา	
	0 ปี	2 ปี
0	0	0.0000
250	0	0.0000
500	0	0.0001
750	0	0.0010
1000	0	0.0104
1250	0	0.0940
1500	0	0.6866
1750	0	3.8681
2000	0	15.5360
2250	30.6501	39.0033
5000	30.6260	54.0118
10000	29.1463	50.4775

เมื่อพิจารณาการก่อดัวของชายหาดเมื่อเวลาผ่านไป 2 ปี ดังรูปที่ 4.13.1, 4.13.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13.1 การก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$



รูปที่ 4.13.2 กราฟพื้นผิวของการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$

4.3.3 ทำการศึกษาหน้าหาดแห่งหนึ่งซึ่งมีพิกัดความยาวของชายหาด 10000 เมตร ใช้ระยะเวลาในการติดตามผลเป็นระยะเวลา 720 วัน หรือ 2 ปี โดยกำหนดพารามิเตอร์อัตราการพัดพาตะกอนทรายเป็น 75 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีอัตราการไหลของทรายที่มีปริมาตร โดยที่ $y_0 = 30$ เมตร กำหนดพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา

พารามิเตอร์	ปริมาณและหน่วย
x	10000 (m)
t	720 days
D	$75 \text{ m}^3 / \text{day}$
y_0	30 m

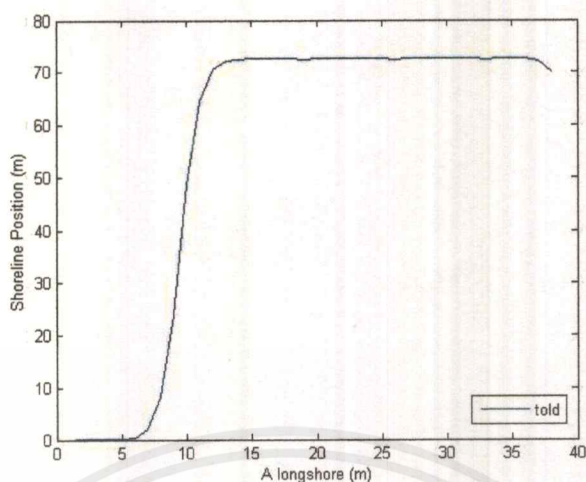
จากวิธีเชิงตัวเลขได้ผลเฉลยโดยประมาณเป็นการก่อดำของชายหาด ระยะชายหาดที่ยื่นออกไปในทะเลเมื่อวัดจากแนวเดิมดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 การก่อดำของชายหาดเมื่อเริ่มต้นและเมื่อผ่านไป 2 ปี

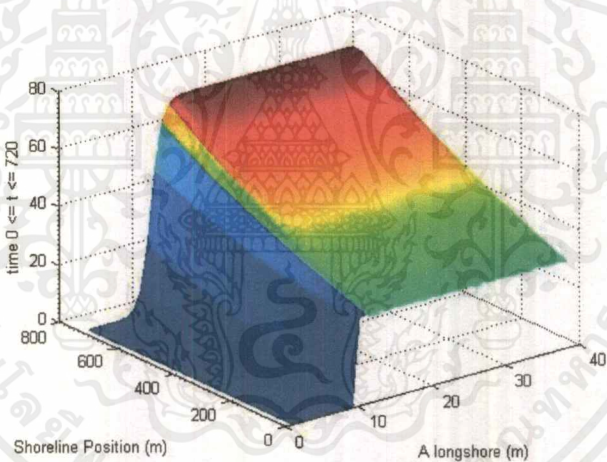
ความยาวของชายหาด	การก่อดำของชายหาดในระยะเวลา	
	0 ปี	2 ปี
0	0	0.0000
250	0	0.0001
500	0	0.0011
750	0	0.0092
1000	0	0.0669
1250	0	0.4113
1500	0	2.0710
1750	0	8.1992
2000	0	24.0783
2250	30.6501	48.6023
5000	30.6260	71.5801
10000	29.1463	66.6564

เมื่อพิจารณาการก่อดำของชายหาดเมื่อเวลาผ่านไป 2 ปี ดังรูปที่ 4.14.1, 4.14.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14.1 การก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$



รูปที่ 4.14.2 กราฟพื้นผิวของการก่อดัวของชายหาดหลังผ่านไป 2 ปี กรณี $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่ 1 : รอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบเรียบ

ในกรณีนี้เราได้ทำการศึกษารอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบเรียบ โดยได้ทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การพัดพาตะกอนทราย จำนวน 3 ค่า ได้แก่ 30 50 และ 75 ลูกบาศก์เมตรต่อวันเป็นเวลา 2 ปี จากค่าของกราฟที่ออกมาจะแสดงให้เห็นว่าผลของการศึกษาค่าแม่นยำ และค่าประมาณ มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นของปริมาณชายหาดไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งชายหาดจะมีการทับถมเพิ่มขึ้นเป็นการทับถมของทรายโดยเกาะติดกับรอดักทรายเลย การเพิ่มขึ้นนี้จึงแสดงให้เห็นว่าการศึกษามีปริมาณทรายเพิ่มขึ้น ถ้าเราได้จำลองแบบในเวลาที่มากขึ้น และค่าความคลาดเคลื่อนที่คำนวณออกมาระหว่างค่าแม่นยำ และค่าประมาณ ได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยมากซึ่งสามารถยอมรับได้ การศึกษารอดักทรายในรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบเรียบจึงเป็นไปตามที่ตั้งสมมติฐานไว้

ปัญหาที่ 2 : ชายหาดเป็นรูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ในกรณีนี้เราได้ทำการศึกษารอดักทรายรูปแบบแท่งที่ชายหาดสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยได้ทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การพัดพาตะกอนทราย จำนวน 3 ค่า ได้แก่ 30 50 และ 75 ลูกบาศก์เมตรต่อวันเป็นเวลา 2 ปี จากค่าของกราฟที่ออกมาจะแสดงให้เห็นว่าผลของการศึกษาค่าจริง และค่าประมาณ มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นของปริมาณชายหาดไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งชายหาดจะมีการทับถมเพิ่มขึ้นเป็นการทับถมของทรายโดยเกาะติดกับชายหาดเดิม แต่ในกรณีนี้กราฟของการทับถมที่ออกมาจะเป็นรูปแบบที่แสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่าการเพิ่มขึ้นของทรายนั้นเป็นไปตามรูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าได้อย่างชัดเจน การเพิ่มขึ้นของปริมาณการทับถมเห็นได้ว่ามีปริมาณทรายเพิ่มขึ้น ถ้าเราได้จำลองแบบในเวลาที่มากขึ้น และค่าความคลาดเคลื่อนที่คำนวณออกมาระหว่างค่าจริง และค่าประมาณ ได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยมากซึ่งสามารถยอมรับได้ การศึกษารอดักทรายในรูปแบบแท่งที่ชายหาดเป็นรูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าจึงเป็นไปตามที่ตั้งสมมติฐานไว้

ปัญหาที่ 3 : ชายหาดเป็นรูปแบบไม่สม่ำเสมอ

ในกรณีนี้เราได้ทำการศึกษารอยหาดไม่สม่ำเสมอ โดยได้ทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การพัดพาตะกอนทราย จำนวน 3 ค่า ได้แก่ 30 50 และ 75 ลูกบาศก์เมตรต่อวันเป็นเวลา 2 ปี จากค่าของกราฟที่ออกมาจะแสดงให้เห็นว่าผลของการศึกษาค่าประมาณ มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นของปริมาณชายหาดไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยที่การทับถมของหน้าหาดอาจมีความไม่สม่ำเสมอ ซึ่งชายหาดที่มีการทับถม

เพิ่มขึ้นนั้นจะเป็นการทับถมของทรายโดยเกาะติดกับชายหาดเดิม การศึกษารอดักทรายในรูปแบบแห่งที่ ชายหาดเป็นรูปแบบไม่สม่ำเสมอจึงเป็นไปตามที่ตั้งสมมติฐานไว้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาทั้ง 3 ปัญหาข้างต้น จะเห็นได้ว่า 2 ปัญหาแรกมีการทับถมของทรายในปริมาณที่น่าพอใจ แต่ว่าความคลาดเคลื่อนของ ค่าจริง และค่าประมาณ ที่เราคำนวณออกมานั้น จะเห็นได้ว่ารอดักทรายในรูปแบบแห่งตรงมีค่าของความเคลื่อนที่น้อยกว่าชายหาดรูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า จึงสรุปได้ว่ารอดักทรายในรูปแบบแห่งตรงเหมาะสมแก่การนำมาใช้จริงมาก

ปัญหาที่ 3 นั้นจะเป็นการศึกษาชายหาดเป็นรูปแบบไม่สม่ำเสมอ ที่เรานำมาศึกษาเพื่อดูว่าถ้าชายหาดมีรูปแบบที่ไม่สม่ำเสมอนั้นจะมีการทับถมของทรายได้หรือไม่ ซึ่งผลที่ออกมาก็สามารถสรุปได้ว่ามีการทับถมของทรายเพิ่มขึ้นที่บริเวณหน้าชายหาดจริง โดยถ้าการศึกษาของระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นยังทำให้การทับถมมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นด้วย



เอกสารอ้างอิง

- [1] Mohammad Fadhli Ahmad, Subiyanto and Mustafa Mamat , “A Long-Term Solution for Shoreline Evolution Induced by Wave Action”, Applied Mathematical Sciences, Vol. 9, 2015, no. 88, 4383 - 4398 HIKARI Ltd, www.m-hikari.com , จาก <http://dx.doi.org/10.12988/ams.2015.53275>
- [2] Nicholas C. Kraus and Brian K. Batten , “Shoreline Evolution in a Groin Field By Reservoir Model Approach”, 2006, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Coastal and Hydraulics Laboratory, 3909 Halls Ferry Road, Vicksburg, MS, 39180, Approved for public release; distribution unlimited, Proceedings of the 30th International Conference, held in San Diego, California, 3 – 8 September 2006
- [3] สยาม อรุณศรีมรกต. (2552). การทรุดตัวของแผ่นดินและการกัดเซาะชายฝั่งของอ่าวไทยตอนบน สาเหตุที่ถูกมองข้าม. ค้นเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2561, จาก <http://www.dpu.ac.th/dpurc/assets/uploads/magazine/1429j1uqzzgwg8.pdf>
- [4] อธิธิฤทธิ์ ประคำทอง. ชายฝั่งบางขุนเทียน. วารสารโลกสีเขียว. ค้นเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2561, จาก <https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/bangkun/bangn.htm>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนทำงานของโปรแกรม

สำหรับการแก้ปัญหาเพื่อศึกษาวิวัฒนาการของชายฝั่งโดยใช้การวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยวิธี FTCS (Forward-Time Central-Space) โดยใช้โปรแกรม Matlab ช่วยในการคำนวณแก้ไขปัญหาโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

กรณีศึกษาที่ 1 รอดักทรายรูปแบบแห้ง เปิดไฟล์ data_file.m แล้วกำหนดค่าความยาวของหน้าชายหาดหรือ $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$ ดังนี้

```
clear all
clc
close all

D = 30;

lx = 10000;
h = 250;
nx = lx/h;

T = 720;
l = 1;
m = T/l;

x = [0:h:lx];
t = [0:l:T];
```

```

for i = 1:m
    for j = 1:nx+1
        if t(i) ~= 0
            tanAlpha = 0.267806947;
            S = sqrt(4*D*t(i)/pi);
            EX = exp(-(x(j)^2)/(4*D*t(i)));
            SQ = (x(j)*sqrt(pi))/(2*sqrt(D*t(i)));
            ER = erfc(x(j)/(2*sqrt(D*t(i))));
            exact(i,j)=tanAlpha*S*(EX-SQ*ER);
        else exact(i,j)= 0;
        end
    end
end

for i = 1:m
    told(i,1) = exact(i,1);
    told(i,nx+1) = exact(i,nx+1);
end

p = (l*D)/(h^2);
for i = 2:m-l
    for j = 1:nx+1
        if j > 1 && j < nx+1
            told(i+1,j) = p*told(i,j-1)+((1-p))*told(i,j)+ (p*told(i,j+1));
        end
    end
end
end

```

```

for i = 1:m
    for j = 1:nx+1
        if told(i,j) ~= 0
            err(i,j) = (told(i,j)-exact(i,j));
            rerr(i,j) = abs(err(i,j));
        else rerr(i,j) = 0;
        end
    end
end
end

```

```

%compare
figure;
plot(exact(720,:),'r');
hold on
plot(told(720,:));
hold off

```

จากตัวอย่างกรณีศึกษาข้างต้นที่กล่าวมา แทนค่าความยาวของหน้าชายหาดเปลี่ยน $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$ เป็น $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$ และ $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$ ตามลำดับ

กรณีศึกษาที่ 2 รอดักทรายรูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า เปิดไฟล์ data_file.m แล้วกำหนดค่าความยาวของหน้าชายหาดหรือ $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$ ดังนี้

```

clear all
clc
close all

```

```
D = 30;
```

```
lx = 10000;
```

```
h = 250;
```

```
nx = lx/h;
```

```

T = 720;
l = 1;
m = T/l;

x = [0:h:lx];
t = [0:l:T];
y = 30;
a = 2500;

di = a/h;
for j = 1:nx+1
    if j >= di
        told(1,j) = y;
        exact(1,j) = y;
    end
end

for i = 2:m
    for j = 1:nx+1
        if t(i) ~= 0
            ER1 = erfc((a-x(j))/(2*sqrt(D*t(i))));
            ER2 = erfc((a+x(j))/(2*sqrt(D*t(i))));
            exact(i,j)=(y/2)*(ER1+ER2);
        else exact(i,j)= 0;
        end
    end
end

for i = 1:m
    told(i,1) = exact(i,1);
    told(i,nx+1) = told(i,nx);
end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

p = (l*D)/(h^2);
for i = 1:m-l
    for j = 1:nx+1
        if j > 1 && j < nx+1
            told(i+1,j) = p*told(i,j-1)+((1-p))*told(i,j)+ (p*told(i,j+1));
        end
        told(i,nx+1) = told(i,nx);
    end
end

for i = 1:m
    for j = 1:nx+1
        if told(i,j) ~= 0
            err(i,j) = (told(i,j)-exact(i,j));
            rerr(i,j) = abs(err(i,j));
        else rerr(i,j) = 0;
        end
    end
end

%compare
figure;
plot(exact(720,:),'r');
hold on
plot(told(720,1:40));
hold off

```

จากตัวอย่างกรณีศึกษาข้างต้นที่กล่าวมา แทนค่าความยาวของหน้าชายหาดเปลี่ยน $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$ เป็น $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$ และ $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$ ตามลำดับ

กรณีศึกษาที่ 3 รอดักทรายรูปแบบทั่วไป เปิดไฟล์ data_file.m แล้วกำหนดค่าความยาวของหน้าชายหาดหรือ $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$ ดังนี้

```

clear all
clc
close all

D = 30;

lx = 10000;
h = 250;
nx = lx/h;

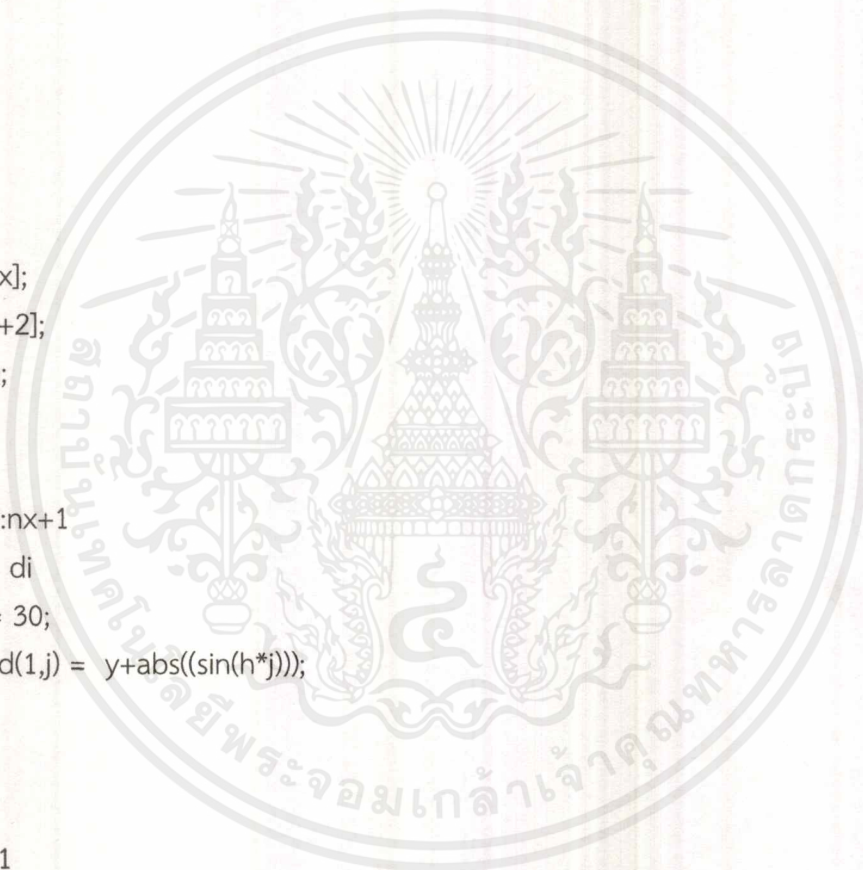
T = 720;
l = 1;
m = T/l;

x = [0:h:lx];
t = [0:l:T+2];
a = 2500;
di = a/h;

for j = 2:nx+1
    if j >= di
        y = 30;
        told(1,j) = y+abs((sin(h*j)));
    end
end

for j = 0:1
    if j >= di
        y = 0;
        told(1,j)= y+abs(sin(h*j));
    end
end

```



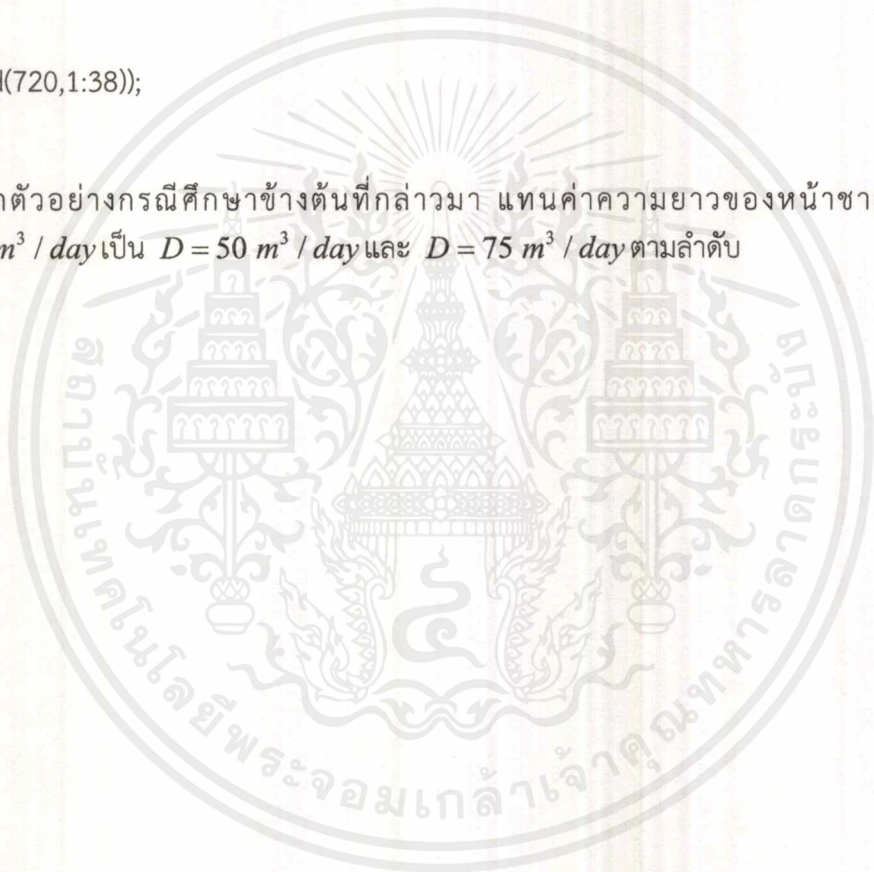
```

p = (l*D)/(h^2);
for i = 1:m-l
    for j = 1:nx+1
        if j > 1 && j < nx+1
            told(i+1,j) = p*told(i,j-1)+((1-p))*told(i,j)+ (p*told(i,j+1));
        end
        told(i,nx+1) = told(i,nx);
    end
end

plot(told(720,1:38));

```

จากตัวอย่างกรณีศึกษาข้างต้นที่กล่าวมา แทนค่าความยาวของหน้าชายหาดเปลี่ยน $D = 30 \text{ m}^3 / \text{day}$ เป็น $D = 50 \text{ m}^3 / \text{day}$ และ $D = 75 \text{ m}^3 / \text{day}$ ตามลำดับ





เอกสารคำรับรองเล่มปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้