# การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล และการติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

ภัทรมน หุ่นลำพูน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางทะเล
คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา
2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

62910162_1338552116

# การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล และการติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

ภัทรมน หุ่นลำพูน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางทะเล
คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา
2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

# THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK ANALYSIS TO CLASSIFY MARINE DEBRIS AND TRACKING THE DISTRIBUTION OF TYPES OF PLASTIC DEBRIS IN THE COASTAL AREA OF THE EASTERN GULF OF THAILAND

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

PHATTARAMON HONLUMPON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF SCIENCE
IN MARINE TECHNOLOGY
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
BURAPHA UNIVERSITY
2023

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ภัทรมน หุ่นลำพูน ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางทะเล ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชลี ไพบูลย์กิจกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.จินตนา สและน้อย)

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชลี ไพบูลย์กิจกุล)

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มลฤดี สนธิ)

คณบดีคณะเทคโนโลยีทางทะเล
(ดร. สราวุธ ศิริวงศ์)
วันที่ 25 เดือน เมษายน พ.ศ. 2566

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางทะเล ของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
วันที่ 25 เดือน เมษายน พ.ศ. 2566

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

62910162: สาขาวิชา: เทคโนโลยีทางทะเล; วท.ม. (เทคโนโลยีทางทะเล)
คำสำคัญ: การจำแนก, ขยะชายฝั่งทะเล, เทคนิค Convolutional Neural network, การแพร่กระจาย, การเปรียบเทียบสัดส่วน, ชนิดของขยะพลาสติก

ภัทรมน หุ่นลำพูน : การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล และการติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก. (THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK ANALYSIS TO CLASSIFY MARINE DEBRIS AND TRACKING THE DISTRIBUTION OF TYPES OF PLASTIC DEBRIS IN THE COASTAL AREA OF THE EASTERN GULF OF THAILAND) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ชลี ไพบูลย์กิจกุล, เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล ปี พ.ศ. 2566.

ในปัจจุบันปัญหาขยะทะเลถือเป็นมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก สำหรับประเทศไทยมีรายงานผลการศึกษาเกี่ยวกับขยะทะเลอย่างแพร่หลาย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความตื่นตัว และความตระหนักถึงปัญหาขยะทะเล แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นในประเทศไทยก็ยังมีรายงานผลการศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคนิค AI กับขยะทะเลค่อนข้างน้อยมาก ซึ่งในปัจจุบันเทคนิค AI เป็นเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทและมีความสำคัญในการทำงานและการใช้ชีวิตในยุคดิจิทัลเป็นอย่างมาก ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ในส่วนที่หนึ่งเพื่อพัฒนาโปรแกรมให้มีความสามารถในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล ด้วยข้อมูลภาพถ่ายของขยะบริเวณชายฝั่งทะเล และวัตถุประสงค์ในส่วนที่สองเพื่อติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก โดยศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก อีกทั้งยังศึกษาการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก โดยการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกตามฤดูกาล และตามพื้นที่การศึกษา ทดสอบสถิติด้วย Chi-square test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยในส่วนแรกทำการเก็บตัวอย่างภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเลทั้งหมด 4 ประเภท ทำการสร้าง Model และกำหนด Argument ที่เหมาะสมสำหรับการจำแนก จากนั้นทำการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล ด้วยเทคนิค Convolutional Neural Network (CNN) ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าเทคนิค CNN สามารถจำแนกขยะชายฝั่งทะเลทั้ง 4 ประเภทออกจากกันได้ดี โดยชุดข้อมูล Training set มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 85.08 ส่วนชุดข้อมูล Test set มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 53.83 ในส่วนที่สองทำการเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาด บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดจันทบุรี นำตัวอย่างขยะ

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

พลาสติกมาวิเคราะห์ชนิดของพลาสติกด้วยเครื่อง FT-IR ผลการศึกษาพบว่าสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาดทั้ง 2 ฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาดในจังหวัดชลบุรีแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาดในจังหวัดระยอง และจังหวัดจันทบุรีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่แตกต่างกันนั้น ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของมนุษย์ที่เกิดขึ้นทั้งบนชายหาดและในทะเลในพื้นที่นั้น ๆ การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศโดยเฉพาะกระแสลมในช่วงฤดูมรสุม และการไหลเวียนของกระแสน้ำ

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

62910162: MAJOR: MARINE TECHNOLOGY; M.Sc. (MARINE TECHNOLOGY)
KEYWORDS: CLASSIFICATION, MARINE DEBRIS, CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK ANALYSIS, DISTRIBUTION, COMPARISON OF RATIO, TYPES OF PLASTIC

PHATTARAMON HONLUMPON : THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK ANALYSIS TO CLASSIFY MARINE DEBRIS AND TRACKING THE DISTRIBUTION OF TYPES OF PLASTIC DEBRIS IN THE COASTAL AREA OF THE EASTERN GULF OF THAILAND. ADVISORY COMMITTEE: CHALEE PAIBULKICHAKUL, , BENJAMAS PAIBULKICHAKUL 2023.

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

Nowadays, the problem of marine debris is environmental pollution which has received attention. In Thailand, there are many studies about marine debris. It shows alertness and awareness of the problem of marine debris. However, Thailand still has few studies on applying AI techniques to marine debris. AI techniques are essential in working and living in the digital age. Therefore, this study had the objectives; the first part was to develop a program to classify marine debris by photographs. The second part was to track the distribution of types of plastic debris in the coastal area of the Eastern Gulf of Thailand by studying the types of plastic debris found in the coastal area of the Eastern Gulf of Thailand and comparison of ratio types of plastic debris by season and by study area using Chi-square test at a confidence level of 95 percent. In the first part, collect all four types of marine debris photographs, create a model, and define the appropriate arguments for classification. Then classify marine debris using the Convolutional Neural Network (CNN) technique. According to the study results, CNN could classify all four types of marine debris well. The training set had an average accuracy of 85.08 percent. The test set had an average accuracy of 53.83 percent. In the second part, plastic debris samples were collected in seawater, sediment, and on beaches in the coastal areas of Chonburi, Rayong, and Chanthaburi provinces. Then, plastic debris samples were analyzed by FT-IR. The results showed that the ratio of plastic waste in seawater, sediments, and on beaches in both seasons was significantly different ($p<0.05$). The ratio of plastic waste in seawater, sediment, and on the beach in Chonburi province was not significantly different ($p>0.05$), and the ratio of plastic waste in seawater, sediment, and on beaches in Rayong, and Chanthaburi provinces were significantly

different ($p<0.05$) which the ratio of different types of plastic debris. It depends on the human activities on the beach and the sea in that area, the monsoon season, and the water current.

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

# กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชลี ไพบูลย์กิจกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่มีความเมตตากรุณาให้คำแนะนำพร้อมทั้งชี้แนะข้อบกพร่องตลอดจนร่วมแก้ไข และติดตามปัญหาที่เกิดขึ้นในวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ที่มีความเมตตากรุณาให้คำแนะนำ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคุณศศิพา ฉิมพลี ที่มีความเมตตากรุณาให้ความช่วยเหลือเรื่องอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่าง และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณคุณกานต์ หอมสุวรรณ และคุณเวธกา หงส์ทวี ที่มีให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเล และตัวอย่างขยะพลาสติกบนชายหาด และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณมิตรสหายทุกท่านที่คอยให้กำลังใจเสมอมา

และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ น้องชาย และตัวข้าพเจ้าเอง ที่ได้ให้โอกาสทางการศึกษา และส่งเสริมข้าพเจ้าตลอดมา รวมทั้งญาติพี่น้องทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจเสมอมา จนทำให้ข้าพเจ้าได้มีวันนี้

ภัทรมน หุ่นลำพูน

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 ..... 1

บทนำ ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย ..... 3

1.4 ขอบเขตของการวิจัย ..... 3

บทที่ 2 ..... 5

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 5

2.1 พลาสติก ..... 5

2.2 สารประกอบในพลาสติกที่เป็นอันตราย ..... 8

2.3 การจำแนกประเภทของพลาสติก ..... 10

2.4 ขยะทะเล ..... 12

2.5 ขยะพลาสติกในทะเล ..... 12

2.6 ผลกระทบของขยะทะเล ..... 14

2.7 ข้อมูลพื้นที่ทำการศึกษา ..... 15



1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

2.8 เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) .....18
2.9 เทคนิคการวิเคราะห์ Neural network .....20
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....22
บทที่ 3 .....25
วิธีดำเนินการศึกษา .....25
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ .....25
3.2 สารเคมี .....26
3.3 วิธีดำเนินการศึกษา .....26
บทที่ 4 .....42
ผลการศึกษา .....42
4.1 การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล .....42
4.2 การติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก .....51
บทที่ 5 .....66
อภิปรายและสรุปผลการศึกษา .....66
5.1 อภิปรายผลการศึกษา .....66
5.2 สรุปผลการศึกษา .....81
5.3 ข้อเสนอแนะ .....82
บรรณานุกรม .....84
ประวัติย่อของผู้วิจัย .....92

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สรุปสารประกอบในพลาสติกที่เป็นอันตราย....9

ตารางที่ 2 การจำแนกประเภทของพลาสติกด้วยน้ำ....10

ตารางที่ 3 พิกัดจุดเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาด....31

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบ K-fold โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Training set โดยมีโครงสร้าง Layer เป็น (1,024, 512, 4) และค่า Epochs = 650 ค่า Batch size = 1,000 และค่า Validation split = 0.1 (Class: 0 = ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ, Class: 1 = ขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัย, Class: 2 = ขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน และ Class: 3 = ขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบ)....44

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบ K-fold โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Test set โดยมีโครงสร้าง Layer เป็น (1,024, 512, 4) และค่า Epochs = 650 ค่า Batch size = 1,000 และค่า Validation split = 0.1 (Class: 0 = ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ, Class: 1 = ขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัย, Class: 2 = ขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน และ Class: 3 = ขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบ)....45

ตารางที่ 6 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Training set ใน fold ที่ 1....46

ตารางที่ 7 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Training set ใน fold ที่ 2....46

ตารางที่ 8 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Training set ใน fold ที่ 3....47

ตารางที่ 9 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Training set ใน fold ที่ 4....47

ตารางที่ 10 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Training set ใน fold ที่ 5....48

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ตารางที่ 11 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Test set ใน fold ที่ 1 .....49

ตารางที่ 12 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Test set ใน fold ที่ 2 .....49

ตารางที่ 13 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Test set ใน fold ที่ 3 .....50

ตารางที่ 14 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Test set ใน fold ที่ 4 .....50

ตารางที่ 15 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Test set ใน fold ที่ 5 .....51

ตารางที่ 16 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาด บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก (LDPE = Low-density polyethylene, Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene, PS = Polystyrene, PVC = Polyvinyl Chloride) .....53

ตารางที่ 17 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล และบนชายหาดในฤดูร้อน ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene) .....59

ตารางที่ 18 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน และบนชายหาดในฤดูร้อน ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene) .....60

ตารางที่ 19 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล และบนชายหาดในฤดูฝน ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PS = Polystyrene) .....61

ตารางที่ 20 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน และบนชายหาดในฤดูฝน ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PS = Polystyrene) .....61

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ตารางที่ 21 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล และบนชายหาด จังหวัดชลบุรี ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PS = Polystyrene) .....62

ตารางที่ 22 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน และบนชายหาด จังหวัดชลบุรี ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PS = Polystyrene) .....63

ตารางที่ 23 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล และบนชายหาด จังหวัดระยอง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene) .....64

ตารางที่ 24 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน และบนชายหาด จังหวัดระยอง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene) .....64

ตารางที่ 25 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล และบนชายหาด จังหวัดจันทบุรี ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene) .....65

ตารางที่ 26 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน และบนชายหาด จังหวัดจันทบุรี ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene) .....65

ตารางที่ 27 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาด .....72

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

# สารบัญภาพ

**หน้า**

ภาพที่ 1 โครงสร้างพลาสติกประเภทเทอร์โมเซ็ต (Thermosetting plastic) (อนุสิษฐ์ เกื้อกูล, 2560) 5

ภาพที่ 2 โครงสร้างพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) (อนุสิษฐ์ เกื้อกูล, 2560) ...6

ภาพที่ 3 สัญลักษณ์การรีไซเคิล (Recycle) พลาสติกทั้ง 7 ประเภท (Shang, 2014) .....8

ภาพที่ 4 บริเวณหาดพัทยา จังหวัดชลบุรี .....16

ภาพที่ 5 บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง .....17

ภาพที่ 6 บริเวณหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี .....18

ภาพที่ 7 ส่วนประกอบการทำงานของเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ดัดแปลงจาก (ชัชเวทย์ หลิ่วโรจน์ทรัพย์, 2561) .....19

ภาพที่ 8 ชั้นของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วราภรณ์ ม้วนทอง, วรุณศักดิ์ เลี่ยมแหลม และเสฏฐา ศาสนนันทน์, 2558).....21

ภาพที่ 9 ตัวอย่างภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเลทั้ง 4 ประเภท (1-3) ขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน (4-6) ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ (7-9) ขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบ และ (10-12) ขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัย .....27

ภาพที่ 10 แผนภาพสรุปวิธีดำเนินการศึกษาในการศึกษาส่วนที่ 1 .....30

ภาพที่ 11 พื้นที่การศึกษา (1) บริเวณหาดพัทยา จังหวัดชลบุรี (2) บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง และ (3) บริเวณหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี .....32

ภาพที่ 12 การวางกรอบเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกบนชายหาด.....33

ภาพที่ 13 แผนภาพสรุปการแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวอย่างน้ำทะเล .....36

ภาพที่ 14 จุดสุ่มเก็บตัวอย่างตะกอนดินทั้ง 5 จุด.....37

ภาพที่ 15 แผนภาพสรุปการแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวอย่างตะกอนดิน .....39

ภาพที่ 16 แผนภาพสรุปวิธีดำเนินการศึกษาในการศึกษาส่วนที่ 2 .....41

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ภาพที่ 17 การวิเคราะห์หาค่าความถูกต้องสูงสุดในการทดสอบการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลของค่า Epochs....43

ภาพที่ 18 การวิเคราะห์หาค่าความถูกต้องสูงสุดในการทดสอบการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลของค่า Batch size....43

ภาพที่ 19 การวิเคราะห์หาค่าความถูกต้องสูงสุดในการทดสอบการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลของค่า Validation split....44

ภาพที่ 20 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก (LDPE = Low-density polyethylene, Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene, PS = Polystyrene, PVC = Polyvinyl Chloride)....52

ภาพที่ 21 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูร้อน และฤดูฝน (LDPE = Low-density polyethylene, Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene, PS = Polystyrene, PVC = Polyvinyl Chloride)....53

ภาพที่ 22 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก (LDPE = Low-density polyethylene, Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene, PS = Polystyrene, PVC = Polyvinyl Chloride)....55

ภาพที่ 23 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูร้อน และฤดูฝน (LDPE = Low-density polyethylene, Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene, PS = Polystyrene, PVC = Polyvinyl Chloride)....55

ภาพที่ 24 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก (LDPE = Low-density polyethylene, Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene, PS = Polystyrene, PVC = Polyvinyl Chloride)....57

ภาพที่ 25 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูร้อน และฤดูฝน (LDPE = Low-density polyethylene, Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene, PS = Polystyrene, PVC = Polyvinyl Chloride)....57

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประชากรโลกมีจำนวนเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี ส่งผลให้ภาคอุตสาหกรรมมีการผลิตสินค้าเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของประชากร ซึ่งผลิตภัณฑ์บางส่วนและบรรจุภัณฑ์ส่วนใหญ่ทำมาจากพลาสติกหลากหลายชนิด เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา ต้นทุนการผลิตต่ำ เป็นฉนวนกันความร้อน เป็นฉนวนไฟฟ้า ทนทาน สามารถนำมาผลิตให้มีรูปแบบต่าง ๆ ตามต้องการได้ (สถาบันพลาสติก, 2555) ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นของพลาสติกที่กล่าวมาในข้างต้น ทำให้พลาสติกได้รับความนิยมและส่งผลให้ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์พลาสติกหลากหลายรูปแบบและมีสีสันสวยงามให้เลือกใช้อย่างมากมาย เมื่อความต้องการของประชากรในการอุปโภคและบริโภคไม่มีความสมดุลกับประสิทธิภาพในการกำจัดขยะ จึงทำให้ปริมาณขยะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะขยะพลาสติก และนำมาซึ่งปัญหาการแพร่กระจายของขยะพลาสติกในหลายพื้นที่ทั่วโลกทั้งนี้ยังรวมถึงขยะพลาสติกที่สะสมตัวอยู่ตามบริเวณชายหาด และในทะเล เป็นต้น

ขยะพลาสติกถือเป็นปัญหามลพิษที่สำคัญทั่วโลก เนื่องด้วยพลาสติกเป็นวัสดุที่ต้องใช้เวลานานกว่าจะย่อยสลายได้หมด ซึ่งหากขยะพลาสติกเหล่านี้ถูกกำจัดด้วยกระบวนการที่ไม่ถูกวิธีย่อมก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมา ได้แก่ ปัญหาเศรษฐกิจ ปัญหาสุขภาพ และปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม อาทิ การเผาขยะพลาสติกโดยไม่มีการควบคุมอย่างเป็นระบบจะทำให้สารพิษในพลาสติกกระจายไปในอากาศและปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ดิน และอาหาร ทำให้มนุษย์และสัตว์ได้รับสารพิษจากการสูดดม ดื่มน้ำ และรับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อน ซึ่งสารพิษเหล่านี้จะส่งผลต่อระบบต่าง ๆ ในร่างกายของมนุษย์และสัตว์ (ชมพูนุท พรหมภักดิ์, 2563) แต่หากทิ้งขยะพลาสติกไว้กลางแจ้ง ลมและพายุจะพัดพาขยะพลาสติกลงสู่แหล่งน้ำ และไหลลงสู่ทะเล ส่งผลให้สัตว์ทะเลกลืนกินขยะพลาสติกเข้าไปและเสียชีวิตได้ อีกทั้งขยะพลาสติกที่ถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ และทะเลเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ขยะพลาสติกขนาดใหญ่เปลี่ยนเป็นขนาดเล็ก หรือที่เรียกว่า ไมโครพลาสติก (Microplastic) ซึ่งไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ และทะเลจะดูดซับสารมลพิษต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำ และทะเล และเมื่อแพลงก์ตอนสัตว์ (Zooplankton) กลืนกินไมโครพลาสติกเหล่านี้เข้าไปก็จะทำให้เกิดการสะสมสารพิษและถ่ายทอดในลำดับขั้นสายใยอาหาร (Food web) ในระบบนิเวศต่อไป

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ประเทศไทยในปัจจุบันพบปัญหาขยะพลาสติกในปริมาณมาก ซึ่งเกิดจากความไม่สมดุลกันระหว่างการอุปโภคและบริโภคผลิตภัณฑ์ หรือบรรจุภัณฑ์ที่เป็นพลาสติกกับการกำจัดขยะที่ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ เนื่องจากกระบวนการกำจัดขยะของประเทศไทยยังคงมุ่งเน้นไปที่การเผาและการฝังกลบ จากการรายงานสรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561 ได้รายงานว่ามีปริมาณขยะมูลฝอยถึง 7.36 ล้านตัน ที่ถูกกำจัดอย่างไม่ถูกต้อง โดยกำจัดแบบเทกอง หรือเผากลางแจ้ง หรือลักลอบทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้มีขยะมูลฝอยตกค้างอยู่ในทะเล ทั้งนี้ยังรวมถึงการทิ้งขยะในทะเลโดยตรง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นขยะพลาสติก (กรมควบคุมมลพิษ, 2562) จากการรายงานในข้างต้นส่งผลให้ประเทศไทยถูกจัดอยู่ในลำดับที่ 6 จากทั้งหมด 10 ประเทศ ที่ทิ้งขยะพลาสติกลงทะเลมากที่สุดในโลก (สถาบันลูกโลกสีเขียว, 2561) ซึ่งหากประเทศไทยยังไม่มีมาตรการแก้ไขปัญหาอย่างจริงจัง ก็อาจมีความเสี่ยงที่จะส่งผลเสียอย่างมากในระดับประเทศและระดับโลกได้

สำหรับประเทศไทยปัญหาขยะทะเลถือเป็นมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่ถูกกล่าวถึงและได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ทั้งนี้ยังมีรายงานผลการศึกษาเกี่ยวกับขยะในทะเลอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับสถานการณ์การปนเปื้อนขยะพลาสติกในทะเลของประเทศไทย การศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของขยะพลาสติกต่อสิ่งแวดล้อม และสังคม เป็นต้น ซึ่งการศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความตื่นตัว และความตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวเพื่อหาแนวทางป้องกันและแก้ไข แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นในประเทศไทยมีรายงานผลการศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคนิค AI กับขยะทะเลค่อนข้างน้อยมาก ซึ่งในปัจจุบันเทคนิค AI เป็นเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทและมีความสำคัญในการทำงานและการใช้ชีวิตในยุคดิจิทัลเป็นอย่างมาก จากความฉลาดของเทคนิค AI จึงทำให้เกิดงานวิทยานิพนธ์นี้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งวัตถุประสงค์ในส่วนที่หนึ่งเพื่อพัฒนาโปรแกรมให้มีความสามารถในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล ด้วยข้อมูลภาพถ่ายของขยะบริเวณชายฝั่งทะเลแทนการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลด้วยตัวผู้วิจัยเอง อีกทั้งยังเพื่อให้การจำแนกขยะชายฝั่งทะเลเป็นไปอย่างสะดวก และรวดเร็วโดยไม่ต้องเก็บตัวอย่างขยะบริเวณชายฝั่งทะเลมายังห้องปฏิบัติการ รวมถึงเพื่อเป็นการลดการสัมผัสกับขยะบริเวณชายฝั่งทะเลที่อาจเสี่ยงต่อการเกิดโรคอีกด้วย และวัตถุประสงค์ในส่วนที่สองเพื่อติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเทคนิคในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล ด้วยเทคนิค Convolutional Neural Network

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

2. เพื่อติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. พัฒนาโปรแกรมให้มีความสามารถในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล ด้วยข้อมูลภาพถ่าย เพื่อให้การจำแนกขยะชายฝั่งทะเลเป็นไปอย่างสะดวก และรวดเร็ว

2. ชุมชน และผู้ประกอบการต่าง ๆ ในพื้นที่บริเวณหาดพัทยา จังหวัดชลบุรี บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง และบริเวณหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรีทราบถึงสถานการณ์ของขยะพลาสติกในทะเลในพื้นที่ เพื่อหาแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกในทะเลในพื้นที่ของตน

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ส่วนที่ 1 เก็บตัวอย่างภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเลทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ ขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ ขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบ และขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัย ตามเกณฑ์ของ International Coastal Cleanup (ICC) ทำการปรับภาพถ่ายให้มีขนาด 150×100 พิกเซล ทำการสร้าง Model และกำหนด Argument โดยการวิเคราะห์หาค่าความถูกต้อง (Accuracy) สูงสุดในการทดสอบการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล กำหนดค่า Argument และแบ่งภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเลออกเป็น 5 ส่วน เพื่อทดสอบ K-fold ทำการทดสอบ Model ด้วยโปรแกรม R เพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้จักจำแนกขยะชายฝั่งทะเลด้วยข้อมูล Training set และใช้ข้อมูล Test set วัดความถูกต้องในการจำแนก และส่วนที่ 2 ทำการเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาดทั้ง 3 พื้นที่การศึกษา ได้แก่ บริเวณหาดพัทยา จังหวัดชลบุรี บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง และบริเวณหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี ในช่วงฤดูร้อน และฤดูฝน พ.ศ. 2564 จากนั้นทำการแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวอย่างน้ำทะเล และตะกอนดิน และนำตัวอย่างขยะพลาสติกไปวิเคราะห์ชนิดของขยะพลาสติก ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) และนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปทำการศึกษาการติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก โดยศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก อีกทั้งยังศึกษาการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก โดยการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกตามฤดูกาล และการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในแต่ละพื้นที่การศึกษา ด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

# บทที่ 2

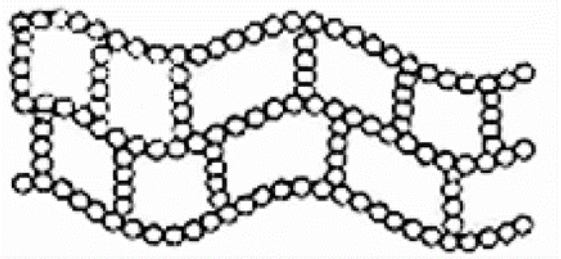
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 พลาสติก

พลาสติก (Plastic) เป็นวัสดุที่สังเคราะห์ขึ้นจากธาตุ 2 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนและไฮโดรเจน หรือที่เรียกว่า สารไฮโดรคาร์บอน โดยกระบวนการผลิตเริ่มจากการนำสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดจากการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันดิบมาทำปฏิกิริยากันทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นสายโซ่ยาวเรียกว่า พอลิเมอร์ ซึ่งวัตถุดิบตั้งต้นที่แตกต่างกันนั้นจะทำให้พอลิเมอร์มีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป เมื่อได้พอลิเมอร์ออกมาแล้วก็จะนำไปขึ้นรูปเป็นเม็ดพลาสติกและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ต่อไป

ในการจำแนกประเภทของพลาสติกสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะและคุณสมบัติของพอลิเมอร์ ดังนี้ (สถาบันพลาสติก, 2556)

1. เทอร์โมเซ็ต (Thermosetting plastic) พลาสติกประเภทนี้จะคงรูปถาวรเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งในการขึ้นรูปพลาสติกประเภทนี้จะทำได้ยากและไม่สามารถนำกลับมาเข้าสู่กระบวนการผลิตซ้ำได้ เนื่องจากการเชื่อมต่อของโมเลกุลพอลิเมอร์มีลักษณะเป็นแบบร่างแห ดังนั้นหลังจากผ่านกรรมวิธีให้ความร้อนแล้วเมื่อพลาสติกเย็นตัวจะมีความแข็งมาก ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปฏิกิริยาเคมีได้ดี พลาสติกจำพวกนี้ เช่น เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamineformaldehyde) และฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol-Formaldehyde) เป็นต้น



ภาพที่ 1 โครงสร้างพลาสติกประเภทเทอร์โมเซ็ต (Thermosetting plastic) (อนุสิษฐ์ เกื้อกูล, 2560)

2. เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) หรือเรซิน พลาสติกประเภทนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งในการขึ้นรูปพลาสติกประเภทนี้จะทำได้ง่าย และสามารถนำกลับเข้ามาสู่กระบวนการผลิตซ้ำได้ เนื่องจากการเชื่อมต่อของโมเลกุลพอลิเมอร์มีลักษณะเป็น

แบบเส้นตรงหรือแบบกิ่งสั้น ๆ ดังนั้นเมื่อได้รับความร้อนจะมีลักษณะอ่อนตัว และเมื่อพลาสติกเย็นตัวจะมีลักษณะแข็งตัวสามารถเปลี่ยนรูปได้ ตัวอย่างเช่น พอลิเอทิลีน (Polyethylene) พอลิสไตรีน (Polystyrene) และพอลิโพรพิลีน (Polypropylene หรือ PP) เป็นต้น

ภาพที่ 2 โครงสร้างพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) (อนุสิษฐ์ เกื้อกูล, 2560)

ประเทศไทยในปัจจุบันนิยมใช้พลาสติกกันอย่างแพร่หลายจึงทำให้ภาคอุตสาหกรรมมีการผลิตผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่เป็นพลาสติกมากมายหลายชนิด โดยพลาสติกที่นิยมใช้ อาทิ เช่น

1. พอลิเอทิลีน (Polyethylene หรือ PE) พลาสติกชนิดนี้มีลักษณะโปร่งแสง ไม่มีกลิ่น มีสีขาวขุ่น มีความเหนียว ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้ เป็นฉนวนไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกชนิดนี้ ได้แก่ ของเล่นเด็ก ขวดใส่น้ำ เป็นต้น

2. พอลิโพรพิลีน (Polypropylene หรือ PP) พลาสติกชนิดนี้มีลักษณะคล้ายกับพอลิเอทิลีน มีสีขาวขุ่นแต่ทึบแสงกว่าพอลิเอทิลีน สามารถลอยน้ำได้ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกชนิดนี้ ได้แก่ ตลับเครื่องสำอาง ปกแฟ้มเอกสาร ถุงบรรจุปุ๋ย เป็นต้น

3. พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride หรือ PVC) พลาสติกชนิดนี้มีลักษณะขุ่นทึบ เป็นฉนวนไฟฟ้า ไม่ติดไฟ เป็นได้ทั้งของแข็งคงรูปและอ่อนนิ่ม ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกชนิดนี้ ได้แก่ เก้าอี้ ประตู ท่อน้ำ เป็นต้น

4. พอลิไวนิลแอซีเตด (Polyvinyacetate หรือ PVA) พลาสติกชนิดนี้มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด ไม่สามารถหล่อขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ได้ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกชนิดนี้ ได้แก่ กาวลาเท็กซ์ เป็นต้น

5. พอลิสไตรีน (Polystyrene หรือ PS) พลาสติกชนิดนี้มีลักษณะแข็งแต่เปราะแตกง่าย เป็นพลาสติกที่นิยมใช้กันมาก โดยผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกชนิดนี้ ได้แก่ กล่องโฟมใส่อาหาร ไม้บรรทัด เป็นต้น

6. พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate หรือ PC) พลาสติกชนิดนี้มีลักษณะโปร่งใส และแข็งมาก ทนต่อการขีดข่วน ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกชนิดนี้ ได้แก่ แผ่นกันแดด เป็นต้น

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

7. ไนลอน (Nylon) พลาสติกชนิดนี้มีสีขาวขุ่นโปร่งแสง เป็นฉนวนไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกชนิดนี้ ได้แก่ เชือก เฟืองเกียร์ ลูกปืนในเครื่องจักรกลที่ไม่ต้องใช้น้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น

8. พอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน (Polytetrafluoroethylene หรือ PTFE) มีคุณสมบัติทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี และทนความร้อนได้สูงถึง 300 องศาเซลเซียส นิยมนำไปทำเป็นชิ้นส่วนของเครื่องกรอง หัวฉีดพ่นสี เป็นต้น

9. เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamineformaldehyde) พลาสติกชนิดนี้สามารถทนแรงกระแทกได้ดี ทนความร้อนสูง นิยมนำไปทำเป็นเครื่องใช้ภายในครัว เช่น จาน ชาม ถ้วยกาแฟ เป็นต้น

จากพลาสติกที่กล่าวมาในข้างต้น จะเห็นได้ว่ามีพลาสติกเพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่สามารถนำมารีไซเคิล (Recycle) หรือนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งพลาสติกที่สามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ถูกแบ่งออกเป็น 7 ประเภท โดยมีตัวเลข 1-7 กำกับอยู่ในสัญลักษณ์รีไซเคิล ดังนี้ (บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, 2539)

หมายเลข 1 คือ PET หรือ Polyethylene Terephthalate พลาสติกชนิดนี้มีความใส ทนทาน และกันการซึมผ่านของแก๊สได้ดี นิยมนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์อย่างแพร่หลาย ได้แก่ ขวดน้ำดื่ม ขวดน้ำมันพืช และขวดน้ำอัดลม เป็นต้น

หมายเลข 2 คือ HEPE หรือ High Density Polyethylene พลาสติกชนิดนี้มีสีขาวขุ่น มีความหนาแน่นสูง ไม่แตกง่าย มีความเหนียว ทนต่อกรด-ด่างได้ดี นิยมนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำยาทำความสะอาด ขวดน้ำยารีดผ้า และอุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ในครัวเรือน เป็นต้น

หมายเลข 3 คือ PVC หรือ Poly Vinyl Chloride พลาสติกชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายรูปแบบ ได้แก่ ท่อน้ำ หน้าต่าง กรอบประตู เป็นต้น

หมายเลข 4 คือ LDPE หรือ Low Density Polyethylene พลาสติกจำพวกนี้มีลักษณะค่อนข้างใส เหนียว และยืดหยุ่น แต่ไม่ทนต่อความร้อน นิยมนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ เช่น ถุงใส่ขนมปัง หลอดโฟมล้างหน้า และหลอดครีมนวดผม เป็นต้น

หมายเลข 5 คือ PP หรือ Polypropylene พลาสติกชนิดนี้มีความเหนียวค่อนข้างดี ทนต่อความร้อนสูง ทนต่อสารเคมี นิยมนำไปผลิตเป็นถุงร้อนบรรจุอาหารทั่วไป กล่องบรรจุอาหาร และอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น

หมายเลข 6 คือ PS หรือ Polystyrene พลาสติกชนิดนี้มีความใส และสามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ง่าย พลาสติกจำพวกนี้ ได้แก่ กล่องโฟม เป็นต้น

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

หมายเลข 7 คือ พลาสติกอื่น ๆ (Other) พลาสติกชนิดนี้เป็นพลาสติกอื่น ๆ นอกเหนือจากพลาสติกทั้ง 6 ชนิด ข้างต้น เช่น ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสต่าง ๆ และกระจกหน้ารถยนต์ เป็นต้น

ภาพที่ 3 สัญลักษณ์การรีไซเคิล (Recycle) พลาสติกทั้ง 7 ประเภท (Shang, 2014)

## 2.2 สารประกอบในพลาสติกที่เป็นอันตราย

ในกระบวนการผลิตพลาสติกนั้นมีการใช้สารเคมีอื่น ๆ ร่วมอยู่ด้วย เช่น สารเร่งปฏิกิริยา สารคงสภาพ สารหล่อลื่น และสี เป็นต้น ซึ่งสารประกอบที่ใช้ในกระบวนการผลิตพลาสติกล้วนมีความเป็นพิษต่อมนุษย์ และหากสารประกอบเหล่านี้ปนเปื้อนลงในอาหารและเครื่องดื่มแน่นอนว่าอาจก่อให้เกิดการสะสมพิษ และมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ แก่ผู้บริโภคอาหารและเครื่องดื่มนั้นได้ โดยสารประกอบที่ก่อให้เกิดโรค ได้แก่ (ศุลีพร แสงกระจ่าง, ปัทมา พลอยสว่าง และปริณดา พรหมหิตาธร, 2556)

1. สาร Phthalate เป็นสารที่เติมลงในขั้นตอนการผลิตพลาสติกชนิดพอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride หรือ PVC) เพื่อให้พลาสติกมีลักษณะที่อ่อนนุ่ม และยืดหยุ่นได้ ซึ่งสาร Phthalate เป็นสารที่มีกลไกการทำงานคล้ายกับฮอร์โมน จึงส่งผลให้ไปรบกวนการทำงานของฮอร์โมนตามธรรมชาติ (Endocrine disruption) ดังนั้นจึงจัดให้สาร Phthalate เป็นสารก่อมะเร็งกลุ่ม 2B (Possible carcinogen) ซึ่งหมายถึง สารที่อาจทำให้เกิดมะเร็งในคนได้

2. สาร Vinyl chloride เป็นสารที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตเม็ดพลาสติกชนิดพอลิไวนิลคลอไรด์เรซิน (Polyvinylchloride Resin หรือ PVC Resin) ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแก๊สที่อัดอยู่ในของเหลว (Compressed Liquefied Gas) ซึ่งสาร Vinyl chloride นี้เป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งตับชนิด Angiosarcroma จึงถูกจัดให้เป็นสารก่อมะเร็งในกลุ่มที่ 1

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

3. สาร Styrene เป็นสารตั้งต้นที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตพลาสติกชนิดพอลิสไตรีน (Polystyrene หรือ PS) ซึ่งสารนี้เป็นสารอันตรายที่ส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง เม็ดเลือด DNA และโครโมโซม ดังนั้นสาร Styrene จึงถูกจัดให้เป็นสารก่อมะเร็งในกลุ่ม 2B

4. สาร Bisphenol A เป็นสารที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตพลาสติกชนิดพอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate หรือ PC) ซึ่งสารนี้มีกลไกการทำงานคล้ายกับฮอร์โมนเอสโตรเจน จึงส่งผลให้ไปรบกวนการทำงานของฮอร์โมนตามธรรมชาติ (Endocrine disruption) ดังนั้นสาร Bisphenol A จึงถูกจัดให้เป็นสารก่อมะเร็งในกลุ่ม 2B

5. สาร Formaldehyde เป็นสารที่อยู่ในรูปของสารละลาย และในรูปของแก๊ส Formaldehyde ซึ่งสารนี้เป็นสาเหตุโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว ดังนั้นจึงถูกจัดเป็นสารก่อมะเร็งในกลุ่ม 1

ตารางที่ 1 สรุปสารประกอบในพลาสติกที่เป็นอันตราย

| ชนิดพลาสติก | สารที่เป็นอันตราย | ความเป็นพิษ |
|---|---|---|
| Polyvinylchloride | Phthalate | สารนี้มีความเป็นพิษเรื้อรังที่ส่งผลให้เกิดอาการตกเลือดในปอด อาการตับโต |
| | Vinyl chloride | สารนี้มีความเป็นพิษทั้งเรื้อรัง และเฉียบพลัน โดยอาการเฉียบพลัน เช่น อ่อนเพลีย ง่วง เสียการทรงตัว ส่วนอาการเรื้อรังจะส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางระบบประสาท และเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งตับชนิด Angiosarcroma |
| Polystyrene | Styrene | สารนี้มีความเป็นพิษทั้งเรื้อรัง และเฉียบพลัน โดยอาการเฉียบพลัน เช่น ระคายเคืองผิวหนัง ส่วนอาการเรื้อรังจะส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง การทรงตัวไม่ดี ความจำเสื่อม และก่อให้เกิดโรคมะเร็ง |
| Polycarbonate | Bisphenol A | สารนี้มีความเป็นพิษทั้งเรื้อรัง และเฉียบพลัน โดยอาการเฉียบพลัน เช่น ระคายเคืองผิวหนัง คลื่นไส้ ปวดศีรษะ ส่วนอาการเรื้อรังจะส่งผลต่อระบบฮอร์โมนเพศ และเป็นพิษต่อตับ |
| Melamine | Formaldehyde | สารนี้มีความเป็นพิษทั้งเรื้อรัง และเฉียบพลัน โดยอาการเฉียบพลัน เช่น ระคายเคืองทางเดินหายใจส่วน |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

| ชนิดพลาสติก | สารที่เป็นอันตราย | ความเป็นพิษ |
|---|---|---|
| | | ต้น อาการทางผิวหนัง ได้แก่ ภูมิแพ้ ผิวหนังอักเสบ เป็นต้น ส่วนอาการเรื้อรังจะส่งผลให้เกิดโรคมะเร็ง |

## 2.3 การจำแนกประเภทของพลาสติก

พลาสติกเป็นวัสดุที่นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้แล้วทิ้ง จึงส่งผลให้ปริมาณของขยะพลาสติกเพิ่มสูงขึ้น และนำมาซึ่งปัญหาการแพร่กระจายของขยะพลาสติกในหลายพื้นที่ ดังนั้นวิธีที่สามารถลดปริมาณขยะพลาสติกได้ดีที่สุดคือการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ซึ่งในปัจจุบันวิธีการรีไซเคิลทำได้ง่าย เนื่องจากอุตสาหกรรมพลาสติกมักจะระบุหมายเลขที่แสดงถึงประเภทของพลาสติกทั้ง 7 ประเภท แต่ก็ยังมีผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์พลาสติกบางชนิดที่ไม่มีการระบุหมายเลขประเภทของพลาสติก จึงทำให้การรีไซเคิลนั้นทำได้ยาก เนื่องจากไม่สามารถจำแนกประเภทพลาสติกได้เบื้องต้น ดังนั้นวิธีการทดสอบเบื้องต้นหากต้องการจำแนกประเภทของผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ระบุหมายเลข ได้แก่ (มาริสา คุณธนวงศ์, ม.ป.ป.)

1. ทดสอบด้วยน้ำ (Water Test) การทดสอบนี้เป็นการทดสอบความหนาแน่นของพลาสติกว่ามีความหนาแน่นน้อยกว่าหรือมากกว่าน้ำ หากพลาสติกมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจะส่งผลให้พลาสติกนั้นลอย แต่ถ้าหากพลาสติกมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจะส่งผลให้พลาสติกนั้นจม ซึ่งในการทดสอบนี้จะสามารถกรองผลให้แคบลงเหลือ 3 ประเภทตามความหนาแน่นเมื่อเทียบกับน้ำ

ตารางที่ 2 การจำแนกประเภทของพลาสติกด้วยน้ำ

| ชนิดพลาสติก | ผลการทดสอบ |
|---|---|
| Polyethylene Terephthalate (PET) | พลาสติกจมน้ำแสดงว่ามีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ |
| Poly Vinyl Chloride (PVC) | พลาสติกจมน้ำแสดงว่ามีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ |
| Polystyrene (PS) | พลาสติกจมน้ำแสดงว่ามีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ |
| น้ำ | |
| High Density Polyethylene (HDPE) | พลาสติกลอยน้ำแสดงว่ามีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ |
| Low Density Polyethylene (LDPE) | พลาสติกลอยน้ำแสดงว่ามีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ |
| Polypropylene (PP) | พลาสติกลอยน้ำแสดงว่ามีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

2. ทดสอบด้วยลวดทองแดง (Copper Wire Test) การทดสอบนี้เป็นการทดสอบส่วนผสมของคลอรีนในพลาสติก ซึ่งในการทดสอบนี้จะสามารถกรองผลพลาสติกประเภท PVC ออกจากพลาสติกประเภท PET และ PS ได้ เนื่องจากมีส่วนผสมของคลอรีนอยู่ จากผลทดสอบหากเปลวไฟมีลักษณะเป็นสีเขียว หมายถึงพลาสติกนั้นมีส่วนผสมของคลอรีนอยู่ ซึ่งก็คือพลาสติกประเภท PVC แต่ถ้าหากเปลวไฟมีลักษณะเป็นสีส้ม หมายถึงพลาสติกนั้นไม่มีส่วนผสมของคลอรีน ซึ่งก็คือพลาสติกประเภท PET หรือ PS

3. ทดสอบด้วยสารเมทิลเอทิลคีโตน (Methyl ethyl ketone / MEK Test) สารเมทิลเอทิลคีโตน (Methyl ethyl ketone) หรือเรียกอีกชื่อว่า butan-2-one เป็นตัวทำละลายที่สามารถละลายสารประกอบอะโรมาติกที่มีวงแหวนเบนซีนในโครงสร้าง ซึ่งในการทดสอบนี้จะสามารถกรองผลพลาสติกประเภท PS ได้ เนื่องจากมีสไตรีนหรือวงแหวนไวนิลเบนซีนอยู่ในโครงสร้าง จากผลทดสอบหากพลาสติกมีลักษณะหลอมละลาย หมายถึงพลาสติกนั้นเป็นสารประกอบอะโรมาติกที่มีวงแหวนเบนซีนในโครงสร้าง ซึ่งก็คือพลาสติกประเภท PS

4. ทดสอบด้วยความร้อน (Heat test) การทดสอบนี้เป็นการทดสอบพลาสติกประเภท PET เนื่องจากพลาสติกประเภทนี้สามารถเปลี่ยนสถานะได้คล้ายแก้ว (Glass transition temperature, Tg) จึงมีลักษณะอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนประมาณ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งในการทดสอบนี้หากพลาสติกมีลักษณะอ่อนตัวลงเมื่อได้รับความร้อน แสดงว่าพลาสติกนั้นคือพลาสติกประเภท PET

5. ทดสอบโดยการขูดขีด (Scratch Test) การทดสอบนี้เป็นการทดสอบพลาสติกประเภท PE และ PP โดยหากขูดขีดพลาสติกนั้นแล้วพลาสติกมีรอยขูดขีด แสดงว่าพลาสติกนั้นคือพลาสติกประเภท PE แต่ถ้าหากขูดขีดพลาสติกนั้นแล้วพลาสติกไม่มีรอยขูดขีด แสดงว่าพลาสติกนั้นคือพลาสติกประเภท PP เนื่องจากพลาสติกประเภท PP มีความแข็งมากกว่าพลาสติกประเภท PE

6. ทดสอบโดยการอบ (Oven Test) การทดสอบนี้เป็นการทดสอบจุดหลอมเหลวของพลาสติกประเภท LDPE เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวประมาณ 105 – 115 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีโครงสร้างเป็นกิ่งสาขาสั้น ๆ ซึ่งมีจุดหลอมเหลวที่ต่ำกว่าพลาสติกประเภท HDPE ที่มีจุดหลอมเหลวประมาณ 120 – 130 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีโครงสร้างเป็นสายโซ่โมเลกุลยาวไม่มีกิ่งสาขา ผลการทดสอบนี้หากพลาสติกมีการหลอมละลายแสดงว่าพลาสติกนั้นคือ LDPE แต่ถ้าหากพลาสติกไม่มีการหลอมละลายแสดงว่าพลาสติกนั้นคือ HDPE

7. เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์พันธะเคมีหรือหมู่ฟังก์ชันในโมเลกุล ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยในการวิเคราะห์พลาสติกเครื่อง FTIR จะทำการสะท้อนแสงของพลาสติก แล้วนำผลจากการวิเคราะห์มาเทียบกับรูปแบบการสะท้อนที่มีในฐานข้อมูล ทำให้ทราบว่าเป็นพลาสติกประเภทใด

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

## 2.4 ขยะทะเล

ขยะทะเล คือ วัสดุที่ถูกทิ้งลงสู่สภาพแวดล้อมทางทะเล โดยการจงใจที่จะทิ้งลงสู่ทะเลโดยตรงหรือปล่อยทิ้งขว้างให้กระแสลมหรือกระแสน้ำพัดลงสู่ทะเล ซึ่งขยะทะเลส่วนใหญ่ล้วนมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์นั้นล้วนเชื่อมโยงกับแหล่งน้ำ ดังนั้นกระแสน้ำในแหล่งน้ำจึงพัดพาขยะลงสู่ทะเล และกลายเป็นขยะทะเล นอกจากกระแสน้ำแล้วกระแสลมยังเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีส่วนในการพัดพาขยะจากชายฝั่งลงสู่ทะเล เมื่อขยะลงสู่ทะเลแล้วไม่ได้เพียงแค่ลอยอยู่ในบริเวณทะเลนั้น ๆ แต่ขยะทะเลยังสามารถถูกพัดพาโดยกระแสน้ำ และกระแสลมไปได้ในระยะทางไกล ๆ จึงทำให้สามารถพบขยะทะเลได้ทั่วโลก อาทิเช่น บริเวณเกาะกลางมหาสมุทร บริเวณขั้วโลก บริเวณผิวน้ำ บริเวณกลางมวลน้ำ และพื้นท้องทะเล เป็นต้น ซึ่งต้นกำเนิดของขยะทะเลเหล่านี้ถูกแบ่งออกเป็น 2 แหล่งหลัก ดังนี้ (สุวัจน์ ธัญรส, 2557)

1. ขยะที่มีต้นกำเนิดมาจากแผ่นดิน (Land-based sources) ได้แก่ การทิ้งขยะจากการท่องเที่ยวบริเวณชายฝั่ง การทิ้งขยะจากอุตสาหกรรมบริเวณชายฝั่ง ขยะจากการจัดการที่ไม่เหมาะสม ขยะที่เกิดจากภัยธรรมชาติ เช่น พายุ น้ำท่วม เป็นต้น

2. ขยะที่มีต้นกำเนิดมาจากทะเล (Ocean-based sources) ได้แก่ การขนส่งทางเรือ เรือประมงทะเล เรือท่องเที่ยวและเรือสำราญ กิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในทะเล แท่นขุดเจาะก๊าซและน้ำมัน เป็นต้น

จากการรายงานสรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561 ได้รายงานว่ามีปริมาณขยะมูลฝอยถึง 27.8 ล้านตัน เมื่อเทียบกับปี 2560 มีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.64 ซึ่งมีขยะที่กำจัดอย่างถูกต้องเพียง 10.88 ล้านตัน ส่วนขยะที่ถูกกำจัดอย่างไม่ถูกต้องประมาณ 7.36 ล้านตัน จากการรายงานในข้างต้นส่งผลให้ประเทศไทยติดอันดับที่ 6 จากทั้งหมด 10 ประเทศ ที่มีขยะทะเลมากที่สุด โดยขยะที่พบในทะเลมากที่สุด คือ ขยะพลาสติก

## 2.5 ขยะพลาสติกในทะเล

ขยะทะเลนับว่าเป็นปัญหามลพิษทางทะเลที่คุกคามต่อสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศในทะเลเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังรวมถึงปัญหาในด้านเศรษฐกิจและสังคมอีกด้วย จากผลการศึกษาในหลาย ๆ การศึกษาเกี่ยวกับขยะทะเลแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าพลาสติกเป็นขยะทะเลชนิดเด่นที่พบมากที่สุดเมื่อเทียบกับขยะที่เป็นวัสดุชนิดอื่น อาจเนื่องมาจากพลาสติกเป็นวัสดุที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ สามารถนำมาผลิตให้มีรูปแบบต่าง ๆ ตามต้องการได้ และเป็นวัสดุที่ยากต่อการย่อยสลาย ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้จึงทำให้ขยะพลาสติกมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2560 มีการรายงานการพบปริมาณขยะมูลฝอยในจังหวัดชายฝั่งทะเลของประเทศไทย 23 จังหวัด มากถึง 11.47 ล้านตัน โดยมีขยะพลาสติกอยู่ประมาณ 340,000 ตัน ซึ่งขยะพลาสติกที่พบ ได้แก่ ถุงพลาสติก ขวดเครื่องดื่มพลาสติก หลอดหรือที่คนเครื่องดื่ม และกล่องอาหารจำพวกโฟม เป็นต้น (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2562)

นอกจากนี้ยังมีรายงานการเกยตื้นของสัตว์ทะเลในหลายประเทศในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ซึ่งจากการรายงานพบว่าการเกยตื้นของสัตว์ทะเลเหล่านี้เกิดจากปัญหาขยะทะเลโดยเฉพาะขยะที่เป็นพลาสติก โดยขยะพลาสติกเหล่านี้จะเข้าสู่ร่างกายของสัตว์ทะเลจากการกลืนกิน เมื่อขยะพลาสติกเข้าสู่ร่างกายส่งผลให้กระเพาะอาหารและลำไส้เกิดการอุดตัน เนื่องจากไม่สามารถย่อยขยะพลาสติกได้ ทำให้ร่างกายของสัตว์ทะเลอ่อนแอและตายในที่สุด ตัวอย่างของสัตว์ทะเลที่ได้รับผลกระทบจากขยะพลาสติก เช่น

พรทิภา ฮาดวิเศษ, สว่าง เกษแดงสกลวุฒิ และวัชรา ศากรวิมล (2562) ได้รายงานการเกยตื้นของวาฬนำร่องครีบสั้นที่บริเวณคลองนาทับ อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา จากการรายงานพบวาฬนำร่องครีบสั้น เพศผู้ น้ำหนัก 600 กิโลกรัม ความยาวลำตัว 4.19 เมตร มีลักษณะผอม มีสารคัดหลั่งสีขาวเหลืองขุ่น มีแผลหลุมขนาด 5 เซนติเมตร ที่บริเวณริมฝีปากล่าง จากผลการผ่าพิสูจน์อวัยวะภายในพบถุงพลาสติกในหลอดอาหาร และกระเพาะอาหาร หนัก 8 กิโลกรัม ซึ่งสาเหตุของการตายทั้งหมดนั้นเกิดจากการติดเชื้อจากแผลที่ริมฝีปาก ทำให้วาฬเกิดป่วย ไม่สามารถหาอาหารได้จึงกลืนกินขยะเข้าไป เนื่องจากคิดว่าเป็นอาหาร ด้วยปริมาณขยะที่มากทำให้เกิดการอุดตัน ไม่สามารถย่อยได้ จึงหลั่งกรดในกระเพาะอาหารออกมาในปริมาณมากเพื่อย่อยถุงพลาสติก ส่งผลให้กระเพาะอาหารเกิดการอักเสบ และเกิด pain shock และตายในที่สุด

ราชาวดี จันทรา และคณะ (2562) ได้รายงานผลกระทบจากขยะทะเลต่อเต่าทะเลในน่านน้ำไทย จากการรายงานพบว่าในช่วงปี 2560-2562 เต่าทะเลเกยตื้นในน่านน้ำไทยทั้งหมด 964 ตัว ซึ่งเต่าที่ได้รับผลกระทบจากขยะทะเลมีทั้งหมด 304 ตัว โดยเต่าทะเลที่ได้รับผลกระทบจากการกลืนกินขยะทะเลทั้งหมด 178 ตัว ได้รับผลกระทบจากการพันรัดทั้งหมด 107 ตัว และได้รับผลกระทบจากการกินรวมกับการพันรัดทั้งหมด 19 ตัว ซึ่งขยะที่พบมากที่สุดเป็นขยะประเภทพลาสติก เมื่อเต่าทะเลกลืนกินเข้าไปทำให้เกิดการอุดตัน และป่วยตายในที่สุด หรือหากถูกพันรัดก็จะส่งผลให้เกิดการสูญเสียอวัยวะภายนอก เกิดการติดเชื้อที่บาดแผล และป่วยตายในที่สุด ซึ่งขยะพลาสติกที่พบการพันรัดมากที่สุด ได้แก่ เศษอวน และเศษเชือก

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

**2.6 ผลกระทบของขยะทะเล**

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่กำลังอยู่ในภาวะวิกฤตนั้นมีมากมายหลากหลายปัญหา แต่ประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสำคัญอยู่ในขณะนี้คือ ขยะทะเล ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมในชีวิตประจำวันของมนุษย์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบร้ายแรงต่อสภาพแวดล้อมทางทะเล สัตว์ทะเล ระบบนิเวศ เศรษฐกิจ และสังคม โดยมีรายละเอียดดังนี้ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งทะเลอันดามัน, 2561)

1. ผลกระทบต่อสัตว์ทะเล

1.1 ขยะทะเลผูกมัดกับร่างกายของสัตว์ทะเล (Entanglement) ในแต่ละปีมีการรายงานเกี่ยวกับสัตว์ทะเลติดกับเศษขยะจำนวนไม่น้อย อาทิเช่น เศษอวนของชาวประมงที่ส่งผลให้สัตว์ทะเลไม่สามารถว่ายน้ำได้และจมน้ำตายในที่สุด กระป๋องน้ำอัดลม ขวดแก้วหรือขวดพลาสติกที่สัตว์ทะเลว่ายไปติดกับขยะเหล่านี้แล้วไม่สามารถออกมาได้จนตายในที่สุด เป็นต้น

1.2 ส่งผลต่อระบบย่อยอาหารของสัตว์ทะเล (Ingestion) สัตว์ทะเลมีการกลืนกินขยะทะเลเข้าไป เนื่องจากเข้าใจผิดคิดว่าเป็นอาหาร จึงทำให้ขยะทะเลที่กลืนกินเข้าไปนั้นเกิดการสะสมอยู่ในกระเพาะอาหาร ซึ่งเกิดจากกระเพาะอาหารไม่สามารถย่อยขยะบางชนิดได้ ทำให้สัตว์ทะเลรู้สึกอิ่มตลอดเวลาและไม่อยากอาหารจนเกิดการขาดสารอาหารและตายได้ในที่สุด

1.3 เกิดการเคลื่อนย้ายถิ่นฐานของสัตว์ทะเล (Transfer of invasive (Alien) species) สัตว์ทะเลจำพวกสัตว์เกาะติดเกิดการเคลื่อนย้ายถิ่นฐานจากพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่ง เนื่องจากการเกาะติดกับขยะทะเล โดยขยะทะเลนั้นจะถูกพัดพาโดยกระแสน้ำ และกระแสลมไปในระยะทางไกล ๆ ได้ จึงทำให้สามารถพบสัตว์เกาะติดเหล่านี้ได้ทั่วโลก

2. ผลกระทบต่อระบบนิเวศ

2.1 ขยะปกคลุมพื้นท้องทะเล (Smothering of the seabed) ขยะทะเลจำพวกแผ่นพลาสติกที่ปกคลุมตามพื้นทะเลเป็นตัวขัดขวาง และทำลายแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งวางไข่ของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยบริเวณพื้นทะเล อีกทั้งยังขัดขวางแสงที่ส่องลงไปยังพื้นทะเลในระดับน้ำตื้น จึงส่งผลให้สาหร่ายและพืชน้ำ ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ผลิตในสายใยอาหารไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ เมื่อสาหร่ายและพืชน้ำได้รับผลกระทบ สัตว์ทะเลที่กินสาหร่ายหรือพืชน้ำเป็นอาหารก็จะได้รับผลกระทบไปด้วย

2.2 เกิดการสะสมและการแพร่กระจายสารพิษเข้าสู่สิ่งแวดล้อม (Accumulation and dispersion of toxic substances) ขยะทะเลจำพวกพลาสติกถือว่าเป็นแหล่งสะสมสารพิษ ซึ่งสารพิษเหล่านี้จะส่งผลต่อระบบต่าง ๆ ในร่างกายของมนุษย์ และสัตว์ เมื่อพลาสติกถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ขยะพลาสติกขนาด

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ใหญ่เปลี่ยนเป็นขนาดเล็ก หรือที่เรียกว่า ไมโครพลาสติก (Microplastic) ทำให้สารเคมีที่เป็นสารพิษในเศษพลาสติกนั้นแทรกซึมลงในแหล่งน้ำและชั้นดิน นอกจากนี้ไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำจะดูดซับสารมลพิษต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำ และเมื่อแพลงก์ตอนสัตว์ (Zooplankton) กลืนกินไมโครพลาสติกเหล่านี้เข้าไปทำให้เกิดการสะสมสารพิษและถ่ายทอดในลำดับขั้นสายใยอาหาร (Food web) ในระบบนิเวศต่อไป

3. ผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม

3.1 การทำให้เครื่องมือประมงเสียหาย ขยะทะเลล้วนก่อให้เกิดความเสียหายต่อเรือประมงและเครื่องมือประมงเป็นอย่างมาก เนื่องจากการติดพันของขยะทะเลกับเพลาขับเรือ สมอเรือ ใบจักร เป็นต้น นอกจากนี้ขยะจำพวกเศษพลาสติกต่าง ๆ ยังสามารถเข้าไปอุดตันทางน้ำเข้าของระบบหล่อเย็นของเครื่องจักรบนเรือได้อีกด้วย ซึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นนี้ส่งผลให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเรือและเครื่องมือประมง

3.2 การปนเปื้อนขยะทะเลบริเวณชายหาด ในแต่ละปีมีการพบขยะในทะเลและตามบริเวณชายหาดในจำนวนมาก ส่งผลให้ทัศนียภาพบริเวณชายหาดไม่งดงามและอาจส่งผลกระทบต่อรายได้ของคนในพื้นที่ ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดขยะตามบริเวณชายหาด ซึ่งในแต่ละปีจะต้องเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการกำจัดขยะในทะเลและตามบริเวณชายหาด เพื่อให้บริเวณชายหาดมีทัศนียภาพที่สวยงาม และดึงดูดนักท่องเที่ยว

3.3 อันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ ขยะในทะเลและตามบริเวณชายหาดมีหลายประเภทไม่ว่าจะเป็นไม้ เศษโลหะ เศษแก้ว และอีกมากมายหลายชนิด ซึ่งขยะเหล่านี้ล้วนเป็นอันตรายต่อมนุษย์ที่มาท่องเที่ยวตามบริเวณชายหาด อาทิเช่น เศษแก้วที่อาจบาดเท้านักท่องเที่ยว เป็นต้น นอกจากนี้ขยะเหล่านี้ยังเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคที่สามารถติดต่อมาสู่มนุษย์ได้อีกด้วย

## 2.7 ข้อมูลพื้นที่ทำการศึกษา

1. หาดพัทยา

เป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่อยู่ในท้องที่อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี บริเวณเส้นรุ้งที่ 13° เหนือ และเส้นแวงที่ 101° ตะวันออก มีความยาวตลอดแนวชายหาดยาวประมาณ 15 กิโลเมตร หาดพัทยามีลักษณะเป็นหาดรูปครึ่งวงกลม โดยเริ่มตั้งแต่บริเวณพัทยาเหนือ (แยกโรงแรมดุสิตรีสอร์ท) เลียบไปตามแนวถนนชายหาดจนถึงพัทยาใต้ (จรดเขาพัทยา) ซึ่งเป็นเขตชุมชนมีทั้งโรงแรม ร้านค้า ภัตตาคาร ร้านอาหาร และธุรกิจหลายประเภท ไว้สำหรับบริการนักท่องเที่ยว ได้รับอิทธิพลของมรสุม 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดปกคลุมในช่วงฤดูหนาวตั้งแต่ประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ โดยจะนำความเย็นเข้าสู่พื้นที่และมีคลื่นลมปานกลาง

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดปกคลุมในช่วงฤดูฝนตั้งแต่ประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคมทำให้มีฝนตกชุกและคลื่นลม (สำนักยุทธศาสตร์และงบประมาณ, 2562)

ภาพที่ 4 บริเวณหาดพัทยา จังหวัดชลบุรี

2. นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดตั้งอยู่ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง มีพื้นที่รวมทั้งหมด 9,845 ไร่ โดยแบ่งเป็นเขตอุตสาหกรรมทั่วไป 7,670 ไร่ เขตธุรกิจอุตสาหกรรม 2,028 ไร่ และพื้นที่อื่น ๆ 147 ไร่ มีอาณาเขตติดต่อโดยรอบดังนี้ (การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, ม.ป.ป.)

| | |
|---|---|
| ทิศเหนือ | ติดต่อกับพื้นที่เขตเศรษฐกิจพิเศษในรูปแบบคลัสเตอร์ (Smart Park) |
| ทิศใต้ | ติดต่อกับท่าเทียบเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุดและทะเลอ่าวไทย |
| ทิศตะวันตก | ติดต่อกับนิคมอุตสาหกรรมเหมราชตะวันออก และนิคมอุตสาหกรรมผาแดง |
| ทิศตะวันออก | ติดต่อกับชุมชนตากวน-อ่าวประดู่ ชุมชนซอยร่วมพัฒนา และชุมชนวัดโสภณ |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ท่าเทียบเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุดตั้งอยู่เลขที่ 1 ถนน I-7 ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง บริเวณละติจูด 12 องศา 40 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 101 องศา 10 ลิปดาตะวันออก เป็นท่าเรือน้ำลึกชายฝั่งทะเลตะวันออก มีพื้นที่ 60 ไร่ อาณาเขตติดต่อโดยรอบดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับที่ดินบนฝั่งของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ทิศใต้ ติดต่อกับอ่าวระยอง (อ่าวไทย)

ทิศตะวันตก ติดต่อกับบ้านหนองแฟบ

ทิศตะวันออก ติดต่อกับบ้านอ่าวประดู่

นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและท่าเทียบเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุดมีสภาพอากาศแบบมรสุมเขตร้อนลมทะเลพัดผ่านตลอดทั้งปี และมีลมประจำฤดู ได้แก่ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดปกคลุมในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมของทุกปี ลมพายุหมุนเขตร้อนจะพัดปกคลุมในช่วงเดือนตุลาคม และลมมรสุมตะวันตกเฉียงเหนือจะพัดปกคลุมในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์

ภาพที่ 5 บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

3. หาดเจ้าหลาว

หาดเจ้าหลาวตั้งอยู่ถัดจากหาดแหลมเสด็จ อยู่หมู่ที่ 4 และหมู่ที่ 7 ตำบลคลองขุด อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี อยู่ทางทิศตะวันออกของอ่าวคุ้งกระเบน เป็นหาดทรายยาวประมาณ 10 กิโลเมตร จรดเขตห้ามล่าสัตว์ป่าคุ้งกระเบน และมีแนวปะการังขนานกับแนวชายฝั่งซึ่งอยู่ห่างจากฝั่งประมาณ 2 กิโลเมตร มีสภาพอากาศเป็นแบบมรสุมเมืองร้อน

ภาพที่ 6 บริเวณหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี

## 2.8 เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

เครื่องฟลูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม อินฟราเรดสเปคโทรไมโครสโคป (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) หรือเรียกสั้น ๆ ว่าเครื่อง FT-IR เป็นเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างทางโมเลกุล ศึกษาได้ทั้งเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้งในรูปของแข็ง ของเหลว และก๊าซ เป็นการกระตุ้นด้วยพลังงานแสง เมื่อแสงอินฟราเรดผ่านสารตัวอย่าง พันธะเคมีในโมเลกุลของสารตัวอย่างจะถูกดูดกลืนพลังงานที่ค่าความยาวคลื่นหนึ่ง ซึ่งผลลัพธ์นี้จะถูกประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้สมการเชิงอนุพันธ์ที่เรียกว่า ฟลูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม (Fourier

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

Transform) ซึ่งจะคำนวณพลังงานของความยาวคลื่นออกมาเป็นสเปกตรัม เนื่องจากสารตัวอย่างแต่ละชนิดมีสเปกตรัมที่เฉพาะ สามารถนำมาเทียบกับสเปกตรัมของสารในฐานข้อมูลเพื่อระบุชนิดของสารตัวอย่างได้ (วรางคณา อนุชิตโอฬาร, 2546)

1. ส่วนประกอบของเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ที่สำคัญมีดังนี้ (อรทัย ลีลาพจนาพร, 2547)

1.1 แหล่งกำเนิดรังสีอินฟราเรด มีลักษณะเป็นแท่งเซรามิกที่ถูกเผาด้วยขดลวด ซึ่งจะทำให้รังสีอินฟราเรดออกมา

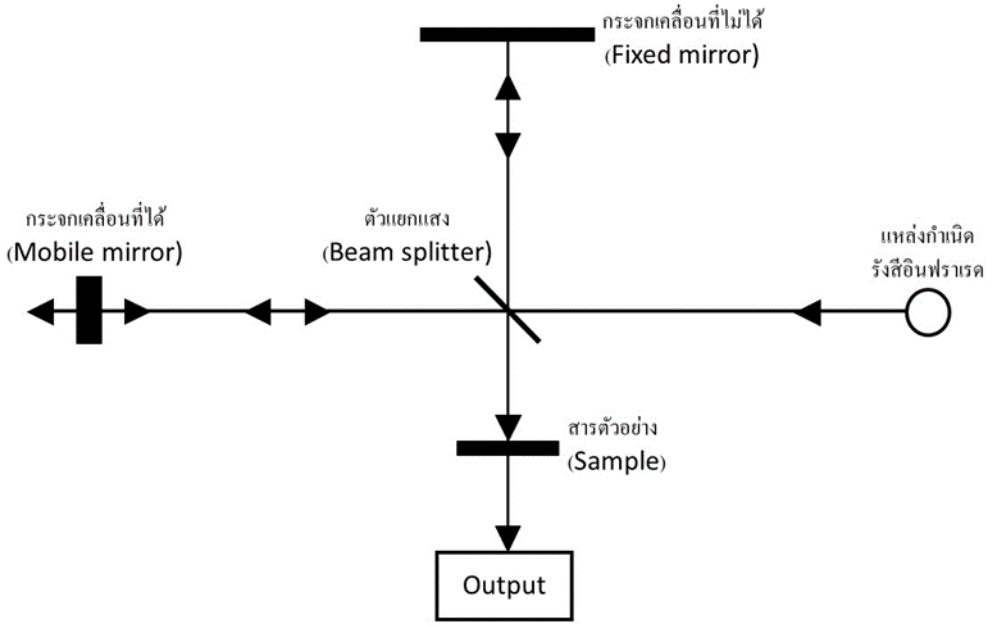
1.2 แหล่งกำเนิดเลเซอร์ เพื่อใช้เลเซอร์ในการปรับระยะการเคลื่อนที่ของกระจก

1.3 กระจกเคลื่อนที่ได้ (Mobile mirror) เพื่อสะท้อนรังสีอินฟราเรด และเคลื่อนที่ได้

1.4 กระจกเคลื่อนที่ไม่ได้ (Fixed mirror) เพื่อสะท้อนรังสีอินฟราเรด แต่อยู่กับที่

1.5 Beam splitter ทำหน้าที่แบ่งครึ่งรังสีอินฟราเรดออกเป็น 2 ส่วน เพื่อให้รังสีอินฟราเรดอีกส่วนหนึ่งทะลุผ่านออกไป และอีกส่วนหนึ่งสะท้อนกลับ

1.6 Detector ทำหน้าที่ในการวัดความเข้มของแสงที่เหลือจากการดูดกลืนของสารตัวอย่าง




ภาพที่ 7 ส่วนประกอบการทำงานของเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ดัดแปลงจาก (ชัชเวทย์ หลิ่วโรจน์ทรัพย์, 2561)

2. การเตรียมสารตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

2.1 สารตัวอย่างที่มีสถานะเป็นของแข็ง

สารตัวอย่างที่มีสถานะเป็นของแข็ง หากจะนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR จะต้องทำให้สารตัวอย่างแห้ง บริสุทธิ์ และจะต้องเตรียมสารตัวอย่างให้มีลักษณะเป็นแผ่นบางประมาณ 0.1 มิลลิเมตร เพื่อให้แสงสามารถผ่านได้

2.2 สารตัวอย่างที่มีสถานะเป็นของเหลว

สารตัวอย่างที่มีสถานะเป็นของเหลวจะมีเซลล์บรรจุสำหรับบรรจุตัวอย่าง ซึ่งนิยมทำจากโซเดียมคลอไรด์ (ศิรินิตย์ ธารธาดา และปฐมาพร อำนาจอนันต์, 2561)

2.3 สารตัวอย่างที่มีสถานะเป็นแก๊ส

สารตัวอย่างที่มีสถานะเป็นแก๊ส หากจะนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR จะต้องบรรจุตัวอย่างที่ปลายก๊อกปิด-เปิด (Stopcock) ที่มีระบบสุญญากาศ ซึ่งสารตัวอย่างจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดผ่านหน้าต่างโซเดียมคลอไรด์ (NaCl window)

3. ข้อดีในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

3.1 สามารถวิเคราะห์สารตัวอย่างได้ทั้งของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

3.2 สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างในปริมาณที่น้อยหรือสารที่มีความเข้มข้นสูงได้

3.3 มีอัตราส่วนของสัญญาณต่อการรบกวนสูง

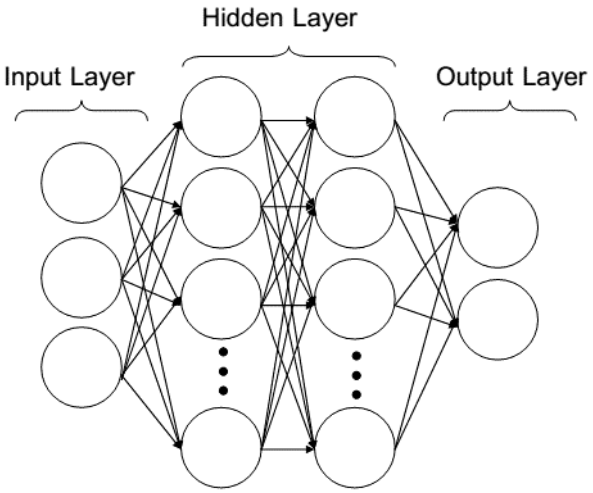
3.4 สามารถศึกษาสเปกตรัมได้ทั้งแบบสะท้อนและแบบดูดกลืน แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของเครื่องด้วย

## 2.9 เทคนิคการวิเคราะห์ Neural network

โครงข่ายประสาทเทียม หรือ Artificial Neural Network หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า Neural Network ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ ซึ่งแนวคิดของเทคนิคการวิเคราะห์นี้ได้มาจากการส่งผ่านสัญญาณประสาทในสมอง ที่ประกอบด้วยเซลล์ประสาท (Neuron) จำนวนมาก โดยแต่ละเซลล์จะประกอบด้วยใยประสาทนำเข้า หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เดนไดรท์ (Dendrite) ซึ่งมีหน้าที่รับสัญญาณไฟฟ้าเข้าสู่เซลล์ประสาท เปรียบเสมือนการนำเข้าข้อมูล (Input) จากนั้นจะส่งสัญญาณไปทางแกนประสาทนำออก หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แอคซอน (Axon) ซึ่งเปรียบเสมือนการนำออกข้อมูล (Output) (ธเนศ ปานรัตน์, 2551) เมื่อปรับมาใช้กับเทคนิคการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมในการประมวลผลต่าง ๆ จะเกิดขึ้นในหน่วยประมวลผลที่เรียกว่าโหนด (Node) เนื่องจากมีหน้าที่คล้ายกับเซลล์ประสาท ซึ่งภายในโหนดจะมีฟังก์ชันกำหนดสัญญาณส่งออกคล้ายกับกระบวนการทำงานในเซลล์ประสาท (ศุภโชค แสงสว่าง, 2559)

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีการจำลองเป็นชั้น ซึ่งประกอบไปด้วยชั้น Input Layer เป็นชั้นแรกของแบบจำลอง ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง ชั้น Output Layer เป็นชั้นสุดท้ายของแบบจำลอง ทำหน้าที่แสดงผลลัพธ์ของแบบจำลอง และชั้น Hidden Layer ชั้นนี้จะอยู่ระหว่างชั้น Input Layer และชั้น Output Layer ทำหน้าที่รวม Input ที่คูณด้วยน้ำหนัก (Weight) ที่แปรค่าเพื่อแปลงให้เป็นผลลัพธ์ และส่งไปยังชั้น Output Layer




ภาพที่ 8 ชั้นของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วราภรณ์ ม้วนทอง, วรุณศักดิ์ เลี่ยมแหลม และเสฏฐา ศาสนนันทน์, 2558)

1. รูปแบบการเรียนรู้ของเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมมีคุณสมบัติที่เทียบเท่ากับสมองของมนุษย์ ทั้งในด้านของการเรียนรู้และการจดจำ ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม มี 2 รูปแบบ ดังนี้

1.1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) เป็นการเรียนรู้แบบมีการตรวจคำตอบ เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมเกิดการเรียนรู้ โดยชุดข้อมูลที่ใช้ในการสอนจะมีการเตรียมคำตอบไว้ตรวจดูว่าโครงข่ายประสาทเทียมวิเคราะห์คำตอบถูกหรือไม่

1.2 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) เป็นการเรียนรู้ที่ไม่มีผู้สอน โดยโครงข่ายประสาทเทียมนั้นจะทำการจัดเรียงโครงสร้างตามลักษณะของข้อมูลเอง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้โครงข่ายประสาทเทียมจะสามารถจัดหมวดหมู่ของข้อมูลได้

2. ข้อเปรียบเทียบระหว่างเทคนิคการวิเคราะห์แบบดั้งเดิมและเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม

2.1 เทคนิคการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

2.1.1 ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบดั้งเดิมนั้นเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยมนุษย์ ซึ่งมนุษย์นั้นจะเป็นผู้พัฒนาโปรแกรม

2.1.2 การวิเคราะห์แบบดั้งเดิมการเก็บข้อมูลจะเก็บไว้ในหน่วยความจำ

2.2 เทคนิคการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียม

2.2.1 ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยโครงข่ายประสาทเทียมนั้นจะเป็นกระบวนการสอนซ้ำหลาย ๆ รอบ เพื่อให้โปรแกรมเกิดการเรียนรู้ และสามารถจำแนกข้อมูลได้เมื่อสิ้นสุดการสอน ซึ่งเป็นการประหยัดเวลาและแรงงานในการพัฒนาโปรแกรม

2.2.2 โครงข่ายประสาทเทียมมีรูปแบบการเก็บข้อมูลแบบกระจาย ซึ่งทำให้เกิดความซ้ำซ้อน หรือระบบสำรองทดแทน

## 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Mohanty, Hughes, and Salathé (2016) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึกที่มีโครงสร้างแบบ AlexNet และ GoogLeNet ในการวินิจฉัยโรคพืชทั้งสิ้น 26 โรคจากภาพถ่าย โดยในการศึกษานี้ใช้ชุดข้อมูล PlantVillage จำนวน 54,306 ภาพ จากพืช 14 ชนิด จากนั้นทำการปรับภาพถ่ายให้มีขนาด 256×256 พิกเซล และวิเคราะห์โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุดการเรียนรู้ในอัตราส่วน 80:20 ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าโครงสร้างแบบ GoogLeNet มีประสิทธิภาพในการจำแนกสูงสุด โดยมีค่าความถูกต้องในการจำแนก เท่ากับ 99.34%

จักรินทร์ สนุกแสน และโอพาริก สุรินต๊ะ (2561) ได้ทำการศึกษาการจำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ ด้วยเทคนิค Deep Convolutional Neural Network ที่มีโครงสร้างแบบ LeNet-5, AlexNet, GoogLeNet และ VGGNet โดยข้อมูลพรรณไม้ที่นำมาใช้ในการศึกษานี้มีจำนวนทั้งหมด 3 ชุด ได้แก่ PNE, 102 Flower และ Folio ซึ่งชุดข้อมูล PNE และ 102 Flower เป็นภาพถ่ายที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติทำให้พื้นหลังของภาพพรรณไม้ค่อนข้างที่จะซับซ้อน ส่วน Folio เป็นภาพถ่ายใบไม้ที่ถ่ายในห้องปฏิบัติการจึงทำให้พื้นหลังของภาพเป็นสีขาว จากผลการศึกษาพบว่าโครงสร้างแบบ VGGNet มีประสิทธิภาพสูงในการจำแนกชุดข้อมูล Folio ซึ่งมีข้อมูลเพียง 637 ชุดข้อมูล สำหรับโครงสร้างแบบ GoogLeNet มีประสิทธิภาพสูงในการจำแนกชุดข้อมูล PNE และ 102 Flower ซึ่งมีชุดข้อมูลจำนวนมาก และยังใช้เวลาในการเรียนรู้ที่ค่อนข้างเร็วเมื่อเทียบกับโครงสร้างแบบ VGGNet ดังนั้นหากนำไปประยุกต์ใช้ในการจำแนกพรรณไม้ที่ภาพถ่ายพื้นหลังเป็นสีขาวโครงสร้างแบบ VGGNet จึงมีความเหมาะสมที่สุด แต่หากเป็นพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติควรใช้โครงสร้างแบบ GoogLeNet ในการจำแนก

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

โยษิตา คำบุญมี, สุขสวัสดี ณัฏฐวุฒิสิทธิ์ และปราลี มณีรัตน์ (2561) ได้ทำการศึกษาการจำแนกสีของผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัส ด้วยเทคนิค Neural Network ทำการศึกษาโดยใช้ภาพถ่ายจากผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัส จำนวน 450 ภาพ จากนั้นทำการแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะสีของผลมะเขือเทศ ได้แก่ สีเขียว (Green) สีแดงคล้ายกุหลาบ (Mature red) และสีแดง (Red) ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่าเทคนิค Neural Network สามารถจำแนกสีมะเขือเทศ โดยมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 94.07% แต่อย่างไรก็ดีผลของมะเขือเทศที่กำลังอยู่ในช่วงของการเปลี่ยนสีทำให้เกิดสีที่ใกล้เคียงกันจึงทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นในการนำองค์ความรู้จากการศึกษาวิจัยนี้ไปใช้พัฒนาในอุตสาหกรรมอาหารในอนาคต จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนตัวอย่างในการเรียนรู้ต่อไป

วุฒิชัย บุญพุก และคณะ (2561) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีการเรียนรู้เชิงลึก เพื่อจำแนกภาพพื้นที่ด้านเกษตรกรรมในประเทศไทย ได้แก่ ข้าว อ้อย ปาล์ม ยางพารา และป่าไม้ จากข้อมูลการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing images) ทั้งหมด 6600 ภาพ ด้วยเทคนิค Convolutional Neural Network (CNN) ที่มีโครงสร้างแบบ CAFFENET นอกจากนี้ยังทำการทดสอบประสิทธิภาพในการจำแนกในกรณีที่ภาพมีสิ่งรบกวน ได้แก่ กลุ่มเมฆที่ปกคลุมพื้นที่ด้านเกษตรกรรมประมาณ 25% และ 50% ของภาพ และภาพที่มีเงาเมฆปกคลุมพื้นที่ด้านเกษตรกรรม จากผลการศึกษาพบว่าเทคนิค Convolutional Neural Network (CNN) ที่มีโครงสร้างแบบ CAFFENET มีประสิทธิภาพในการจำแนกภาพพื้นที่ด้านเกษตรกรรม โดยมีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 96 แต่ทั้งนี้ยังคงมีข้อจำกัดในการจำแนกในกรณีที่ภาพมีสิ่งรบกวนปรากฏในภาพ เช่น กลุ่มเมฆที่ปกคลุมพื้นที่ด้านเกษตรกรรมประมาณ 25% และ 50% ของภาพ และภาพที่มีเงาเมฆปกคลุมพื้นที่ด้านเกษตรกรรม ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจำแนกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

นวลพรรณ คณานุรักษ์ (2555) ได้ทำการศึกษาประเภท และแหล่งที่มาของขยะทะเลตามฤดูกาลบริเวณหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี ด้วยวิธี belt transect ซึ่งมีความยาว 50 เมตร และความกว้างเฉลี่ย 27.20 ±6.08 เมตร โดยเก็บตัวอย่าง 9 สถานี ตลอดแนวความยาวชายหาด และทำการศึกษาประเภทและปริมาณขยะทะเลขนาดเล็กด้วยวิธีการสุ่ม quadrat ซึ่งมีขนาด 30×30 เซนติเมตร จำนวน 3 quadrat ต่อ 1 สถานี เก็บตัวอย่างทุกเดือน เดือนละครั้ง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2554 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2555 จากผลการศึกษาพบปริมาณขยะทะเลทั้งหมด 103,442 ชิ้น และพบปริมาณขยะทะเลขนาดเล็กทั้งหมด 13,888 ชิ้น สามารถแบ่งออกเป็น 11 ประเภท ได้แก่ พลาสติก โฟม โลหะ ยาง ไม้ กระดาษ แก้ว ผ้า เศษอาหาร บุหรี่/ก้นบุหรี่ และขยะอื่น ๆ โดยพลาสติกเป็นประเภทขยะทะเลที่พบมากที่สุด นอกจากนี้ปริมาณขยะทะเลรวมและปริมาณขยะทะเลแต่ละประเภทในแต่ละเดือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) และมี

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ความสัมพันธ์กับกิจกรรมที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น ๆ โดยปริมาณขยะทะเลต่อพื้นที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ และจากผลการวิเคราะห์แหล่งที่มาของขยะทะเลพบว่าขยะทะเลมาจากนักท่องเที่ยวและกิจกรรมบนชายหาดร้อยละ 54.21 รองลงมาคือน้ำท่าร้อยละ 25.32 เรือสินค้าร้อยละ 8.46 เรือประมง/กิจกรรมตกปลาร้อยละ 7.87 และสิ่งก่อสร้างในทะเลร้อยละ 4.14 ตามลำดับ

มิถิลา ปรานศิลป์, อิสรา อาศิรนันต์, อัญชลี จันทร์คง และชลาทิพ จันทร์ชมภู (2559) ได้ทำการศึกษาปริมาณและประเภทขยะทะเลบริเวณหาดแหลมแม่พิมพ์ จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2557-2558 ซึ่งเป็นตัวแทนชายหาดแหล่งท่องเที่ยวในภาคตะวันออก โดยทำการสำรวจและจำแนกชนิดขยะทะเลด้วยวิธี UNEP/IOC ในทุกเดือน เดือนละ 1 ครั้ง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และศึกษาปริมาณขยะสะสมในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2557 และเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558 โดยกำหนดพื้นที่สำรวจออกเป็น 3 สถานี ได้แก่ บริเวณต้นหาด กลางหาด และท้ายหาด จากผลการศึกษาพบว่าในแต่ละเดือนขยะประเภทพลาสติกแข็งมีปริมาณมากสุดถึงร้อยละ 34.49 จากปริมาณขยะที่พบทั้งหมด โดยขยะทะเลส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมบริเวณชายฝั่งและการพักผ่อนร้อยละ 64.34 นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณขยะทะเลมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศในพื้นที่

ศรุต ข่ายแก้ว (2559) ได้ทำการศึกษาประเภท ปริมาณ และการกระจายตัวของขยะพลาสติกจากกิจกรรมมนุษย์ในเขตน้ำขึ้นน้ำลง บริเวณเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย โดยทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทิศทางลม ทิศทางของกระแสน้ำ รูปร่างของหาด ลักษณะพื้นทะเล คุณลักษณะของพลาสติก และความชันของหาด ใน 3 พื้นที่ ได้แก่ หาดท่าวัง หาดถ้ำพัง และหาดด้านเหนือของเกาะค้างคาว ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 จากผลการศึกษาพบขยะทะเลทั้งหมด 6,137 ชิ้น โดยจากการจำแนกประเภทและปริมาณพบขยะประเภทแก้วร้อยละ 40.24 พลาสติกร้อยละ 31.93 ฟอยล์ร้อยละ 7.57 พลาสติกแข็งร้อยละ 5.74 โลหะ/อะลูมิเนียมร้อยละ 3.02 ไม้ร้อยละ 2.37 ยางร้อยละ 1.46 กระดาษร้อยละ 0.31 และอื่น ๆ ร้อยละ 1.71 ซึ่งประเภทของขยะทะเลที่พบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่และฤดูกาลที่เก็บตัวอย่าง แต่ผลการวิเคราะห์ประเภทของขยะพลาสติกพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล โดยพลาสติกประเภท LDPE เป็นประเภทเด่นที่พบได้ทั้ง 3 พื้นที่ เนื่องจากพลาสติกประเภทนี้มีคุณสมบัติลอยน้ำ และนิยมใช้ในหมู่นักท่องเที่ยวทั่วไปจึงส่งผลให้มีปริมาณมากที่สุด และจากผลการศึกษาการกระจายตัวของขยะพลาสติกจากกิจกรรมมนุษย์ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงพบว่าการกระจายตัวของขยะพลาสติกขึ้นอยู่กับรูปร่างของหาด ความชันของหาด และลักษณะพื้นทะเล

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินการศึกษา

## 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างภาพถ่ายขยะตามบริเวณชายหาด
    1.1 กล้องถ่ายภาพทั่วไป
2. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในน้ำทะเล
    2.1 ถุงลากแพลงก์ตอน ขนาด 21 ไมโครเมตร
    2.2 เครื่องวัดปริมาตรน้ำ (flow meter)
    2.3 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำทะเล ขนาด 500 มิลลิลิตร
    2.4 กระดาษและปากกาสำหรับบันทึกข้อมูล
3. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในตะกอนดิน
    3.1 เครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนดิน (Grab sampler)
    3.2 ถุงเก็บตัวอย่างตะกอนดิน
    3.3 กระดาษและปากกาสำหรับบันทึกข้อมูล
4. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างขยะพลาสติกบนชายหาด
    4.1 สายวัดระยะ ขนาด 100 เมตร (Measuring tape)
    4.2 ท่อ PVC
    4.3 ถุงสำหรับใส่ตัวอย่างขยะพลาสติก
    4.4 กระดาษและปากกาสำหรับบันทึกข้อมูล
    4.5 ถุงมือสำหรับใส่เก็บตัวอย่างเพื่อป้องกันการบาดเจ็บจากขยะชนิดอื่น ๆ ตามบริเวณชายหาด
5. อุปกรณ์สกัดตัวอย่างขยะพลาสติกในน้ำทะเล และตะกอนดิน
    5.1 ตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร
    5.2 บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร
    5.3 กระดาษกรอง GF/C ขนาด 1.2 ไมโครเมตร
    5.4 กรวยแยก
    5.5 ขวดน้ำกลั่น

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

5.6 ช้อนตักสาร

5.7 แท่งแก้ว

5.8 หลอดหยด (Dropper)

5.9 คีมคีบ (Forcep)

5.10 ถาดใส่ตัวอย่าง

5.11 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง

5.12 เครื่องกวนสารพร้อมที่ให้ความร้อน (Hotplate and Magnetic stirrer)

5.13 เครื่องปั๊มสุญญากาศ

5.14 ตู้ดูดควัน (Fume hood)

5.15 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

5.16 กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

6. เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ชนิดของขยะพลาสติก

6.1 เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

## 3.2 สารเคมี

1. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ($H_2O_2$ 30%)
2. สารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$)
3. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

## 3.3 วิธีดำเนินการศึกษา

ในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้แบ่งวิธีดำเนินการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล และส่วนที่ 2 การติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก โดยวิธีดำเนินการวิจัยทั้ง 2 ส่วน มีดังนี้

**ส่วนที่ 1** การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล

1. การเก็บตัวอย่างภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเล

ทำการเก็บตัวอย่างภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเลทั้งหมด 4 ประเภท ประเภทละ 150 ภาพ รวมทั้งสิ้น 600 ภาพ ด้วยกล้องถ่ายภาพทั่วไป โดยประเภทขยะชายฝั่งทะเลแบ่งตาม International Coastal Cleanup (ICC) ดังนี้

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

1.1 ขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน เช่น กระดาษ/หนังสือพิมพ์/ใบปลิว ฝาดึงกระป๋อง ถุงพลาสติก ถ้วยโฟม/กล่องโฟม ลูกโป่ง กล่องนมและน้ำผลไม้ ขวดพลาสติก 2 ลิตร หรือน้อยกว่า ปลอกกระสุน/อุปกรณ์เกี่ยวกับกระสุน ขวดแก้ว หลอด ที่คนเครื่องดื่ม กระป๋องเครื่องดื่ม ของเล่น ฝา จุกขวด ของใช้ประจำวัน (หลอดยาสีฟัน แปรงสีฟัน ขวดแชมพู/สบู่ หวี) เสื้อผ้า/รองเท้า/เครื่องประดับ/แว่นตา/สร้อยคอ ถ้วย/จาน/ช้อน/ส้อม/มีด ของใช้ประจำบ้าน (ไม้หนีบผ้า ไม้แขวนเสื้อ ถุง/ขวดน้ำยาซักผ้า) หีบห่อ (ภาชนะบรรจุอาหาร) และอื่น ๆ (ภาพที่ 9)

1.2 ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ เช่น กล่องใส่เหยื่อตกปลา หลอดไฟ ขวดน้ำยาฟอกขาว/ทำความสะอาด ขวดน้ำมัน/น้ำมันหล่อลื่น ทุ่นลอย แท่นวางสินค้า ลอบกุ้ง/ปู/ปลา แผ่นพลาสติก/ผ้าใบคลุมของในเรือ ลังไม้ เชือก เอ็นตกปลา สายรัด เหยื่อตกปลา/แท่งเรืองแสง อวน และอื่น ๆ (ภาพที่ 9)

1.3 ขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบ เช่น บุหรี่/ก้นกรองบุหรี่ ไฟแช็ก ก้นซิการ์ ซองบุหรี่ กระป๋องยาเส้น และอื่น ๆ (ภาพที่ 9)

1.4 ขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัย เช่น ถุงยางอนามัย ผ้าอ้อม เข็มฉีดยา ผ้าอนามัย/อุปกรณ์ และอื่น ๆ (ภาพที่ 9)

ภาพที่ 9 ตัวอย่างภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเลทั้ง 4 ประเภท (1-3) ขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน (4-6) ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ (7-9) ขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบ และ (10-12) ขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัย

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 นำตัวอย่างภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเลทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ ขยะจากกิจกรรมชายฝั่ง และการพักผ่อน ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ ขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบ และขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัย ประเภทละ 150 ภาพ รวมทั้งสิ้น 600 ภาพ มาทำการปรับภาพถ่ายให้มีขนาด 150×100 พิกเซล

2.2 ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ Training set และ Test set ด้วยอัตราส่วน 80:20 จากนั้นทำการสร้าง Model โดยออกแบบให้ Model มีโครงสร้าง Layer เป็น (1,024, 512, 4) และกำหนด Argument ได้แก่ ค่า Epochs ค่า Batch size และค่า Validation split โดยการวิเคราะห์หาค่าความถูกต้อง (Accuracy) สูงสุดในการทดสอบการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลในแต่ละ Argument เมื่อได้ค่า Argument แล้ว ก็ทำการกำหนดค่า Argument แต่ละค่าให้เรียบร้อย

2.3 จากนั้นทำการแบ่งภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเลออกเป็น 5 ส่วน หรือ 5 folds เท่า ๆ กันเพื่อทดสอบ K-fold ทำการทดสอบ Model ด้วยโปรแกรม R เพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้จักจำแนกขยะชายฝั่งทะเลด้วยข้อมูล Training set และใช้ข้อมูล Test set วัดความถูกต้อง ในการจำแนก ซึ่งในการทดสอบ Model ในแต่ละครั้งจะมีการประเมินประสิทธิภาพในการจำแนกของ Model ที่สร้างขึ้น โดยใช้ Confusion Matrix ได้แก่ (Gatchalee, 2019)

True Positive (TP) หมายถึง สิ่งที่ Model ทำนายตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง เช่น Model ทำนายว่าจริง และสิ่งที่เกิดขึ้นก็คือจริง

True Negative (TN) หมายถึง สิ่งที่ Model ทำนายตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้น เช่น Model ทำนายว่าไม่จริง และสิ่งที่เกิดขึ้นก็คือไม่จริง

False Positive (FP) หมายถึง สิ่งที่ Model ทำนายไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้น เช่น Model ทำนายว่าจริง และสิ่งที่เกิดขึ้นก็คือไม่จริง

False Negative (FN) หมายถึง สิ่งที่ Model ทำนายไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง เช่น Model ทำนายว่าไม่จริง และสิ่งที่เกิดขึ้นก็คือจริง

มาคำนวณ เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการจำแนกของ Model ที่สร้างขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

ค่าความถูกต้อง (Accuracy) คือการวัดความถูกต้องในการจำแนกของ Model โดยพิจารณารวมทุก Class สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Accuracy} = \frac{(TP+TN)}{(TP+TN+FP+FN)} \qquad (1)$$

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ค่าความแม่นยำ (Precision หรือ Pos Pred Value) คือการวัดความแม่นยำของข้อมูล โดยพิจารณาแยกทีละ Class สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Precision หรือ Pos Pred Value} = \frac{TP}{(TP+FP)} \qquad (2)$$

ความไว (Sensitivity หรือ Recall) คือการวัดความถูกต้องในการจำแนกของ Model โดยพิจารณาแยกทีละ Class สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Sensitivity หรือ Recall} = \frac{TP}{(TP+FN)} \qquad (3)$$

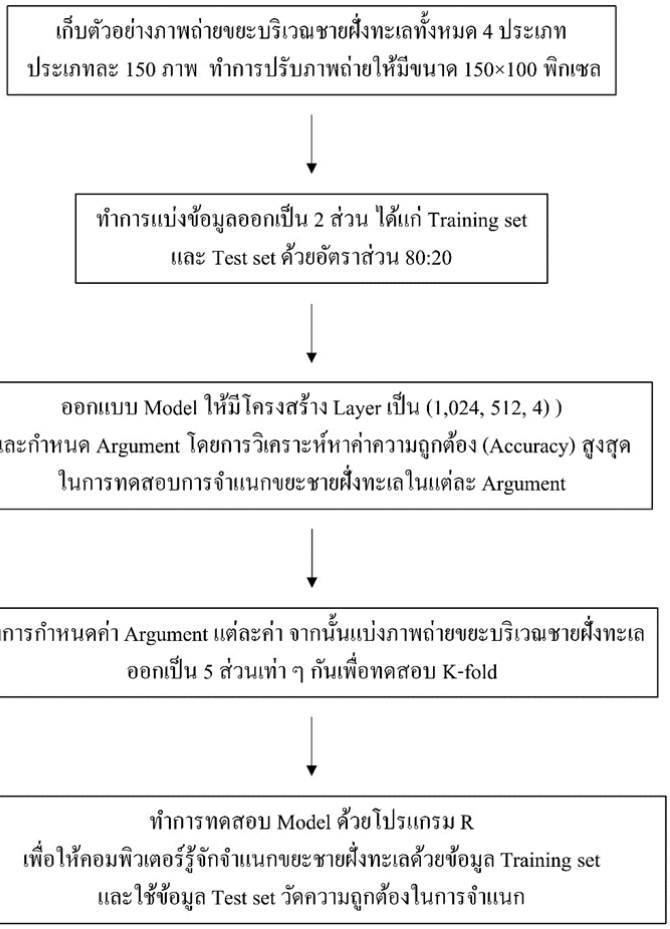
ความจำเพาะ (Specificity หรือ Selectivity) สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Specificity หรือ Selectivity} = \frac{TN}{(TN+FP)} \qquad (4)$$

ค่า Neg Pred Value สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Neg Pred Value} = \frac{TN}{(TN+FN)} \qquad (5)$$

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44




ภาพที่ 10 แผนภาพสรุปวิธีดำเนินการศึกษาในการศึกษาส่วนที่ 1

**ส่วนที่ 2** การติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

1. พื้นที่การศึกษา

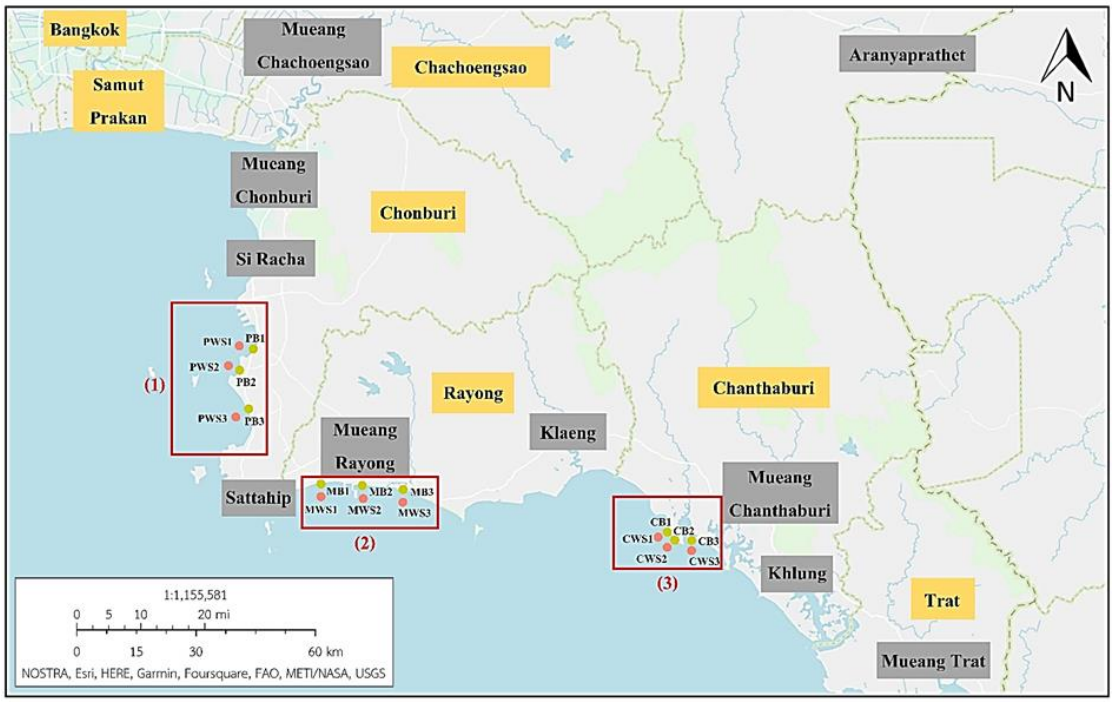
ทำการเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาดทั้ง 3 พื้นที่การศึกษา ได้แก่ บริเวณหาดพัทยา จังหวัดชลบุรี บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง และบริเวณหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี เก็บตัวอย่างพื้นที่การศึกษาละ 3 สถานี โดย 1 สถานีแบ่งจุดเก็บตัวอย่างออกเป็น 2 สถานีย่อย (ภาพที่ 11) ได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกบนชายหาด ได้แก่ จุด PB จุด MB และจุด CB (ตารางที่ 3) และจุดเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในน้ำทะเล และตะกอนดิน ได้แก่ จุด PWS จุด MWS และจุด CWS (ตารางที่ 3) ทำการเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกสถานีละ 3 ซ้ำ ในช่วงฤดูร้อน และฤดูฝน พ.ศ. 2564

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ตารางที่ 3 พิกัดจุดเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาด

| **พื้นที่การศึกษา** | **สถานี** | **พิกัด** |
|---|---|---|
| หาดพัทยา จังหวัดชลบุรี | PB1 | 12.99261, 100.92202 |
| | PB2 | 12.93455, 100.88114 |
| | PB3 | 12.84015, 100.90483 |
| | PWS1 | 12.98108, 100.89950 |
| | PWS2 | 12.93807, 100.87032 |
| | PWS3 | 12.82608, 100.89707 |
| นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง | MB1 | 12.67491, 101.06727 |
| | MB2 | 12.66910, 101.18123 |
| | MB3 | 12.65593, 101.27587 |
| | MWS1 | 12.67006, 101.06840 |
| | MWS2 | 12.66307, 101.18002 |
| | MWS3 | 12.65076, 101.27470 |
| หาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี | CB1 | 12.56735, 101.90211 |
| | CB2 | 12.55255, 101.91941 |
| | CB3 | 12.53897, 101.95083 |
| | CWS1 | 12.56284, 101.89783 |
| | CWS2 | 12.54504, 101.91963 |
| | CWS3 | 12.53442, 101.95291 |

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44




ภาพที่ 11 พื้นที่การศึกษา (1) บริเวณหาดพัทยา จังหวัดชลบุรี (2) บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง และ (3) บริเวณหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี

2. การเก็บตัวอย่างขยะพลาสติก

2.1 การเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในน้ำทะเล

ทำการเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในน้ำทะเลโดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอน ขนาด 21 ไมโครเมตร พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องวัดปริมาตรน้ำ (flow meter) ไว้ที่จุดกึ่งกลางของปากถุงเพื่อวัดปริมาณน้ำที่ผ่านปากถุง ทำการลากเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 10 นาที บริเวณผิวน้ำที่ความลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลทั้ง 3 พื้นที่การศึกษา พื้นที่ละ 3 สถานี สถานีละ 3 ซ้ำ ด้วยเรือประมง โดยใช้ความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างน้ำทะเลที่เก็บได้เก็บลงในภาชนะที่เตรียมไว้ เพื่อนำไปทำการแยกขยะพลาสติกออกจากตัวอย่างน้ำทะเลต่อไปในห้องปฏิบัติการ

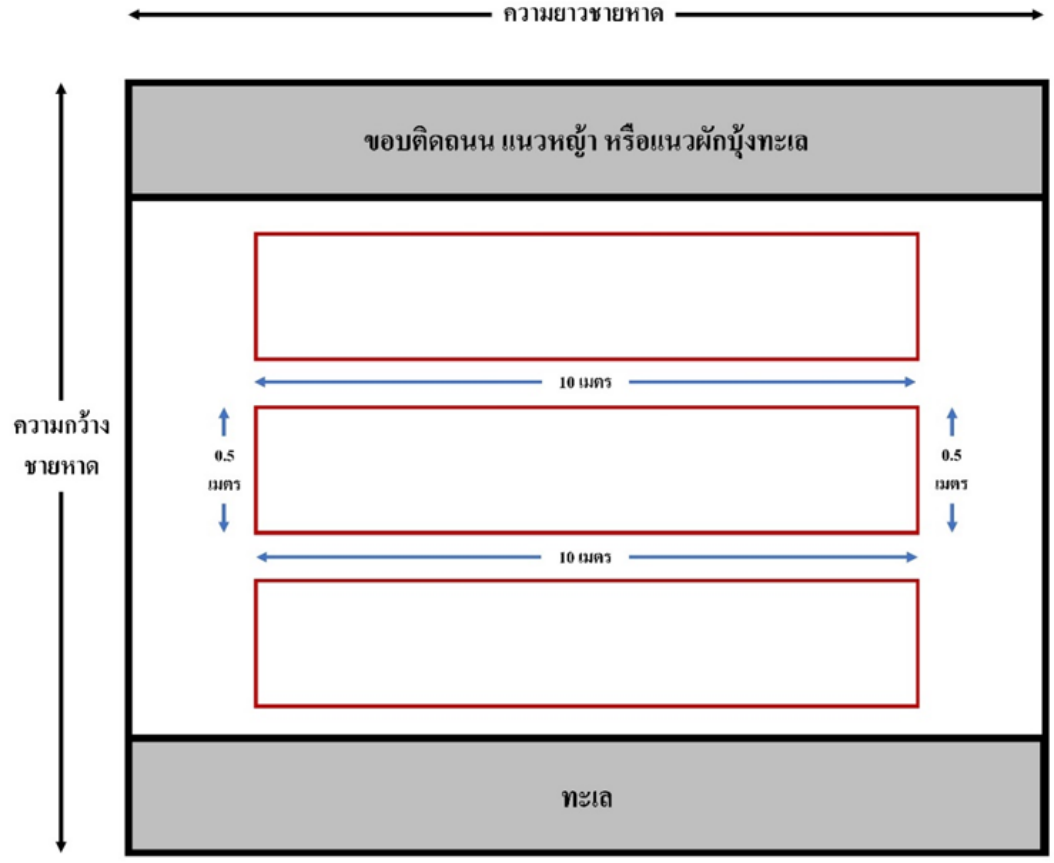
2.2 การเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในตะกอนดิน

ทำการเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในตะกอนดินใน 3 พื้นที่การศึกษา พื้นที่ละ 3 สถานี สถานีละ 3 ซ้ำ ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนดิน (Ekman grab) โดยปล่อยเครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนดินไปยังบริเวณพื้นทะเล และดึงเครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนดินขึ้นมายังเรือประมง เทตัวอย่างตะกอนดินที่เก็บได้ลงในภาชนะที่เตรียมไว้ เพื่อนำไปทำการแยกขยะพลาสติกออกจากตัวอย่างตะกอนดินต่อไปในห้องปฏิบัติการ

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

2.3 การเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกบนชายหาด

ทำการเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกบนชายหาดใน 3 พื้นที่การศึกษา พื้นที่ละ 3 สถานี สถานีละ 3 จุด โดยใช้สายวัดระยะ (Measuring tape) ขนาด 100 เมตร ทำการวัดความกว้างของชายหาด โดยวัดตั้งแต่บริเวณขอบติดถนน แนวหญ้า หรือแนวผักบุ้งทะเลจนถึงบริเวณน้ำลงต่ำสุด จากนั้นใช้ท่อ PVC ปักบนทรายเพื่อกำหนดจุดสำหรับสร้างกรอบพื้นที่ศึกษา ได้แก่ จุดที่ 1 บริเวณขอบติดถนน แนวหญ้า หรือแนวผักบุ้งทะเล จุดที่ 2 บริเวณกึ่งกลางชายหาด และจุดที่ 3 บริเวณน้ำลงต่ำสุด ทำการสร้างกรอบพื้นที่ศึกษาขนาดความกว้าง 0.5 เมตร และความยาว 10 เมตร บริเวณทั้ง 3 จุด (ภาพที่ 12) เก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในกรอบพื้นที่ศึกษา และนำตัวอย่างขยะพลาสติกใส่ภาชนะที่เตรียมไว้ จากนั้นทำความสะอาดตัวอย่างขยะพลาสติกเพื่อนำไปวิเคราะห์ชนิดของขยะพลาสติกด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ต่อไป




ภาพที่ 12 การวางกรอบเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกบนชายหาด

3. การแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวอย่าง

วิธีการดำเนินการแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวอย่างได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่งจากโครงการวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับ FT-IR เพื่อตรวจวิเคราะห์ไมโครพลาสติก

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

และตรวจสอบการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมทางทะเล ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีการของ Masura et al. (2015) โดยวิธีการแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวอย่างมีดังนี้

3.1 การแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวอย่างน้ำทะเล

1. นำตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร มาซ้อนกันโดยให้ตะแกรงขนาด 5 มิลลิเมตร อยู่ด้านบน ส่วนตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร อยู่ด้านล่าง นำตัวอย่างน้ำทะเลกรองผ่านตะแกรงทั้ง 2 ขนาด จากนั้นนำส่วนที่อยู่บนตะแกรงขนาด 5 มิลลิเมตร ทิ้งได้เลยไม่นับเป็นไมโครพลาสติก เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร และส่วนที่อยู่บนตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ให้นำไปวิเคราะห์รูปร่าง สี และขนาดพื้นที่ผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอที่กำลังขยาย 40 เท่า เก็บตัวแทนไมโครพลาสติกใส่ถุงซิปเพื่อนำไปวิเคราะห์ชนิดของขยะพลาสติกด้วยเครื่อง FT-IR ต่อไป

2. ถ่ายตัวอย่างน้ำทะเลที่ผ่านการกรองประมาณ 200-250 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร โดยการกรองผ่านผ้ากรองขนาด 20 ไมโครเมตร ทำการชะล้างสิ่งปนเปื้อนที่อยู่บนผ้ากรองด้วยสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) 10 มิลลิลิตร ด้วย foggy

3. นำตัวอย่างน้ำทะเลที่อยู่ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร มาเข้าสู่กระบวนการ WPO โดยเติมสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) 10 มิลลิลิตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ($H_2O_2$ 30%) 20 มิลลิลิตร คนต่อเนื่องในตู้ดูดควัน 10 นาที ปล่อยให้สารทำปฏิกิริยากับตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5-10 นาที

4. นำสารละลายที่อยู่ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร มาวางบนเครื่องกวนสารพร้อมที่ให้ความร้อน วัดอุณหภูมิไม่ให้เกิน 75 องศาเซลเซียส ถ้าเริ่มมีฟองก๊าซเกิดขึ้นให้เติมน้ำกลั่นครั้งละ 10 มิลลิลิตร เพื่อลดปฏิกิริยา

5. สังเกตสารอินทรีย์หากมีลักษณะขุ่นแสดงว่ายังมีสารอินทรีย์หลงเหลืออยู่ให้เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ($H_2O_2$ 30%) 10-20 มิลลิลิตร ทำซ้ำจนสังเกตเห็นว่ามีลักษณะใสแสดงว่าสารอินทรีย์ย่อยหมดแล้ว ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายที่อยู่ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง

6. เติมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ผง 6 กรัม ต่อสารละลาย 20 มิลลิลิตร ให้ความร้อนและคนจนโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ละลายหมด

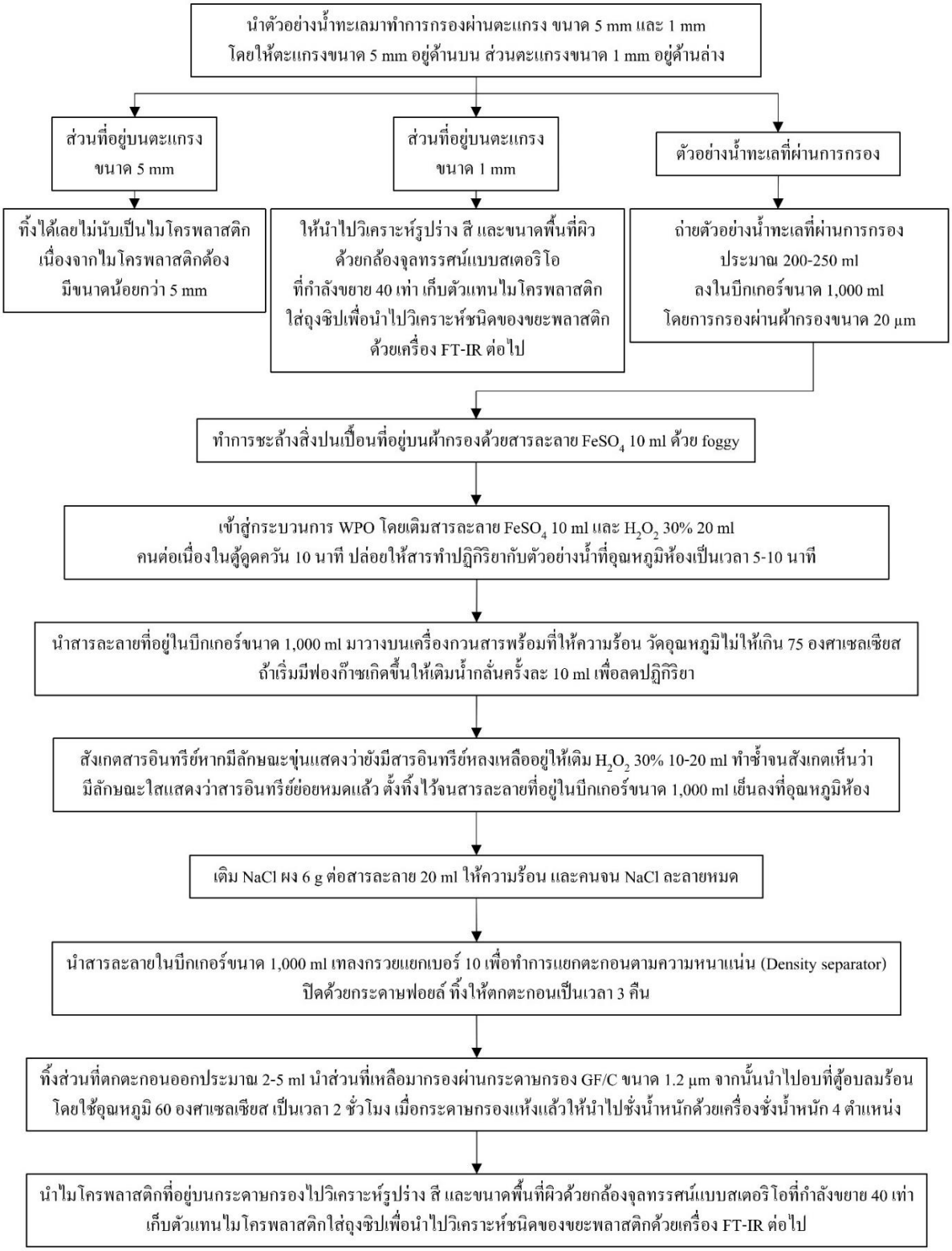
7. นำสารละลายในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เทลงกรวยแยกเบอร์ 10 เพื่อทำการแยกตะกอนตามความหนาแน่น (Density separator) ปิดด้วยกระดาษฟอยล์ ทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 3 คืน

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

8. เมื่อครบ 3 คืนทิ้งส่วนที่ตกตะกอนออกประมาณ 2-5 มิลลิลิตร นำส่วนที่เหลือมากรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ขนาด 1.2 ไมโครเมตร จากนั้นนำไปอบที่ตู้อบลมร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

9. เมื่อกระดาษกรองแห้งแล้วให้นำกระดาษกรองไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง จากนั้นนำไมโครพลาสติกที่อยู่บนกระดาษกรองไปวิเคราะห์รูปร่าง สี และขนาดพื้นที่ผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอที่กำลังขยาย 40 เท่า เก็บตัวแทนไมโครพลาสติกใส่ถุงซิปเพื่อนำไปวิเคราะห์ชนิดของขยะพลาสติกด้วยเครื่อง FT-IR ต่อไป

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

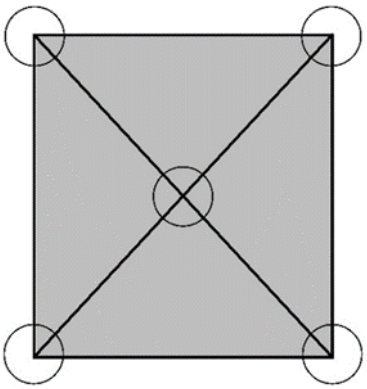



ภาพที่ 13 แผนภาพสรุปการแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวอย่างน้ำทะเล

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

3.2 การแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวอย่างตะกอนดิน

1. นำตัวอย่างตะกอนดินที่ได้จากเครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนดิน (Ekman grab) มาตากในห้องปฏิบัติการคอยพลิกตะกอนดินเป็นเวลา 2 วัน เพื่อให้ตะกอนดินแห้ง เมื่อตะกอนดินแห้งแล้วทำการบดตะกอนดินไม่ให้เป็นก้อน จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างตะกอนดินทั้ง 5 จุด (ภาพที่ 14) จุดละ 100 กรัม รวมทั้งสิ้น 500 กรัม



ภาพที่ 14 จุดสุ่มเก็บตัวอย่างตะกอนดินทั้ง 5 จุด

2. นำตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร มาซ้อนกันโดยให้ตะแกรงขนาด 5 มิลลิเมตร อยู่ด้านบน ส่วนตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร อยู่ด้านล่าง นำตะกอนดินที่ได้จากการสุ่มมาร่อนผ่านตะแกรงทั้ง 2 ขนาด จากนั้นนำส่วนที่อยู่บนตะแกรงขนาด 5 มิลลิเมตร ทิ้งได้เลยไม่นับเป็นไมโครพลาสติก เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร และส่วนที่อยู่บนตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ให้นำไปวิเคราะห์รูปร่าง สี และขนาดพื้นที่ผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอที่กำลังขยาย 40 เท่า เก็บตัวแทนไมโครพลาสติกใส่ถุงซิปเพื่อนำไปวิเคราะห์ชนิดของขยะพลาสติกด้วยเครื่อง FT-IR ต่อไป

3. ทำการสุ่มตักตัวอย่างตะกอนดินที่ผ่านการร่อนลงในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 100 กรัมน้ำหนักแห้ง เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) อิ่มตัว 150 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้วต่อเนื่อง 20 นาที เทสารละลายลงขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ทิ้งให้ตกตะกอนประมาณ 2 ชั่วโมง สังเกตว่าน้ำเริ่มใสขึ้น ให้เทน้ำผ่านผ้ากรองขนาด 20 ไมโครเมตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ทำการชะล้างสิ่งปนเปื้อนที่อยู่บนผ้ากรองด้วยสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) 10 มิลลิลิตร ด้วย foggy

4. นำสารละลายที่อยู่ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร มาเข้าสู่กระบวนการ WPO โดยเติมสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) 10 มิลลิลิตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ($H_2O_2$ 30%) 20 มิลลิลิตร คนต่อเนื่องในตู้ดูดควัน 10 นาที ปล่อยให้สารทำปฏิกิริยากับตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5-10 นาที

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

5. นำสารละลายที่อยู่ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร มาวางบนเครื่องกวนสาร พร้อมที่ให้ความร้อน วัดอุณหภูมิไม่ให้เกิน 75 องศาเซลเซียส ถ้าเริ่มมีฟองก๊าซเกิดขึ้นให้เติมน้ำกลั่นครั้งละ 10 มิลลิลิตร เพื่อลดปฏิกิริยา

6. สังเกตสารอินทรีย์หากมีลักษณะขุ่นแสดงว่ายังมีสารอินทรีย์หลงเหลืออยู่ให้เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ($H_2O_2$ 30%) 10-20 มิลลิลิตร ทำซ้ำจนสังเกตเห็นว่ามีลักษณะใสแสดงว่าสารอินทรีย์ย่อยหมดแล้ว ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายที่อยู่ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง

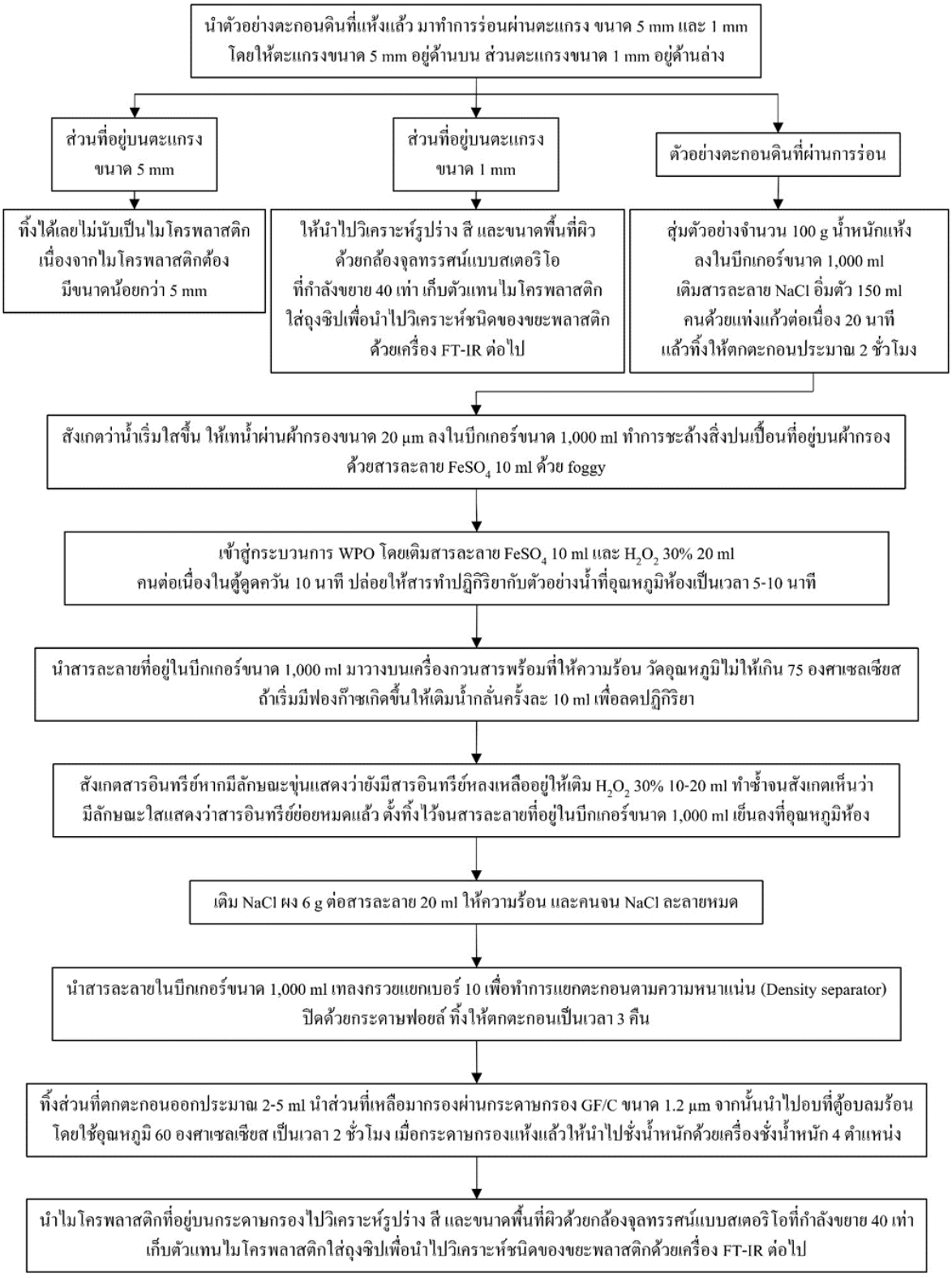
7. เติมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ผง 6 กรัม ต่อสารละลาย 20 มิลลิลิตร ให้ความร้อนและคนจนโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ละลายหมด

8. นำสารละลายในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เทลงกรวยแยกเบอร์ 10 เพื่อทำการแยกตะกอนตามความหนาแน่น (Density separator) ปิดด้วยกระดาษฟอยล์ ทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 3 คืน

9. เมื่อครบ 3 คืนทิ้งส่วนที่ตกตะกอนออกประมาณ 2-5 มิลลิลิตร นำส่วนที่เหลือมากรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ขนาด 1.2 ไมโครเมตร จากนั้นนำไปอบที่ตู้อบลมร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

10. เมื่อกระดาษกรองแห้งแล้วให้นำกระดาษกรองไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง จากนั้นนำไมโครพลาสติกที่อยู่บนกระดาษกรองไปวิเคราะห์รูปร่าง สี และขนาดพื้นที่ผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอที่กำลังขยาย 40 เท่า เก็บตัวแทนไมโครพลาสติกใส่ถุงซิปเพื่อนำไปวิเคราะห์ชนิดของขยะพลาสติกด้วยเครื่อง FT-IR ต่อไป

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44




ภาพที่ 15 แผนภาพสรุปการแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวอย่างตะกอนดิน

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ชนิดของขยะพลาสติก ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) มาทำการศึกษาการติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก โดยศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก อีกทั้งยังศึกษาการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก โดยการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกตามฤดูกาล และการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในแต่ละพื้นที่การศึกษา ด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิเคราะห์ดังนี้

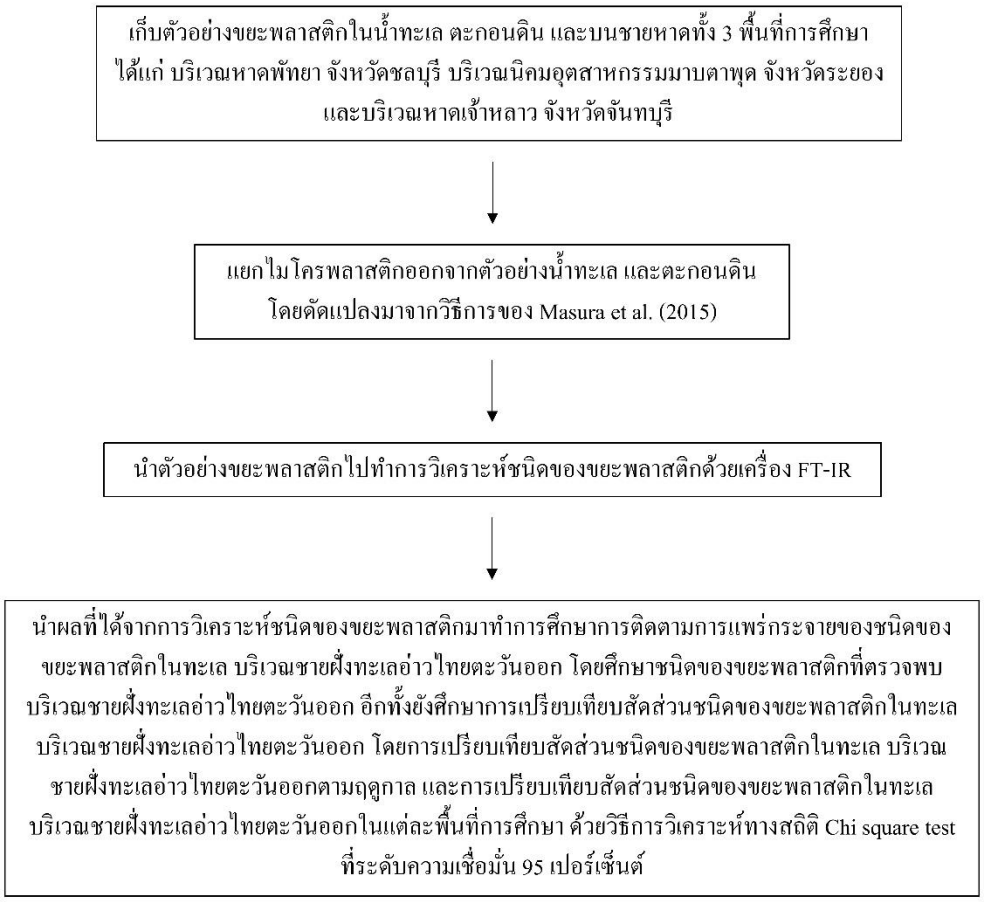
4.1 การวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกตามฤดูกาล โดย

- ใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในฤดูนั้น ๆ เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในน้ำทะเลในฤดูนั้น ๆ
- ใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในฤดูนั้น ๆ เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตะกอนดินในฤดูนั้น ๆ

4.2 การวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในแต่ละพื้นที่การศึกษา โดย

- ใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในพื้นที่นั้น ๆ เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในน้ำทะเลในพื้นที่นั้น ๆ
- ใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในพื้นที่นั้น ๆ เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตะกอนดินในพื้นที่นั้น ๆ

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44




ภาพที่ 16 แผนภาพสรุปวิธีดำเนินการศึกษาในการศึกษาส่วนที่ 2

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

# บทที่ 4

# ผลการศึกษา

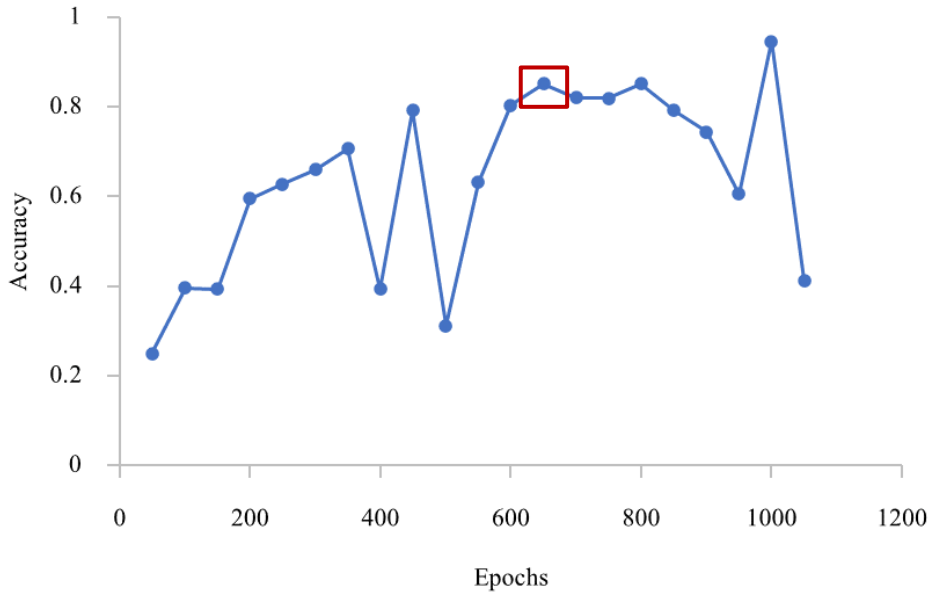
## 4.1 การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่า Argument

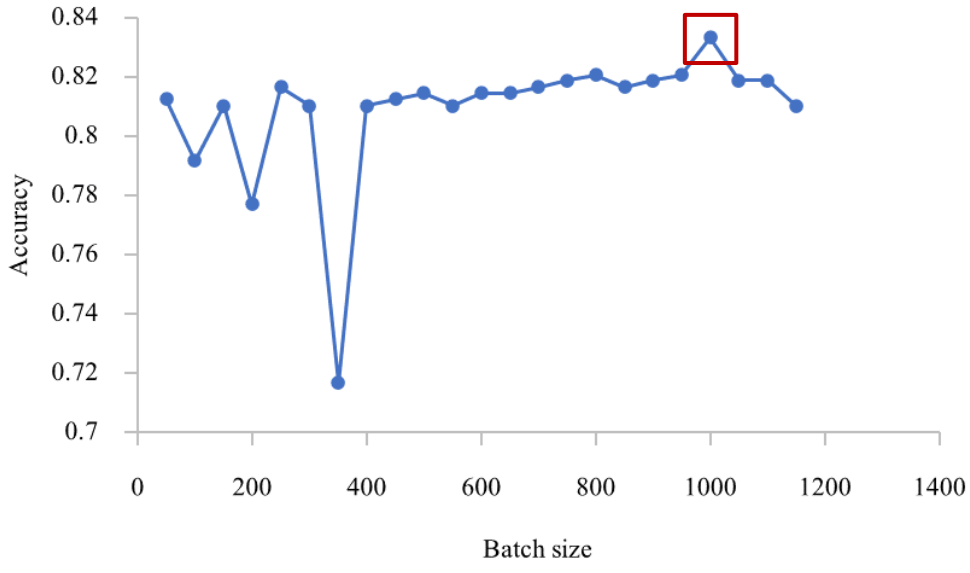
จากการวิเคราะห์ค่า Argument เพื่อจำแนกขยะชายฝั่งทะเลด้วยเทคนิค Convolutional Neural Network โดยนำตัวอย่างภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเล 4 ประเภท ได้แก่ ขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ ขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบ และขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัย ประเภทละ 150 ภาพ รวมทั้งสิ้น 600 ภาพ ปรับภาพถ่ายให้มีขนาด 150×100 พิกเซล ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ Training set และ Test set ด้วยอัตราส่วน 80:20 ทำการสร้าง Model โดยออกแบบให้ Model มีโครงสร้าง Layer เป็น (1,024, 512, 4) และกำหนด Argument ได้แก่ ค่า Epochs ค่า Batch size และค่า Validation split โดยการวิเคราะห์หาค่าความถูกต้อง (Accuracy) สูงสุดในการทดสอบการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลในแต่ละ Argument ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่าค่าความถูกต้องสูงสุดในการทดสอบการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลของค่า Epochs อยู่ที่ 650 รอบ โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 85.21 (ภาพที่ 17) สามารถจำแนกขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือมีค่าความถูกต้องมากที่สุด ส่วนขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อนมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด จากนั้นทำการกำหนดค่า Epochs = 650 เพื่อวิเคราะห์หาค่าความถูกต้องสูงสุดในการทดสอบการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลของค่า Batch size ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่าค่าความถูกต้องสูงสุดในการทดสอบการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลของค่า Batch size อยู่ที่ 1,000 ครั้ง โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 83.33 (ภาพที่ 18) สามารถจำแนกขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ และขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัยมีค่าความถูกต้องมากที่สุด ส่วนขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด และทำการกำหนดค่า Epochs = 650 และกำหนดค่า Batch size = 1,000 เพื่อวิเคราะห์หาค่าความถูกต้องสูงสุดในการทดสอบการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลของค่า Validation split ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่าค่าความถูกต้องสูงสุดในการทดสอบการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลของค่า Validation split อยู่ที่ 0.1 โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 96.88 (ภาพที่ 19) สามารถจำแนกขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน ขยะจากกิจกรรมทางการ

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ประมงและการเดินเรือ และขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัยมีค่าความถูกต้องมากที่สุด ส่วนขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด

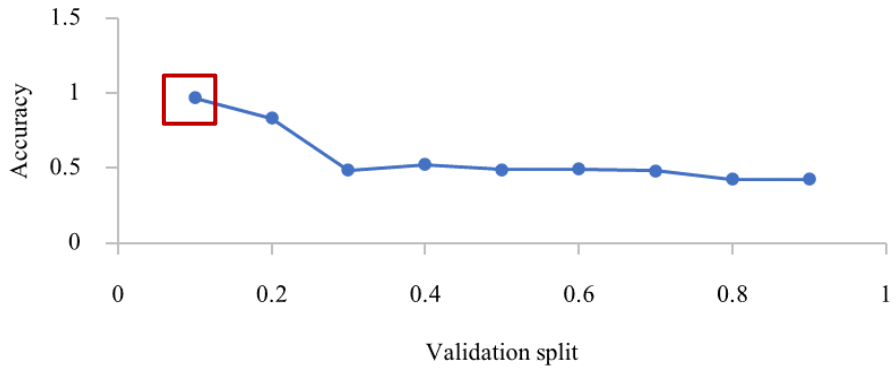



ภาพที่ 17 การวิเคราะห์หาค่าความถูกต้องสูงสุดในการทดสอบการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลของค่า Epochs




ภาพที่ 18 การวิเคราะห์หาค่าความถูกต้องสูงสุดในการทดสอบการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลของค่า Batch size

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44




ภาพที่ 19 การวิเคราะห์หาค่าความถูกต้องสูงสุดในการทดสอบการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลของค่า Validation split

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ Convolutional Neural Network

จากการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลด้วยเทคนิค Convolutional Neural Network โดยแบ่งภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเลออกเป็น 5 ส่วน หรือ 5 folds เท่า ๆ กัน เพื่อทดสอบ K-fold ทำการทดสอบ Model ด้วยโปรแกรม R เพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้จักจำแนกขยะชายฝั่งทะเลด้วยข้อมูล Training set โดยมีโครงสร้าง Layer เป็น (1,024, 512, 4) และกำหนด Argument ให้ค่า Epochs = 650 ค่า Batch size = 1,000 และค่า Validation split = 0.1 และใช้ข้อมูล Test set วัดความถูกต้องในการจำแนก โดยมีโครงสร้าง Layer เป็น (1024, 512, 4) และกำหนด Argument ให้ค่า Epochs = 650 ค่า Batch size = 1,000 และค่า Validation split = 0.1 เช่นเดียวกับชุดข้อมูล Training set โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงดังนี้

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบ K-fold โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Training set โดยมีโครงสร้าง Layer เป็น (1,024, 512, 4) และค่า Epochs = 650 ค่า Batch size = 1,000 และค่า Validation split = 0.1 (Class: 0 = ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ, Class: 1 = ขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัย, Class: 2 = ขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน และ Class: 3 = ขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบ)

| Performance matrices | Class: 0 | Class: 1 | Class: 2 | Class: 3 | Average |
|---|---|---|---|---|---|
| Sensitivity or Recall | 0.9650 | 0.9617 | 0.6950 | 0.7817 | 0.8508 |
| Specificity or Selectivity | 0.8611 | 0.9678 | 0.9744 | 0.9978 | 0.9503 |
| Precision or Pos Pred Value | 0.7185 | 0.9097 | 0.9045 | 0.9922 | 0.8812 |
| Neg Pred Value | 0.9870 | 0.9870 | 0.9078 | 0.9326 | 0.9536 |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบ K-fold โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Test set โดยมีโครงสร้าง Layer เป็น (1,024, 512, 4) และค่า Epochs = 650 ค่า Batch size = 1,000 และค่า Validation split = 0.1 (Class: 0 = ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ, Class: 1 = ขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัย, Class: 2 = ขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน และ Class: 3 = ขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบ)

| Performance matrices | Class: 0 | Class: 1 | Class: 2 | Class: 3 | Average |
|---|---|---|---|---|---|
| Sensitivity or Recall | 0.7067 | 0.6000 | 0.4733 | 0.3733 | 0.5383 |
| Specificity or Selectivity | 0.7711 | 0.8000 | 0.8578 | 0.9556 | 0.8461 |
| Precision or Pos Pred Value | 0.5076 | 0.5060 | 0.5792 | 0.7122 | 0.5762 |
| Neg Pred Value | 0.8932 | 0.8576 | 0.8329 | 0.8243 | 0.8520 |

จากตารางที่ 4 ผลการทดสอบ K-fold ด้วยข้อมูล Training set โดยมีโครงสร้าง Layer เป็น (1,024, 512, 4) และค่า Epochs = 650 ค่า Batch size = 1,000 และค่า Validation split = 0.1 พบว่าความถูกต้องสูงสุดในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 85.08 โดยใน fold ที่ 1 มีความถูกต้องในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลอยู่ที่ร้อยละ 91.25 สามารถจำแนกขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือมีค่าความถูกต้องมากที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 100.00 ส่วนขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 80.83 (ตารางที่ 6) ส่วนใน fold ที่ 2 มีความถูกต้องในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลอยู่ที่ร้อยละ 78.75 สามารถจำแนกขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัยมีค่าความถูกต้องมากที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 97.50 ส่วนขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อนมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 57.50 (ตารางที่ 7) ส่วนใน fold ที่ 3 ความถูกต้องในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลอยู่ที่ร้อยละ 81.25 สามารถจำแนกขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือมีค่าความถูกต้องมากที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 100.00 ส่วนขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อนมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 55.00 (ตารางที่ 8) ส่วนใน fold ที่ 4 ความถูกต้องในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลอยู่ที่ร้อยละ 78.96 สามารถจำแนกขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือมีค่าความถูกต้องมากที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 99.17 ส่วนขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อนมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 53.33 (ตารางที่ 9) และใน fold ที่ 5 ความถูกต้องในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลอยู่ที่ร้อยละ 95.21 สามารถจำแนกขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือมีค่าความถูกต้องมากที่สุด

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 100.00 ส่วนขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 90.83 (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 6 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Training set ใน fold ที่ 1

| Actual/ Predicted | Class: 0 | Class: 1 | Class: 2 | Class: 3 |
|---|---|---|---|---|
| Class: 0 | 120* | 3 | 12 | 8 |
| | 100.00** | 2.50 | 10.00 | 6.67 |
| Class: 1 | 0 | 114 | 0 | 9 |
| | 0.00 | 95.00 | 0.00 | 7.50 |
| Class: 2 | 0 | 1 | 107 | 6 |
| | 0.00 | 0.83 | 89.17 | 5.00 |
| Class: 3 | 0 | 2 | 1 | 97 |
| | 0.00 | 1.67 | 0.83 | 80.83 |

*จำนวนภาพ

**เปอร์เซ็นต์ (Class: 0 = ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ, Class: 1 = ขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัย, Class: 2 = ขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน และ Class: 3 = ขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบ)

ตารางที่ 7 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Training set ใน fold ที่ 2

| Actual/ Predicted | Class: 0 | Class: 1 | Class: 2 | Class: 3 |
|---|---|---|---|---|
| Class: 0 | 100* | 1 | 46 | 7 |
| | 83.33** | 0.83 | 38.33 | 5.83 |
| Class: 1 | 0 | 117 | 5 | 12 |
| | 0.00 | 97.50 | 4.17 | 10.00 |
| Class: 2 | 20 | 2 | 69 | 9 |
| | 16.67 | 1.67 | 57.50 | 7.50 |
| Class: 3 | 0 | 0 | 0 | 92 |
| | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 76.67 |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ตารางที่ 8 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Training set ใน fold ที่ 3

| Actual/ Predicted | Class: 0 | Class: 1 | Class: 2 | Class: 3 |
|---|---|---|---|---|
| Class: 0 | 120* | 7 | 54 | 19 |
| | 100.00** | 5.83 | 45.00 | 15.83 |
| Class: 1 | 0 | 113 | 0 | 8 |
| | 0.00 | 94.17 | 0.00 | 6.67 |
| Class: 2 | 0 | 0 | 66 | 2 |
| | 0.00 | 0.00 | 55.00 | 1.67 |
| Class: 3 | 0 | 0 | 0 | 91 |
| | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 75.83 |

ตารางที่ 9 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Training set ใน fold ที่ 4

| Actual/ Predicted | Class: 0 | Class: 1 | Class: 2 | Class: 3 |
|---|---|---|---|---|
| Class: 0 | 119* | 4 | 56 | 21 |
| | 99.17** | 3.33 | 46.67 | 17.50 |
| Class: 1 | 0 | 116 | 0 | 16 |
| | 0.00 | 96.67 | 0.00 | 13.33 |
| Class: 2 | 1 | 0 | 64 | 3 |
| | 0.83 | 0.00 | 53.33 | 2.50 |
| Class: 3 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 66.67 |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ตารางที่ 10 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Training set ใน fold ที่ 5

| Actual/ Predicted | Class: 0 | Class: 1 | Class: 2 | Class: 3 |
|---|---|---|---|---|
| Class: 0 | 120* | 1 | 9 | 2 |
| | 100.00** | 0.83 | 7.50 | 1.67 |
| Class: 1 | 0 | 117 | 0 | 8 |
| | 0.00 | 97.50 | 0.00 | 6.67 |
| Class: 2 | 0 | 1 | 111 | 1 |
| | 0.00 | 0.83 | 92.50 | 0.83 |
| Class: 3 | 0 | 1 | 0 | 109 |
| | 0.00 | 0.83 | 0.00 | 90.83 |

จากตารางที่ 5 ผลการทดสอบ K-fold ด้วยข้อมูล Test set โดยมีโครงสร้าง Layer เป็น (1,024, 512, 4) และค่า Epochs = 650 ค่า Batch size = 1,000 และค่า Validation split = 0.1 พบว่าความถูกต้องสูงสุดในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 53.83 โดยใน fold ที่ 1 มีความถูกต้องในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลอยู่ที่ร้อยละ 55.00 สามารถจำแนกขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัย และขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อนมีค่าความถูกต้องมากที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 66.67 และ 66.67 ตามลำดับ ส่วนขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 23.33 (ตารางที่ 11) ส่วนใน fold ที่ 2 มีความถูกต้องในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลอยู่ที่ร้อยละ 41.67 สามารถจำแนกขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัยมีค่าความถูกต้องมากที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 53.33 ส่วนขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 20.00 (ตารางที่ 12) ส่วนใน fold ที่ 3 ความถูกต้องในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลอยู่ที่ร้อยละ 62.50 สามารถจำแนกขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือมีค่าความถูกต้องมากที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 96.67 ส่วนขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อนมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 23.33 (ตารางที่ 13) ส่วนใน fold ที่ 4 ความถูกต้องในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลอยู่ที่ร้อยละ 57.50 สามารถจำแนกขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือมีค่าความถูกต้องมากที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 83.33 ส่วนขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อนมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 40.00 (ตารางที่ 14) และใน fold ที่ 5 ความถูกต้องในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลอยู่ที่ร้อยละ 52.50 สามารถจำแนก

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัยมีค่าความถูกต้องมากที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 73.33 ส่วนขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 13.33 (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 11 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Test set ใน fold ที่ 1

| Actual/ Predicted | Class: 0 | Class: 1 | Class: 2 | Class: 3 |
|---|---|---|---|---|
| Class: 0 | 19* | 4 | 9 | 5 |
| | 63.33** | 13.33 | 30.00 | 16.67 |
| Class: 1 | 2 | 20 | 1 | 9 |
| | 6.67 | 66.67 | 3.33 | 30.00 |
| Class: 2 | 7 | 4 | 20 | 9 |
| | 23.33 | 13.33 | 66.67 | 30.00 |
| Class: 3 | 2 | 2 | 0 | 7 |
| | 6.67 | 6.67 | 0.00 | 23.33 |

*จำนวนภาพ

**เปอร์เซ็นต์ (Class: 0 = ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ, Class: 1 = ขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัย, Class: 2 = ขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน และ Class: 3 = ขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบ)

ตารางที่ 12 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Test set ใน fold ที่ 2

| Actual/ Predicted | Class: 0 | Class: 1 | Class: 2 | Class: 3 |
|---|---|---|---|---|
| Class: 0 | 14* | 8 | 9 | 6 |
| | 46.67** | 26.67 | 30.00 | 20.00 |
| Class: 1 | 6 | 16 | 7 | 11 |
| | 20.00 | 53.33 | 23.33 | 36.67 |
| Class: 2 | 10 | 5 | 14 | 7 |
| | 33.33 | 16.67 | 46.67 | 23.33 |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

| Actual/ Predicted | Class: 0 | Class: 1 | Class: 2 | Class: 3 |
|---|---|---|---|---|
| Class: 3 | 0 | 1 | 0 | 6 |
| | 0.00 | 3.33 | 0.00 | 20.00 |

ตารางที่ 13 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Test set ใน fold ที่ 3

| Actual/ Predicted | Class: 0 | Class: 1 | Class: 2 | Class: 3 |
|---|---|---|---|---|
| Class: 0 | 29* | 12 | 15 | 1 |
| | 96.67** | 40.00 | 50.00 | 3.33 |
| Class: 1 | 1 | 14 | 8 | 4 |
| | 3.33 | 46.67 | 26.67 | 13.33 |
| Class: 2 | 0 | 2 | 7 | 0 |
| | 0.00 | 6.67 | 23.33 | 0.00 |
| Class: 3 | 0 | 2 | 0 | 25 |
| | 0.00 | 6.67 | 0.00 | 83.33 |

ตารางที่ 14 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Test set ใน fold ที่ 4

| Actual/ Predicted | Class: 0 | Class: 1 | Class: 2 | Class: 3 |
|---|---|---|---|---|
| Class: 0 | 25* | 4 | 15 | 2 |
| | 83.33** | 13.33 | 50.00 | 6.67 |
| Class: 1 | 5 | 18 | 3 | 14 |
| | 16.67 | 60.00 | 10.00 | 46.67 |
| Class: 2 | 0 | 6 | 12 | 0 |
| | 0.00 | 20.00 | 40.00 | 0.00 |
| Class: 3 | 0 | 2 | 0 | 14 |
| | 0.00 | 6.67 | 0.00 | 46.67 |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ตารางที่ 15 การจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยเทคนิค Convolutional Neural Network ด้วยข้อมูล Test set ใน fold ที่ 5

| Actual/ Predicted | Class: 0 | Class: 1 | Class: 2 | Class: 3 |
|---|---|---|---|---|
| Class: 0 | 19* | 2 | 4 | 7 |
| | 63.33** | 6.67 | 13.33 | 23.33 |
| Class: 1 | 3 | 22 | 5 | 11 |
| | 10.00 | 73.33 | 16.67 | 36.67 |
| Class: 2 | 5 | 1 | 18 | 8 |
| | 16.67 | 3.33 | 60.00 | 26.67 |
| Class: 3 | 3 | 5 | 3 | 4 |
| | 10.00 | 16.67 | 10.00 | 13.33 |

## 4.2 การติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

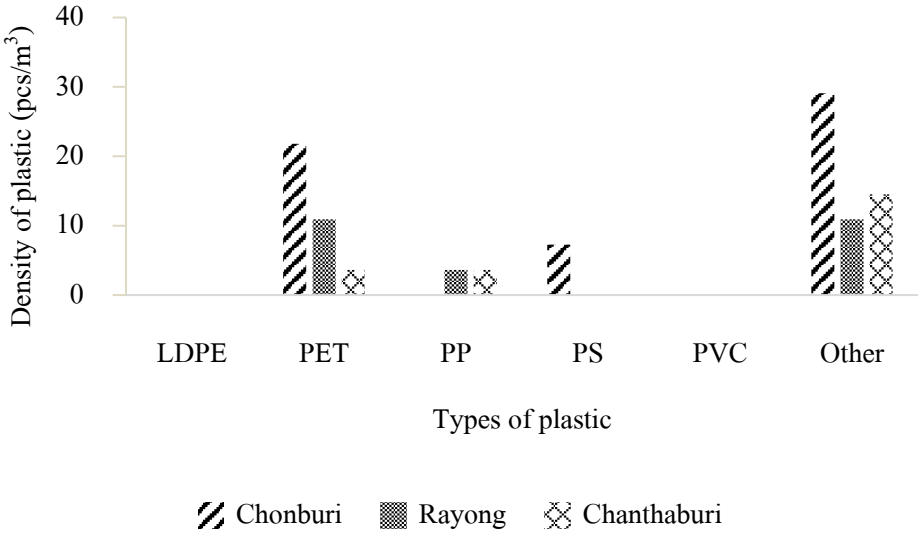
4.2.1 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

1. ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในน้ำทะเล

จากการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) พบชนิดของขยะพลาสติกทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 Polyethylene Terephthalate (PET) ปริมาณชิ้น/ลูกบาศก์เมตร ที่พบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 12.11±9.14 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร ชนิดที่ 2 Polypropylene (PP) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.43±2.10 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร ชนิดที่ 3 Polystyrene (PS) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42±4.20 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร และชนิดที่ 4 ชนิดอื่น ๆ (Other) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.27±9.64 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 16) โดยชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบมากที่สุดในตัวอย่างน้ำทะเลจังหวัดชลบุรีคือชนิด PET โดยพบมากถึง 21.80 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือชนิด PS 7.27 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร และชนิดอื่น ๆ 29.10 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ตรวจไม่พบชนิด PP ในตัวอย่างน้ำทะเลจังหวัดชลบุรี ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบมากที่สุดในตัวอย่างน้ำทะเลจังหวัดระยองคือชนิด PET โดยพบมากถึง10.90 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือชนิด PP 3.64 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร และชนิดอื่น ๆ 10.90 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ตรวจไม่พบชนิด PS ในตัวอย่างน้ำทะเลจังหวัดระยอง ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบมากที่สุดในตัวอย่างน้ำทะเลจังหวัดจันทบุรีคือชนิด PET และ PP โดยพบมากถึง 3.64 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือชนิดอื่น ๆ 14.50 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 20) ตรวจไม่พบชนิด PS

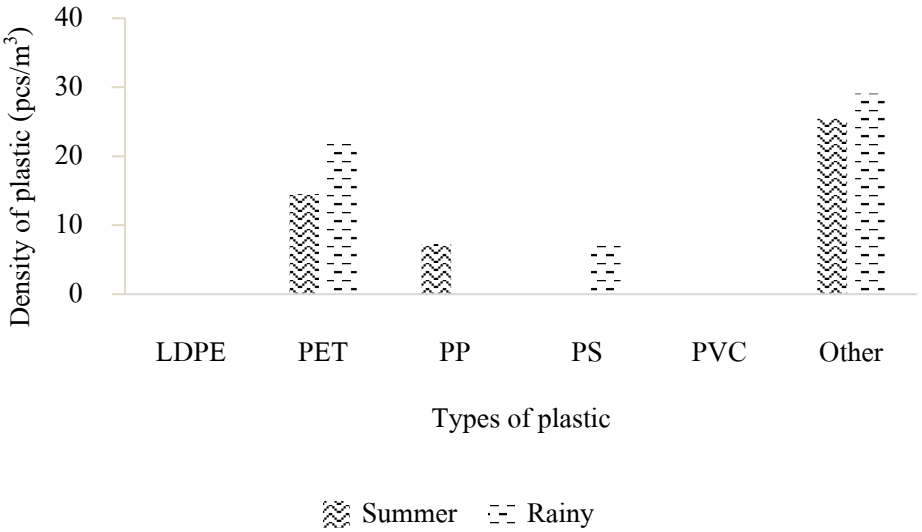
1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ในตัวอย่างน้ำทะเลจังหวัดจันทบุรี และจากการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเลในฤดูร้อน และฤดูฝน พบว่าในฤดูร้อนตรวจพบขยะพลาสติกชนิด PET มากที่สุด โดยพบมากถึง 14.50 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือชนิด PP 7.27 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร และชนิดอื่น ๆ 25.40 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ตรวจไม่พบชนิด PS ในตัวอย่างน้ำทะเลในฤดูร้อน ส่วนในฤดูฝนตรวจพบชนิด PET มากที่สุด โดยพบมากถึง 21.80 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือชนิด PS 7.27 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร และชนิดอื่น ๆ 29.10 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ตรวจไม่พบชนิด PP ในตัวอย่างน้ำทะเลในฤดูฝน (ภาพที่ 21)




ภาพที่ 20 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก (LDPE = Low-density polyethylene, Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene, PS = Polystyrene, PVC = Polyvinyl Chloride)

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44




ภาพที่ 21 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูร้อน และฤดูฝน (LDPE = Low-density polyethylene, Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene, PS = Polystyrene, PVC = Polyvinyl Chloride)

ตารางที่ 16 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาด บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก (LDPE = Low-density polyethylene, Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene, PS = Polystyrene, PVC = Polyvinyl Chloride)

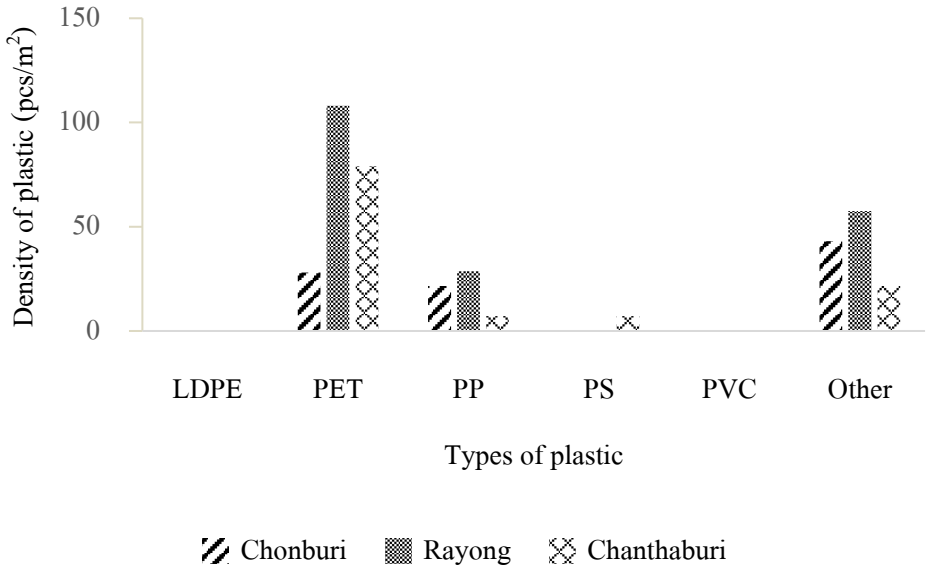
| Types of plastic | Mean of density | | |
|---|---|---|---|
| | Surface water (particle/cubic metre) | Sediment (particle/square metre) | Beach (particle/square metre) |
| LDPE | - | - | 0.24±0.05 |
| Other | 18.17±9.64 | 40.73±18.07 | 1.54±0.39 |
| PET | 12.11±9.14 | 71.70±40.45 | 0.13±0.12 |
| PP | 2.43±2.10 | 19.16±10.97 | 1.12±0.48 |
| PS | 2.42±4.20 | 2.39±4.15 | 0.47±0.38 |
| PVC | - | - | 0.07±0.03 |

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

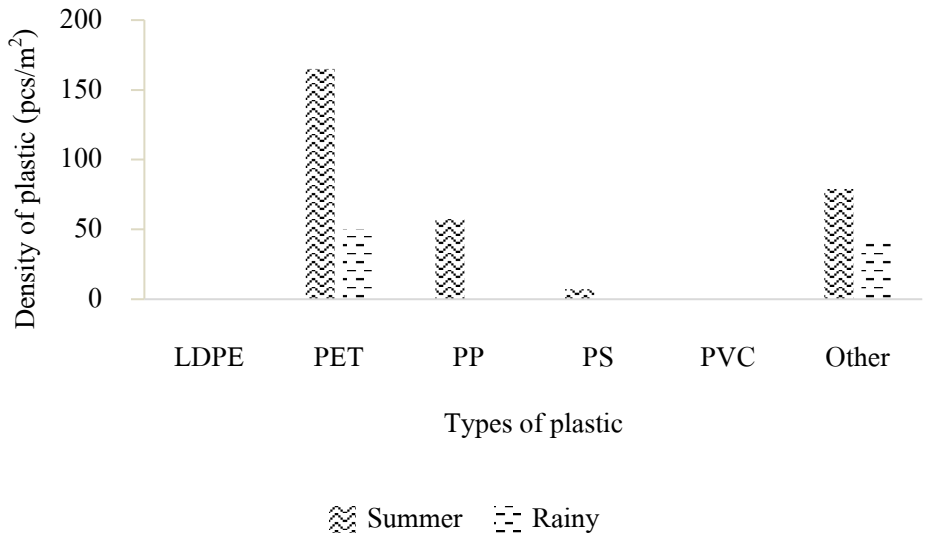
2. ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตะกอนดิน

จากการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) พบชนิดของขยะพลาสติกทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 Polyethylene Terephthalate (PET) ปริมาณชิ้น/ตารางเมตร ที่พบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 71.70±40.45 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิดที่ 2 Polypropylene (PP) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.16±10.97 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิดที่ 3 Polystyrene (PS) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.39±4.15 ชิ้น/ตารางเมตร และชนิดที่ 4 ชนิดอื่น ๆ (Other) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.73±18.07 ชิ้น/ตารางเมตร (ตารางที่ 16) โดยชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบมากที่สุดในตัวอย่างตะกอนดินจังหวัดชลบุรีคือชนิด PET โดยพบมากถึง 28.10 ชิ้น/ตารางเมตร รองลงมาคือชนิด PP 21.60 ชิ้น/ตารางเมตร และชนิดอื่น ๆ 43.10 ชิ้น/ตารางเมตร ตามลำดับ ตรวจไม่พบชนิด PS ในตัวอย่างตะกอนดินจังหวัดชลบุรี ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบมากที่สุดในตัวอย่างตะกอนดินจังหวัดระยองคือชนิด PET โดยพบมากถึง 108.00 ชิ้น/ตารางเมตร รองลงมาคือชนิด PP 28.70 ชิ้น/ตารางเมตร และชนิดอื่น ๆ 57.50 ชิ้น/ตารางเมตร ตามลำดับ ตรวจไม่พบชนิด PS ในตัวอย่างตะกอนดินจังหวัดระยอง ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบมากที่สุดในตัวอย่างตะกอนดินจังหวัดจันทบุรีคือชนิด PET โดยพบมากถึง 79.00 ชิ้น/ตารางเมตร รองลงมาคือชนิด PP และ PS 7.18 ชิ้น/ตารางเมตร และชนิดอื่น ๆ 21.60 ชิ้น/ตารางเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 22) และจากการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดินในฤดูร้อน และฤดูฝน พบว่าในฤดูร้อนตรวจพบขยะพลาสติกชนิด PET มากที่สุด โดยพบมากถึง 165.00 ชิ้น/ตารางเมตร รองลงมาคือชนิด PP 57.50 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิด PS 7.18 ชิ้น/ตารางเมตร และชนิดอื่น ๆ 79.00 ชิ้น/ตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนในฤดูฝนตรวจพบชนิด PET มากที่สุด โดยพบมากถึง 50.30 ชิ้น/ตารางเมตร รองลงมาคือชนิดอื่น ๆ 43.10 ชิ้น/ตารางเมตร ตามลำดับ ตรวจไม่พบชนิด PP และ PS ในตัวอย่างตะกอนดินในฤดูฝน (ภาพที่ 23)

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44




ภาพที่ 22 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก (LDPE = Low-density polyethylene, Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene, PS = Polystyrene, PVC = Polyvinyl Chloride)



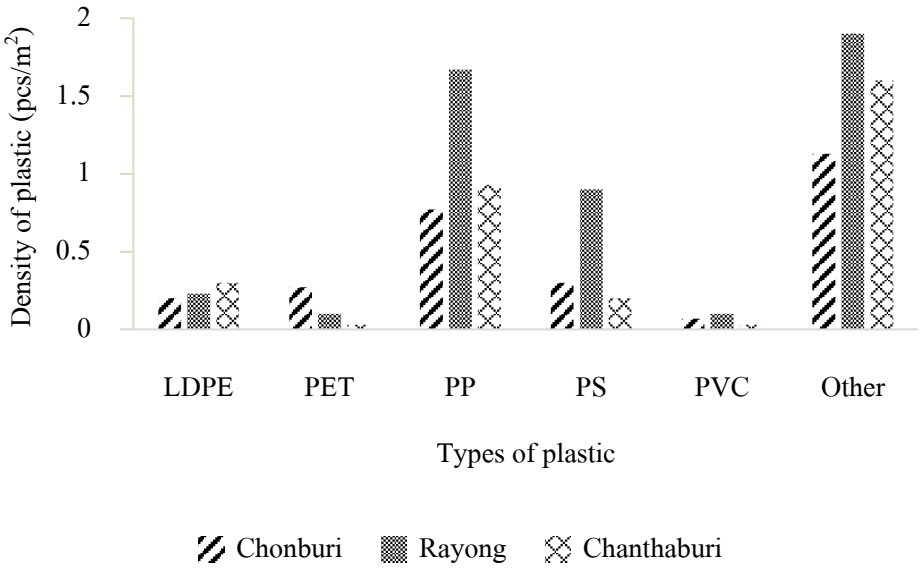

ภาพที่ 23 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูร้อน และฤดูฝน (LDPE = Low-density polyethylene, Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene, PS = Polystyrene, PVC = Polyvinyl Chloride)

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

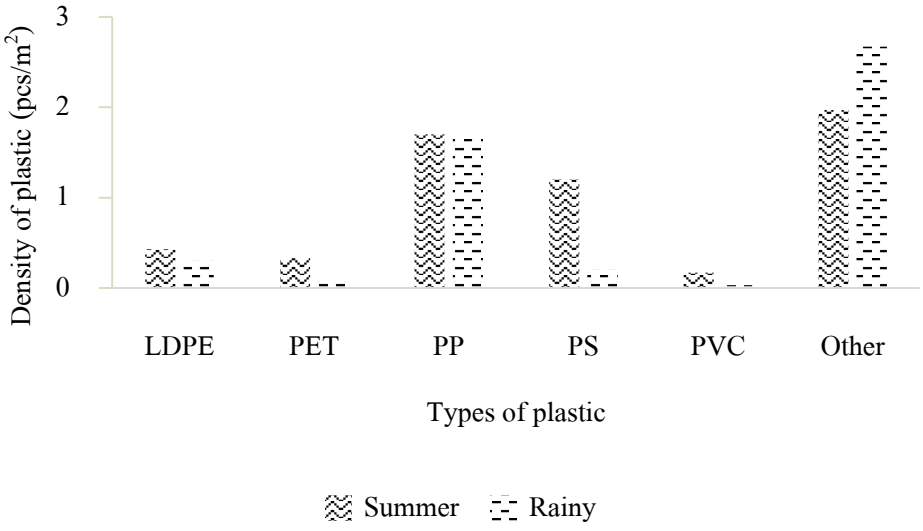
3. ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด

จากการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) พบชนิดของขยะพลาสติกทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 Low-density polyethylene (LDPE) ปริมาณชิ้น/ตารางเมตร ที่พบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.24±0.05 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิดที่ 2 Polyethylene Terephthalate (PET) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.13±0.12 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิดที่ 3 Polypropylene (PP) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.12±0.48 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิดที่ 4 Polystyrene (PS) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.47±0.38 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิดที่ 5 Polyvinyl Chloride (PVC) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.07±0.03 ชิ้น/ตารางเมตร และชนิดที่ 6 ชนิดอื่น ๆ (Other) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.54±0.39 ชิ้น/ตารางเมตร (ตารางที่ 16) โดยชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบมากที่สุดบนชายหาดจังหวัดชลบุรีคือชนิด PP โดยพบมากถึง 0.77 ชิ้น/ตารางเมตร รองลงมาคือชนิด PS 0.30 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิด PET 0.27 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิด LDPE 0.20 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิด PVC 0.07 ชิ้น/ตารางเมตร และชนิดอื่น ๆ 1.13 ชิ้น/ตารางเมตร ตามลำดับ ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบมากที่สุดบนชายหาดจังหวัดระยองคือชนิด PP โดยพบมากถึง 1.67 ชิ้น/ตารางเมตร รองลงมาคือชนิด PS 0.90 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิด LDPE 0.23 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิด PET และ PVC 0.10 ชิ้น/ตารางเมตร และชนิดอื่น ๆ 1.90 ชิ้น/ตารางเมตร ตามลำดับ ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบมากที่สุดบนชายหาดจังหวัดจันทบุรีคือชนิด PP โดยพบมากถึง 0.93 ชิ้น/ตารางเมตร รองลงมาคือชนิด LDPE 0.30 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิด PS 0.20 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิด PET และ PVC 0.03 ชิ้น/ตารางเมตร และชนิดอื่น ๆ 1.60 ชิ้น/ตารางเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 24) และจากการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่าในฤดูร้อนตรวจพบขยะพลาสติกชนิด PP มากที่สุด โดยพบมากถึง 1.70 ชิ้น/ตารางเมตร รองลงมาคือชนิด PS 1.20 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิด LDPE 0.43 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิด PET 0.33 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิด PVC 0.17 ชิ้น/ตารางเมตร และชนิดอื่น ๆ 1.97 ชิ้น/ตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนในฤดูฝนตรวจพบชนิด PP มากที่สุด โดยพบมากถึง 1.67 ชิ้น/ตารางเมตร รองลงมาคือชนิด LDPE 0.30 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิด PS 0.20 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิด PET 0.07 ชิ้น/ตารางเมตร ชนิด PVC 0.03 ชิ้น/ตารางเมตร และชนิดอื่น ๆ 2.67 ชิ้น/ตารางเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 25)

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44




ภาพที่ 24 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก (LDPE = Low-density polyethylene, Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene, PS = Polystyrene, PVC = Polyvinyl Chloride)




ภาพที่ 25 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูร้อน และฤดูฝน (LDPE = Low-density polyethylene, Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene, PS = Polystyrene, PVC = Polyvinyl Chloride)

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

4.2.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

จากการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) พบชนิดของขยะพลาสติกทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 Low-density polyethylene (LDPE) ชนิดที่ 2 Polyethylene Terephthalate (PET) ชนิดที่ 3 Polypropylene (PP) ชนิดที่ 4 Polystyrene (PS) ชนิดที่ 5 Polyvinyl Chloride (PVC) และชนิดที่ 6 ชนิดอื่น ๆ (Other) โดยในตัวอย่างน้ำทะเลพบชนิดของขยะพลาสติก 4 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 Polyethylene Terephthalate (PET) ชนิดที่ 2 Polypropylene (PP) ชนิดที่ 3 Polystyrene (PS) และชนิดที่ 4 ชนิดอื่น ๆ ในตัวอย่างตะกอนดินพบชนิดของขยะพลาสติก 4 ชนิด เช่นกัน ได้แก่ ชนิดที่ 1 Polyethylene Terephthalate (PET) ชนิดที่ 2 Polypropylene (PP) ชนิดที่ 3 Polystyrene (PS) และชนิดที่ 4 ชนิดอื่น ๆ และบนชายหาดพบชนิดของขยะพลาสติก 6 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 Low-density polyethylene (LDPE) ชนิดที่ 2 Polyethylene Terephthalate (PET) ชนิดที่ 3 Polypropylene (PP) ชนิดที่ 4 Polystyrene (PS) ชนิดที่ 5 Polyvinyl Chloride (PVC) และชนิดที่ 6 ชนิดอื่น ๆ เมื่อนำผลการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก ไปทำการศึกษาการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก โดยการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกตามฤดูกาล และการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในแต่ละพื้นที่การศึกษา ด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ดังนี้

1. การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกตามฤดูกาล

จากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกตามฤดูกาล โดยใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในฤดูนั้น ๆ เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในน้ำทะเลในฤดูนั้น ๆ และใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในฤดูนั้น ๆ เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตะกอนดินในฤดูนั้น ๆ ทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Chi square test ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ดังนี้

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

1.1 การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูร้อน

จากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูร้อน โดยใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเลในฤดูร้อนเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในฤดูร้อน (ตารางที่ 17) และใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดินในฤดูร้อนเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในฤดูร้อน (ตารางที่ 18) จากผลการวิเคราะห์พบว่าสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเลในฤดูร้อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาดในฤดูร้อน และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในตะกอนดินในฤดูร้อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาดในฤดูร้อน

ตารางที่ 17 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล และบนชายหาดในฤดูร้อนที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene)

| Types of plastic | Mean of density | |
|---|---|---|
| | Surface water (particle/cubic metre) | Beach (particle/square metre) |
| Other | 25.40 | 1.97 |
| PET | 14.50 | 0.33 |
| PP | 7.27 | 1.70 |
| PS | - | 1.20 |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ตารางที่ 18 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน และบนชายหาดในฤดูร้อน ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene)

| Types of plastic | Mean of density | |
|---|---|---|
| | Sediment (particle/square metre) | Beach (particle/square metre) |
| Other | 79.00 | 1.97 |
| PET | 165.00 | 0.33 |
| PP | 57.50 | 1.70 |
| PS | 7.18 | 1.20 |

1.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูฝน

จากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูฝน โดยใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเลในฤดูฝนเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในฤดูฝน (ตารางที่ 19) และใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดินในฤดูฝนเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในฤดูฝน (ตารางที่ 20) จากผลการวิเคราะห์พบว่าสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเลในฤดูฝนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาดในฤดูฝน และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในตะกอนดินในฤดูฝนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาดในฤดูฝน

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ตารางที่ 19 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล และบนชายหาดในฤดูฝน ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PS = Polystyrene)

| Types of plastic | Mean of density | |
|---|---|---|
| | Surface water (particle/cubic metre) | Beach (particle/square metre) |
| Other | 29.10 | 2.67 |
| PET | 21.80 | 0.06 |
| PP | - | 1.67 |
| PS | 7.27 | 0.20 |

ตารางที่ 20 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน และบนชายหาดในฤดูฝน ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PS = Polystyrene)

| Types of plastic | Mean of density | |
|---|---|---|
| | Sediment (particle/square metre) | Beach (particle/square metre) |
| Other | 43.10 | 2.67 |
| PET | 50.30 | 0.06 |
| PP | - | 1.67 |
| PS | - | 0.20 |

2. การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในแต่ละพื้นที่การศึกษา

จากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในแต่ละพื้นที่การศึกษา โดยใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในพื้นที่นั้น ๆ เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในน้ำทะเลในพื้นที่นั้น ๆ และใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในพื้นที่นั้น ๆ เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตะกอนดินในพื้นที่นั้น ทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Chi square test ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ดังนี้

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

2.1 การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล จังหวัดชลบุรี

จากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล จังหวัดชลบุรี โดยใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล จังหวัดชลบุรี เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด จังหวัดชลบุรี (ตารางที่ 21) และใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน จังหวัดชลบุรี เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด จังหวัดชลบุรี (ตารางที่ 22) จากผลการวิเคราะห์พบว่าสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล จังหวัดชลบุรี แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาด จังหวัดชลบุรี และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในตะกอนดิน จังหวัดชลบุรี แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาด จังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 21 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล และบนชายหาด จังหวัดชลบุรี ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PS = Polystyrene)

| Types of plastic | Mean of density | |
|---|---|---|
| | Surface water (particle/cubic metre) | Beach (particle/square metre) |
| Other | 29.10 | 1.13 |
| PET | 21.80 | 0.26 |
| PP | - | 0.76 |
| PS | 7.27 | 0.30 |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ตารางที่ 22 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน และบนชายหาด จังหวัดชลบุรี ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PS = Polystyrene)

| Types of plastic | Mean of density | |
|---|---|---|
| | Sediment (particle/square metre) | Beach (particle/square metre) |
| Other | 43.10 | 1.13 |
| PET | 28.70 | 0.26 |
| PP | 21.60 | 0.76 |
| PS | - | 0.30 |

2.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล จังหวัดระยอง

จากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล จังหวัดระยอง โดยใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล จังหวัดระยอง เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด จังหวัดระยอง (ตารางที่ 23) และใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน จังหวัดระยอง เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด จังหวัดระยอง (ตารางที่ 24) จากผลการวิเคราะห์พบว่าสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล จังหวัดระยอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาด จังหวัดระยอง และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในตะกอนดิน จังหวัดระยอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาด จังหวัดระยอง

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ตารางที่ 23 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล และบนชายหาด จังหวัดระยอง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene)

| Types of plastic | Mean of density | |
|---|---|---|
| | Surface water (particle/cubic metre) | Beach (particle/square metre) |
| Other | 10.90 | 1.90 |
| PET | 10.90 | 0.10 |
| PP | 3.64 | 1.67 |
| PS | - | 0.90 |

ตารางที่ 24 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน และบนชายหาด จังหวัดระยอง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene)

| Types of plastic | Mean of density | |
|---|---|---|
| | Sediment (particle/square metre) | Beach (particle/square metre) |
| Other | 57.50 | 1.90 |
| PET | 108.00 | 0.10 |
| PP | 28.70 | 1.67 |
| PS | - | 0.90 |

2.3 การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล จังหวัดจันทบุรี

จากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล จังหวัดจันทบุรี โดยใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล จังหวัดจันทบุรี เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด จังหวัดจันทบุรี (ตารางที่ 25) และใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน จังหวัดจันทบุรี เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด จังหวัดจันทบุรี (ตารางที่ 26) จากผลการวิเคราะห์พบว่าสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล จังหวัดจันทบุรี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาด จังหวัดจันทบุรี

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในตะกอนดิน จังหวัดจันทบุรี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาด จังหวัดจันทบุรี

ตารางที่ 25 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล และบนชายหาด จังหวัดจันทบุรี ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene)

| Types of plastic | Mean of density | |
|---|---|---|
| | Surface water (particle/cubic metre) | Beach (particle/square metre) |
| Other | 14.50 | 1.60 |
| PE | 3.64 | 0.03 |
| PP | 3.64 | 0.93 |
| PS | - | 0.20 |

ตารางที่ 26 สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน และบนชายหาด จังหวัดจันทบุรี ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test (Other = Other, PE = Polyethylene, PP = Polypropylene)

| Types of plastic | Mean of density | |
|---|---|---|
| | Sediment (particle/square metre) | Beach (particle/square metre) |
| Other | 21.60 | 1.60 |
| PE | 79.00 | 0.03 |
| PP | 7.18 | 0.93 |
| PS | 7.18 | 0.20 |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

# บทที่ 5

# อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

## 5.1 อภิปรายผลการศึกษา

5.1.1 การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล

จากผลการศึกษาการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล โดยขั้นตอนแรกได้ทำการสร้าง Model โดยออกแบบให้ Model มีโครงสร้าง Layer เป็น (1,024, 512, 4) จากนั้นทำการวิเคราะห์เพื่อกำหนดค่า Argument ที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล ด้วยเทคนิค Convolutional Neural Network ได้แก่ ค่า Epochs ค่า Batch size และค่า Validation split ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล ด้วยเทคนิค Convolutional Neural Network ของค่า Epochs อยู่ที่ 650 รอบ ค่า Batch size อยู่ที่ 1,000 ครั้ง และค่า Validation split อยู่ที่ 0.1 โดยมีค่าความถูกต้องดังภาพที่ 4-1, 4-2 และ 4-3 ขั้นตอนที่สองกำหนด Argument ให้ค่า Epochs = 650 ค่า Batch size = 1,000 และค่า Validation split = 0.1 และทำการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล ด้วยเทคนิค Convolutional Neural Network โดยใช้โปรแกรม R ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่าเทคนิค Convolutional Neural Network สามารถจำแนกขยะชายฝั่งทะเลทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ ขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ ขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบ และขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัยออกจากกันได้ดี โดยชุดข้อมูล Training set มีค่าความถูกต้องในการจำแนกเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 85.08 ส่วนชุดข้อมูล Test set มีค่าความถูกต้องในการจำแนกเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 53.83 เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษา Chazhoor, Zhu, Ho, Gao, and Woo (2021) ได้ทำการศึกษาการจำแนกภาพชนิดของขยะพลาสติก 5 ชนิด ได้แก่ ภาพขยะพลาสติกชนิด PET ภาพขยะพลาสติกชนิด PP ภาพขยะพลาสติกชนิด HDPE ภาพขยะพลาสติกชนิด PS และภาพขยะพลาสติกชนิดอื่น ๆ ด้วยเทคนิค Deep Transfer Learning ที่มีโครงสร้าง 3 แบบ ได้แก่ ResNeXt, ResNet-50 และ AlexNet จากผลการศึกษาพบว่าเทคนิค Deep Transfer Learning ที่มีโครงสร้างแบบ ResNeXt มีประสิทธิภาพในการจำแนกภาพชนิดของขยะพลาสติกมากที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 91.00 รองลงมาคือโครงสร้างแบบ ResNet-50 ซึ่งมีค่าความ

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 89.00 และโครงสร้างแบบ AlexNet มีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 88.00 ตามลำดับ

และการศึกษา Olowolayemo, Radzi, and Ismail (2022) ได้ทำการศึกษาการจำแนกภาพชนิดของขยะพลาสติก 7 ชนิด ได้แก่ ภาพขยะพลาสติกชนิด PET ภาพขยะพลาสติกชนิด HDPE ภาพขยะพลาสติกชนิด PVC ภาพขยะพลาสติกชนิด LDPE ภาพขยะพลาสติกชนิด PP ภาพขยะพลาสติกชนิด PS และภาพขยะพลาสติกชนิดอื่น ๆ ด้วยเทคนิค Convolutional Neural Network ที่มีโครงสร้างแบบ ResNet-50 จากผลการศึกษาพบว่าเทคนิค Convolutional Neural Network ที่มีโครงสร้างแบบ ResNet-50 มีประสิทธิภาพในการจำแนกภาพชนิดของขยะพลาสติก โดยมีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 94.10

และการศึกษา Xia, Huang, Li, Xiong, and Min (2021) ได้ทำการศึกษาการจำแนกภาพสเปกตรัมของขยะพลาสติก 7 ชนิด ได้แก่ ภาพสเปกตรัมของขยะพลาสติกชนิด HIPS ภาพสเปกตรัมของขยะพลาสติกชนิด ABS ภาพสเปกตรัมของขยะพลาสติกชนิด HDPE ภาพสเปกตรัมของขยะพลาสติกชนิด PET ภาพสเปกตรัมของขยะพลาสติกชนิด PA66 ภาพสเปกตรัมของขยะพลาสติกชนิด PC และภาพสเปกตรัมของขยะพลาสติกชนิด PP ด้วยเทคนิค Convolutional Neural Network จากผลการศึกษาพบว่าเทคนิค Convolutional Neural Network มีประสิทธิภาพในการจำแนกภาพสเปกตรัมของขยะพลาสติก โดยชุดข้อมูลทั้ง Training set และ Test set มีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 98.00

และการศึกษา Marin, Mladenovic, Gotovac, and Zaharija (2021) ได้ทำการศึกษาการจำแนกภาพขยะใต้น้ำ 6 ชนิด ได้แก่ ภาพขยะจำพวกแก้ว ภาพขยะจำพวกพลาสติก ภาพขยะจำพวกยาง ภาพขยะจำพวกโลหะ ภาพขยะจำพวกอื่น ๆ และภาพที่ไม่มีขยะ ด้วยเทคนิค Convolutional Neural Network ที่มีโครงสร้าง 6 แบบ ได้แก่ VGG19, InceptionV3, ResNet50, Inception-ResNetV2, DenseNet121 และ MobileNetV2 จากผลการศึกษาพบว่าเทคนิค Convolutional Neural Network ที่มีโครงสร้างแบบ Inception-ResNetV2 มีประสิทธิภาพในการจำแนกภาพชนิดของขยะพลาสติกมากที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 91.40 รองลงมาคือโครงสร้างแบบ InceptionV3 ซึ่งมีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 90.57 รองลงมาคือโครงสร้างแบบ DenseNet121 ซึ่งมีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 88.05 รองลงมาคือโครงสร้างแบบ VGG19 ซึ่งมีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 86.16 รองลงมาคือโครงสร้างแบบ ResNet50 ซึ่งมีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 85.53 และโครงสร้างแบบ MobileNetV2 มีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 82.60 ตามลำดับ

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

จะเห็นได้ว่าในศึกษาการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลยังมีค่าความถูกต้องในการจำแนกที่ไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับการศึกษาอื่น ๆ ในข้างต้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตัวอย่างภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเลในการศึกษาครั้งนี้มีสิ่งรบกวนที่เกิดจากการปกคลุมวัตถุที่เป็นขยะของทราย หญ้า และกิ่งไม้ ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล ด้วยเทคนิค Convolutional Neural Network มีค่าความถูกต้องที่ลดลงโดยขึ้นอยู่กับปริมาณของสิ่งรบกวนที่ปรากฏบนตัวอย่างภาพถ่าย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา วุฒิชัย บุญพุก และคณะ (2561) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อจำแนกภาพพื้นที่ด้านเกษตรกรรมในประเทศไทย ได้แก่ ข้าว อ้อย ปาล์ม ยางพารา และป่าไม้ จากข้อมูลการสำรวจระยะไกล นอกจากนี้ยังทำการทดสอบประสิทธิภาพในการจำแนกในกรณีที่ภาพมีสิ่งรบกวน ได้แก่ กลุ่มเมฆที่ปกคลุมพื้นที่ด้านเกษตรกรรมประมาณ 25% และ 50 % ของภาพ และภาพที่มีเงาเมฆปกคลุมพื้นที่ด้านเกษตรกรรม จากผลการศึกษาพบว่าเทคนิค Convolutional Neural Network (CNN) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมหนึ่งของวิธีการเรียนรู้เชิงลึกที่มีโครงสร้างแบบ CAFFENET มีประสิทธิภาพในการจำแนกภาพพื้นที่ด้านเกษตรกรรมปกติ โดยมีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 96 ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพในการจำแนกในกรณีที่ภาพมีสิ่งรบกวนกรณีที่ 1 กลุ่มเมฆปกคลุมพื้นที่ด้านเกษตรกรรมประมาณ 25% โครงสร้างแบบ CAFFENET มีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 65 กรณีที่ 2 กลุ่มเมฆปกคลุมพื้นที่ด้านเกษตรกรรมประมาณ 50 % โครงสร้างแบบ CAFFENET มีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 59 และกรณีที่ 3 ภาพที่มีเงาเมฆปกคลุมพื้นที่ด้านเกษตรกรรม โครงสร้างแบบ CAFFENET มีค่าความถูกต้องในการจำแนกอยู่ที่ร้อยละ 13 จากการศึกษาในข้างต้นจะเห็นได้ว่าหากภาพมีสิ่งรบกวนมากค่าความถูกต้องในการจำแนกก็จะลดลงด้วย

นอกจากนี้ในการศึกษาครั้งนี้ยังเกิด Overfitting ซึ่งก็คือการที่ค่าความถูกต้องของชุดข้อมูล Training set มีค่าสูง โดยในการศึกษาครั้งนี้ชุดข้อมูล Training set มีค่าความถูกต้องในการจำแนกเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 85.08 ซึ่งต่างจากค่าความถูกต้องของชุดข้อมูล Test set มาก โดยในการศึกษาครั้งนี้ชุดข้อมูล Test set มีค่าความถูกต้องในการจำแนกเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 53.83 โดยสาเหตุการเกิด Overfitting ในการศึกษาครั้งนี้อาจมาจากตัวอย่างภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเลในชุดข้อมูล Training set มีความหลากหลายของภาพที่ไม่เพียงพอ ซึ่งการป้องกันการเกิด Overfitting ดังการศึกษาของ Krizhevsky et al. (2012) ได้ทำการศึกษาการจำแนกประเภท ImageNet ด้วย Deep Convolutional Neural Networks โดยใช้เทคนิค Data Augmentation ทำให้เกิดความหลากหลายของภาพ โดยอาศัยภาพถ่ายเดิมมาทำการปรับซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การหมุนภาพ (Rotation) การยืดภาพออก (Stretching) การปรับขนาดหรือเลือกมาบางส่วน (Random Crops/Scale) การปรับ

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ค่า RGB การปรับ Contrast เป็นต้น ซึ่งสามารถช่วยให้ลดการเกิด Overfitting ได้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามเทคนิค Convolutional Neural Network ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ก็ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจำแนกภาพถ่ายประเภทอื่น ๆ ได้ อีกทั้งยังรวมไปถึงการใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเลไปพัฒนาเป็น Application ในโทรศัพท์มือถือที่เพียงแค่ถ่ายภาพขยะชายฝั่งทะเลก็สามารถระบุได้ว่าเป็นขยะชายฝั่งทะเลประเภทใด ซึ่งทำให้การจำแนกขยะชายฝั่งทะเลเป็นไปอย่างสะดวก และรวดเร็ว

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

5.1.2 การติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

5.1.2.1 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

1. ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในน้ำทะเล

จากผลการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) พบชนิดของขยะพลาสติกทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ ชนิด Polyethylene Terephthalate (PET) ชนิด Polypropylene (PP) ชนิด Polystyrene (PS) และชนิดอื่น ๆ (Other) ได้แก่ ชนิด Nylon ชนิด Polyester ชนิด Polyvinylidene Chloride (PVDC) ชนิด Polyvinyl Alcohol (PVA) และชนิด Polytetrafluoroethylene (PTFE) โดยชนิดที่พบมากที่สุดคือชนิด PET ปริมาณที่พบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 12.11±9.14 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือชนิด PP ชนิด PS และชนิดอื่น ๆ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพลาสติกชนิด PET มีคุณสมบัติที่มีความทนทาน สามารถป้องกันการซึมผ่านของแก๊สได้ดี อีกทั้งยังสามารถป้องกันการซึมผ่านของไขมันหรือน้ำมันได้ดีมากอีกด้วย (ระพีพรรณ สายแวว, 2563) จึงนิยมนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ขวดน้ำดื่ม ขวดน้ำมันพืช ฯลฯ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้งานเป็นจำนวนมากสามารถพบเห็นได้ในทุกพื้นที่ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นพบขยะพลาสติกชนิด PET เป็นจำนวนมากในพื้นที่ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา Wang, Ndungu, Li, and Wang (2017) ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเมือง Wuhan ประเทศจีน จากผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกชนิด PET เป็นชนิดเด่นที่สุด โดยพบทั้งหมด 18 ชิ้น รองลงมาคือชนิด PP พบ 13 ชิ้น ชนิด PE พบ 6 ชิ้น Nylon พบ 5 ชิ้น และชนิด PS พบ 2 ชิ้น ตามลำดับ

แต่แตกต่างจากการศึกษา กนกวรรณ เนตรสิงแสง (2563) ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ จากผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกชนิด Polyester และชนิด PP ในน้ำผิวดินเป็นชนิดเด่นที่สุด โดยพบร้อยละ 37.5 รองลงมาคือชนิด PET พบร้อยละ 25.5 ตามลำดับ เนื่องจากพลาสติกชนิด Polyester มีคุณสมบัติ

คล้ายกับฝ้าย นิยมนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสื้อผ้า อีกทั้งบริเวณรอบบึงบอระเพ็ดยังเป็นพื้นที่ชุมชน กิจกรรมที่เกิดขึ้นในชุมชนอย่างเช่น การซักเสื้อผ้าอาจทำให้พลาสติกชนิดนี้เกิดการหลุดร่วงและสะสมอยู่ในบึงบอระเพ็ดได้ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พลาสติกชนิด Polyester ถูกจัดอยู่ในกลุ่มพลาสติกชนิดอื่น ๆ ส่วนพลาสติกชนิด PP เป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำ ลอยบนผิวน้ำได้ดี จึงทำให้พบพลาสติกชนิดนี้ในน้ำผิวดินจำนวนมากเช่นกัน อีกทั้งยังแตกต่างจากการศึกษา Zhang, Gong, Lv, Xiong, and Wu (2015) ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน บริเวณเขื่อน Three Gorges ประเทศจีน จากผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกชนิด PP เป็นชนิดเด่นที่สุด โดยพบร้อยละ 42.14-63.21 รองลงมาคือชนิด PE พบร้อยละ 36.79-57.12 นอกจากนี้ยังพบไมโครพลาสติกชนิด PS อีกด้วย แต่พบเป็นส่วนน้อย และแตกต่างจากการศึกษา Ta and Babel (2020) ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และตะกอนดิน ในพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ประเทศไทย จากผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกชนิด PP ในน้ำผิวดินเป็นชนิดเด่นที่สุด รองลงมาคือชนิด PE

2. ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตะกอนดิน

จากผลการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) พบชนิดของขยะพลาสติกทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ Polyethylene Terephthalate (PET) ชนิด Polypropylene (PP) ชนิด Polystyrene (PS) และชนิดอื่น ๆ (Other) ได้แก่ ชนิด Nylon ชนิด Polyester ชนิด Polyvinylidene Chloride (PVDC) ชนิด Polyvinyl Alcohol (PVA) ชนิด Polytetrafluoroethylene (PTFE) และชนิด Polyetherimide (PEI) โดยชนิดที่พบมากที่สุดคือชนิด PET ปริมาณที่พบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 71.70±40.45 ชิ้น/ตารางเมตร รองลงมาคือชนิด PP ชนิด PS และชนิดอื่น ๆ ตามลำดับ ทั้งนี้นอกจากคุณสมบัติของพลาสติกชนิด PET ที่กล่าวไปในหัวข้อที่ 1 แล้ว พลาสติกชนิดนี้ยังมีคุณสมบัติที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำทะเล (มาริสา คุณธนวงศ์, ม.ป.ป.) ดังนั้นเมื่อกลายเป็นขยะในน้ำทะเลจึงจมตัวลงสะสมอยู่ในตะกอนดิน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้พบขยะพลาสติกชนิด PET ในตะกอนดินจำนวนมากเช่นกัน ซึ่งแตกต่างจากการศึกษา Ta and Babel (2020) ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และตะกอนดิน ในพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ประเทศไทย จากผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกชนิด PE ในตะกอนดินเป็นชนิดเด่นที่สุด รองลงมาคือชนิด PP อีกทั้งยังแตกต่างจากการศึกษาศักราช พัฒน์เอี่ยม, บงกช วิชาชูเชิด และเอกนรินทร์ รอดเจริญ (2565) ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในตะกอนดิน และสัตว์หน้าดิน บริเวณเกาะยอ จังหวัดสงขลา จากผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกชนิด Polyester ในตะกอนดินเป็นชนิดเด่นที่สุด เนื่องจากบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นแหล่งชุมชน แหล่งการทำประมง และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่สำคัญของประเทศไทย ดังนั้นเศษเสื้อผ้าจากการซักล้าง

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

จากแหล่งชุมชน และเศษอวนต่าง ๆ จากการทำการประมงอาจหลุดลงสู่แหล่งน้ำและจมตัวลงสู่ตะกอนดินบริเวณเกาะยอ และแตกต่างจากการศึกษา Sruthy and Ramasamy (2017) ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในตะกอนดิน บริเวณทะเลสาบ Vembanad และบริเวณปากแม่น้ำ ประเทศอินเดีย จากผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกชนิด LDPE เป็นชนิดเด่นที่สุด โดยพบถึง 6 สถานีจากทั้งหมด 10 สถานี รองลงมาคือชนิด PS พบถึง 5 สถานี และชนิด PP พบเพียง 2 สถานี ตามลำดับ และการศึกษา ปิ่นมนัส บูชา (2562) ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในดินตะกอนบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ได้แก่ ปากแม่น้ำบางปะกง ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำปราณบุรี หาดแม่รำพึง หาดเกาะทะลุ และหาดบริเวณปากคลองบ้านบางเปิด จากผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกชนิด PE และชนิด PP เป็นชนิดเด่นที่สุด และนอกจากนี้ยังพบพลาสติกชนิด Rayon และ Acrylic อีกด้วยแต่พบเป็นส่วนน้อย

3. ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด

จากผลการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) พบชนิดของขยะพลาสติกทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ ชนิด Low-density polyethylene (LDPE) ชนิด Polyethylene Terephthalate (PET) ชนิด Polypropylene (PP) ชนิด Polystyrene (PS) ชนิด Polyvinyl Chloride (PVC) และชนิดอื่น ๆ (Other) ได้แก่ ชนิด Nylon ชนิด Polyester ชนิด Polyetherimide (PEI) ชนิด Medium-density polyethylene (MDPE) ชนิด Ethylene Propylene Diene monomer (EPDM) ฯลฯ โดยชนิดที่พบมากที่สุดคือชนิด PP ปริมาณที่พบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.12±0.48 ชิ้น/ตารางเมตร รองลงมาคือชนิด PS ชนิด LDPE ชนิด PET ชนิด PVC และชนิดอื่น ๆ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพลาสติกชนิด PP มีคุณสมบัติที่ทนต่อความร้อนสูง ทนกรดด่างสามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี (ระพีพรรณ สายแวว, 2563) จึงนิยมนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ถุงร้อนบรรจุอาหาร จานชามพลาสติก หลอดพลาสติก ฯลฯ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้งานเป็นจำนวนมากสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน อีกทั้งบริเวณชายหาดที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวมีร้านอาหารจำนวนมากให้นักท่องเที่ยวได้ใช้บริการ ดังนั้นจึงพบขยะพลาสติกชนิด PP เป็นจำนวนมากบริเวณชายหาด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา Peng, Xu, Zhu, Bai, and Li (2018) ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในตะกอนดินบริเวณชายหาด นคร Shanghai ประเทศจีน จากผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกชนิด PP เป็นชนิดเด่นที่สุด โดยพบร้อยละ 57.1 รองลงมาคือชนิด Polyester พบร้อยละ 17.1 ชนิด Rayon พบร้อยละ 11.4 ชนิด Cotton + viscose (82:18) พบร้อยละ 5.7 ชนิด Phenoxy resin พบร้อยละ 2.9 ชนิด Polyvinyl stearate พบร้อยละ 2.9 และชนิด 76% Rayon + 24% Polyester พบร้อยละ 2.9 ตามลำดับ

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

แต่แตกต่างจากการศึกษา ทวีศักดิ์ กรีไกรนุช, รัชนี พุทธปรีชา, ราตรี สุขสุวรรณ์, รัฐชัย ตั้งใจ และรชยา สายสหัส (2562) ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในตะกอนดินบริเวณชายหาดอ่าวไทยตอนล่าง ได้แก่ หาดบางดี จังหวัดนครศรีธรรมราช หาดแหลมสนอ่อน จังหวัดสงขลา หาดสมิหลา จังหวัดสงขลา หาดตะโละกาโปร์ จังหวัดปัตตานี และหาดพระตำหนักทักษิณราชนิเวศน์ จังหวัดนราธิวาส จากผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกชนิด PET เป็นชนิดเด่นที่สุด รองลงมาคือชนิด PE ชนิด PVC ชนิด PP ชนิด PS และชนิด PA ตามลำดับ อีกทั้งยังแตกต่างจากการศึกษา พรปรีณัน ดอนสมจิตร, พนิดา ปรารัตน์, ภานุช หงส์สวัสดิ์ และบพิธ ฉุยฉาย (2563) ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำทะเล และตะกอนดินบริเวณชายหาดจังหวัดระยอง ได้แก่ หาดเขาแหลมหญ้า หาดบ้านเพ และหาดพลา จากผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกชนิด PS ในตะกอนดินเป็นชนิดเด่นที่สุด โดยพบร้อยละ 61 รองลงมาคือชนิด PE พบร้อยละ 25 และชนิด PP พบร้อยละ 14 ตามลำดับ และแตกต่างจากการศึกษา Li et al. (2021) ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และตะกอนดิน บริเวณพื้นที่ชายฝั่ง มณฑล Guangdong ประเทศจีน จากผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกชนิด Rayon ในตะกอนดินเป็นชนิดเด่นที่สุด โดยพบร้อยละ 31.30 รองลงมาคือชนิด PET พบร้อยละ 23.47 ชนิด PE พบร้อยละ 20.87 ชนิด Polyamide-11 พบร้อยละ 2.61 ชนิด PP พบร้อยละ 0.87 ชนิด Poly (2,3-butylene sulfone) พบร้อยละ 0.87 และชนิด Poly (acrylonitrile : vinyl chloride) พบร้อยละ 0.87 ตามลำดับ

ตารางที่ 27 ชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาด

| Station | Sample types | Types of plastic / microplastic | Reference |
|---|---|---|---|
| ปากแม่น้ำเจ้าพระยา<br>ปากแม่น้ำบางปะกง<br>ปากแม่น้ำท่าจีน<br>ปากแม่น้ำปราณบุรี<br>ปากแม่น้ำแม่กลอง<br>หาดแม่รำพึง<br>หาดเกาะทะลุ<br>หาดบริเวณปากคลองบ้านบางเปิด | Sediment | Polypropylene (PP)<br>Polyethylene (PE)<br>Rayon (RY)<br>Acrylic (AC) | ปิ่นมนัส บูชา (2562) |

BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44
1338552116

| Station | Sample types | Types of plastic / microplastic | Reference |
|---|---|---|---|
| เกาะยอ จังหวัดสงขลา | Sediment | Polyester | ศักราช พัฒน์เอี่ยม และคณะ (2565) |
| พื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ | Surface water | Polyester<br>Polypropylene (PP)<br>Polyethylene terephthalate (PET) | กนกวรรณ เนตรสิงแสง (2563) |
| หาดเขาแหลมหญ้า จังหวัดระยอง<br>หาดบ้านเพ จังหวัดระยอง<br>หาดพลา จังหวัดระยอง | Beach | Polystyrene (PS)<br>Polypropylene (PP)<br>Polyethylene (PE) | พรปรีณัน ดอนสมจิตร และคณะ (2563) |
| หาดบางดี จังหวัดนครศรี-ธรรมราช<br>หาดแหลมสนอ่อน จังหวัดสงขลา<br>หาดสมิหลา จังหวัดสงขลา<br>หาดตะโละกาโปร์ จังหวัดปัตตานี<br>หาดพระตำหนักทักษิณราชนิเวศน์ จังหวัดนราธิวาส | Beach | Polyethylene terephthalate (PET)<br>Polyethylene (PE)<br>Polyvinyl Chloride (PVC)<br>Polypropylene (PP)<br>Polyamide (PA) | ทวีศักดิ์ กรีไกรนุช และคณะ (2562) |
| เขื่อน Three Gorges ประ-เทศจีน | Surface water | Polypropylene (PP)<br>Polyethylene (PE)<br>Polystyrene (PS) | Zhang et al. (2015) |
| เมือง Wuhan ประเทศจีน | Surface water | Polyethylene terephthalate (PET)<br>Polyethylene (PE)<br>Polypropylene (PP)<br>Polystyrene (PS) | Wang et al. (2017) |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

| Station | Sample types | Types of plastic / microplastic | Reference |
|---|---|---|---|
| เมือง Wuhan ประเทศจีน | Surface water | Nylon | Wang et al. (2017) |
| ปากแม่น้ำเจ้าพระยา | Sediment<br>Surface water | Polypropylene (PP)<br>Polyethylene (PE) | Ta and Babel (2020) |
| ทะเลสาบ Vembanad และปากแม่น้ำ ประเทศอินเดีย | Sediment | Low-density polyethylene (LDPE)<br>Polystyrene (PS)<br>Polypropylene (PP) | Sruthy and Ramasamy (2017) |
| นคร Shanghai ประเทศจีน | Beach | Polypropylene (PP)<br>Polyester<br>Rayon<br>Cotton + viscose (82:18)<br>Phenoxy resin<br>Polyvinyl stearate<br>76% Rayon + 24% Polyester | Peng et al. (2018) |
| มณฑล Guangdong ประเทศจีน | Beach | Rayon<br>Polyethylene terephthalate (PET)<br>Polyethylene (PE)<br>Polyamide-11<br>Polypropylene (PP)<br>Poly (2,3-butylene sulfone)<br>Poly (acrylonitrile: vinyl chloride) | Li et al. (2021) |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

| Station | Sample types | Types of plastic / microplastic | Reference |
|---|---|---|---|
| ปากแม่น้ำวังโตนด จังหวัดจันทบุรี<br>หาดเจ้าหลาว จังหวัดจันท-บุรี<br>หาดแหลมเจริญ จังหวัดระ-ยอง<br>คลองน้ำหู จังหวัดระยอง<br>หาดพยูน จังหวัดระยอง<br>หาดจอมเทียน จังหวัดชล-บุรี<br>หาดพัทยา จังหวัดชลบุรี<br>หาดกระทิงลาย จังหวัดชล-บุรี | Surface water | Polypropylene (PP)<br>Polystyrene (PS)<br>ชนิดอื่นๆ (Other) ได้แก่<br>Nylon<br>Polyester<br>Polyvinylidene Chloride (PVDC)<br>Polyvinyl Alcohol (PVA)<br>Polytetrafluoroethylene (PTFE) | การศึกษาครั้งนี้ |
| | Sediment | Polyethylene terephthalate (PET)<br>Polypropylene (PP)<br>Polystyrene (PS)<br>ชนิดอื่นๆ (Other) ได้แก่<br>Nylon<br>Polyester<br>Polyvinylidene Chloride (PVDC)<br>Polyvinyl Alcohol (PVA)<br>Polytetrafluoroethylene (PTFE)<br>Polyetherimide (PEI) | |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

| Station | Sample types | Type of plastic / microplastic | Reference |
|---|---|---|---|
| ปากแม่น้ำวังโตนด จังหวัดจันทบุรี<br>หาดเจ้าหลาว จังหวัดจันท-บุรี<br>หาดแหลมเจริญ จังหวัดระ-ยอง<br>คลองน้ำหู จังหวัดระยอง<br>หาดพยูน จังหวัดระยอง<br>หาดจอมเทียน จังหวัดชล-บุรี<br>หาดพัทยา จังหวัดชลบุรี<br>หาดกระทิงลาย จังหวัดชล-บุรี | Beach | Low-density polyethylene (LDPE)<br>Polyethylene (PE)<br>Polypropylene (PP)<br>Polystyrene (PS)<br>Polyvinyl Chloride (PVC)<br>ชนิดอื่นๆ (Other) ได้แก่<br>Nylon<br>Polyester<br>Polyetherimide (PEI)<br>Medium-density polyethylene (MDPE)<br>Ethylene Propylene Diene monomer (EPDM) | การศึกษาครั้งนี้ |

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

5.1.2.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

จากผลการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) พบชนิดของขยะพลาสติกทั้งหมด 6 ชนิด โดยในตัวอย่างน้ำทะเลพบชนิดของขยะพลาสติก 4 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 Polyethylene Terephthalate (PET) ชนิดที่ 2 Polypropylene (PP) ชนิดที่ 3 Polystyrene (PS) และชนิดที่ 4 ชนิดอื่น ๆ (Other) ในตัวอย่างตะกอนดินพบชนิดของขยะพลาสติก 4 ชนิด เช่นกัน ได้แก่ ชนิดที่ 1 Polyethylene Terephthalate (PET) ชนิดที่ 2 Polypropylene (PP) ชนิดที่ 3 Polystyrene (PS) และชนิดที่ 4 ชนิดอื่น ๆ (Other) และบนชายหาดพบชนิดของขยะพลาสติก 6 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 Low-density polyethylene (LDPE) ชนิดที่ 2 Polyethylene Terephthalate (PET) ชนิดที่ 3 Polypropylene (PP) ชนิดที่ 4 Polystyrene (PS) ชนิดที่ 5 Polyvinyl Chloride (PVC) และชนิดที่ 6 ชนิดอื่น ๆ (Other) เมื่อนำผลการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก ไปทำการศึกษาการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก โดยการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกตามฤดูกาล และการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในแต่ละพื้นที่การศึกษา ด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ได้จากการศึกษา ดังนี้

1. การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกตามฤดูกาล

จากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูร้อน โดยใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเลในฤดูร้อนเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในฤดูร้อน และใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดินในฤดูร้อนเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในฤดูร้อน จากผลการวิเคราะห์พบว่าทั้งสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเลในฤดูร้อน และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในตะกอนดินในฤดูร้อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาดในฤดูร้อน

และจากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในฤดูฝน โดยใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเลในฤดูฝนเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ในฤดูฝน และใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดินในฤดูฝน เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาดในฤดูฝน จากผลการวิเคราะห์พบว่าทั้งสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเลในฤดูฝน และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในตะกอนดินในฤดูฝนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาดในฤดูฝน ซึ่งสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกที่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาลนั้น อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญตามฤดูกาล ได้แก่ การไหลเวียนของกระแสน้ำ กระแสลม เป็นต้น (นวลพรรณ คณานุรักษ์, 2555)

โดยจากการศึกษา ปริญ หล่อพิทยากร (2558) พบว่าในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายนเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ กระแสลมในช่วงนี้จะอ่อนกำลัง อีกทั้งกระแสน้ำในช่วงนี้มีลักษณะที่ไม่แน่นอนและไหลช้ากว่าในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายนเป็นช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ กระแสลมค่อนข้างแรง อีกทั้งการไหลเวียนของกระแสน้ำในช่วงนี้จะไหลเร็วกว่าช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยลักษณะการไหลเวียนของกระแสน้ำจะไหลเวียนตามเข็มนาฬิกา โดยลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะดันกระแสน้ำจากทางตอนใต้ของอ่าวไทยเลียบขึ้นไปทางด้านชายฝั่งอ่าวไทยตะวันตกและเข้าสู่บริเวณอ่าวไทยตอนบน จากนั้นกระแสน้ำจะไหลเบนไปทางขวาของอ่าวไทย และไหลออกทางอ่าวไทยตะวันออก ซึ่งกระแสลมที่แรง และกระแสน้ำที่ไหลเร็วในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายนนี้ได้พัดพาเอาขยะที่ถูกทิ้งกลางทะเลเข้ามายังพื้นที่การศึกษาเป็นจำนวนมาก ทำให้ชนิดของขยะพลาสติกมีความหลากหลาย ส่งผลให้สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาดในฤดูฝนมีความแตกต่างกัน ส่วนในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน แม้ว่ากระแสลมจะอ่อนกำลัง และกระแสน้ำไหลช้าไม่มีกำลังมากพอที่จะพัดพาเอาขยะที่ถูกทิ้งกลางทะเลเข้ามายังพื้นที่ศึกษา แต่เนื่องจากเป็นช่วงฤดูกาลท่องเที่ยว ซึ่งมีนักท่องเที่ยวเข้ามาท่องเที่ยวในพื้นที่การศึกษาอย่างหาดพัทยา และหาดเจ้าหลาวเป็นจำนวนมาก โดยในปี 2561 มีจำนวนนักท่องเที่ยวเข้ามาท่องเที่ยวในพื้นที่หาดพัทยามากถึง 13,814,461 คน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2560 ร้อยละ 4.06 (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2561) ส่วนพื้นที่หาดเจ้าหลาวไม่มีการรายงานจำนวนนักท่องเที่ยวในพื้นที่ แต่จากรายงานการท่องเที่ยวภายในจังหวัดจันทบุรี ปี 2561 มีจำนวนนักท่องเที่ยวเข้ามาท่องเที่ยวในจังหวัดมากถึง 1,598,231 คน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2560 ร้อยละ 4.06 (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2561) เมื่อจำนวนนักท่องเที่ยวมากขึ้นกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากการท่องเที่ยวก็มีความหลากหลายมากขึ้น อาทิ การพักผ่อนบริเวณชายหาด การเล่นกีฬาทางน้ำ การขนส่งนักท่องเที่ยวไปยังเกาะต่าง ๆ ฯลฯ ส่งผล

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ให้ชนิดของขยะพลาสติกมีความหลากหลายตามไปด้วย จึงทำให้สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาดในฤดูร้อนมีความแตกต่างกัน

2. การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในแต่ละพื้นที่การศึกษา

จากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล จังหวัดชลบุรี โดยใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล จังหวัดชลบุรี เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด จังหวัดชลบุรี และใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน จังหวัดชลบุรี เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด จังหวัดชลบุรี จากผลการวิเคราะห์พบว่าทั้งสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล จังหวัดชลบุรี และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในตะกอนดิน จังหวัดชลบุรี แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาด จังหวัดชลบุรี

และจากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล จังหวัดระยอง โดยใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล จังหวัดระยอง เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด จังหวัดระยอง และใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน จังหวัดระยอง เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด จังหวัดระยอง จากผลการวิเคราะห์พบว่าทั้งสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล จังหวัดระยอง และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในตะกอนดิน จังหวัดระยอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาด จังหวัดระยอง

และจากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล จังหวัดจันทบุรี โดยใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำทะเล จังหวัดจันทบุรี เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด จังหวัดจันทบุรี และใช้ชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในตัวอย่างตะกอนดิน จังหวัดจันทบุรี เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบนชายหาด จังหวัดจันทบุรี จากผลการวิเคราะห์พบว่าทั้งสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล จังหวัดจันทบุรี และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในตะกอนดิน จังหวัดจันทบุรี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาด จังหวัดจันทบุรี

ซึ่งสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่นั้น จากการศึกษา ศรุต ข่ายแก้ว (2559) พบว่าอาจขึ้นอยู่กับการใช้

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

ประโยชน์ และกิจกรรมของมนุษย์ที่เกิดขึ้นทั้งบนชายหาด และในทะเล อาทิ กิจกรรมการท่องเที่ยวบริเวณชายหาด กิจกรรมนันทนาการในทะเล กิจกรรมการประมง กิจกรรมการขนส่งด้วยเรือสินค้า สิ่งก่อสร้างในทะเล เป็นต้น โดยในการศึกษาครั้งนี้พื้นที่การศึกษาจังหวัดชลบุรี ได้ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณหาดพัทยา ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมมีนักท่องเที่ยวมาเยี่ยมเยือนจำนวนมากทุกปี ซึ่งกิจกรรมที่เกิดขึ้นบนชายหาด บริเวณหาดพัทยา มีความหลากหลายเป็นอย่างมากไม่ว่าจะเป็น โรงแรม ร้านอาหาร การท่องเที่ยวบริเวณชายหาด แหล่งชุมชนชาวประมง เป็นต้น ส่วนกิจกรรมที่เกิดขึ้นในทะเลก็มีความหลากหลายเป็นอย่างมากเช่นกันไม่ว่าจะเป็น ร้านอาหารบนแพ การขนส่งนักท่องเที่ยวไปยังเกาะต่าง ๆ การทำประมงแพหอย การเล่นกีฬาทางน้ำ เป็นต้น ซึ่งประเภทของกิจกรรมที่เกิดขึ้นทั้งบนชายหาด และในทะเล บริเวณหาดพัทยามีความคล้ายกัน จึงส่งผลให้สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาด จังหวัดชลบุรี ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนพื้นที่การศึกษาจังหวัดระยอง ได้ทำการเก็บตัวอย่างใกล้กับบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ซึ่งเป็นนิคมอุตสาหกรรมที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ ซึ่งกิจกรรมที่เกิดขึ้นบนชายหาด บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีความหลากหลายเป็นอย่างมากไม่ว่าจะเป็น โรงงานอุตสาหกรรม ร้านอาหาร แหล่งชุมชนชาวประมง การท่องเที่ยวบริเวณชายหาด เป็นต้น ส่วนกิจกรรมที่เกิดขึ้นในทะเลมีความหลากหลายที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นบนชายหาด ได้แก่ การทำประมงชายฝั่ง การขนส่งสินค้าทางเรือขนาดใหญ่ สิ่งก่อสร้างในทะเล เช่น เขื่อนกันคลื่น เป็นต้น ซึ่งประเภทของกิจกรรมที่เกิดขึ้นทั้งบนชายหาด และในทะเล บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดไม่มีความคล้ายกัน จึงส่งผลให้สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาด จังหวัดระยอง มีความแตกต่างกันไปด้วย และพื้นที่การศึกษาจังหวัดจันทบุรี ได้ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณหาดเจ้าหลาว ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงของจังหวัดจันทบุรี ซึ่งกิจกรรมที่เกิดขึ้นบนชายหาด ได้แก่ โรงแรม ร้านอาหาร การท่องเที่ยวบริเวณชายหาด แหล่งชุมชนชาวประมง เป็นต้น ส่วนกิจกรรมที่เกิดขึ้นในทะเลมีความหลากหลายที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นบนชายหาด ได้แก่ การทำประมงชายฝั่ง การเล่นกีฬาทางน้ำ เป็นต้น ซึ่งประเภทของกิจกรรมที่เกิดขึ้นทั้งบนชายหาด และในทะเลบริเวณหาดเจ้าหลาวไม่มีความคล้ายกัน จึงส่งผลให้สัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาด จังหวัดจันทบุรี มีความแตกต่างกันไปด้วย

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

## 5.2 สรุปผลการศึกษา

5.2.1 การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล

จากการศึกษาการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล พบว่าเทคนิค Convolutional Neural Network ที่ Model มีโครงสร้าง Layer เป็น (1,024, 512, 4) และกำหนด Argument ให้ค่า Epochs = 650 ค่า Batch size = 1,000 และค่า Validation split = 0.1 สามารถจำแนกขยะชายฝั่งทะเลทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ ขยะจากกิจกรรมชายฝั่งและการพักผ่อน ขยะจากกิจกรรมทางการประมงและการเดินเรือ ขยะจากกิจกรรมเกี่ยวกับการสูบและขยะจากอุปกรณ์การแพทย์และอนามัยออกจากกันได้ดี โดยชุดข้อมูล Training set มีค่าความถูกต้องในการจำแนกเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 85.08 ส่วนชุดข้อมูล Test set มีค่าความถูกต้องในการจำแนกเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 53.83 แต่อย่างไรก็ตามเทคนิค Convolutional Neural Network ก็ยังมีข้อจำกัดในการจำแนกตัวอย่างภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเลที่มีสิ่งรบกวนที่เกิดจากการปกคลุมวัตถุที่เป็นขยะของทราย หญ้า และกิ่งไม้ ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจำแนกมีค่าความถูกต้องลดลง อีกทั้งยังต้องระวังการเกิด Overfitting อีกด้วย

5.2.2 การติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

จากการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก พบว่าในน้ำทะเล และตะกอนดินทั้ง 3 พื้นที่การศึกษาขยะพลาสติกชนิด PET เป็นชนิดเด่นที่สุด โดยในตัวอย่างน้ำทะเลปริมาณชิ้น/ลูกบาศก์เมตร ที่พบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 12.11±9.14 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร และในตัวอย่างตะกอนดิน ปริมาณชิ้น/ตารางเมตร ที่พบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 71.70±40.45 ชิ้น/ตารางเมตร ส่วนบนชายหาดทั้ง 3 พื้นที่การศึกษาขยะพลาสติกชนิด PP เป็นชนิดเด่นที่สุด โดยบนชายหาด ปริมาณชิ้น/ตารางเมตร ที่พบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.12±0.0548 ชิ้น/ตารางเมตร เนื่องจากพลาสติกทั้ง 2 ชนิดนี้นิยมนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น พลาสติกชนิด PET นิยมนำมาผลิตเป็นขวดพลาสติก ขวดน้ำมันพืช เป็นต้น ส่วนพลาสติกชนิด PP นิยมนำมาผลิตเป็นถุงร้อนบรรจุอาหาร กล่องบรรจุอาหาร เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ในข้างต้นมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน จึงส่งผลให้ในการศึกษาครั้งนี้พบขยะพลาสติกทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นจำนวนมาก

และเมื่อนำผลการศึกษาชนิดของขยะพลาสติกที่ตรวจพบบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก ไปทำการศึกษาการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก โดยการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกตามฤดูกาล และการเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในแต่ละพื้นที่การศึกษา ด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ Chi square test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกตามฤดูกาล พบว่าทั้งสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเลในทั้งสองฤดู และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในตะกอนดินในทั้งสองฤดูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาดในทั้งสองฤดู และจากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออกในแต่ละพื้นที่การศึกษา พบว่าทั้งสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล จังหวัดชลบุรี และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในตะกอนดิน จังหวัดชลบุรีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาดจังหวัดชลบุรี และทั้งสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในน้ำทะเล จังหวัดระยอง และจังหวัดจันทบุรี และสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกในตะกอนดิน จังหวัดระยอง และจังหวัดจันทบุรีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัดส่วนชนิดของขยะพลาสติกบนชายหาด จังหวัดระยอง และจังหวัดจันทบุรี เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เกิดขึ้นทั้งบนชายหาดและในทะเลในพื้นที่นั้น ๆ การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศโดยเฉพาะกระแสลมในช่วงฤดูมรสุม และการไหลเวียนของกระแสน้ำมีผลต่อชนิดและสัดส่วนของขยะพลาสติกที่ตรวจพบในน้ำทะเล ตะกอนดิน และบนชายหาดบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก อย่างไรก็ตามขยะพลาสติกส่วนใหญ่ก็เกิดจากมนุษย์ หากมนุษย์มีการใช้ผลิตภัณฑ์ หรือบรรจุภัณฑ์พลาสติกน้อยลงก็จะทำให้ปริมาณขยะพลาสติกในทะเลมีจำนวนน้อยลงไปด้วย

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล

1. สามารถประยุกต์ใช้เทคนิค Convolutional Neural Network ที่มีโครงสร้างแบบอื่น ๆ ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น อาทิเช่น GoogLeNet และ ResNet เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกขยะชายฝั่งทะเล

2. ทำการเพิ่มจำนวนตัวอย่างในการเรียนรู้ตัวอย่างภาพถ่ายขยะบริเวณชายฝั่งทะเลที่มีสิ่งรบกวนที่เกิดจากการปกคลุมวัตถุที่เป็นขยะ เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความถูกต้องในการจำแนก

3. ทำการป้องกันการเกิด Overfitting โดยใช้เทคนิค Data Augmentation ทำให้เกิดความหลากหลายของภาพ เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความถูกต้องในการจำแนก

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

5.3.2 การติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก

1. ทำการศึกษาการติดตามการแพร่กระจายของชนิดของขยะพลาสติกในทะเล ในพื้นที่อื่น ๆ เพื่อให้ชุมชน และผู้ประกอบการต่าง ๆ ในพื้นที่ทราบ และตระหนักถึงปัญหาขยะพลาสติกในทะเลในพื้นที่ของตน อีกทั้งยังเพื่อให้หน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องหาแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกในทะเลในประเทศไทยได้

1338552116
BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

# บรรณานุกรม


Chazhoor, A. A. P., Zhu, M., Ho, E. S. L., Gao, B., & Woo, W. L. (2021). Classification of different types of plastics using Deep Transfer Learning. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Robotics, Computer Vision and Intelligent Systems (ROBOVIS 2021)* (pp. 190-195).

Gatchalee, P. (2019, October 3). *Confusion Matrix เครื่องมือสำคัญในการประเมินผลลัพธ์ของการทำนายในMachine learning*. เข้าถึงได้จาก https://medium.com/@pagongatchalee/confusion-matrix-%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AA%E0%B8%B3%E0%B8%84%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%9E%E0%B8%98%E0%B9%8C%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%97%E0%B8%B3%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%A2-%E0%B9%83%E0%B8%99machine-learning-fba6e3f9508c

Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2017). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, *60*(6), 84-90.

Li, Y., Zhang, Y., Chen, G., Xu, K., Gong, H., Huang, K., Yan, M., & Wang, J. (2021). Microplastics in Surface Waters and Sediments from Guangdong Coastal Areas, South China. *Sustainability*, *13*, 2691.

Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. (2015). *Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments*. Maryland: NOAA marine debris division.

Marin, I., Mladenović, S., Gotovac, S., & Zaharija, G. (2021). Deep-feature-based approach to marine debris classification. *Applied Sciences*, *11*(12), 5644.

Mohanty, S. P., Hughes, D. P., & Salathé, M. (2016). Using deep learning for image-based plant disease detection. *Frontiers in plant science, 7*, 1419.

Olowolayemo, A., Radzi, N. I. A., & Ismail, N. F. (2022). Classifying Plastic Waste Using Deep Convolutional Neural Networks for Efficient Plastic Waste Management. *International*



1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

*Journal on Perceptive and Cognitive Computing*, *8*(2), 6-15.

Peng, G., Xu, P., Zhu, B., Bai, M., & Li, D. (2018). Microplastics in freshwater river sediments in Shanghai, China: A case study of risk assessment in mega-cities. *Environmental Pollution*, *234*, 448-456.

Shang, Y. (2014, December 15). *พลาสติกตามตัวเลข*. เข้าถึงได้จาก https://www.youngshang.com.tw/th/news/2014-news-001.html

Sruthy, S., & Ramasamy, E.V. (2017). Microplastic pollution in Vembanad Lake, Kerala, India: The first report of microplastics in lake and estuarine sediments in India. *Environmental Pollution*, *222*, 315-322.

Ta, A. T., & Babel, S. (2020). Microplastics pollution with heavy metals in the aquaculture zone of the Chao Phraya River Estuary, Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, *161*, 111747.

Xia, J., Huang, Y., Li, Q., Xiong, Y., & Min, S. (2021). Convolutional neural network for identification of plastic solid waste using near infrared spectroscopy. doi: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-245885/v1

Wang, W., Ndungu, A. W., Li, Z., & Wang, J. (2017). Microplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China. *Science of the Total Environment*, *575*, 1369-1374.

Zhang, K., Gong, W., Lv, J., Xiong, X., & Wu, C. (2015). Accumulation of floating microplastics behind the Three Gorges Dam. *Environmental Pollution*, *204*, 117-123.

กนกวรรณ เนตรสิงแสง. (2563). *การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กรมควบคุมมลพิษ. (2562). *สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561*. กรุงเทพฯ: หจก.ส. มงคลการพิมพ์.

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2562). *สถานภาพทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง*. เข้าถึงได้จาก https://www.dmcr.go.th/detailAll/30612/nws/141

กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2561). *สถิตินักท่องเที่ยวภายในประเทศ ปี 2561 (จำแนกตามภูมิภาคและจังหวัด)*. วันที่ค้นข้อมูล 7 พฤศจิกายน 2565, เข้าถึงได้จาก https://www.mots.go.th/news/category/531

การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (ม.ป.ป.). *รายงานการศึกษาความเหมาะสม (Feasibility*

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

*Study) การจัดตั้งเขตส่งเสริมเศรษฐกิจพิเศษเพื่อกิจการอุตสาหกรรมภายในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด*. เข้าถึงได้จาก https://www.eeco.or.th /web- upload/filecenter/html/establishment/Feasibility/013.pdf

จักรินทร์ สนุกแสน และโอฬาริก สุรินต๊ะ. (2561). โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึกสำหรับการจำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทาง*ธรรมชาติ*. *Journal of Science & Technology MSU*, *38*(2), 113-124.

ชมพูนุท พรหมภักดิ์. (2563). *สถานการณ์ขยะพลาสติกของกรุงเทพมหานครในปัจจุบัน*. เข้าถึงได้จาก https://www.senate.go.th/document/Ext23700/23700555_0002.PDF

ชัชเวทย์ หลิ่วโรจน์ทรัพย์. (2561). การวิเคราะห์นิ่ว. *ธรรมศาสตร์เวชสาร*, *18*(3), 403-414.

ทวีศักดิ์ กรีไกรนุช, รัชนี พุทธปรีชา, ราตรี สุขสุวรรณ์, รัฐชัย ตั้งใจ และรชยา สายสหัส. (2562). *การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตะกอนดิน บริเวณชายหาดอ่าวไทยตอนล่าง*. เข้าถึงได้จากhttps://www.dmcr.go.th/downloadLib/?file=qTMcMUujpP5gZap3GQqgYJp1qQIcA3t5pQMgAap3GQMgAJpkqP1cBKtjpQIgZUp5GQSgZTplqP1cMKufpTygMapiGTIgoTqcqTMcY3u0pTEgY3qxGTSgo2qfqUOcqKtipUWgL3qgGTEgY2qyqTAcpau1pT9gp3qyGUWgY2qbqUEcYauipTqgYaqlGTAgoJqxqP5cMKuwpUWgqKqiGUAgMJqlqP9cBauS&n87&t=GT5gq2qxqS9cMUug&type=rQR%3Q&up=rQR%3Q&id=MmM0Z2x1rQD%3Q&sync=1

ธเนศ ปานรัตน์. (2551). *แบบจำลองการวิเคราะห์รูปแบบและรู้จำลำดับพันธุกรรม*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นวลพรรณ คณานุรักษ์. (2555). *ประเภทและแหล่งที่มาของขยะทะเลตามฤดูกาลบริเวณหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์. (2539). สัญลักษณ์พลาสติกน่ารู้. *วารสารเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุ*, (3), 76-77.

ปริญ หล่อพิทยากร. (2558). รูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำอ่าวไทยจากแบบจำลอง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, *23*(3), 446-465.

ปิ่นมนัส บูชา. (2562). *ชนิดและการกระจายของไมโครพลาสติกในพื้นผิวดินตะกอนบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย*. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์วิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

พรทิภา ฮาดวิเศษ, สว่าง เกษแดงสกลวุฒิ และวัชรา ศากรวิมล. (2562). *กรณีศึกษา: การเกยตื้นของวาฬนำร่องครีบสั้นที่มีผลจากการกระทำของมนุษย์ ที่บริเวณคลองนาทับ อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา ประเทศไทย*. เข้าถึงได้จาก https://www.dmcr.go.th/download/?file=M2M0MTyjrP5jA201qmIZYJ00MmE0BTx4rQMjAz03qmMZAJ0kMl10BJxjrQIjZT05qmSZZT0lMl10MJyfrTyjMz0iq2IZoT1cM2M0Y2y0rTEjY21xq2SZo21fM3O0qJxirUEjo21iq3WZq213M3q0Y2x6rRZ%3Q&n=กรณีศึกษา:การเกยตื้นของวาฬนำร่องครีบสั้นที่มีผลจากการกระทำของมนุษย์ที่บริเวณคลองนาทับอำเภอจะนะจังหวัดสงขลาประเทศไทย=GT5gq2qxqS9cMUug&type=rQR%3Q&up=rQR%3Q&id= MmW0Z2x1rQD%3Q

พรปรีณัน ดอนสมจิตร, พนิดา ปรารัตน์, ภานุช หงส์สวัสดิ์ และบพิธ ฉุยฉาย. (2563). การแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในน้ำทะเลและตะกอนดินตามแนวชายหาดจังหวัดระยอง. ใน *การประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 2* (หน้า 1-9).

มาริสา คุณธนวงศ์. (ม.ป.ป.). *เราสามารถทดสอบชนิดของพลาสติกได้อย่างไร หากพลาสติกไม่มีรหัสสำหรับรีไซเคิลที่บ่งบอกถึงชนิดของพลาสติก*. เข้าถึงได้จาก https://www.mtec.or.th/post- knowledges/4045/

มิถิลา ปรานศิลป์, อิสรา อาศิรนันต์, อัญชลี จันทร์คง และชลาทิพ จันทร์ชมภู. (2559). ปริมาณและประเภทขยะทะเล บริเวณหาดแหลมแม่พิมพ์ จังหวัดระยอง ปี 2557-2558. ใน *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 5* (หน้า 588-596).

โยษิตา คำบุญมี, สุขสวัสดี ณัฏฐวุฒิสิทธิ์ และปราลี มณีรัตน์. (2561). การจำแนกภาพถ่ายระบบอาร์จีบีด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก. *วารสาร Mahidol R2R e-Journal*, *5*(2), 1-9.

ระพีพรรณ สายแวว. (2563). *เทคนิคการเลือกบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำพื้นเมือง*. เข้าถึงได้จาก https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20200501105337_1_file.pdf

ราชาวดี จันทรา, วรรณษา เรืองแก้ว, อรณี จงกลแพทย์, พรทิพา ฮาดวิเศษ, สิตากาญจน์ ทวิสุวรรณ และวัชรา ศากรวิมล. (2562). *ผลกระทบจากขยะทะเลต่อเต่าทะเลในน่านน้ำไทย*. เข้าถึงได้จาก https://www.dmcr.go.th/download/?file=M2M0MTyjrP5jBJ03qmyZYJ0jMmM0ZTxlrQujAJ03qmMZAJ0kMl10BJxjrQEjZT05qmSZZT0lMl10MJyfr TyjMz0iq2IZoT1cM2M0Y2y0rTEjY21xq2SZo21fM3O0qJxirUEjo21iq3WZ q213M3q0Y2x6rRZ%3Q&n=ผลกระทบจากขยะทะเลต่อเต่าทะเลในน่านน้ำไทย=GT5gq2qxqS9cMUug&type=rQR%3Q&up=rQR%3Q&id=Mmy0Zzx1rQD%3Q

วรางคณา อนุชิตโอฬาร. (2546). *FT-IR Imaging*. เข้าถึงได้จาก https://www2.mtec.or.th/th/e-

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

magazine/admin/upload/212_67-70.pdf

วราภรณ์ ม้วนทอง, วรุณศักดิ์ เลี่ยมแหลม และเสฏฐา ศาสนนันทน์. (2558). แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับ Clarifier กรณีศึกษา: โรงงานผลิตน้ำประปาบางเขน. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์*, *10*(1), 32-44.

วุฒิชัย บุญพุก, 谭玉敏, พีรพงศ์ ต่อฑีฆะ, กฤตนัย ต่อศรี, สอนกิจจา บุญโปร่ง และฌานิกา สุขวัฒนวิจิตร. (2561). การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อจำแนกประเภทการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมในประเทศไทยโดยใช้ซอฟต์แวร์คาเฟ่. *วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย*, *19*(ฉบับพิเศษ), 65-77.

ศรุต ข่ายแก้ว. (2559). *ประเภท ปริมาณ และการกระจายตัวของขยะพลาสติกจากกิจกรรมของมนุษย์ในเขตน้ำขึ้นน้ำลง บริเวณเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศักราช พัฒน์เอี่ยม, บงกช วิชาชูเชิด และเอกนรินทร์ รอดเจริญ. (2565). การสะสมไมโครพลาสติกในตะกอนดินและสัตว์หน้าดิน บริเวณเกาะยอ จังหวัดสงขลา. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, *27*(1), 451-466.

ศิรินิตย์ ธารธาดา และปฐมาพร อำนาจอนันต์. (2561). เทคโนโลยี Fourier transform infrared spectroscopy: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้. *วารสารวิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์และเทคโนโลยี*, *2*(1), 29-33.

ศุภโชค แสงสว่าง. (2559). การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับงานทางด้านการเกษตร. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, *26*(2), 319-331.

ศุลีพร แสงกระจ่าง, ปัทมา พลอยสว่าง และปริณดา พรหมหิตาธร. (2556). ผลกระทบของพลาสติกต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม. *วารสารพิษวิทยาไทย*, *28*(1), 39-50.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งทะเลอันดามัน. (2561). *คู่มือการติดตามสถานการณ์ ผลกระทบ และแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาขยะทะเลต่อสัตว์ทะเลหายากใกล้สูญพันธุ์ และการท่องเที่ยวทางทะเล โดยใช้จังหวัดภูเก็ตเป็นโมเดล*. กรุงเทพฯ: สหมิตรพัฒนาการพิมพ์.

สถาบันพลาสติก. (2555, มิถุนายน-กรกฎาคม). ทำไมต้องพลาสติก?. *Plastics Foresight*, 24-25.

สถาบันพลาสติก. (2556, กันยายน-ตุลาคม). ส่อง...ชีวิตพลาสติกสร้างประโยชน์อย่างสร้างสรรค์. *Plastics Foresight*, 21-31.

สถาบันลูกโลกสีเขียว. (2561, เมษายน-มิถุนายน). หากยังรักกันถึงเวลาบอกลาขยะพลาสติก.

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44

*ลูกโลกสีเขียว*, *13*(50), 1.

สำนักยุทธศาสตร์และงบประมาณ. (2562). *แผนพัฒนาเมืองพัทยา (พ.ศ.2561-2565)*. เข้าถึงได้จาก https://www.pattaya.go.th/document/%E0%B9%81%E0%B8%9C%E0%B8%99%205%20%E0% B8%9B%E0%B8%B5%20%20%E0%B9%80%E0%B8%A1% E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%9E%E0%B8%B1%E0%B8%97% E0%B8%A2%E0%B8%B2/%E0%B9%81%E0%B8%9C%E0%B8%99%E0%B8%9E%E0%B8%B1%E0%B8%92%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B9%80% E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%9E% E0%B8%B1%E0%B8%97%E0%B8%A2%E0%B8%B2%202561-2565.pdf

สุวัจน์ ธัญรส. (2557). *มลพิษทางทะเลและชายฝั่ง*. เข้าถึงได้จาก https://fishtech.rmutsv.ac.th/fishtech/sites/default/files/files/2557/SAR56/FISHTECH%204.0.3-02(6).pdf

อนุสิษฐ์ เกื้อกูล. (2560, 4 มิถุนายน). *พอลิเมอร์*. เข้าถึงได้จาก https://www.scimath.org/lesson-chemistry/item/7095-2017-06-04-02-45-14

อรทัย ลีลาพจนาพร. (2547). *คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์โดยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี*. เข้าถึงได้จาก http://lib3.dss.go.th/fulltext/Vichakran/vichakran_lpd_0006.pdf

1338552116 BUU iThesis 62910162 thesis / recv: 23042566 09:51:15 / seq: 44