

การพัฒนาการแปลภาษามือไทยด้วยคลังโปรแกรมมีเดียไฟฟ้า



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Development of Thai Sign Language Interpretation with MediaPipe Library



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

FACULTY OF ENGINEERING

Chulalongkorn University

Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาการแปลภาษาเมื่อไทยด้วยคลังโปรแกรมมีเดีย ไพพ์
โดย	นายจักรพันธ์ สุทธิแพทย์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์ พุ่มรินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	
.....	ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันเฉลิม โปธา)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์ พุ่มรินทร์)	
.....	กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.สัญญา มิตรเอม)	

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จักรพันธ์ สุทธิแพทย์ : การพัฒนาการแปลภาษามือไทยด้วยคลังโปรแกรมมีเดียไพพ์. (Development of Thai Sign Language Interpretation with MediaPipe Library)

อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.สุรียห์ พุ่มรินทร์

การใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อแปลภาษามือไทยได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพื่อช่วยลดปัญหาในการสื่อสารกับผู้พิการหรือบกพร่องทางการได้ยิน ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการประยุกต์ใช้คลังโปรแกรมมีเดียไพพ์เพื่อแปลภาษามือไทยโดยใช้การจับภาพท่ามือของภาษามือไทยด้วยกล้องเว็บแคมและระบุตำแหน่งสำคัญบนฝ่ามือด้วยคลังโปรแกรมมีเดียไพพ์ เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับแฟ้มข้อความในรูปแบบตารางที่ได้บันทึกตำแหน่งสำคัญและคำศัพท์ไว้จำนวน 35 คำ ใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด K ตัว เพื่อเลือกคำศัพท์ที่ใกล้เคียงกับท่ามือมากที่สุด ประมวลผลด้วยชุดคำสั่งภาษาไพทอนและแสดงผลการแปลบนจอภาพในทันที การประมวลผลใช้เพียงหน่วยประมวลผลกลางของคอมพิวเตอร์ทั่วไปจึงไม่จำเป็นต้องใช้ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง พบว่าระบบสามารถตรวจจับตำแหน่งสำคัญและแสดงผลการแปลได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความแม่นยำร้อยละ 85.71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2565

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6270032021 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORD: Thai Sign Language, MediaPipe, Thai Sign Language Interpretation

Jakkrapan Sudthipadh : Development of Thai Sign Language Interpretation with MediaPipe Library. Advisor: Asst. Prof. SUREE PUMRIN, Ph.D.

To communicate with hearing impaired persons uncomplicatedly, using the computer vision to interpret the Thai Sign Language has been developing continuously. In this study, applying MediaPipe to interpret the Thai Sign Language is the main feature. The movements of hand gesture were captured by a web camera and the landmarks are located by MediaPipe. The results were compared with the comma-separated values file that stored a set of 35 training landmarks and vocabularies. K-nearest neighbor algorithm was applied to choose the most appropriate vocabularies. The output processed by Python was displayed on the screen in real time. A high-performance computer is not required as the processing use only the central processing unit of a general computer. This system can detect the landmarks and display the output effectively with the accuracy of 85.71%



Field of Study: Electrical Engineering

Student's Signature

Academic Year: 2022

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณบุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ดังรายนามดังต่อไปนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์ พุ่มรินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.วันเฉลิม โปรา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาทั้งในด้านวิชาการ ขอบเขตและรูปแบบของวิทยานิพนธ์ ตลอดจนถึงเป็นส่วนสำคัญที่ผลักดันให้งานสำเร็จได้ทันเวลา

ศาสตราจารย์ ดร.สัญญา มิตรเอม กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติม ทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากขึ้น

คณาจารย์ เจ้าหน้าที่และรุ่นน้องที่ Embedded Systems and IC Design Research Laboratory (ESID) คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้สนับสนุนและเป็นส่วนเติมเต็มสำคัญที่ทำให้งานนี้สำเร็จได้

เจ้าหน้าที่จากสมาคมคนหูหนวกแห่งประเทศไทยและคณะครูนักเรียนโรงเรียนเศรษฐเสถียร ที่ได้ร่วมทดสอบและให้คำแนะนำเพิ่มเติม

กลุ่มนักพัฒนาที่สร้างสรรค์นวัตกรรมที่เป็นประโยชน์กับผู้พิการ ทำให้สื่อสารกับผู้พิการได้สะดวกขึ้น เสริมสร้างกำลังใจให้ผู้พิการได้เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาสังคมของเรา

ครอบครัวสุทธิแพทย์ ที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจในทุกกิจกรรมของผู้ศึกษาตลอดมา

ขอขอบพระคุณทุกท่าน

กรกฎาคม 2566

จักรพันธ์ สุทธิแพทย์

สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูปภาพ.....	1
บทที่ 1 บทนำ.....	2
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	3
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	3
1.4 วิธีการดำเนินงานวิทยานิพนธ์.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาษามือ.....	4
2.2 ประเภทของภาษามือ.....	4
2.3 ภาษามือในประเทศไทย.....	5
2.4 องค์ประกอบของภาษามือไทย.....	10
2.5 การแปลภาษามือไทย.....	10
2.6 พัฒนาการของภาษามือไทย.....	11

2.7 การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning).....	12
2.8 ขั้นตอนวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด K ตัว (K-Nearest Neighbor).....	14
2.9 มีเดียไพพ์ (MediaPipe)	15
บทที่ 3 ขั้นตอนการศึกษา.....	16
3.1 สร้างฐานข้อมูลคำศัพท์ภาษามือไทย.....	16
3.2 สร้างฐานข้อมูลการสะกดนิ้วมือไทย.....	16
3.3 สร้างชุดคำสั่งด้วยภาษาไพทอนเพื่อสร้างตำแหน่งของจุดสำคัญบนฝ่ามือ	16
3.4 สร้างชุดคำสั่งด้วยภาษาไพทอนเพื่อประมวลผลการรู้จำภาษามือไทย แสดงคำศัพท์ที่แปลได้.....	18
3.5 ชุดคำศัพท์และการสะกดนิ้วมือภาษามือไทยที่ใช้ในการศึกษา.....	21
3.6 ตำแหน่งจุดสำคัญที่ใช้ในการศึกษา.....	25
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการอภิปรายผล	32
4.1 ผลการศึกษา	32
4.2 ปัญหาที่พบในการศึกษา	32
4.3 แนวทางการพัฒนา.....	33
บรรณานุกรม	34
ประวัติผู้เขียน	37

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ตัวอย่างตำแหน่งของจุดสำคัญบนฝ่ามือของคำตัวอย่าง	17
ตารางที่ 2 ตำแหน่งจุดสำคัญที่ใช้ในการศึกษา.....	25
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบแปลคำศัพท์และตัวสะกดโดยผู้ชำนาญการภาษามือไทย 3 ท่าน.....	32



สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ภาษามือตามไวยากรณ์ภาษาไทย ฉัน-ไป-โรงเรียน หมายถึง “ฉันไปโรงเรียน” [3].....	6
ภาพที่ 2 ภาษามือตามไวยากรณ์ภาษาไทย คุณ-กิน-ข้าว-หรือ-ยัง คือ “คุณกินข้าวแล้วหรือยัง” [3].	6
ภาพที่ 3 ภาษามือไทย โรงเรียน-ไป หมายถึง “ฉันไปโรงเรียน” [3].....	6
ภาพที่ 4 ภาษามือไทย ข้าว-กิน-แล้ว+สีหน้าด้วยเลิกคิ้ว หมายถึง “คุณกินข้าวแล้วหรือยัง” [3].....	6
ภาพที่ 5 การสะกดนิ้วมือภาษาอังกฤษแบบอเมริกัน [5].....	7
ภาพที่ 6 ตัวอย่างการเทียบเสียงพยัญชนะหรือเสียงสระในภาษาไทยที่ออกเสียงเหมือนหรือคล้ายคลึงกับเสียงพยัญชนะหรือเสียงสระในภาษาอังกฤษ [4].....	7
ภาพที่ 7 ตัวอย่างการเทียบเสียงพยัญชนะหรือเสียงสระในภาษาไทยที่ไม่มีในภาษาอังกฤษ [4].....	8
ภาพที่ 8 แบบสะกดนิ้วมือไทย [6].....	8
ภาพที่ 9 แบบสะกดสระ วรรณยุกต์และสัญลักษณ์อื่น ๆ [6]	9
ภาพที่ 10 ตัวอย่าง วิธีการสะกดนิ้วมือ [6].....	9
ภาพที่ 11 ตำแหน่งสำคัญบนใบหน้าที่มี 468 จุด [16].....	15
ภาพที่ 12 ตำแหน่งสำคัญบนฝ่ามือทั้ง 21 จุด [16].....	15
ภาพที่ 13 ตัวอย่างชุดคำศัพท์ภาษามือไทย [12].....	16
ภาพที่ 14 ตัวอย่างชุดคำศัพท์การสะกดนิ้วมือไทย [6].....	16
ภาพที่ 15 การสร้างเวกเตอร์บอกตำแหน่งระหว่างสองจุดใด ๆ.....	18
ภาพที่ 16 การคำนวณหามุมระหว่างสองเวกเตอร์ใด ๆ.....	18
ภาพที่ 17 ชุดคำศัพท์และการสะกดนิ้วมือภาษามือไทยที่ใช้ในการศึกษา	21

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ภาษาที่บุคคลทั่วไปใช้ในการสื่อสารคือ ภาษาพูดและภาษาเขียน ในขณะที่ภาษาของผู้พิการหรือมีความบกพร่องทางการได้ยินใช้ในการสื่อสารคือ ภาษามือ ถ้าบุคคลทั่วไปต้องการติดต่อสื่อสารกับผู้พิการหรือมีความบกพร่องทางการได้ยินก็ต้องเข้าใจวิธีการสื่อสารด้วยภาษามือด้วย ซึ่งเป็นเรื่องที่ยากสำหรับคนทั่วไปที่จะเข้าใจภาษามือจนสามารถสื่อสารได้ เนื่องจากคนทั่วไปไม่มีความจำเป็นที่จะฝึกใช้ภาษามือในชีวิตประจำวันจึงทำให้เกิดความยุ่งยากต่อการช่วยเหลือและติดต่อสื่อสารกัน [1]

ผลกระทบที่เกิดขึ้นคือผู้พิการหรือบกพร่องทางการได้ยินจึงขาดโอกาสจากสังคมที่จะได้แสดงความสามารถและศักยภาพของตน เกิดความไม่เข้าใจกันระหว่างกลุ่มคนทั่วไปและกลุ่มผู้พิการ สังคมประเมินว่าผู้พิการหรือบกพร่องทางการได้ยินเป็นภาระเนื่องจากไม่สามารถพึ่งพาตนเองได้ นอกจากนี้เยาวชนที่มีความบกพร่องทางการได้ยินมีแนวโน้มที่ต้องอยู่อย่างโดดเดี่ยวและมักจะเป็นผู้ถูกรังแกหรือถูกใช้ความรุนแรง

กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์รายงานว่า มีจำนวนผู้พิการทางการได้ยินหรือสื่อความหมายจำนวน 405,902 คน (31 มีนาคม 2566) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 18.62 ของผู้พิการทั้งหมด [1] คนพิการในกลุ่มนี้มีจะปัญหาในการสื่อสารและรับรู้ข้อมูลข่าวสารมากที่สุด เมื่อเทียบกับความพิการอื่น ๆ เนื่องจากไม่สามารถรับรู้และเข้าถึงสิทธิที่ได้รับจากภาครัฐ จำนวนของล่ามภาษามือในประเทศก็มีสัดส่วนน้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนผู้พิการหรือบกพร่องทางการได้ยิน

ตลอดช่วง 30 ปีที่ผ่านมา มีการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีมาเป็นลำดับ เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นในการสื่อสารระหว่างคนทั่วไปและผู้พิการหรือบกพร่องทางการได้ยิน เช่นการศึกษาภาษามือที่เข้าถึงได้ง่ายขึ้น มีรูปแบบการนำเสนอที่หลากหลาย อุปกรณ์ที่ใช้ในการช่วยแปลภาษามือก็เริ่มได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเรื่อย ๆ

ผู้ศึกษามีความสนใจจะประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อแปลภาษามือไทยด้วยภาษาไพทอน (Python) และใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด K ตัว (K-Nearest Neighbor) เนื่องจากสามารถติดตั้งและใช้งานได้ดีกับทั้งคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (Personal Computer) และคอมพิวเตอร์วางตัก (Laptop) ที่มีกล้องเว็บแคม (Web Camera) ที่ไม่ต้องการระบบที่มีคุณลักษณะ (Specification) พิเศษเนื่องจากใช้การประมวลผลจากหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เท่านั้น นอกจากนี้ภาษาไพทอนมีความยืดหยุ่นสูงสามารถทำงานร่วมกับขั้นตอนวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด K ตัวได้เป็นอย่างดี และยังสามารถเพิ่มเติมหรือแก้ไขคำศัพท์ด้วยการแก้ไขแฟ้มที่จัดเก็บไว้เป็นข้อความในรูปแบบตาราง (.csv) และแสดงผลลัพธ์ที่แปลได้ในทันที

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

- 1.2.1 พัฒนาคอมพิวเตอร์วิทัศน์ที่สามารถแปลภาษามือไทยในทันทีด้วยภาษาไพทอน
- 1.2.2 พัฒนาขั้นตอนวิธีในการรู้จำคำศัพท์และการสะกดนิ้วมือภาษามือไทย
- 1.2.3 พัฒนาขั้นตอนวิธีในการแสดงประโยคที่แปลได้ให้มีความถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ไทย
- 1.2.4 พัฒนาขั้นตอนวิธีและรูปแบบการแสดงผลที่แปลได้

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

- 1.3.1 สร้างฐานข้อมูลชุดคำศัพท์ภาษามือไทยทั้งแบบชุดคำศัพท์มาตรฐานและแบบชุดคำศัพท์ที่ได้รับความนิยม ที่มีจำนวนคำศัพท์มากกว่า 100 คำ
- 1.3.2 สร้างฐานข้อมูลการสะกดนิ้วมือไทย
- 1.3.3 ขั้นตอนวิธีในการรู้จำภาษามือไทยมีความแม่นยำมากกว่าร้อยละ 80
- 1.3.4 สามารถแสดงรูปแบบการแสดงผลได้ทั้งแบบข้อความและเสียง
- 1.3.5 สามารถจัดเก็บคำและประโยคที่แปลได้เป็นแฟ้มข้อความ

1.4 วิธีการดำเนินงานวิทยานิพนธ์

- 1.4.1 ศึกษารูปแบบในการแปลภาษามือไทยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
- 1.4.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์
- 1.4.3 สร้างฐานข้อมูลคำศัพท์ภาษามือไทย
- 1.4.4 สร้างฐานข้อมูลการสะกดนิ้วมือไทย
- 1.4.5 สร้างชุดคำสั่งด้วยภาษาไพทอนเพื่อสร้างตำแหน่งสำคัญบนฝ่ามือ
- 1.4.6 สร้างชุดคำสั่งด้วยภาษาไพทอนเพื่อประมวลผลการรู้จำภาษามือไทย
- 1.4.7 สร้างชุดคำสั่งด้วยภาษาไพทอนเพื่อแสดงคำศัพท์และประโยคที่แปลได้
- 1.4.8 ทดสอบระบบกับผู้ที่ใช้งานภาษามือไทยในชีวิตประจำวัน
- 1.4.9 พัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับขอบเขตของวิทยานิพนธ์
- 1.4.10 จัดทำวิทยานิพนธ์
- 1.4.11 เผยแพร่วิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้คอมพิวเตอร์วิทัศน์ที่สามารถแปลภาษามือไทยในทันที
- 1.5.2 ได้ฐานข้อมูลชุดคำศัพท์และการสะกดนิ้วมือภาษามือไทย
- 1.5.3 ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจ สื่อสารภาษามือไทยได้ถูกต้องตามความต้องการ

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาษามือ

ภาษามือเป็นอวัจนภาษาที่ใช้การเคลื่อนที่ของนิ้วมือเพื่อทำเป็นสัญลักษณ์ โดยจะใช้ร่วมกับการเคลื่อนที่ของมือ แขนและร่างกาย ตลอดจนการแสดงความรู้สึกทางใบหน้าเพื่อใช้ในการสื่อสาร แทนการใช้เสียงพูด ภาษานี้ใช้ในกลุ่มผู้พิการหรือบกพร่องทางการได้ยิน รวมถึงเพื่อน ครอบครัวและบุคคลทั่วไปซึ่งอาจไม่ได้มีความบกพร่องทางการได้ยิน

ภาษามือของแต่ละชาติมีความแตกต่างกันเช่นเดียวกับภาษาพูด บุคคลทั่วไปมักเข้าใจผิดว่าภาษามือเป็นภาษาสากลที่รู้และเข้าใจกันได้ทั่วทั้งโลก แต่ในความเป็นจริงแล้วแต่ละประเทศมีการใช้ทำภาษามือที่แตกต่างกันออกไป เช่น คำศัพท์ “พ่อ” ในภาษามือไทยไม่เหมือนกับคำศัพท์ในภาษามือออสเตรเลีย คล้ายกับการที่คำศัพท์ “พ่อ” ในภาษาพูดไทยไม่เหมือนกับในภาษาพูดออสเตรเลีย [2]

ภาษามือ คือ ภาษาสำหรับคนหูหนวก โดยใช้มือ สีหน้า และกิริยาท่าทางในการประกอบในการสื่อความหมาย และถ่ายทอดอารมณ์แทนการพูด ภาษามือของแต่ละชาติมีความหมายแตกต่างกันเช่นเดียวกับภาษาพูด ซึ่งแตกต่างกันตามขนบธรรมเนียม ประเพณี วัฒนธรรมและลักษณะภูมิศาสตร์ เช่น ภาษามือจีน ภาษามืออเมริกัน และภาษามือไทย เป็นต้น ภาษามือเป็นภาษาที่นักการศึกษาทางด้านการศึกษาของคนหูหนวก ตกลงและยอมรับว่าเป็นภาษาหนึ่งสำหรับการติดต่อสื่อความหมายระหว่างคนหูหนวกกับคนหูหนวกด้วยกัน และระหว่างคนปกติกับคนหูหนวก [3]

2.2 ประเภทของภาษามือ

ภาษามือที่ใช้อยู่ในกลุ่มของคนหูหนวก แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.2.1 ภาษามือธรรมชาติ คือ ภาษาท่าทางที่คนหูหนวกเป็นผู้สร้างขึ้นและใช้ร่วมกัน เพื่อสื่อความหมายให้เข้าใจในแต่ละครอบครัวหรือชุมชน เช่น พ่อแม่ พี่น้อง ญาติ เพื่อนของคนหูหนวก ซึ่งท่าทางที่คิดขึ้นมาี้มีความแตกต่างกันมากในแต่ละครอบครัวและแต่ละท้องถิ่น ส่วนมากเป็นท่าทางเลียนแบบธรรมชาติที่จะช่วยคนหูหนวกให้มีพัฒนาการในภาษาประจำชาติเท่าเทียมกับคนปกติ

2.2.2 ภาษามือประดิษฐ์ คือ ภาษามือที่ได้จากการนำภาษามือธรรมชาติที่คนหูหนวกทำท่าทางแทนการพูด เรียกชื่อสิ่งของ เครื่องใช้ หรือแสดงอากัปกิริยาต่าง ๆ รวมทั้งนำการสะกดนิ้วมือมาผสมด้วย บางท่าอาจได้มาจากการทำท่าเลียนแบบภาษามือของต่างประเทศ ภาษามือประดิษฐ์นั้นได้มาจากการรวบรวมความคิดความต้องการจากคนหูหนวกในแต่ละท้องถิ่นและนักวิชาการด้านภาษาช่วยกันคิดท่ามือสำหรับคำต่าง ๆ ขึ้น ภาษามือประดิษฐ์จึงต้องได้รับการยอมรับจากคนหูหนวกก่อนจึงจะสามารถนำไปใช้เพื่อเป็นการเรียนการสอนสำหรับเด็กหูหนวกในโรงเรียนได้ [3]

2.3 ภาษามือในประเทศไทย

2.3.1. ภาษาท่าทางหรือภาษามือธรรมชาติ เป็นการสื่อสารแบบพื้นฐานที่สุด ใช้สื่อสารกันเองในครอบครัวหรือชุมชนโดยใช้การเคลื่อนไหวของร่างกายก็สามารถสื่อสารกันได้เหมาะกับชุดคำศัพท์หรือรูปประโยคง่าย ๆ เป็นภาษาที่เข้าใจกันเองในกลุ่มของตนเองเท่านั้น [2]

2.3.2 ภาษามือตามไวยากรณ์ภาษาไทย เป็นการใช้ภาษามือที่คัดลอกคำต่อคำจากประโยคภาษาไทย เพื่อสอนให้เด็กหูหนวกฝึกเขียนภาษาไทยได้ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ ใช้ในการสื่อสารระหว่างครูที่มีการได้ยินกับนักเรียนหูหนวก [2] (แสดงในภาพที่ 1 และภาพที่ 2)

2.3.3 ภาษามือไทย เป็นภาษามาตรฐานของคนหูหนวกไทย มีท่าการใช้มือที่บอกความหมายในลักษณะคำ วลี หรือประโยคที่มีการเรียงตำแหน่งของคำไม่เหมือนกันกับภาษามือตามไวยากรณ์ภาษาไทย นอกจากนี้ยังตัดบางคำที่พอจะเข้าใจกันอยู่แล้วเพื่อให้สื่อสารได้รวดเร็วขึ้นเช่น ปลา-แมวกิน หมายถึง “แมวกินปลา” โรงเรียน-ไป หมายถึง “ฉันไปโรงเรียน” [2] (แสดงในภาพที่ 3 และภาพที่ 4)

2.3.4 ภาษามือไทยแบบสะกดนิ้วมือ เป็นการใช้ภาษามืออีกรูปแบบหนึ่งที่มีใช้กับคำที่ยังไม่ได้บัญญัติขึ้นเป็นภาษามือไทย เป็นคำนามเฉพาะ หรืออาจใช้เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าสื่อสารได้ถูกต้อง การสะกดนิ้วมือนี้นี้ได้ดัดแปลงมาจากสะกดนิ้วมือภาษาอังกฤษแบบอเมริกัน โดยเปรียบเทียบการออกเสียงและหลักการทางสัทศาสตร์กล่าวคือ เสียงพยัญชนะหรือเสียงสระตัวใดในภาษาไทยที่ออกเสียงเหมือนหรือคล้ายคลึงกับเสียงพยัญชนะหรือเสียงสระในภาษาอังกฤษ ก็ให้ใช้ทำสะกดนิ้วมือเหมือนกัน เช่น [บ] ให้ใช้เหมือน b ในการสะกดนิ้วมือภาษาอังกฤษแบบอเมริกัน, [ฟ] ให้ใช้เหมือน f ในการสะกดนิ้วมือภาษาอังกฤษแบบอเมริกัน เป็นต้น ส่วนเสียงในภาษาไทยที่ไม่มีในภาษาอังกฤษ เช่น [ส] ให้ใช้เหมือน s ในการสะกดนิ้วมือภาษาอังกฤษแบบอเมริกัน, [ศ] ให้ดัดแปลงเป็น ส-1 และ [ช] ให้ดัดแปลงเป็น ส-2 เป็นต้น [4] (แสดงในภาพที่ 5 - ภาพที่ 10)



ภาพที่ 1 ภาษามือตามไวยากรณ์ภาษาไทย ฉัน-ไป-โรงเรียน หมายถึง “ฉันไปโรงเรียน” [2]



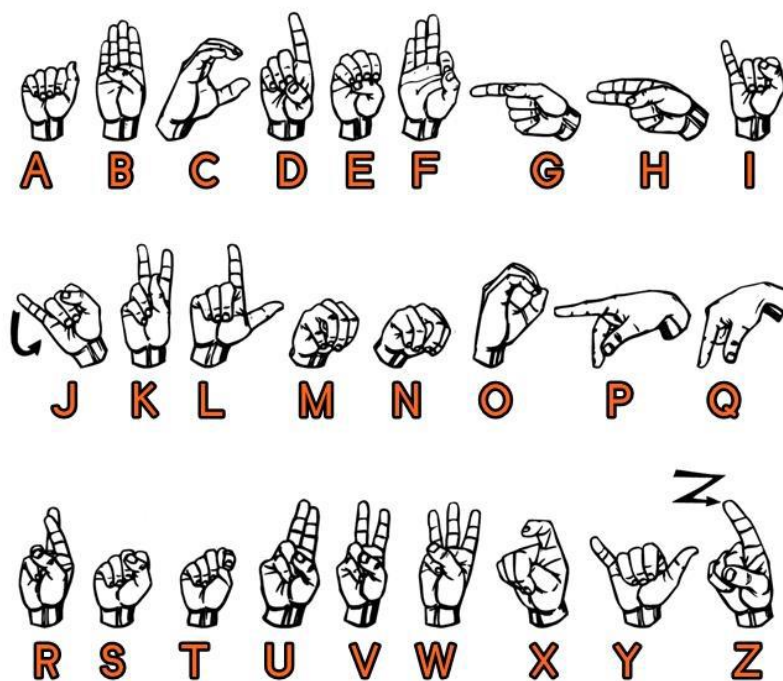
ภาพที่ 2 ภาษามือตามไวยากรณ์ภาษาไทย คุณ-กิน-ข้าว-หรือ-ยัง คือ “คุณกินข้าวแล้วหรือยัง” [2]



ภาพที่ 3 ภาษามือไทย โรงเรียน-ไป หมายถึง “ฉันไปโรงเรียน” [2]



ภาพที่ 4 ภาษามือไทย ข้าว-กิน-แล้ว+สีหน้าด้วยเล็คิ้ว หมายถึง “คุณกินข้าวแล้วหรือยัง” [2]



ภาพที่ 5 การสะกดนิ้วมือภาษาอังกฤษแบบอเมริกัน [5]

[b] = [บ] ทำสะกดนิ้วมือคือ



[f] = [ฟ] ทำสะกดนิ้วมือคือ



[e] = [อี] ทำสะกดนิ้วมือคือ



ภาพที่ 6 ตัวอย่างการเทียบเสียงพยัญชนะหรือเสียงสระในภาษาไทยที่ออกเสียงเหมือนหรือคล้ายคลึงกับเสียงพยัญชนะหรือเสียงสระในภาษาอังกฤษ [4]

“ส” ใช้ทำเหมือนกับ [s]



1 ท่า

“ศ” ใช้ทำเป็น “ส-1”



2 ท่า

“ษ” ใช้ทำเป็น “ส-2”



2 ท่า

ภาพที่ 7 ตัวอย่างการเทียบเสียงพยัญชนะหรือเสียงสระในภาษาไทยที่ไม่มีในภาษาอังกฤษ [4]

แบบสะกดนิ้วมือไทย

ภาพที่ 8 แบบสะกดนิ้วมือไทย [6]



ภาพที่ 9 แบบสะกดสระ วรรณยุกต์และสัญลักษณ์อื่น ๆ [6]



ภาพที่ 10 ตัวอย่าง วิธีการสะกดนิ้วมือ [6]

2.4 องค์ประกอบของภาษามือไทย

2.4.1 ท่ามือ คือการทำมือเป็นท่าต่าง ๆ เช่น กำมือ แบมือ กางนิ้ว จีบนิ้ว เป็นต้น [4]

2.4.2 ตำแหน่งของมือ คือ การวางมือหรือทำท่ามือในตำแหน่งต่าง ๆ ตำแหน่งที่ทำท่ามือควรจะอยู่ในรัศมีที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายและชัดเจนถึงแม้จะใช้ท่ามือเดียวกันแต่คนละตำแหน่งของมือก็จะให้ความหมายที่ต่างกัน เช่น ใช้นิ้วชี้ชี้ที่หน้าอก หมายถึง “ฉัน” แต่ถ้าชี้ที่ขมับ หมายถึง “รู้” และถ้าชี้ออกไปที่คู่สนทนา หมายถึง “คุณ” เป็นต้น [4]

2.4.3 การเคลื่อนไหวของมือ คือ การย้ายมือ เปลี่ยนมือไปในทิศทางหรือรูปแบบที่ต้องการท่ามืออย่างเดียวกัน แต่เคลื่อนไหวไปในทิศทางที่ต่างกัน ความหมายก็จะแตกต่างกันด้วย เช่น มือทั้งสองตั้งขึ้น นิ้วหัวแม่มือชิดกันแล้วเลื่อนออกห่าง หมายถึง “เปิด” แต่ถ้าเลื่อนให้นิ้วหัวแม่มือชิดกัน หมายถึง “ปิด” การเคลื่อนไหวมือจะใช้มือข้างที่ถนัดเป็นมือที่เคลื่อนไหวไม่มีข้อกำหนดว่าเป็นมือซ้ายหรือมือขวาเสมอไป [4]

2.4.4 การพลิกฝ่ามือ เป็นอีกส่วนที่มีผลต่อความหมาย เช่น นิ้วชิดกัน หันฝ่ามือออก ยื่นไปข้างหน้า หมายถึง “ของเขา” แต่ถ้าหันฝ่ามือเข้าหาตนเอง หมายถึง “ของฉัน” [4]

2.4.5 การใช้สีหน้า เป็นการเน้นย้ำความรู้สึก ขนาด หรือปริมาณของสิ่งที่ต้องการสื่อสาร เพื่อช่วยให้เข้าใจความหมายได้ชัดเจนขึ้น [4]

2.5 การแปลภาษามือไทย

การแปล หมายถึง การถ่ายทอดความหมายและถ่ายทอดรูปแบบของการเสนอความหมายของข้อความในภาษาหนึ่งไปเป็นอีกภาษาหนึ่ง หรือการทำให้เข้าใจความหมายโดยมีวิธีการแปลที่มีหลากหลายรูปแบบ เช่น ยึดผู้เขียนเป็นหลัก ยึดสิ่งที่จะแปลเป็นหลัก หรือ ยึดผู้อ่านเป็นหลัก โดยการแปลนั้นมีเป้าหมายคือ รักษารูปแบบ รักษาความหมาย และมีกระบวนการแปลที่ครอบคลุม

เนื่องจากคนพิการทางการได้ยินมีภาษาและวัฒนธรรมเป็นของตนเอง ซึ่งมีความแตกต่างจากภาษาและวัฒนธรรมของผู้ที่มีการได้ยินปกติ การแปลข้อความจากภาษาไทยเป็นภาษามือไทย หรือจากภาษามือไทยเป็นภาษาไทยจึงเป็นการสื่อสารข้ามวัฒนธรรม ผู้แปลจึงจำเป็นต้องรู้กฎเกณฑ์ของการใช้คำต่าง ๆ ในแง่มุมที่มีผลกระทบต่อวิธีที่บุคคลที่เป็นเจ้าของภาษานั้นมองโลก การแปลที่ดีต้องมีความถูกต้อง ชัดเจน และเป็นธรรมชาติ

ภาษามือไทยซึ่งเป็นภาษาประจำชาติของคนหูหนวกไทย มีโครงสร้างและรูปแบบไวยากรณ์เป็นของตนเองการแปลจากภาษาพูดหรือภาษาเขียนเป็นภาษามือไทยจึงไม่สามารถแปลได้แบบตรงไปตรงมาทั้งในแบบภาษามือไทยและท่ามือตามภาษาไทย เทคนิคที่เหมาะสม เช่น การหยุดชั่วขณะและการเบี่ยงตัวขณะที่ใช้ภาษามือจะช่วยให้เนื้อหาสาระมีความชัดเจน ความหมายที่ต้องการสื่อออกไปไม่คลาดเคลื่อน [7]

2.6 พัฒนาการของภาษามือไทย

2.6.1 แบบตัวสะกดนิ้วมือไทยโดย คุณหญิงกมล ไกรฤกษ์ ได้ดัดแปลงมาจากแบบตัวสะกดนิ้วมือภาษาอังกฤษแบบอเมริกัน เมื่อปี พ.ศ. 2499 [2]

2.6.2 ปทานุกรมภาษามือไทยเมื่อปี พ.ศ. 2529 และเล่มขยายเพิ่มเติม พ.ศ. 2533 โดย ม่านฟ้า สุวรรณรัตน์ (หัวหน้าโครงการวิจัยภาษามือไทยของสมาคมคนหูหนวกแห่งประเทศไทย) [2]

2.6.3 กระทรวงศึกษาธิการได้ออกประกาศรับรองให้ภาษามือไทยเป็นภาษาประจำชาติของคนหูหนวกไทยเมื่อ 17 สิงหาคม 2542 [2]

2.6.4 Thai SL App –Thai Sign Language Application โดย อภิลักษณ์ ธรรมทวีธิกุล และ จิรภา นิเวตพันธุ์ เป็นพจนานุกรมสารสนเทศภาษามือไทยออนไลน์ที่สามารถแสดงชุดคำศัพท์ได้ทั้งภาษาไทย ภาษาอังกฤษและภาษามือไทย จัดทำเมื่อปี พ.ศ. 2551 [8]

2.6.5 นวัตกรรมภาษามือ 3 มิติ โดย เบญจพร ศักดิ์ศิริ ใช้โปรแกรมแสดงภาพเคลื่อนไหวเป็นการดูที่แสดงท่าทางภาษามือของคำศัพท์พื้นฐาน จัดทำเมื่อปี พ.ศ. 2553 [9]

2.6.6 การประดิษฐ์ชุดแบบอักษร “แบบสะกดนิ้วมือไทย” โดย ณัฐนันท์ แนวมาลี เป็นการออกแบบและพัฒนาชุดการสะกดนิ้วมือด้วยสัญลักษณ์ภาพภาษามือ เพื่อใช้ในงานพิมพ์ จัดทำเมื่อปี พ.ศ. 2553 [10]

2.6.7 การรู้จำการสะกดนิ้วมือภาษามือไทยจากถุงมือข้อมูลและอุปกรณ์ติดตามการเคลื่อนที่ โดยสุภาวดี แสงศรี ใช้ถุงมือรับข้อมูลและอุปกรณ์ติดตามการเคลื่อนที่ ซึ่งระบบสามารถรู้จำตัวอักษรทั้งพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์ แล้วแปลงผลออกมาเป็นตัวอักษร จัดทำเมื่อปี พ.ศ. 2555 [11]

2.6.8 สติกเกอร์ไลน์ภาษามือไทยกับน้อง Sign และน้อง Finger โดยกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ร่วมกับสมาคมคนหูหนวกแห่งประเทศไทย เพื่อสื่อความหมายและเปิดโลกการสื่อสารให้แก่คนพิการทางการได้ยิน จัดทำเมื่อปี พ.ศ. 2559 [12]

2.6.9 เว็บไซต์พจนานุกรมภาษามือไทยฉบับราชบัณฑิตยสภาจัดทำขึ้นเพื่อเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าฯ พระบรมราชินีนาถเนื่องในโอกาสทรงเจริญพระชนมพรรษา 84 พรรษา โดยสำนักงานราชบัณฑิตยสภา (<http://164.115.33.116/vocab/index.html>) จัดทำเมื่อปี พ.ศ. 2559 [13]

2.6.10 การแปลงเสียงพูดเป็นภาษามือไทย โดย จารุกิตติ ลำเพาเลิศวิไลและณัฐพล นามยัง โดยใช้เสียงจากวีดิทัศน์ข่าวอาชญากรรม และแปลงเป็นวีดิทัศน์ท่าทางภาษามือไทยจากพจนานุกรมภาษามือไทยอิเล็กทรอนิกส์ จัดทำเมื่อปี พ.ศ. 2561 [14]

2.7 การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)

การเรียนรู้ของเครื่องเป็นส่วนหนึ่งที่อยู่ในขอบเขตของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) รูปแบบหนึ่งที่ใช้วิธีการเรียนรู้จากข้อมูลที่มีมาก่อนหน้าเพื่อให้จัดการกับชุดข้อมูลใหม่ได้อย่างเหมาะสมเพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานในอนาคตดียิ่งขึ้น ต่างจากปัญญาประดิษฐ์บางแขนงที่ไม่ได้ใช้วิธีการเรียนรู้ชุดข้อมูล

2.7.1 กลุ่มปัญหาการเรียนรู้ (Learning Problems)

2.7.1.1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) เป็นการพัฒนารูปแบบจำลองจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างที่ป้อนเข้าสู่แบบจำลอง (Input Examples) กับตัวแปรเป้าหมาย (Target Variable) ชุดข้อมูลที่จะใช้ฝึกกระบวนการในกลุ่มนี้จะต้องมีข้อมูลขาเข้าและผลลัพธ์ที่ถูกระบุประเภท (Labelled) แล้วนำชุดข้อมูลดังกล่าวไปทดสอบประสิทธิภาพกับชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set) โดยรับเฉพาะข้อมูลเข้า (Input) เพียงอย่างเดียวเพื่อสร้างแบบจำลองและนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ถูกระบุประเภทว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด วัตถุประสงค์ในการใช้การเรียนรู้แบบมีผู้สอนนี้คือ การแบ่งประเภท (Classification) ซึ่งเป็นการทำนายว่าข้อมูลที่ป้อนเข้าไปจัดอยู่ในกลุ่มหรือประเภทใด เช่น การทำนายว่าภาพที่เข้ามาเป็นสุนัขหรือดอกไม้ เป็นต้น และการถดถอย (Regression) ซึ่งเป็นการทำนายตัวเลขที่มีความต่อเนื่อง เช่น ราคาหุ้นในวันพรุ่งนี้จะลดลงหรือเพิ่มขึ้นเท่าใด ปริมาณของน้ำฝนในเดือนหน้าจะตกกี่มิลลิเมตร เป็นต้น

2.7.1.2 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) เป็นการพัฒนารูปแบบจำลองเพื่อที่จะอธิบายหรือหาความสัมพันธ์ของข้อมูลและตัวแปรเป้าหมาย การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนนี้จะรับเพียงข้อมูลขาเข้าเพียงอย่างเดียวเท่านั้นโดยที่ไม่ใช้ผลลัพธ์ที่ถูกระบุประเภทจึงทำให้ไม่มีข้อมูลขาออกที่จะปรับแบบจำลองให้มีความแม่นยำมากขึ้นเหมือนในกรณีของการเรียนรู้แบบมีผู้สอน การเรียนรู้ลักษณะนี้จึงมักใช้เพื่อแบ่งประเภทของข้อมูลเท่านั้น กระบวนการที่ใช้ในการแบ่งประเภทนี้ยังสามารถแยกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การแบ่งกลุ่มแบบไม่มีผู้สอน (Clustering Unsupervised) ซึ่งเป็นการแบ่งประเภทจากการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล เช่น การแบ่งส้มออกจากกล้วย เป็นต้น และการประมาณความหนาแน่น (Density Estimation) ซึ่งเป็นการหาการกระจายตัวของข้อมูลและนำมาใช้ในการหารูปแบบของข้อมูลได้ เช่น การประมาณการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution) ของข้อมูลแต่ละชนิด

2.7.1.3 การเรียนรู้แบบเสริมแรง (Reinforcement Learning) เป็นการพัฒนารูปแบบจำลองที่ใช้งานอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แบบจำลองจะถูกใช้งานในสภาพแวดล้อมและสถานการณ์ต่าง ๆ ใช้การป้อนกลับ (Feed Back) เป็นวิธีในการเรียนรู้ ข้อมูลที่ใช้ฝึกจึงไม่คงที่แต่จะใช้เป้าหมาย (Goal) เป็นตัวกำหนดว่าเครื่องต้องทำให้ได้ตามเป้าหมาย

2.7.2 กลุ่มปัญหาการเรียนรู้แบบไฮบริด (Hybrid Learning Problems) กระบวนการในกลุ่มนี้จะเป็นการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิคต่าง ๆ ผสมผสานกัน สามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยดังนี้

2.7.2.1 การเรียนรู้แบบกึ่งมีผู้สอน (Semi-Supervised Learning) เป็นการเรียนรู้แบบมีผู้สอนที่ชุดข้อมูลฝึกมีข้อมูลที่ถูกรวบรวมประเภทไม่มาก แต่มีข้อมูลที่ถูกรวบรวมประเภทเป็นจำนวนมาก แบบจำลองนี้จะใช้ชุดข้อมูลที่ถูกรวบรวมประเภทเป็นแนวทางในการเรียนรู้เพื่อที่จำแนกชนิดของข้อมูลที่ถูกรวบรวมประเภท

2.7.2.2 การเรียนรู้แบบตัวเองเป็นผู้สอน (Self-Supervised Learning) เป็นการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนซึ่งทำงานในขอบเขตเหมือนกับการเรียนรู้แบบมีผู้สอน โดยแก้ปัญหาจากงานที่ได้รับมอบหมาย (Pretext Task) ให้กับเครื่อง เช่น งานที่ได้รับมอบหมายคือการจัดวางตำแหน่งของชิ้นส่วนที่ถูกต้อง เครื่องจะทำการเรียนรู้และนำชิ้นส่วนรูปที่ไม่มีข้อมูลกำกับมาจัดเรียงในตำแหน่งที่ถูกต้อง

2.7.2.3 การเรียนรู้แบบกลุ่มตัวอย่าง (Multi-Instance Learning) เป็นการเรียนรู้แบบมีผู้สอน โดยตัวอย่างแต่ละตัวไม่ได้ถูกรวบรวมประเภท แต่กลุ่มของตัวอย่างจะถูกรวบรวมประเภท เช่น กลุ่มของกุญแจที่เปิดประตูได้แม้เพียงกุญแจดอกเดียวจะเป็นกลุ่มตัวอย่างบวก และกลุ่มของกุญแจที่ไม่สามารถเปิดประตูได้เลยจะถูกรวบรวมให้เป็นตัวอย่างลบ การทำงานของวิธีนี้คือเมื่อได้รับกุญแจมาจะสามารถทำนายได้ว่ากุญแจนี้สามารถใช้เปิดประตูได้หรือไม่

2.7.3 กลุ่มการอนุมานทางสถิติ (Statistical Inference) เป็นกระบวนการที่ใช้การอนุมานทางสถิติ ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยดังนี้

2.7.3.1 การเรียนรู้แบบอุปนัย (Inductive Learning) แบบจำลองจะพิจารณาหาข้อสรุปทั่วไปจากชุดข้อมูลฝึก โดยอุปนัยว่าข้อมูลใหม่ที่ได้รับยังคงสอดคล้องกับสิ่งที่เรียนมา

2.7.3.2 การเรียนรู้แบบนิรนัย (Deductive Learning) ในบริบทของการเรียนรู้ของเครื่องคือ เมื่อเราใช้การเรียนรู้แบบอุปนัยในการเรียนรู้จากชุดข้อมูลฝึกเพื่อที่จะหาแบบจำลองและแบบจำลองที่ได้มีความเหมาะสมที่นำมาใช้ในการทำนายได้ การเรียนลักษณะดังกล่าวคือการเรียนรู้แบบนิรนัย

2.7.3.4 การเรียนรู้แบบทรานสดักชัน (Transduction Learning) เป็นการใช้ตัวอย่างเฉพาะในการทำนายผล โดยที่ไม่ได้มีการหาข้อสรุปโดยทั่วไปก่อน

2.7.4 กลุ่มกลวิธีการเรียนรู้ (Learning Technique) เป็นกระบวนการที่ใช้เทคนิคและวิธีการเรียนรู้ ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยดังนี้

2.7.4.1 การเรียนรู้แบบหลายภารกิจ (Multi-Task Learning) เป็นการเรียนรู้แบบมีผู้สอนโดยใช้ชุดข้อมูลฝึกเดียวกันในการเรียนรู้หลาย ๆ งานที่เกี่ยวข้องกันซึ่งจะสามารถช่วยเพิ่มทั้ง

ประสิทธิภาพในการเรียนรู้และความแม่นยำในการทำนายผลของแบบจำลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการฝึกแบบจำลองที่แยกกันฝึก

2.7.4.2 การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) แบบจำลองสามารถที่จะร้องขอให้มนุษย์เข้าช่วยในระหว่างกระบวนการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาที่กำกวมระหว่างกระบวนการฝึก

2.7.4.3 การเรียนรู้แบบออนไลน์ (Online Learning) เป็นการเรียนรู้โดยใช้ข้อมูลใหม่ ๆ และมีการปรับแบบจำลองโดยตรงก่อนที่จะมีการนำไปใช้ทำนาย

2.7.4.4 การเรียนรู้แบบถ่ายโอน (Transfer Learning) เป็นการเรียนรู้จากแบบจำลองที่ถูกฝึกมาเรียบร้อยแล้วสำหรับงานหนึ่ง ๆ แล้วนำบางส่วนหรือทั้งหมดของแบบจำลองนั้นมาใช้เป็นจุดเริ่มต้นในงานที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ต่อไป

2.7.4.5 การเรียนรู้แบบร่วมกัน (Ensemble Learning) เป็นกลวิธีที่ใช้แบบจำลองตั้งแต่ 2 แบบจำลองขึ้นไปในการฝึกบนชุดข้อมูลเดียวกันและใช้แบบจำลองทั้งหมดที่ได้มาประมวลผลร่วมกัน [15]

2.8 ขั้นตอนวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด K ตัว (K-Nearest Neighbor)

ขั้นตอนวิธีนี้ใช้ในการแบ่งประเภทเป็นกลุ่ม โดยพิจารณากำหนดขนาดของ K (ควรกำหนดให้มีค่าเป็นเลขคี่) คำนวณหาระยะห่างระหว่างข้อมูลที่ต้องการพิจารณากับกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง เรียงลำดับระยะห่างที่ได้และพิจารณาชุดข้อมูลที่ใกล้จุดที่ต้องการตามจำนวน K ที่ได้กำหนดไว้ หลังจากนั้นจึงพิจารณาข้อมูลจำนวน K ชุด และสังเกตว่ากลุ่มใดที่อยู่ใกล้จุดที่พิจารณาเป็นจำนวนมากที่สุดเพื่อกำหนดกลุ่มให้กับกลุ่มที่พิจารณา ขั้นตอนวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด K ตัวนี้เป็นการแบ่งประเภทเป็นกลุ่มแบบไร้พารามิเตอร์ (Non-Parameter) จึงไม่จำเป็นต้องใช้กับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) เท่านั้น [16] ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติค่า K ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1-9 และค่าโดยปริยายของคลัสเตอร์โปรแกรม cv2 ที่ใช้ในการศึกษานี้คือ K เท่ากับ 5

เนื่องจากค่า K คือจำนวนข้อมูลที่อยู่ใกล้ข้อมูลที่กำลังพิจารณามากที่สุด ค่าของ K ที่จะเลือกใช้จึงมีความสำคัญ ขั้นตอนวิธีที่ใช้เลือกค่า K ที่เหมาะสม เช่น การเปรียบเทียบข้อมูลไขว้ (Cross-Validation) วิธีรากที่สอง (Square Root Method) เป็นต้น [17] ถ้าเลือกใช้ K ที่มีค่าน้อยจะทำให้ความแม่นยำลดลงแต่จะเพิ่มความเร็วในการคำนวณจึงเหมาะกับกรณีที่มีชุดข้อมูลในการฝึกจำนวนมาก ถ้าเลือกใช้ K ที่มีค่ามากจะทำให้ต้องพิจารณาข้อมูลประเภทอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมด้วยซึ่งจะทำให้เวลาคำนวณนานขึ้นแต่จะเพิ่มความแม่นยำในจัดกลุ่มหรือจำแนกประเภทจึงเหมาะกับกรณีที่มีชุดข้อมูลในการฝึกจำนวนน้อย [18]

ขั้นตอนวิธีนี้เหมาะสมกับชุดข้อมูลแบบตัวเลข เนื่องจากต้องพิจารณาระยะห่างระหว่างจุดซึ่งคำนวณได้จากการวัดระยะแบบแมนฮัตตัน (Manhattan Distance) หรือการวัดระยะแบบยูคลิด

(Euclidean Distance) ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน เช่น การแก้ปัญหาการแบ่งประเภทของการผลิต ในการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) การประมาณค่าสูญหายของข้อมูล การหามัธยฐานของชุดตัวเลข n ตัวที่แตกต่างกัน เป็นต้น [19]

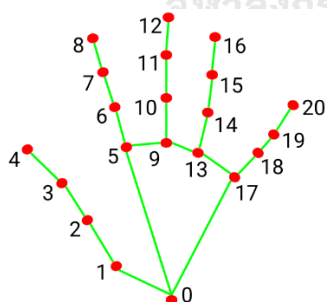
2.9 มีเดียไพพ์ (MediaPipe)

คลังโปรแกรม (Library) นี้เป็นการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ที่ใช้ประมาณท่าทางของมนุษย์ โดยสามารถแสดงจุดสำคัญและข้อต่อต่าง ๆ เช่น ไหล่ สะโพก ฝ่ามือ ข้อศอก เป็นต้น สามารถนำมาใช้งานร่วมกับไพทอนได้ดี ฟิเชอร์ (Feature) ที่โดดเด่นของมีเดียไพพ์ เช่น การตรวจจับใบหน้า ดวงตา ฝ่ามือ ท่าทาง ข้อศอก และการเคลื่อนไหวของวัตถุ เป็นต้น [20] (แสดงในภาพที่ 11)

จุดสำคัญบนฝ่ามือสามารถกำหนดได้จากตำแหน่งของจุดพิกัด (x,y,z) โดยมีทั้งหมด 21 จุด ต่อมือ 1 ข้าง จัดเก็บตำแหน่งเหล่านี้ไว้เพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป (แสดงในภาพที่ 12)



ภาพที่ 11 ตำแหน่งสำคัญบนใบหน้าทั้ง 468 จุด [20]



- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 0. WRIST | 11. MIDDLE_FINGER_DIP |
| 1. THUMB_CMC | 12. MIDDLE_FINGER_TIP |
| 2. THUMB_MCP | 13. RING_FINGER_MCP |
| 3. THUMB_IP | 14. RING_FINGER_PIP |
| 4. THUMB_TIP | 15. RING_FINGER_DIP |
| 5. INDEX_FINGER_MCP | 16. RING_FINGER_TIP |
| 6. INDEX_FINGER_PIP | 17. PINKY_MCP |
| 7. INDEX_FINGER_DIP | 18. PINKY_PIP |
| 8. INDEX_FINGER_TIP | 19. PINKY_DIP |
| 9. MIDDLE_FINGER_MCP | 20. PINKY_TIP |
| 10. MIDDLE_FINGER_PIP | |

ภาพที่ 12 ตำแหน่งสำคัญบนฝ่ามือทั้ง 21 จุด [20]

บทที่ 3 ขั้นตอนการศึกษา

3.1 สร้างฐานข้อมูลคำศัพท์ภาษามือไทย

คำศัพท์ภาษามือไทยที่เลือกใช้มาจากรฐานข้อมูลคำศัพท์ภาษามือไทยที่สามารถรู้จำได้จาก “ท่ามือ” เท่านั้น (แสดงในภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 ตัวอย่างชุดคำศัพท์ภาษามือไทย [13]

3.2 สร้างฐานข้อมูลการสะกดนิ้วมือไทย

คำศัพท์ภาษามือไทยที่เลือกใช้มาจากรฐานข้อมูลคำศัพท์สะกดนิ้วมือไทยที่สามารถรู้จำได้จาก “ท่ามือ” เท่านั้น (แสดงในภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 ตัวอย่างชุดคำศัพท์การสะกดนิ้วมือไทย [6]

3.3 สร้างชุดคำสั่งด้วยภาษาไพทอนเพื่อสร้างตำแหน่งของจุดสำคัญบนฝ่ามือ

```
import cv2
import mediapipe as mp

cap = cv2.VideoCapture(0)

mpHands = mp.solutions.hands
hands = mpHands.Hands()
mpDraw = mp.solutions.drawing_utils

while True:
    success, img = cap.read()
    imgRGB = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB)
    results = hands.process(imgRGB)
    # print(results.multi_hand_landmarks)
```

```

if results.multi_hand_landmarks:
    for handLms in results.multi_hand_landmarks:
        for id, lm in enumerate(handLms.landmark):
            # print(id, lm)
            h, w, c = img.shape
            cx, cy = int(lm.x * w), int(lm.y * h)
            print(id, lm.x, lm.y, lm.z)
            # if id == 4:
            cv2.circle(img, (cx, cy), 5, (255,0,255), cv2.FILLED)

        mpDraw.draw_landmarks(img, handLms,
mpHands.HAND_CONNECTIONS)

cv2.imshow("Collect the landmarks", img)
if cv2.waitKey(1) & 0xFF == 27:

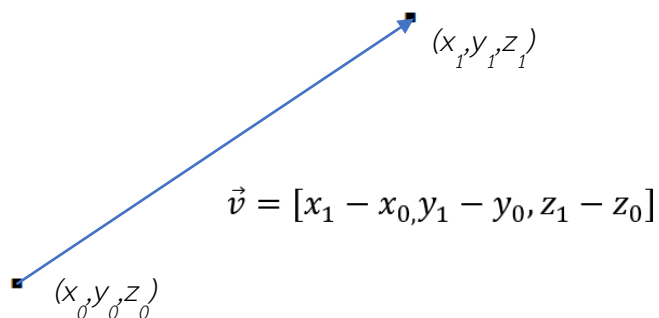
    break

```

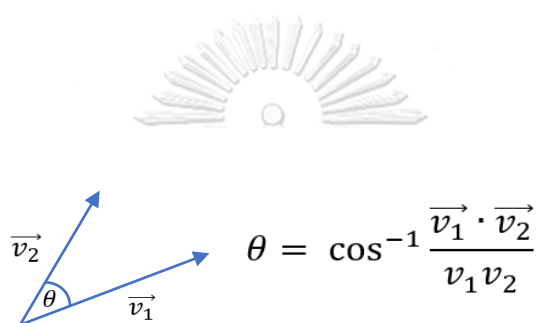
ชุดคำสั่งนี้จะบันทึกตำแหน่งของจุดสำคัญบนฝ่ามือของภาษามือแต่ละคำหรืออักษร (แสดงในตารางที่ 1) เพื่อนำไปใช้คำนวณหาเวกเตอร์และมุมระหว่างจุดสำคัญบนฝ่ามือ (แสดงในภาพที่ 15 และ 16 ตามลำดับ) และจัดเก็บไว้ในแฟ้ม gesture.csv

ตารางที่ 1 ตัวอย่างตำแหน่งของจุดสำคัญบนฝ่ามือของคำตัวอย่าง

จุดสำคัญ	X	Y	Z
0	0.2150353789	0.8575108051	-0.0000001626
1	0.2539251447	0.8022558689	-0.0088832872
2	0.2856452465	0.7267305851	-0.0140601983
3	0.3110571504	0.6779289842	-0.0210787915
4	0.3330059648	0.6495192647	-0.0278901737
5	0.2572295964	0.6221998334	-0.0109394817
...
...
15	0.1992822886	0.6966668367	-0.0379018001
16	0.2044038475	0.7288481593	-0.0316304639
17	0.1719292700	0.6733919382	-0.0311032701
18	0.1699616313	0.6743835211	-0.0444315895
19	0.1796322167	0.7146711349	-0.0399460122
20	0.1865974069	0.7417827845	-0.0339121968



ภาพที่ 15 การสร้างเวกเตอร์บอกตำแหน่งระหว่างสองจุดใด ๆ



ภาพที่ 16 การคำนวณหามุมระหว่างสองเวกเตอร์ใด ๆ

3.4 สร้างชุดคำสั่งด้วยภาษาไพทอนเพื่อประมวลผลการรู้จำภาษามือไทย แสดงคำศัพท์ที่แปลได้

```
import cv2
import mediapipe as mp
import numpy as np

max_num_hands = 2
rps_gesture = {
    0: '',
    1: 'ONE_Dor Dek', 2: 'TWO', 3: 'THREE', 4: 'FOUR_Bor Bai Mai', 5:
    'FIVE',
    6: 'SIX', 7: 'SEVEN', 8: 'EIGHT', 9: 'NINE_For Fun', 10: 'USA',
    11: 'BUFFALO', 12: 'NOT WELL', 13: 'TIGER', 14: 'CAT', 15: 'YOUNG',
    16: 'Mai Muan', 17: 'Hor Heep', 18: 'Por Parn', 19: 'Wor Wan', 20: 'Mai
    Malai',
    21: 'BINOCULARS', 22: 'I', 23: 'YOU', 24: 'CHICKEN', 25: 'CUP',
    26: 'SNAKE', 27: 'STAR APPLE', 28: 'COCKROCH', 29: 'ANIMAL', 30: 'RAT',
    31: 'COW', 32: 'TELEPHONE', 33: 'DUCK', 34: 'OWL', 35: 'SOLDIER'
}
```

```

# MediaPipe hands model
mp_hands = mp.solutions.hands
mp_drawing = mp.solutions.drawing_utils
hands = mp_hands.Hands(
    max_num_hands=max_num_hands,
    min_detection_confidence=0.5,
    min_tracking_confidence=0.5)

# Gesture recognition model
file = np.genfromtxt('Data/Gesture.csv', delimiter=',')
angle = file[:, :-1].astype(np.float32)
label = file[:, -1].astype(np.float32)
knn = cv2.ml.KNearest_create()
knn.train(angle, cv2.ml.ROW_SAMPLE, label)

#wCam, hCam = 640, 480
wCam, hCam = 960, 720
cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP_DSHOW)
cap.set(3, wCam)
cap.set(4, hCam)

while cap.isOpened():
    ret, img = cap.read()

    if not ret:
        continue

    img = cv2.flip(img, 1)
    img = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB)

    result = hands.process(img)

    img = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_RGB2BGR)

    if result.multi_hand_landmarks is not None:
        for res in result.multi_hand_landmarks:
            joint = np.zeros((21, 3))
            for j, lm in enumerate(res.landmark):
                joint[j] = [lm.x, lm.y, lm.z]

            # Compute angles between joints
            v1 = joint[[0, 1, 2, 3, 0, 5, 6, 7, 0, 9, 10, 11, 0, 13,
14, 15, 0, 17, 18, 19], :] # Parent joint
            v2 = joint[[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13,
14, 15, 16, 17, 18, 19, 20], :] # Child joint
            v = v2 - v1 # [20,3]
            # Normalize v
            v = v / np.linalg.norm(v, axis=1)[:, np.newaxis]

            # Get 15 angles using arc cosine from the dot product
            angle = np.arccos(np.einsum('nt,nt->n',
            v[[0, 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9,
10, 12, 13, 14, 16, 17, 18], :],
            v[[1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10,

```

```

11, 13, 14, 15, 17, 18, 19], :]))

# Convert radian to degree
angle = np.degrees(angle)

# Inference gesture
data = np.array([angle], dtype=np.float32)
ret, results, neighbours, dist = knn.findNearest(data, 5)
idx = int(results[0][0])

# additional conditions
if idx == 1 and (joint[4][0] < joint[3][0] or
joint[16][1] < joint[15][1]): idx = 0
if idx == 2 and joint[8][1] > joint[7][1]: idx = 0
if idx == 6 and joint[4][0] < joint[3][0]: idx = 0
if idx == 7 and (joint[4][0] < joint[3][0] or joint[8][1]
> joint[7][1]): idx = 0
if idx == 8 and (joint[16][1] > joint[15][1] or
joint[4][0] < joint[3][0]): idx = 0
if idx == 9 and (joint[12][1] > joint[11][1] or
joint[4][0] < joint[3][0]): idx = 0
if idx == 16 and joint[20][1] < joint[19][1]: idx = 20

# Draw gesture result
#if idx in rps_gesture.keys():
#cv2.putText(img, text=rps_gesture[idx].upper(),
#org=(int(res.landmark[0].x *
img.shape[1]), int(res.landmark[0].y * img.shape[0] + 20)),
#fontFace=cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,
fontScale=2, color=(142, 92, 222), thickness=4)
#else:
#img[0:200, 0:300] = cv2.imread(f'Image/0.jpg')
mp_drawing.draw_landmarks(img, res,
mp_hands.HAND_CONNECTIONS)
img[0:200, 0:300] = cv2.imread(f'Image/{idx}.jpg')

cv2.imshow('Thai Sign Language', img)
if cv2.waitKey(1) & 0xFF == 27:
break
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```

ชุดคำสั่งนี้จะอ่านตำแหน่งของจุดสำคัญของฝ่ามือและนำมาคำนวณหามุมระหว่างจุดสำคัญบนฝ่ามือ หลังจากนั้นจะเปรียบเทียบกับแฟ้ม gesture.csv ที่ได้จัดเก็บฐานข้อมูลไว้ และเลือกแสดงผลเป็นคำหรืออักษรที่ใกล้เคียงกับแฟ้มดังกล่าวมากที่สุดโดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด K ตัว

3.5 ชุดคำศัพท์และการสะกดนิ้วมือภาษามือไทยที่ใช้ในการศึกษา



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10 USA

ภาพที่ 17 ชุดคำศัพท์และการสะกดนิ้วมือภาษามือไทยที่ใช้ในการศึกษา



11 Buffalo



12 NotWell



13 Tiger



14 Cat



15 Young



16 MaiMuan



17 Hor Heep



18 PorParn



19 WorWan



20 Mai Malai

ภาพที่ 17 ชุดคำศัพท์และการสะกดนิ้วมือภาษามือไทยที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)



21 Binocular



22 I



23 You



24 Chicken



25 Cup



26 Snake



27 StarApple



28 Cockroach



29 Animal



30 Rat

ภาพที่ 17 ชุดคำศัพท์และการสะกดนิ้วมือภาษามือไทยที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)



31 Cow



32 Telephone



33 Duck



34 Owl



35 Soldier

ภาพที่ 17 ชุดคำศัพท์และการสะกดนิ้วมือภาษามือไทยที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)



3.6 ตำแหน่งจุดสำคัญที่ใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 2 ตำแหน่งจุดสำคัญที่ใช้ในการศึกษา

27.79	27.35	18.36	13.46	12.68	14.83	21.85	94.37	35.97	19.28	104.19	31.78	26.07	81.12	33.29	1
35.32	26.38	20.19	14.67	7.19	4.25	25.13	121.08	26.62	24.08	117.78	30.70	30.54	89.43	37.90	1
26.05	19.40	26.44	6.37	9.54	3.24	28.09	113.54	26.47	20.29	116.22	24.67	26.92	95.79	20.53	1
27.22	15.41	25.94	6.62	7.61	2.70	28.05	108.76	27.35	21.55	108.78	26.11	25.93	91.32	21.10	1
32.01	10.99	28.42	5.73	6.48	0.89	23.01	90.87	34.32	12.83	92.86	35.22	11.40	68.41	41.63	1
35.39	18.59	33.01	4.14	6.49	1.91	25.82	100.55	29.62	19.96	99.45	31.70	24.27	82.65	25.28	1
33.67	32.92	19.47	7.49	2.72	7.95	28.51	49.50	13.48	55.21	70.58	23.94	54.59	72.79	27.31	1
34.30	31.37	12.62	12.28	1.64	8.98	30.47	26.48	7.11	52.60	70.89	25.79	42.43	65.81	34.57	1
37.28	26.50	38.90	12.47	1.77	4.43	38.65	109.57	23.60	35.74	105.88	31.17	25.61	107.02	29.66	1
37.31	20.16	29.69	7.74	3.48	2.94	33.40	102.75	25.38	27.14	100.37	26.01	25.39	95.08	19.62	1
37.29	25.12	37.23	8.81	4.48	4.31	11.29	2.24	7.68	31.43	131.07	20.90	44.77	123.77	22.93	2
39.22	23.36	34.45	5.87	2.19	4.51	9.48	3.77	7.95	24.07	141.13	19.23	40.77	125.49	23.68	2
35.41	25.45	34.56	8.11	3.23	4.44	11.52	1.69	8.58	27.97	137.19	19.73	39.90	126.80	22.84	2
34.89	27.12	29.95	8.06	2.98	4.23	11.51	1.96	8.52	27.61	137.51	19.60	38.61	127.42	22.57	2
35.34	26.79	32.21	8.22	3.53	4.39	11.64	1.41	8.26	27.22	137.14	19.53	39.21	126.21	22.47	2
36.40	26.41	35.21	7.93	3.25	4.15	11.18	1.19	8.53	27.52	136.72	19.64	39.87	125.11	22.54	2
34.94	25.62	37.53	7.95	2.84	4.17	11.33	1.50	8.54	28.10	136.69	19.85	40.04	125.42	23.33	2
21.26	7.93	1.72	21.75	132.22	22.04	15.76	148.78	16.22	20.96	149.99	16.03	34.37	140.35	19.39	2
25.19	7.02	1.05	20.39	134.97	20.77	14.50	150.84	15.61	18.92	153.09	16.97	34.91	141.46	21.04	2
28.58	16.95	11.62	26.89	120.87	15.42	25.57	132.52	13.21	42.98	127.37	16.85	58.42	118.49	19.16	2
32.40	3.00	7.88	10.17	5.25	2.14	15.78	1.67	6.98	36.37	133.38	14.58	41.50	124.86	13.25	3
32.96	2.85	8.39	10.07	5.30	2.10	15.98	1.67	7.10	37.05	132.93	14.67	43.04	123.40	13.34	3
31.11	2.82	6.34	10.21	4.30	2.64	15.25	1.74	7.15	35.87	134.08	14.28	43.11	123.42	13.04	3
32.49	3.12	10.30	10.22	5.01	2.43	15.28	1.67	7.08	36.03	133.86	14.46	39.85	126.75	12.93	3
31.75	2.87	9.43	9.97	4.45	2.19	14.93	1.77	6.75	35.27	134.79	14.15	40.19	126.80	12.73	3
32.37	3.48	10.13	10.22	5.10	2.31	15.75	1.63	6.96	36.73	133.26	14.55	40.67	126.00	12.90	3
31.71	3.13	8.25	9.91	5.13	1.99	15.50	1.44	6.72	36.33	133.88	14.38	41.35	125.99	12.86	3
31.62	3.24	9.29	10.07	4.41	2.09	15.81	1.49	6.94	36.87	133.67	14.35	42.36	124.42	12.88	3
31.82	3.44	8.84	10.06	5.18	2.10	15.93	1.64	6.93	37.08	133.02	14.61	40.81	125.98	13.06	3
31.66	3.58	8.80	10.01	5.22	2.09	16.08	1.57	6.91	37.04	133.36	14.53	41.78	124.89	13.05	3
33.38	45.90	44.96	4.21	2.51	3.22	6.79	5.95	5.08	4.49	10.26	2.28	10.73	9.84	2.93	4
42.75	37.64	50.16	5.44	4.83	6.83	5.56	3.00	0.21	4.94	4.23	1.32	14.78	1.53	2.40	4
36.65	39.70	44.82	3.64	8.18	8.75	3.46	9.22	4.47	5.56	16.24	1.14	18.16	4.72	7.47	4
33.73	45.42	55.82	7.64	2.15	4.03	1.46	4.27	1.66	2.98	7.63	3.39	6.94	4.29	5.76	4
38.12	42.44	54.62	5.66	2.89	5.79	4.74	4.17	2.25	4.47	7.50	2.51	12.38	4.96	2.87	4
24.03	40.09	38.79	9.39	9.46	10.41	5.54	8.90	6.43	5.61	8.13	8.18	12.77	4.23	9.93	4
22.05	48.64	48.09	4.20	8.78	8.55	8.45	8.06	4.19	8.50	9.65	6.86	15.86	9.34	7.07	4
33.37	38.96	46.81	9.90	7.30	2.72	9.76	11.72	5.59	17.78	9.34	5.35	18.19	8.11	12.36	4
38.59	38.01	39.19	10.42	4.36	1.88	3.77	6.27	6.31	4.51	3.74	3.40	16.18	7.37	6.99	4
34.60	45.28	38.23	16.25	8.34	3.21	15.95	17.22	0.77	21.82	15.45	4.49	21.76	9.03	6.23	4
35.26	12.68	12.16	1.95	4.18	2.69	5.00	5.71	4.99	2.87	7.44	5.02	6.84	3.95	7.97	5
35.38	6.53	19.20	3.56	5.35	2.76	1.41	4.65	6.14	1.86	7.10	7.53	6.48	6.01	12.06	5
41.65	15.22	8.43	3.89	3.00	3.12	2.55	4.61	4.53	4.61	8.58	3.76	12.14	3.81	7.51	5
31.98	6.43	27.09	1.62	0.32	3.29	4.71	6.50	2.56	3.17	10.57	3.98	5.99	12.27	8.63	5
52.35	15.12	8.16	12.15	3.07	2.30	6.90	7.30	5.01	13.11	14.80	6.26	33.11	40.39	18.44	5
43.00	9.24	12.17	6.02	5.66	3.78	8.66	8.79	2.77	9.23	7.68	2.43	5.59	5.96	7.55	5
43.48	14.11	13.98	10.79	3.81	5.42	6.09	6.14	5.34	8.39	7.25	1.86	5.49	10.91	5.33	5
20.70	10.08	4.98	23.88	7.95	1.55	19.27	11.34	3.65	20.74	9.03	1.29	19.84	4.20	2.84	5
17.15	8.94	9.56	14.01	6.13	4.74	8.19	13.91	5.34	6.55	10.18	5.34	3.38	4.70	3.42	5
39.39	1.12	18.52	2.08	9.09	5.57	4.86	9.56	1.80	8.67	6.12	4.18	5.38	3.62	9.62	5

ตารางที่ 2 ตำแหน่งจุดสำคัญที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

43.00	50.59	5.65	5.36	2.58	2.06	2.38	6.27	1.26	17.26	8.71	6.86	29.70	127.13	12.25	6
41.84	52.35	5.09	5.29	2.06	3.12	2.78	5.86	1.06	17.33	8.14	5.96	33.07	122.97	11.24	6
41.44	52.99	6.64	4.89	2.39	3.31	2.95	5.79	0.79	16.34	7.31	5.68	29.95	126.64	11.36	6
41.07	52.82	5.99	4.75	2.28	3.15	2.52	5.88	0.99	16.73	7.48	6.03	31.21	124.68	11.61	6
40.87	52.87	6.24	4.96	2.28	2.87	2.58	5.99	1.21	16.62	7.34	6.01	29.29	127.19	11.50	6
40.57	52.10	10.37	5.46	2.11	3.06	2.90	6.83	1.61	16.66	8.51	6.05	36.85	121.93	9.84	6
41.25	51.14	12.74	5.93	3.16	2.75	2.21	8.14	1.65	14.38	7.49	6.03	27.77	125.98	12.02	6
38.00	46.34	21.21	9.93	4.28	2.84	5.36	6.37	3.69	15.29	4.20	7.48	36.16	123.86	8.23	6
31.73	3.63	10.11	10.39	4.98	2.59	15.57	1.71	7.17	36.06	133.84	14.54	39.51	126.92	12.93	6
31.32	3.53	8.63	10.15	4.95	2.30	15.76	1.55	6.92	36.50	133.81	14.44	40.78	126.13	12.93	6
42.78	37.04	18.56	6.66	3.08	4.84	7.37	3.19	6.57	18.84	148.45	17.69	11.79	4.72	6.80	7
41.08	36.96	17.21	6.78	2.68	4.46	7.28	2.63	6.04	18.26	149.36	16.51	12.22	3.94	6.62	7
42.00	37.32	17.93	7.76	2.27	4.88	7.63	2.92	6.05	18.97	148.99	16.56	11.70	4.37	6.63	7
42.11	38.67	17.22	7.60	2.79	4.76	7.74	3.54	6.39	19.61	146.61	17.33	12.42	4.51	7.00	7
42.43	38.21	17.82	7.06	2.78	4.56	7.05	3.60	6.13	18.81	146.45	17.57	12.56	4.18	7.07	7
41.40	38.76	17.51	7.96	2.38	4.13	7.56	3.36	5.81	18.98	147.59	16.93	12.09	4.53	6.90	7
42.16	38.28	16.94	7.33	2.66	4.46	7.12	3.59	5.75	19.15	145.40	17.60	13.04	3.55	7.27	7
42.00	38.20	17.35	7.61	2.68	4.33	7.10	3.52	5.75	18.98	146.72	17.31	12.50	4.05	7.13	7
41.35	38.24	17.04	7.94	2.89	4.61	7.67	3.16	6.02	18.72	147.88	16.69	12.22	4.64	6.85	7
42.00	38.43	18.15	7.83	2.77	4.62	7.49	3.48	5.92	19.01	146.13	17.57	12.79	4.13	7.14	7
44.81	2.25	16.59	3.91	1.04	5.72	24.26	79.24	50.64	27.39	89.46	38.62	18.93	12.57	2.46	8
37.62	9.25	15.60	13.94	6.97	3.06	23.55	87.67	25.66	26.03	73.24	36.54	17.26	14.77	0.55	8
46.13	4.92	20.53	18.39	5.32	7.12	36.04	100.39	28.54	32.35	93.46	34.59	16.74	8.45	13.11	8
44.81	4.50	15.92	5.68	2.91	3.31	47.06	107.59	23.31	45.00	102.34	28.68	22.35	1.19	15.55	8
26.53	6.01	17.60	18.26	3.66	3.72	38.78	99.71	33.52	39.23	94.66	30.75	17.07	7.72	4.52	8
25.32	18.04	12.07	32.24	4.18	10.24	64.30	85.32	35.39	66.33	85.92	50.19	33.53	4.81	21.07	8
26.16	11.14	9.39	32.50	5.53	21.21	58.69	88.16	44.46	66.22	82.89	53.08	26.49	8.72	20.40	8
27.66	8.83	10.43	24.23	4.14	1.59	43.50	89.44	34.55	49.34	85.55	39.43	23.41	3.34	15.44	8
36.26	2.53	12.41	6.89	1.65	7.15	41.82	94.05	25.81	32.85	98.77	29.31	13.61	3.15	24.57	8
24.80	8.94	9.57	23.08	20.97	7.11	43.42	85.50	23.59	45.49	78.92	23.06	20.69	13.11	7.38	8
37.49	32.50	23.75	10.26	5.49	1.26	15.09	8.65	9.23	48.91	79.45	45.19	67.01	71.88	37.99	9
26.71	6.61	15.82	24.09	72.82	61.53	8.34	9.61	2.37	7.96	3.08	1.90	13.56	5.69	1.61	9
26.69	6.51	15.61	24.16	73.25	60.71	8.20	9.98	2.45	8.10	3.78	2.15	13.31	5.59	1.07	9
26.91	6.44	15.98	24.60	73.06	61.62	7.81	9.37	2.49	8.07	3.01	2.23	13.24	5.95	1.55	9
27.67	5.89	15.60	23.80	72.29	59.72	8.28	9.79	2.44	8.31	2.97	2.03	14.00	5.39	2.11	9
27.04	6.41	13.46	23.71	66.92	62.99	8.31	9.90	2.63	8.52	3.10	2.17	14.06	5.39	1.72	9
27.54	5.80	13.37	23.23	71.24	60.68	7.75	10.11	2.40	8.12	3.16	1.91	14.18	5.52	1.82	9
27.02	5.77	13.90	23.36	70.73	59.92	7.81	10.07	2.53	8.44	3.28	2.09	14.71	5.47	1.69	9
28.51	6.20	14.64	23.24	70.86	60.65	7.78	9.75	2.55	8.29	3.22	2.19	14.33	5.35	1.63	9
28.56	5.95	13.86	23.30	71.52	60.85	7.70	9.60	2.60	8.36	3.07	2.14	14.38	5.49	1.59	9
17.25	13.22	20.57	24.03	8.79	6.89	16.74	3.25	4.62	10.19	3.15	1.82	12.35	5.39	6.23	10
20.46	6.45	14.84	26.22	10.31	3.58	24.87	11.80	2.59	18.03	10.05	1.71	9.52	8.10	2.44	10
18.90	13.73	17.33	25.55	5.70	6.64	18.71	1.10	4.42	11.03	5.01	1.75	10.90	4.72	5.73	10
21.75	3.63	12.52	27.26	12.05	4.41	24.77	10.36	2.85	15.73	11.01	0.76	7.46	8.34	2.43	10
16.96	14.88	22.42	27.10	2.76	4.82	18.66	0.72	3.68	11.69	5.57	2.97	9.93	4.29	6.41	10
20.83	2.31	14.05	24.78	13.55	5.24	22.46	10.60	2.77	12.25	11.16	0.79	8.17	8.90	2.32	10
14.65	14.13	34.69	28.51	5.33	4.74	22.74	2.10	2.68	10.80	2.39	3.52	8.44	4.14	8.69	10
23.46	1.25	13.98	26.10	11.95	4.31	20.92	12.39	3.60	11.23	11.37	1.87	9.86	8.15	3.53	10
16.59	13.26	28.40	30.35	4.25	3.77	24.49	1.59	1.47	11.19	2.57	3.00	12.30	5.10	7.06	10
22.57	0.78	13.47	25.91	12.88	5.09	19.52	12.18	4.21	10.35	11.40	2.08	16.14	9.22	2.59	10

ตารางที่ 2 ตำแหน่งจุดสำคัญที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

12.17	6.86	6.18	24.23	123.23	27.43	24.96	131.54	19.43	17.42	150.05	13.46	2.95	10.05	5.73	11
14.38	7.57	5.28	23.19	124.99	27.69	24.39	132.17	20.04	17.48	149.27	13.98	2.51	11.91	5.17	11
10.65	7.74	6.45	24.20	122.84	27.92	25.06	131.74	19.36	17.48	149.62	13.36	2.12	10.23	5.38	11
12.07	7.70	6.13	24.52	122.40	27.58	25.21	130.77	18.58	16.76	149.71	12.64	2.35	10.44	6.35	11
12.27	7.36	4.92	23.17	123.08	28.40	24.07	132.85	18.80	16.48	150.56	12.81	1.85	9.68	5.50	11
12.17	7.36	5.69	23.19	125.03	26.62	24.94	132.28	18.10	16.59	150.00	12.62	1.92	8.87	5.50	11
11.99	8.92	4.53	23.48	123.25	27.86	24.72	132.77	18.35	17.30	149.86	12.74	1.12	10.28	6.18	11
10.70	7.74	3.30	24.90	121.88	29.02	25.53	130.72	19.84	18.28	147.88	13.32	2.13	10.25	4.78	11
10.18	7.97	4.67	24.28	122.47	27.88	25.36	129.67	19.81	17.00	146.62	14.33	2.32	10.43	5.16	11
11.34	8.76	3.47	22.79	124.14	28.23	23.85	131.80	19.74	17.08	147.82	14.24	1.33	10.78	5.00	11
25.28	26.12	22.14	14.39	17.26	7.71	1.95	31.62	17.40	14.97	23.37	19.72	27.23	7.10	16.87	12
27.26	18.83	23.47	15.80	21.26	7.02	3.09	32.91	16.63	17.06	23.22	22.43	30.28	8.71	16.45	12
26.31	24.67	33.34	17.59	15.57	7.30	3.72	28.75	19.76	15.51	22.48	19.91	30.24	7.01	13.92	12
28.05	27.70	20.87	16.56	20.48	7.04	2.57	34.02	19.38	18.11	26.54	23.14	30.34	11.69	18.56	12
28.29	29.20	16.89	17.18	20.93	5.21	6.57	32.78	18.57	18.35	24.95	22.33	31.79	8.05	18.10	12
28.46	28.21	19.82	16.65	16.58	5.70	3.10	26.83	20.60	18.88	15.11	22.21	31.75	6.00	11.80	12
29.73	24.09	21.80	13.09	16.08	6.02	2.47	23.13	14.01	20.14	15.34	16.93	32.15	3.90	11.37	12
32.02	23.84	17.95	17.01	13.04	5.09	4.28	21.73	18.17	20.71	17.70	18.88	30.61	9.06	11.72	12
27.41	37.92	32.43	20.07	15.25	2.45	6.26	21.14	17.05	12.95	14.62	18.04	28.21	5.30	16.08	12
30.42	30.77	29.91	17.80	16.46	3.60	6.30	23.67	15.36	9.73	18.53	16.77	22.86	5.02	14.08	12
26.04	21.13	28.71	12.19	8.98	1.92	5.68	9.01	1.11	1.58	7.90	1.72	3.36	4.70	2.65	13
24.77	19.44	23.46	12.11	9.33	2.34	5.63	9.36	1.69	1.66	8.10	1.88	2.66	5.50	2.99	13
25.28	18.75	18.46	12.90	8.92	1.63	6.11	9.03	0.80	2.28	7.92	1.63	2.58	5.00	2.91	13
23.89	20.81	23.73	12.56	8.99	1.27	5.92	9.27	0.44	1.74	8.37	1.17	2.37	5.59	3.40	13
23.20	22.09	23.56	12.14	9.45	0.93	5.76	9.90	0.44	2.05	9.11	1.16	2.37	5.34	3.47	13
23.18	21.29	18.66	12.37	9.20	1.60	5.67	9.46	0.73	2.20	7.88	1.56	3.17	4.43	2.74	13
23.88	21.07	27.18	11.36	9.63	1.77	5.08	9.80	0.86	1.38	8.58	0.51	4.19	6.68	3.30	13
22.33	23.41	17.75	12.06	10.13	4.80	7.62	11.03	3.53	4.61	9.61	2.34	1.20	8.27	4.00	13
24.67	7.15	8.42	13.08	6.10	2.09	4.59	5.32	1.10	6.94	3.99	1.90	10.11	5.71	4.18	13
30.30	11.44	8.03	12.37	7.15	0.81	5.07	8.09	2.01	1.77	8.63	2.69	4.83	6.80	5.01	13
24.93	23.70	15.29	29.64	6.29	4.56	14.17	7.26	3.19	13.56	10.89	1.39	50.51	29.53	12.25	14
23.04	25.55	5.14	39.97	10.38	3.45	13.08	9.82	1.95	20.80	12.60	1.62	54.83	27.50	8.74	14
26.30	21.76	8.88	21.36	8.15	3.25	9.24	9.73	2.79	23.13	13.46	2.70	58.71	23.54	12.54	14
20.14	25.01	7.70	49.70	28.44	7.63	17.96	6.21	2.01	13.63	8.14	2.57	24.22	9.75	6.38	14
18.45	19.30	2.30	14.58	6.38	1.40	10.14	12.06	4.56	14.17	13.00	3.38	32.99	30.48	14.14	14
21.89	10.73	8.69	8.37	5.17	6.32	3.89	6.61	5.16	10.37	7.76	6.86	17.82	14.76	9.59	14
20.22	13.83	2.69	53.77	34.13	12.27	8.95	17.49	9.72	5.74	21.75	11.45	2.76	14.85	13.57	14
24.41	11.40	19.35	54.37	30.16	11.00	7.91	11.45	2.54	5.80	11.80	4.23	5.06	12.23	7.50	14
23.97	15.05	16.08	63.70	25.82	12.47	7.98	11.13	1.19	6.95	10.19	3.57	4.25	10.70	5.73	14
19.85	13.49	14.76	62.29	27.53	12.52	9.34	9.52	1.18	6.98	9.83	3.29	5.28	11.46	5.50	14
33.65	46.25	34.69	69.26	108.14	49.06	57.18	113.90	45.67	37.13	121.58	35.16	34.83	128.74	17.37	15
33.70	46.90	33.98	68.29	107.02	50.63	54.28	116.66	44.90	35.54	122.55	35.31	34.94	128.71	17.08	15
35.50	42.48	27.72	69.83	103.50	52.04	60.01	111.22	51.21	43.20	117.54	40.03	33.68	125.45	20.88	15
34.56	48.67	31.52	71.73	102.65	55.75	61.85	111.29	51.81	43.88	117.16	41.18	34.86	122.10	22.25	15
32.28	45.38	32.31	71.91	103.53	53.14	63.32	112.50	50.53	44.96	119.34	39.96	32.05	125.65	24.32	15
32.49	44.50	30.43	74.60	99.27	55.55	67.46	104.86	54.05	51.39	112.27	43.34	36.75	118.48	27.68	15
32.39	43.90	30.33	73.18	103.10	53.59	63.80	110.55	51.59	46.20	116.94	41.87	32.32	124.17	24.65	15
29.85	34.94	32.48	71.24	102.43	55.13	63.86	110.50	53.18	46.35	117.32	42.83	30.54	123.86	26.55	15
29.51	32.81	28.26	71.76	100.25	55.85	66.24	107.19	54.71	50.84	114.91	44.15	34.52	121.98	29.63	15
29.07	35.35	23.29	28.91	48.73	46.61	24.08	40.77	55.60	23.66	40.81	43.58	43.72	29.20	28.52	15

ตารางที่ 2 ตำแหน่งจุดสำคัญที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

32.41	16.81	30.67	27.16	138.76	15.34	30.58	135.70	16.85	28.80	150.45	13.95	16.92	8.20	8.79	16
29.78	19.30	41.69	26.86	140.60	14.42	30.75	138.09	15.23	27.96	153.70	12.69	17.21	7.87	8.25	16
29.44	21.15	37.85	27.41	139.85	15.43	30.69	137.85	15.62	28.59	152.38	13.08	15.82	9.13	7.56	16
29.87	22.53	40.67	27.60	140.88	13.50	29.35	140.44	14.03	25.81	155.06	11.88	13.43	9.65	7.05	16
30.88	20.90	43.32	27.96	139.71	12.95	29.65	139.59	14.41	25.18	155.01	12.30	13.87	10.10	6.43	16
30.95	21.89	43.53	27.88	143.10	11.39	27.97	143.40	13.11	23.57	159.02	11.27	11.22	12.20	7.52	16
30.27	21.37	42.21	29.35	138.56	13.09	31.10	138.40	14.71	26.96	154.00	12.76	13.87	10.52	7.71	16
26.13	23.11	39.52	31.82	137.43	12.78	32.89	138.17	14.42	27.81	153.86	12.54	14.18	10.94	7.77	16
26.68	22.72	41.43	31.28	136.06	13.39	32.79	136.94	14.84	28.56	151.80	13.62	14.17	10.13	8.17	16
28.10	23.21	39.86	32.47	132.66	14.64	34.29	133.17	15.48	29.60	149.11	14.09	15.24	9.38	8.73	16
39.62	54.99	14.72	65.68	2.63	3.52	60.27	4.03	7.63	65.77	123.28	33.90	41.59	130.91	24.16	17
41.01	46.93	9.10	66.62	2.14	3.22	62.22	3.44	6.88	65.90	127.11	32.47	43.67	129.83	25.28	17
39.91	54.34	13.12	67.28	3.40	3.84	59.49	4.32	8.14	63.92	128.31	33.78	38.03	134.42	24.17	17
39.86	54.91	12.92	65.92	1.99	4.23	59.49	4.18	7.11	65.48	130.89	31.29	41.06	132.64	23.82	17
38.36	53.27	14.46	65.12	2.34	3.59	57.41	4.11	8.81	58.84	129.90	32.24	35.00	134.92	22.36	17
40.04	51.92	11.77	66.48	1.50	4.40	59.68	4.39	8.55	66.51	123.70	35.31	42.16	129.72	25.41	17
38.79	53.88	12.13	66.53	1.93	3.85	59.94	6.28	8.25	63.74	127.59	33.94	40.26	132.76	23.91	17
39.41	54.41	11.92	67.54	1.27	3.33	57.64	4.93	6.61	61.49	129.79	30.63	38.50	133.13	22.47	17
39.07	51.26	9.85	65.58	1.42	4.01	57.33	4.48	6.70	61.90	132.04	29.15	39.67	131.47	21.69	17
36.94	53.20	13.05	66.14	0.85	3.38	57.40	3.95	7.05	60.25	132.93	29.08	38.83	132.73	21.90	17
17.27	26.81	21.02	71.73	6.65	2.01	90.17	84.06	79.64	91.68	105.25	67.08	82.03	106.38	65.23	18
19.94	28.81	15.67	72.95	6.15	1.88	89.18	79.59	85.96	87.69	105.77	65.71	77.62	109.08	61.06	18
19.58	26.48	20.85	71.13	6.93	4.25	87.94	79.85	83.31	86.15	105.34	65.65	75.22	107.77	61.05	18
15.74	28.19	15.32	76.00	2.36	4.20	89.88	85.08	85.82	86.92	112.21	61.27	74.27	118.10	53.82	18
12.14	19.42	24.51	74.73	4.24	2.24	91.44	84.57	85.42	89.71	105.78	67.71	78.16	103.62	68.27	18
15.05	27.02	21.55	75.93	3.77	2.18	93.16	95.72	79.76	92.90	117.46	57.72	80.41	121.87	50.93	18
17.47	25.47	28.23	74.79	11.15	3.70	89.87	98.95	78.12	87.65	122.82	52.99	75.60	128.44	46.39	18
13.03	16.96	25.85	78.60	6.87	1.59	92.17	79.12	89.35	89.80	104.62	64.70	77.52	112.14	56.64	18
7.82	18.98	26.64	74.25	6.21	3.30	92.30	87.63	85.57	90.39	112.20	63.46	77.59	118.85	56.02	18
10.64	21.98	29.06	75.41	8.33	3.36	91.56	99.60	75.31	90.45	117.86	56.98	78.04	123.86	50.68	18
43.75	45.14	16.31	11.72	4.36	2.67	5.71	6.98	1.55	9.97	7.77	4.41	28.30	132.97	14.60	19
43.60	42.74	17.16	12.19	4.75	1.98	6.37	7.67	1.53	10.94	7.97	4.23	29.86	131.11	13.05	19
44.49	43.41	13.23	11.77	4.20	2.51	5.10	6.51	1.67	10.29	7.16	4.41	29.18	133.83	12.88	19
42.74	42.39	15.75	12.56	4.04	3.24	6.01	6.61	2.12	11.30	7.90	4.72	28.07	134.33	13.27	19
47.93	42.54	4.63	12.70	3.95	2.68	6.23	3.17	5.27	17.12	1.84	7.37	28.73	126.82	14.27	19
47.93	42.97	5.60	11.21	3.97	1.65	5.38	4.23	3.26	13.83	4.26	5.98	26.39	133.69	12.01	19
51.64	40.81	4.72	10.05	2.67	2.22	4.63	4.35	2.89	13.41	4.88	5.54	31.25	126.57	12.77	19
49.12	40.54	6.31	9.91	2.53	1.95	4.10	3.67	3.31	11.23	4.30	5.93	31.30	125.96	14.54	19
49.72	40.32	9.01	9.66	2.91	2.55	4.93	4.69	2.62	12.95	5.33	5.73	27.34	136.86	11.04	19
48.27	37.74	7.46	9.86	4.00	2.34	4.39	6.80	2.79	12.89	7.09	6.14	25.82	133.26	12.39	19
44.49	43.41	13.23	11.77	4.20	2.51	5.10	6.51	1.67	10.29	7.16	4.41	29.18	133.83	12.88	20
42.74	42.39	15.75	12.56	4.04	3.24	6.01	6.61	2.12	11.30	7.90	4.72	28.07	134.33	13.27	20
47.93	42.54	4.63	12.70	3.95	2.68	6.23	3.17	5.27	17.12	1.84	7.37	28.73	126.82	14.27	20
47.93	42.97	5.60	11.21	3.97	1.65	5.38	4.23	3.26	13.83	4.26	5.98	26.39	133.69	12.01	20
51.64	40.81	4.72	10.05	2.67	2.22	4.63	4.35	2.89	13.41	4.88	5.54	31.25	126.57	12.77	20
49.12	40.54	6.31	9.91	2.53	1.95	4.10	3.67	3.31	11.23	4.30	5.93	31.30	125.96	14.54	20
49.72	40.32	9.01	9.66	2.91	2.55	4.93	4.69	2.62	12.95	5.33	5.73	27.34	136.86	11.04	20
48.27	37.74	7.46	9.86	4.00	2.34	4.39	6.80	2.79	12.89	7.09	6.14	25.82	133.26	12.39	20
49.55	39.17	9.49	11.18	3.96	1.70	5.50	6.68	2.64	13.90	6.88	5.90	26.41	131.52	11.87	20
49.09	40.65	11.99	10.98	3.00	2.18	4.93	5.53	2.64	12.31	6.15	6.36	24.56	140.46	10.24	20

ตารางที่ 2 ตำแหน่งจุดสำคัญที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

18.61	15.50	4.00	21.24	26.23	11.13	14.79	32.94	21.72	15.73	38.21	28.95	18.12	38.90	31.41	21
17.94	18.90	3.66	22.39	29.43	7.70	14.82	33.34	16.66	15.75	40.04	24.05	18.17	41.90	28.51	21
21.11	18.55	2.29	23.22	29.50	8.12	17.90	35.17	20.01	16.84	42.74	23.58	19.99	38.89	26.61	21
19.46	17.62	3.31	22.30	29.20	7.12	17.05	32.33	17.60	17.07	36.95	22.32	19.33	38.19	25.05	21
21.58	20.78	2.96	21.18	31.14	8.25	14.58	34.46	20.22	15.71	40.83	25.01	20.59	40.86	28.99	21
21.02	19.14	4.76	22.69	31.66	8.23	16.29	35.67	19.45	17.32	41.26	24.33	21.72	40.13	26.74	21
21.31	19.17	3.11	18.55	31.18	8.01	14.10	35.65	20.53	16.27	40.45	23.15	20.57	38.58	26.00	21
22.32	17.95	2.41	22.34	29.44	7.51	15.64	32.60	17.11	17.49	37.94	22.20	23.09	37.18	23.99	21
20.18	18.20	2.86	21.41	28.11	7.96	15.61	31.58	18.87	16.96	37.41	24.52	19.72	40.44	27.21	21
20.08	18.58	3.29	21.50	27.70	7.31	15.80	31.32	17.52	16.93	37.29	23.73	20.37	38.84	26.97	21
36.96	41.51	30.20	48.85	30.50	9.59	47.81	121.62	44.56	22.30	129.80	32.51	23.99	127.90	22.43	22
38.13	36.17	28.30	48.09	27.11	10.21	44.09	127.72	42.02	18.52	131.87	33.21	28.67	121.58	25.90	22
43.38	45.05	31.47	72.26	93.34	67.08	63.98	114.43	39.71	44.80	114.46	34.65	39.63	107.04	19.80	22
47.47	41.13	29.14	71.78	91.58	60.75	66.11	110.86	39.02	49.58	110.18	34.08	45.16	101.45	20.86	22
48.72	39.81	28.46	73.18	94.57	60.02	65.38	109.07	42.09	48.26	111.05	35.33	41.96	103.86	22.52	22
53.93	42.47	26.92	84.38	75.95	54.59	73.89	96.54	40.59	62.03	106.76	36.02	57.88	103.43	31.86	22
54.52	45.48	24.67	81.70	78.62	56.10	72.27	93.08	42.74	63.98	96.26	39.92	57.40	96.57	33.44	22
44.52	52.90	28.02	84.61	80.47	55.35	82.09	86.20	40.77	74.55	82.86	39.28	67.07	86.29	30.51	22
42.87	54.12	32.78	82.33	78.07	57.77	74.97	87.08	41.62	64.41	91.48	37.85	57.40	94.25	29.97	22
40.40	51.26	34.18	78.57	86.76	51.74	74.66	92.47	37.51	64.12	96.16	33.93	53.96	100.46	26.19	22
22.65	49.02	28.23	29.77	15.13	5.75	58.41	117.19	32.82	78.04	105.83	42.05	81.76	95.99	41.07	23
20.54	46.24	28.14	29.82	15.67	6.15	64.79	106.03	25.77	86.77	93.58	38.76	89.17	86.96	41.73	23
22.51	44.28	30.78	28.80	13.98	6.12	70.29	100.97	25.87	91.02	89.27	38.01	90.45	84.83	39.12	23
22.40	41.54	25.55	32.63	17.24	7.54	70.14	98.14	24.72	87.40	89.86	37.87	89.08	82.32	41.57	23
21.17	41.24	27.82	32.11	16.70	5.62	70.80	100.24	31.93	88.63	91.78	40.91	90.31	84.45	43.16	23
20.36	47.08	26.64	33.15	17.83	6.83	75.85	96.10	34.39	94.77	86.42	45.46	96.69	78.72	45.00	23
18.65	47.47	27.07	32.46	17.76	5.79	67.83	102.62	30.46	84.58	96.11	37.84	85.69	88.95	42.01	23
20.89	46.79	27.33	31.56	15.76	6.48	71.57	97.76	27.20	88.34	90.75	36.33	87.60	85.94	39.73	23
18.31	40.66	30.31	31.25	16.62	5.76	64.00	106.74	28.12	80.71	99.66	37.77	81.99	93.27	41.17	23
20.93	40.05	30.96	32.38	17.50	5.97	66.29	105.61	36.40	86.58	94.45	47.44	87.46	88.61	44.67	23
27.53	5.93	18.07	19.33	3.01	6.07	66.63	98.79	21.02	88.71	89.55	31.32	94.77	88.07	38.10	24
29.37	5.87	18.79	20.95	5.25	5.63	66.61	97.41	21.81	88.32	89.41	33.95	95.71	87.35	42.30	24
26.31	6.11	17.32	21.86	3.19	6.08	67.06	97.13	21.96	86.67	91.49	33.61	93.41	90.66	43.47	24
28.07	6.02	14.35	22.39	3.82	6.84	66.69	97.96	20.61	89.91	87.92	32.23	96.38	86.61	40.05	24
25.59	8.98	24.91	24.62	11.93	5.70	57.41	110.30	25.37	74.53	104.15	38.08	82.42	100.80	44.02	24
25.58	7.26	20.68	25.78	7.60	7.53	55.61	110.07	23.72	80.13	98.07	39.31	87.73	96.85	47.91	24
28.41	6.38	20.07	23.03	4.13	7.16	53.60	111.52	22.03	71.26	106.83	33.63	77.07	106.86	38.02	24
28.62	5.75	22.38	21.33	5.23	7.17	56.63	107.92	23.29	71.44	105.28	33.61	77.68	104.04	36.87	24
29.22	5.62	19.12	22.71	3.29	7.29	59.34	104.49	21.58	77.03	99.23	31.80	81.59	99.92	36.24	24
29.70	5.47	20.15	22.52	3.02	7.21	60.42	103.47	21.71	79.02	97.25	31.49	84.23	97.14	36.20	24
28.24	22.10	13.32	21.08	7.96	5.97	15.28	5.24	2.52	16.83	5.27	3.63	27.85	9.38	3.78	25
27.08	21.19	11.60	20.46	8.66	5.73	14.54	5.22	2.38	15.72	4.42	2.88	26.02	8.90	3.23	25
26.73	21.37	10.57	21.98	8.36	5.11	15.91	5.58	1.99	17.06	5.56	3.12	27.52	9.25	3.14	25
27.95	20.87	11.54	21.65	8.42	5.33	16.67	5.80	2.00	17.34	5.43	3.05	26.48	8.86	3.69	25
28.66	20.34	9.01	22.97	9.00	5.20	19.08	6.21	1.99	19.40	6.23	2.85	28.49	9.24	3.89	25
28.46	19.41	9.96	23.36	9.85	5.75	19.43	6.82	2.35	19.11	5.94	2.70	27.89	8.84	3.93	25
28.52	20.70	11.82	23.70	10.46	5.37	19.43	7.42	2.03	21.07	5.88	2.29	29.84	8.06	2.88	25
28.25	20.50	11.82	23.15	9.74	5.48	19.39	6.86	2.12	19.99	5.64	2.91	29.10	8.52	3.44	25
28.69	20.94	13.69	21.10	9.59	5.30	15.83	6.90	2.73	16.21	5.26	3.38	25.45	9.11	5.15	25
27.73	20.89	11.74	21.98	8.43	6.04	15.52	7.68	4.34	14.63	5.42	2.40	23.45	8.99	3.98	25

ตารางที่ 2 ตำแหน่งจุดสำคัญที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

29.84	23.12	25.74	15.10	3.43	8.80	17.03	23.60	23.11	27.51	129.39	19.80	42.29	114.51	23.93	26
34.12	25.71	42.83	7.42	5.77	8.66	13.69	16.49	8.74	24.24	138.96	17.59	37.12	125.05	22.81	26
35.86	30.25	47.90	10.56	3.47	8.38	17.58	19.20	8.88	34.79	132.52	16.45	52.60	117.25	19.79	26
40.04	31.62	48.52	12.02	5.54	8.52	19.58	18.33	8.25	34.72	136.46	14.97	49.96	121.91	19.06	26
36.39	35.05	41.93	13.27	5.33	11.94	21.80	19.41	12.95	38.05	134.07	15.20	45.19	127.42	18.07	26
35.45	37.13	42.43	14.92	6.22	16.36	23.50	17.78	16.63	43.11	128.92	15.03	50.98	121.67	16.21	26
33.97	37.19	40.14	15.11	5.11	14.88	23.06	17.88	18.95	46.43	126.45	15.17	56.03	117.16	15.78	26
34.86	38.66	41.10	16.06	5.22	13.04	23.22	19.27	17.72	44.80	127.76	15.44	54.67	120.33	16.45	26
35.82	37.51	43.40	15.08	5.59	12.66	23.07	18.33	17.50	43.09	128.54	15.30	56.38	117.43	16.45	26
34.75	38.96	43.36	16.93	5.25	19.56	23.79	19.73	25.79	44.28	128.93	15.15	54.84	120.50	15.88	26
21.37	28.97	6.63	38.73	5.41	2.75	69.37	8.05	1.02	74.23	64.98	33.30	56.98	65.84	42.46	27
12.92	17.35	8.55	44.24	7.03	3.19	76.23	9.33	0.78	83.38	52.24	34.36	69.02	54.51	43.55	27
10.16	16.48	7.24	44.24	6.67	3.24	75.60	8.78	3.76	83.19	53.10	29.22	68.55	53.04	36.33	27
11.20	18.10	6.76	50.71	2.01	5.54	79.10	17.67	3.83	92.59	66.48	46.25	78.30	74.24	52.82	27
9.09	15.23	4.30	46.09	5.11	2.78	81.81	8.25	2.54	98.66	60.42	42.56	88.60	64.79	59.30	27
10.14	18.74	5.72	46.76	7.26	2.41	79.24	7.61	2.84	91.96	68.73	39.36	81.68	72.86	51.35	27
11.25	18.72	11.26	43.53	6.60	2.63	77.09	5.90	4.86	90.44	69.85	41.10	78.38	74.34	47.33	27
10.77	22.58	7.38	42.99	6.43	2.02	74.74	7.58	2.96	88.00	65.70	43.81	75.03	67.21	55.22	27
11.03	16.06	12.30	44.43	6.29	3.02	76.22	7.96	2.18	90.22	58.18	33.69	79.03	55.81	44.08	27
12.58	21.09	9.86	46.40	8.33	2.48	77.03	7.39	2.07	91.37	56.94	34.65	80.96	55.82	48.29	27
36.07	15.61	14.55	23.85	7.90	5.55	42.64	118.27	28.87	50.41	121.57	28.80	53.25	116.31	33.60	28
26.56	23.16	38.37	22.92	124.83	20.51	24.28	136.44	17.29	41.95	129.78	21.77	57.35	121.78	25.07	28
40.13	15.58	6.37	25.13	7.93	4.56	38.49	122.09	29.62	46.17	124.97	28.38	49.11	116.16	36.11	28
26.00	17.51	19.27	19.65	8.59	3.64	36.10	120.91	24.75	47.53	123.11	24.41	48.24	122.32	29.48	28
43.28	15.29	5.38	22.51	5.44	5.16	39.24	122.93	28.12	45.03	128.32	28.52	48.05	122.24	35.81	28
34.22	17.90	24.85	19.05	7.08	2.81	35.99	123.69	24.01	48.59	123.97	24.60	51.86	120.96	29.38	28
44.32	15.02	9.61	25.13	8.85	5.48	42.94	118.97	30.50	47.40	125.85	30.29	50.65	118.55	37.80	28
32.30	21.18	20.47	18.64	2.87	3.41	34.84	122.12	22.80	49.99	122.67	21.37	54.04	116.00	27.22	28
47.03	15.87	7.63	24.92	8.83	6.61	42.41	120.23	31.50	48.23	125.69	31.13	51.22	119.09	37.11	28
36.72	21.50	22.19	18.30	4.42	3.25	34.44	122.96	23.70	50.40	121.69	23.06	55.80	116.56	28.78	28
36.20	36.26	9.37	14.75	0.87	5.90	28.70	118.76	24.79	27.85	127.88	24.74	11.83	10.34	7.75	29
35.59	38.36	8.51	14.61	0.72	6.53	30.20	116.99	24.24	28.40	127.38	25.08	12.03	10.53	7.56	29
37.56	36.82	5.09	14.79	0.62	6.19	29.89	118.37	24.55	29.59	127.38	24.72	11.70	10.78	7.76	29
38.62	35.48	9.81	13.55	0.65	6.35	27.38	124.21	22.57	27.36	131.15	23.74	11.45	10.73	7.20	29
37.23	35.39	8.65	14.69	1.16	6.22	27.60	119.60	25.41	26.80	128.43	24.54	11.99	9.68	7.62	29
25.82	19.81	6.54	9.74	7.91	3.88	9.42	7.86	4.56	10.49	8.34	8.31	11.74	9.19	7.68	29
28.38	41.11	6.54	19.86	6.72	5.82	26.94	109.53	36.13	29.83	132.44	24.03	18.80	9.82	9.07	29
34.09	34.44	11.46	14.80	9.11	4.47	14.91	14.44	9.58	19.87	24.50	20.38	18.81	4.90	6.66	29
32.62	40.33	14.34	13.58	6.92	7.23	18.60	65.18	62.18	18.97	115.05	40.96	16.30	5.85	6.01	29
37.58	40.40	8.31	16.97	2.63	5.61	26.35	102.97	38.35	31.15	122.27	31.21	17.38	11.74	9.25	29
28.19	13.02	21.37	19.34	28.83	19.95	63.33	89.20	34.32	70.77	94.69	39.01	67.38	100.94	45.30	30
31.09	13.82	16.54	17.54	31.13	19.77	63.39	94.51	38.38	70.23	97.21	41.65	66.73	101.49	46.21	30
30.38	14.00	21.85	22.99	30.57	20.62	63.57	92.80	39.64	66.52	98.84	40.84	64.64	102.87	42.89	30
30.49	12.59	15.28	19.96	30.81	16.84	63.88	92.06	37.35	69.12	96.21	40.81	66.64	98.67	45.42	30
33.32	13.80	20.66	21.17	30.88	22.55	64.03	92.99	37.76	68.71	97.50	39.35	66.55	99.97	43.26	30
32.36	13.66	15.45	21.22	31.61	24.86	65.18	92.11	35.21	72.44	96.02	40.42	70.57	98.44	44.91	30
31.75	14.04	17.06	20.58	31.19	19.82	64.12	93.21	36.82	69.35	97.25	41.19	67.19	99.78	46.17	30
31.22	14.53	17.16	20.35	33.89	22.96	63.81	93.71	39.51	69.82	96.65	44.77	68.41	99.58	48.99	30
29.88	14.36	18.89	21.54	32.45	21.62	66.46	92.67	38.29	71.56	96.18	42.70	69.41	99.51	47.57	30
29.28	13.67	17.58	22.96	27.85	18.62	66.23	93.82	37.08	72.23	96.76	42.14	70.27	98.97	48.13	30

ตารางที่ 2 ตำแหน่งจุดสำคัญที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

17.75	14.02	7.17	18.90	19.47	5.24	26.70	123.87	27.46	47.00	120.89	30.68	56.51	116.71	35.74	31
17.03	14.56	11.26	20.62	23.32	9.61	33.02	121.97	27.08	51.53	118.83	30.61	58.41	114.43	35.89	31
18.93	10.51	12.32	21.95	22.63	7.79	29.90	122.50	28.90	44.23	123.00	30.48	51.04	119.13	33.90	31
17.52	13.52	13.19	22.12	25.33	12.31	28.67	123.20	28.54	47.10	121.10	33.33	55.47	116.97	37.88	31
20.35	13.76	11.79	21.07	24.81	12.49	30.39	121.48	28.30	48.43	120.83	32.12	56.97	116.46	36.80	31
23.03	13.74	16.24	21.32	26.48	10.74	28.06	124.45	29.18	41.61	124.02	33.43	51.64	117.47	40.12	31
20.96	12.20	15.86	21.37	24.58	9.61	32.09	121.13	28.64	47.90	120.08	33.12	59.26	113.25	41.75	31
21.81	13.11	14.11	21.14	24.71	10.40	28.56	122.85	29.03	46.78	121.27	33.14	54.46	117.09	38.69	31
18.10	13.57	16.22	20.18	22.26	8.16	30.69	122.38	28.92	48.89	120.11	34.83	60.94	113.81	41.80	31
18.55	11.75	14.78	19.44	20.81	7.26	31.09	122.69	27.19	49.56	120.80	31.36	59.93	115.08	38.92	31
19.62	4.09	24.74	76.88	103.60	55.92	68.06	108.90	52.70	49.92	117.02	42.70	22.97	13.29	7.90	32
20.30	3.78	25.90	79.64	98.04	54.41	67.88	111.30	50.05	45.55	120.02	48.04	15.02	15.35	8.00	32
17.85	4.61	29.46	89.98	84.60	52.16	76.10	93.08	49.58	48.85	103.11	47.53	9.56	15.88	5.83	32
19.80	4.34	28.40	91.02	86.07	48.48	77.90	94.96	40.74	51.18	108.51	38.10	12.27	13.25	6.16	32
18.66	3.77	26.58	93.93	85.32	54.62	81.43	92.69	47.51	54.33	107.67	43.05	11.21	12.39	5.13	32
19.27	3.76	26.75	90.56	87.40	50.46	76.14	98.25	42.60	46.83	115.26	37.95	10.89	11.68	5.79	32
20.30	3.62	29.28	90.90	85.40	50.40	79.85	93.75	46.74	51.73	112.52	41.54	12.23	12.55	3.30	32
20.04	3.23	29.09	91.81	85.58	51.30	79.52	94.61	46.39	51.29	110.75	41.22	12.07	11.16	5.95	32
19.95	3.32	29.13	91.81	89.94	50.07	78.77	97.04	44.72	50.01	113.34	41.22	12.51	12.08	5.69	32
19.18	3.23	28.69	93.97	89.74	52.24	81.86	96.61	48.35	54.29	111.75	42.84	10.95	11.78	5.94	32
32.05	5.67	24.32	13.58	8.62	6.83	17.89	9.42	11.25	78.57	81.36	17.22	98.77	66.48	15.66	33
30.22	6.66	23.30	14.74	8.52	7.43	19.12	10.57	11.57	80.43	82.42	17.30	101.00	66.50	17.20	33
33.30	5.72	22.66	14.03	8.56	7.62	18.61	11.38	10.89	81.96	78.60	17.51	100.63	65.23	15.86	33
34.95	6.56	24.81	14.12	8.99	7.23	18.71	11.32	11.07	81.88	78.92	18.24	101.08	63.38	15.73	33
34.99	5.06	24.50	14.35	8.80	6.93	19.06	10.73	10.85	84.51	75.86	17.84	106.38	57.47	15.39	33
33.92	5.43	24.70	13.62	8.64	6.91	20.00	11.07	10.29	78.81	79.98	17.50	99.43	62.64	15.62	33
35.72	5.32	24.74	14.52	8.21	7.09	19.14	9.49	11.83	92.93	69.28	19.01	107.53	61.81	17.20	33
33.37	5.72	24.59	14.24	8.84	7.30	21.49	10.94	11.89	87.60	73.96	18.29	105.70	59.83	16.44	33
31.75	5.40	16.26	14.06	8.29	7.95	19.28	8.54	11.34	83.00	78.08	18.27	104.38	62.11	16.95	33
30.40	5.80	11.80	12.80	5.57	8.09	17.28	7.19	12.14	80.97	82.65	19.66	102.03	68.97	17.61	33
16.14	21.75	13.52	30.13	29.64	24.88	14.91	18.66	9.72	9.85	18.21	7.29	23.26	11.83	6.84	34
19.61	8.66	6.15	30.89	24.41	14.47	7.83	10.00	2.69	8.42	5.98	5.03	8.79	10.12	5.71	34
18.25	20.63	13.47	31.52	28.76	19.43	13.74	19.87	9.76	13.30	15.05	6.72	23.22	10.14	5.92	34
24.86	12.33	10.55	33.90	26.82	17.59	9.79	11.26	2.31	11.26	9.91	5.06	9.08	11.98	5.34	34
19.35	21.73	12.14	33.40	27.12	17.96	15.71	18.12	9.71	14.27	13.09	5.51	23.30	10.77	5.86	34
18.46	12.72	4.15	36.01	25.04	18.22	11.70	11.02	4.05	12.81	12.67	5.41	13.27	14.95	6.45	34
20.28	22.49	13.09	34.26	29.89	23.74	13.58	15.83	8.04	13.37	12.79	4.98	22.96	10.56	4.92	34
16.12	9.04	2.91	33.53	24.62	16.63	11.95	10.40	4.38	13.15	9.40	4.97	13.35	13.11	5.75	34
20.22	20.94	12.82	33.42	27.28	25.21	14.71	14.61	8.22	9.23	16.87	5.67	22.15	10.71	5.40	34
16.11	8.67	2.77	33.47	24.52	14.95	10.97	10.25	3.72	12.58	7.67	4.17	13.10	12.30	5.26	34
44.13	10.88	0.93	18.55	8.27	6.59	12.81	9.86	4.03	12.90	4.36	4.05	17.27	3.59	2.20	35
44.60	10.33	2.57	18.47	8.48	6.03	12.86	10.07	3.42	12.95	4.96	3.80	17.47	3.25	2.20	35
44.62	10.36	1.40	17.99	8.29	6.15	12.29	9.99	3.68	12.50	4.56	3.92	17.17	3.39	2.08	35
45.41	10.21	2.32	18.27	8.37	6.62	12.31	10.36	4.20	12.68	5.39	4.10	17.32	3.80	2.10	35
46.60	10.31	2.65	17.98	7.52	6.54	12.66	9.39	4.19	13.28	4.54	4.25	17.80	3.58	2.55	35
45.94	10.03	4.51	16.69	7.50	5.58	12.22	8.45	3.39	13.01	3.02	3.42	17.04	3.49	2.26	35
44.96	9.67	2.17	16.77	7.31	5.20	12.85	8.19	3.33	14.46	2.42	4.09	18.92	3.84	3.45	35
44.01	8.78	2.90	16.84	7.13	4.64	12.79	7.68	3.44	14.22	2.31	4.18	19.29	3.62	3.74	35
34.39	3.75	0.79	13.44	6.47	4.10	13.04	6.17	3.10	17.20	4.66	4.41	25.74	5.38	3.69	35
32.02	17.43	8.02	7.22	2.94	4.93	5.93	3.31	2.70	13.49	3.60	3.12	20.66	8.42	4.19	35

บทที่ 4 ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษา

ผู้ศึกษาใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์ซึ่งประกอบด้วย การใช้กล้องเว็บแคมและคลังโปรแกรมมีเดีย ไฟฟ์เพื่อตรวจจับตำแหน่งของจุดสำคัญบนฝ่ามือ และใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด K ตัวเพื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่จัดเก็บชุดคำและชุดตัวสะกดภาษาไทยซึ่งใช้ “ท่ามือ” หลังจากนั้นจะประมวลผลด้วยชุดคำสั่งภาษาไพทอน เพื่อแสดงผลของคำหรือตัวสะกดที่แปลได้ พบว่าสามารถแปลคำศัพท์และตัวสะกดได้รวดเร็ว ตรวจจับการเคลื่อนที่ของท่ามือได้ในทันที และมีความแม่นยำในการแปลประมาณร้อยละ 85.71

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบแปลคำศัพท์และตัวสะกดโดยผู้ชำนาญการภาษาไทย 3 ท่าน

ผู้ชำนาญการ	1	2	3
จำนวนชุดคำ	35	35	35
จำนวนชุดคำที่แปลได้ถูกต้อง	29	31	30
จำนวนชุดคำที่แปลได้ไม่ถูกต้อง	6	4	5
ร้อยละของความแม่นยำ	82.86	88.57	85.71

4.2 ปัญหาที่พบในการศึกษา

ภาษาไทยมีพยัญชนะและสระจำนวนมาก ต่างจากภาษาอังกฤษและภาษาอื่น ๆ ที่ต้องการใช้ตัวสะกดจากภาษาอังกฤษ จึงทำให้การจัดทำชุดการสะกดคำของภาษาดังกล่าวมีความซับซ้อนน้อยกว่าภาษาไทย การแปลภาษาอังกฤและอเมริกันโดยใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์จึงได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง มีฐานข้อมูลที่ชัดเจน หลากหลาย เมื่อเทียบกับคอมพิวเตอร์วิทัศน์ในภาษาไทยที่เน้นที่การสอนภาษาไทยเป็นหลัก ยังขาดการประยุกต์เพื่อใช้ในการแปลภาษาไทย

นิ้วโป้งซึ่งเป็นนิ้วขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับนิ้วอื่น ๆ จึงไม่สามารถม้วนปิดลงมาได้ง่ายชัดเจนเหมือนนิ้วที่เหลือ ชุดคำที่มีลักษณะท่ามือที่ต้องกำหรือกำนิ้วโป้งจะมีปัญหาในการแปลอยู่บ่อยครั้ง การปรับแก้มุมในฐานข้อมูลและเพิ่มเงื่อนไขเพื่อตรวจสอบตำแหน่งของจุดสำคัญในบริเวณข้างเคียงจะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ดี

สภาพของแสงก็เป็นอีกปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการแปล ความเข้มแสงที่มากหรือน้อยเกินไปจะมีผลต่อการตรวจจับตำแหน่งของจุดสำคัญ ผู้ใช้ภาษามืออาจจะต้องหมุนหรือจัดท่าทางใหม่เพื่อให้มีเดียไฟฟ์สามารถจับตำแหน่งได้ชัดเจน การแปลจึงขาดความต่อเนื่อง

การใช้ภาพนิ่งเป็นฐานข้อมูลเพียงอย่างเดียวในการสร้างชุดคำศัพท์จะทำให้ได้จำนวนชุดคำที่ไม่มากพอ เนื่องจากโดยลักษณะของภาษามือไทยจะเป็นการถ่ายทอดลักษณะทางกายภาพของวัตถุ สิ่งของ หรือบุคคลนั้น ๆ เป็นหลักซึ่งต้องมีการเคลื่อนที่ของท่ามือ ตำแหน่งของมือ การเคลื่อนไหวของมือ ตลอดจนสีหน้าและท่าทางของผู้ใช้ภาษามือประกอบเข้าไปด้วย ชุดคำที่เลือกสร้างมาจากการเคลื่อนที่ของท่ามือแต่เพียงอย่างเดียวจึงมีจำนวนน้อยมาก

4.3 แนวทางการพัฒนา

คอมพิวเตอร์วิทัศน์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษานี้ มีสามารถในการรู้จำภาษามือไทยจากชุดคำศัพท์และชุดตัวสะกดนิ้วมือไทยในเกณฑ์ค่อนข้างดี แต่ชุดคำศัพท์และชุดตัวสะกดที่เลือกมาศึกษานั้นยังมีลักษณะเป็นเพียงภาพของนิ้วมือที่ยังไม่ได้เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง อาจกล่าวได้ว่ายังเป็นการรู้จำภาษามือไทยที่พิจารณาจาก “ท่ามือ” เท่านั้น การพัฒนาในโอกาสต่อไปจะเพิ่มความสามารถในการรู้จำภาษามือไทยจากชุดคำศัพท์และชุดตัวสะกดนิ้วมือที่พิจารณาถึงองค์ประกอบส่วนอื่น ๆ ของภาษามือด้วยได้แก่ ตำแหน่งของมือ การเคลื่อนไหวของมือ การพลิกฝ่ามือและการแสดงออกทางสีหน้า

นอกจากนี้ผู้ศึกษาจะปรับปรุงการแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบของเสียงให้รวดเร็วสัมพันธ์กับการแปลเพื่อให้สามารถแปลได้อย่างต่อเนื่อง ลดปัญหาที่ไพทอนหยุดการทำงานเนื่องจากการเขียนและอ่านแฟ้มเสียง ตลอดจนแสดงผลลัพธ์ของคำที่แปลแล้วเป็นแถบเลื่อนไว้ด้านล่างเพื่อให้ง่ายต่อผู้ใช้ที่จะย้อนกลับไปดู ศึกษาความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาคอมพิวเตอร์วิทัศน์นี้ในแพลตฟอร์ม(Platform) อื่น ๆ เช่น เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) แอนดรอยด์ (Android) หรือ ไอโอเอส (iOS) เป็นต้น

บรรณานุกรม

1. กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์. สถานการณ์คนพิการ 31 มีนาคม 2566 (รายไตรมาส). 2023; Available from: <https://www.dep.go.th/th/law-academic/knowledge-base/disabled-person-situation/%E0%B8%AA%E0%B8%96%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%93%E0%B9%8C%E0%B8%84%E0%B8%99%E0%B8%9E%E0%B8%B4%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3-31-%E0%B8%A1%E0%B8%B5%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%A1-2566-%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%84%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%AA>.
2. ราชภัฏ บัญญา, ภาษามือ : ภาษาของคนหูหนวก. วารสารวิทยาลัยราชสุตาเพื่อการวิจัยและพัฒนาคนพิการ, 2008. **4(1)**: p. 77-94.
3. มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี. การจัดการองค์ความรู้(KM) เรื่อง การตั้งชื่อภาษามือศิลปิน ตะวันตก (ยุคศิลปะสมัยใหม่). 2020; Available from: https://bkkthon.ac.th/home/user_files/post/post-1671/files/KM63.pdf.
4. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. EDUC225: ภาษามือ. 2011; Available from: <http://elearning.psu.ac.th/courses/274/>.
5. Chong, T.W., *American sign language recognition using leap motion controller with machine learning approach*. Sensor, 2018. **18(10)**.
6. สมาคมคนหูหนวกแห่งประเทศไทย, ภาษามือไทย. 2004.
7. ศศิธร ทรัพย์วัฒนไพศาล, ส.ท., กานต์ อรรถยุกติ, ราชภัฏ บัญญา, พงษ์ส ศุภจรรยา และ พรพรรณ สมบูรณ์, เทคนิคที่ใช้ในการแปลคำอธิบายศัพท์ : กรณีคำศัพท์ด้านเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก, in การสัมมนาวิชาการระดับชาติด้านคนพิการ ครั้งที่ 9 ปี 2560. 2017.
8. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. App ภาษามือไทย : นวัตกรรมสื่อพกพา ที่เชื่อมโยงการสื่อสารเพื่อผู้บกพร่องทางการได้ยิน. 2014; Available from: <https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=14871>.
9. กระทรวงศึกษาธิการ. ม.มหิตล คิดค้น "ภาษามือ 3 มิติ" ช่วยคนหูหนวก. 2010; Available from: <https://www.moe.go.th/%E0%B8%A1->

<https://www.repositary.au.edu/items/c77adbcc-2243-4f77-92f2-be5ac8f71aa2>
<https://www.repositary.au.edu/items/c77adbcc-2243-4f77-92f2-be5ac8f71aa2>
<https://www.repositary.au.edu/items/c77adbcc-2243-4f77-92f2-be5ac8f71aa2>
<https://www.repositary.au.edu/items/c77adbcc-2243-4f77-92f2-be5ac8f71aa2>
<https://www.repositary.au.edu/items/c77adbcc-2243-4f77-92f2-be5ac8f71aa2>

10. มหาวิทยาลัยอีสต์แฮมป์ไชร์. ฟอนท์ภาษามือ *Nattanan TSL Fingerspelling*. 2013; Available from: <https://repository.au.edu/items/c77adbcc-2243-4f77-92f2-be5ac8f71aa2>.
11. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. การรู้จำการสะกดนิ้วมือภาษามือไทยจากถุงมือข้อมูลและอุปกรณ์ติดตามการเคลื่อนไหว. 2012; Available from: <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/44933>.
12. กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์. เปิดตัวการ์ตูนสติ๊กเกอร์ไลน์ภาษามือไทย (น้อง *Sigh&Finger*). 2016; Available from: <http://web1.dep.go.th/?q=th/news/%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B8%B4%E0%B8%94%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B8%A7%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%95%E0%B8%B9%E0%B8%99%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%81%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B9%84%E0%B8%A5%E0%B8%99%E0%B9%8C%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%A9%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B9%84%E0%B8%97%E0%B8%A2-%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%87-sighfinger>.
13. สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. พจนานุกรมภาษามือไทย ฉบับราชบัณฑิตยสภา. 2016; Available from: <http://164.115.33.116/vocab/index.html>.
14. Libraries, U.C.o.T.A. การแปลงเสียงพูดเป็นภาษามือไทยเพื่อคนหูหนวกชาวไทย กรณีศึกษา ชาวอาสาสมัคร. 2018; Available from: <http://uc.thailis.or.th/Catalog/Bibitem.aspx?BibID=b02929867>.
15. Natthawat Phongchit. มาทำความรู้จัก *Machine Learning* เบื้องต้น. 2018; Available from: <https://medium.com/@natthawatphongchit/machine-learning-basics-2b38700cb10b>.
16. Speck, M. *What is K-Nearest Neighbors?* 2017; Available from: <https://medium.com/@mjspeck/what-is-k-nearest-neighbors-c9b4cdf9f35c>.
17. Logunova, I. *K-Nearest Neighbors Algorithm for ML*. 2022; Available from:

<https://serokell.io/blog/knn-algorithm-in-ml>.

18. Nuttavut Thongjor. *[Machine Learning#2]* รู้จักการจำแนกประเภทข้อมูลด้วย *k-Nearest Neighbors*. 2017; Available from: <https://www.babelcoder.com/blog/articles/k-nearest-neighbors>.
19. Nati Thaiyathum. *KNN หรือ K-Nearest Neighbors คืออะไร*. 2019; Available from: <https://www.glurgeek.com/education/knn/>.
20. LLC, G. *MediaPipe*. Available from: <https://developers.google.com/mediapipe>.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	จักรพันธ์ สุทธิแพทย์
วัน เดือน ปี เกิด	11 มกราคม 2520
ที่อยู่ปัจจุบัน	1400 ซอยอ่อนนุช 42 ถนนอ่อนนุช แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY