

การศึกษาพัฒนาการของจุดความร้อนจากไฟในภาคเหนือของประเทศไทย
โดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบดีปัสแกน และการประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Study of Active Fire Evolution in Northern Thailand
Using Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN)
and Kernel Density Estimation (KDE)



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Survey Engineering
Department of Survey Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2021
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาพัฒนาการของจุดความร้อนจากไฟในภาคเหนือ ของประเทศไทยโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบดีปัสแกน และการประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนล
โดย	น.ส.อุณนดา แพศรีวิโรทัย
สาขาวิชา	วิศวกรรมสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรวิก ตันภษรานนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.ชัยโชค ไวกาษา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรวิก ตันภษรานนท์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.กฤษฎาณ อินทร์ตัน)

อุณหตนา แพศรืวโรทย : การศึษาพัฒนาการของจุดความร้อนจากไฟในภาคเหนือของประเทศไทยโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบดีบีเอสแกน และการประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนล. (Study of Active Fire Evolution in Northern Thailand Using Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) and Kernel Density Estimation (KDE)) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.กรวิก ตนกษรานนท์

การเผาชีวมวลจำพวกเศษวัชพืชและต้นไม้นั้นเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของปัญหามลพิษทางอากาศบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ทำให้เกิดควันพิษและฝุ่นละอองขนาดเล็ก ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพ กระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมภายในประเทศ อีกทั้งยังบดบังทัศนวิสัยอีกด้วย รูปแบบและสาเหตุของการเผานั้นยังไม่สามารถบ่งบอกชัดเจนได้โดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ป่าสงวน เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ไม่สามารถสำรวจภาคพื้นสนามได้โดยง่าย ในปัจจุบันไฟป่าและไฟจากการเผาสามารถติดตามได้ค่อนข้างเร็ว ไลทม์ จาก ระบบ เซนเซอร์บนดาวเทียม นั่นคือ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) และระบบใหม่ที่สามารถให้ความละเอียดที่ยิ่งขึ้น นั่นคือ Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) ในงานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์กลุ่ม Density-based spatial clustering of applications with noise (DBSCAN) และวิธีการประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนล (Kernel Density Estimation) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจุดความร้อนเชิงพื้นที่และเวลาที่ได้มาจากระบบ VIIRS ระหว่างวันที่ 1 เดือนธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 และ วันที่ 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นกลุ่มข้อมูลจุดความร้อน และบริเวณที่มีพื้นที่ไฟป่าเกิดขึ้นหนาแน่นพร้อมทั้งระยะเวลาและการเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่เกิดไฟในบริเวณนั้น การแสดงผลในรูปแบบ 3 มิติเชิงพื้นที่และเวลาทำให้ผู้ใช้งานสามารถเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาได้ ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ จากการใช้เทคนิค DBSCAN ทำให้ทราบรายละเอียดของวันที่พบและบริเวณพิกัดที่เกิดจุดเริ่มต้นของไฟป่า และทราบทิศทางการลุกลามของไฟป่าในแต่ละพื้นที่ ส่วนเทคนิค KDE ทำให้การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของบริเวณกลุ่มความร้อนเริ่มต้นจากขนาดเล็กจนขยายกว้าง บริเวณที่น่าจะเป็นจุดเริ่มต้นของไฟสามารถบ่งชี้ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี เพื่อการประเมินผล งานวิจัยนี้ได้รายงานการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับข่าวเกี่ยวกับเหตุการณ์ไฟป่าในช่วงเวลาเดียวกัน ผลการวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อการป้องกันอัคคีภัยและสามารถใช้ในการพยากรณ์การเกิดไฟได้ในอนาคตอีกด้วย

สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ

ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6270323621 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEYWORD:

Ounnada Paesrivarotai : Study of Active Fire Evolution in Northern Thailand Using Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) and Kernel Density Estimation (KDE) . Advisor: Asst. Prof. Garavig Tanaksaranond, Ph.D.

Biomass burning is one of the major causes of air pollution in Northern part of Thailand releasing toxic compounds especially particulate matters causing adverse health effects, socio-economic impacts, and poor visibility. Patterns and causes of biomass burning remain unclear especially within the reserved forest areas, where thoroughly field survey is almost impossible. Currently, active fires can be near real-time monitored by satellites, mainly from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) and a newer system called Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) which can provide better resolution on both time and space. In this research, Density-based spatial clustering of applications with noise (DBSCAN) and Kernel Density Estimation (KDE) were used to analyze historical active fire data from VIIRS during 1th December 2019 and 30th April 2020. The algorithm can reveal the group of data with the higher number of hot spots and possible dense areas as well as frame periods and temporal dynamic of the fire. The 3D space-time visualization of the result allows users to compare between different time so it can reveal the spatial change of active fire areas. In case of the details of the date and the starting coordinates of the forest fire situation can be revealed by using DBSCAN technique and how small areas built up larger areas in the overall area by using KDE technique. Possible ignition areas can also be identified from both techniques. In order to evaluate the results, the comparison of the results with news and field surveys collected from the government was also reported. The information is useful for fire prevention and fire forecasting.

Field of Study: Survey Engineering Student's Signature

Academic Year: 2021 Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือ และความเอาใจใส่ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรวิก ตันเกษรานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างยิ่งที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ พร้อมทั้งตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ข้าพเจ้าด้วยความเอาใจใส่ และเป็นกำลังใจในการทำงานจนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบด้วย อาจารย์ดร.ชัยโชค ไวกาษา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.กฤษญาณ อินทร์ตัน กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการทำวิจัย ตั้งแต่การสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอันเสร็จสมบูรณ์

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบุคลากรทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่ง ประกอบด้วย คณาจารย์ที่ให้การอบรมสั่งสอน ถ่ายทอดความรู้ความรู้อันล้ำค่าและคำแนะนำต่าง ๆ แก่ข้าพเจ้า ตลอดจนเจ้าหน้าที่ที่ช่วยอำนวยความสะดวกด้านจัดการสอบและดำเนินงานด้านเอกสารในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ รวมถึงพี่ ๆ น้อง ๆ เพื่อนนิสิต สำหรับให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา มิตรภาพ และกำลังใจที่มีให้ข้าพเจ้าโดยเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้ความรัก ความห่วงใย สนับสนุนและมอบโอกาสที่ดีที่สุดในทุกด้านแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด รวมถึงขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ เพื่อน ๆ กัลยาณมิตรทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจ และให้คำปรึกษาข้าพเจ้าอย่างดีเสมอมา ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่องานทางด้านการศึกษาของประเทศไทยและผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไป และหากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความบกพร่องประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับและขออภัยเป็นอย่างสูง

อุณนดา แพศรีวิโรทัย

สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	5
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	5
1.3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย.....	5
1.3.2 โปรแกรมในการวิจัย.....	6
1.3.3 ช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษา.....	6
1.3.4 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	9
2.1.1 ระบบ Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS).....	9
2.1.2 ข้อมูลจุดความร้อน (Hotspots).....	11

2.1.3 DBSCAN (Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise).....	12
2.1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอ็ต (Silhouette Coefficient).....	17
2.1.5 การคาดประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนล (Kernel Density Estimation).....	17
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ระบบ Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจุดความร้อนในพื้นที่แต่ละบริเวณ	23
2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN).....	26
2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบเคอร์เนล (KDE)	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา.....	32
3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย.....	32
3.2 ข้อมูลจุดความร้อนจากระบบเซนเซอร์ดาวเทียมและเตรียมข้อมูลก่อนประมวลผล	34
3.3 เตรียมข้อมูลสำหรับประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN และเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE.....	35
3.4 การประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN	45
3.5 การจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE.....	49
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	49
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	50
4.1 ผลการประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN	50
4.2 ผลการประมวลผลจากการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN	56
4.2.1 ผลการแสดงผลของจำนวนกลุ่มในแต่ละจำนวนช่วงของจำนวนข้อมูลจุดความร้อน ...	56
4.2.2 ผลการแสดงผลข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่มข้อมูลที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดทั้งหมด สามอันดับ	56

4.2.3 ผลการแสดงผลการเคลื่อนที่ข้อมูลจุดความร้อนของแต่ละช่วงเวลาในรูปแบบสองมิติ.....	71
4.3 ผลการประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE.....	81
4.4 ผลการวิเคราะห์ทิศทางการเคลื่อนที่และขนาดของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนจากการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN.....	91
4.5 ผลการวิเคราะห์ทิศทางการเคลื่อนที่และขนาดของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนจากการใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE	104
บทที่ 5 อภิปราย สรุปผล และข้อเสนอแนะ	112
5.1 อภิปรายผลการศึกษา	112
5.1.1 อภิปรายผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN	112
5.1.2 อภิปรายผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนจากการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN	113
5.1.3 อภิปรายผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE	115
5.1.4 อภิปรายผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่ได้และเทียบกับข่าวเหตุการณ์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น.....	115
5.1.5 อภิปรายผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนระหว่างการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN และผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE	117
5.2 สรุปผลการศึกษา	119
5.3 ข้อเสนอแนะ	120
บรรณานุกรม.....	122
ประวัติผู้เขียน.....	127

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ข้อมูลในระบบเซนเซอร์ VIIRS แต่ละประเภท	7
ตารางที่ 2 ชนิดของฟังก์ชันเคอร์เนล	19
ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ในแต่ละจังหวัดในภาคเหนือของประเทศไทย	33
ตารางที่ 4 แสดงตัวอย่างข้อมูลจุดความร้อนบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยบางส่วน ในช่วงเวลา ตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562	36
ตารางที่ 5 แสดงตัวอย่างข้อมูลจุดความร้อนบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยบางส่วนที่แสดงเฉพาะ ข้อมูลที่มีค่าความเชื่อมั่นระดับกลาง(n) ในช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึง 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ผ่านการดาวน์โหลดข้อมูลจาก Fire Information for Resource Management System (FIRMS)	37
ตารางที่ 6 แสดงตัวอย่างข้อมูล Latitude Longitude วันที่ และเวลาในการบันทึกข้อมูล สำหรับการ แบ่งกลุ่มข้อมูลโดยการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN เทคนิคการคาดประมาณ ความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE	38
ตารางที่ 7 แสดงตัวอย่างข้อมูลจุดความร้อนที่ผ่านการคำนวณเวลาใหม่ให้อยู่ในรูปของจำนวนเต็ม. 41	
ตารางที่ 8 แสดงตัวอย่างข้อมูลจุดความร้อนที่ผ่านการคำนวณเวลาใหม่ให้อยู่ในรูปของจำนวนเต็ม และผ่านการแปลงพิกัดให้อยู่ในรูปค่าพิกัด UTM Zone 47N	42
ตารางที่ 9 แสดงตัวอย่างข้อมูลจุดความร้อนที่ผ่านการปรับข้อมูล แบบ rescaling หรือ Min-Max Normalization ให้อยู่ในช่วง [0, 1].....	46
ตารางที่ 10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอต (Silhouette Coefficient).....	51
ตารางที่ 11 แสดงผลของจำนวนกลุ่มในแต่ละจำนวนช่วงของจำนวนข้อมูลจุดความร้อน โดยใช้ DBSCAN library ด้วยค่า Minpts = 11 และ ค่า Epsilon = 0.013	56
ตารางที่ 12 แสดงการแจกแจงจำนวนจุดความร้อนที่พบในแต่ละวันของกลุ่มที่ 623	59
ตารางที่ 13 แสดงการแจกแจงจำนวนจุดความร้อนที่พบในแต่ละวันของกลุ่มที่ 556	64
ตารางที่ 14 แสดงการแจกแจงจำนวนจุดความร้อนที่พบในแต่ละวันของกลุ่มที่ 401	69



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 แสดงพื้นที่ป่าไม้บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย	5
รูปที่ 2 ดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting Partnership (Suomi-NPP).....	10
รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างการแบ่งกลุ่มข้อมูลโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN.....	12
รูปที่ 4 แสดงประเภทของจุดในขั้นตอนของเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN.....	13
รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนของ DBSCAN (2).....	14
รูปที่ 6 แสดงขั้นตอนของ DBSCAN (3).....	15
รูปที่ 7 แสดงขั้นตอนของ DBSCAN (4).....	15
รูปที่ 8 แสดงขั้นตอนของ DBSCAN (5).....	16
รูปที่ 9 แสดงขั้นตอนของ DBSCAN (6).....	16
รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างของการคาดประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนลในรูปแบบสองมิติ	18
รูปที่ 11 แสดงชนิดของฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function) ในรูปแบบสองมิติ	20
รูปที่ 12 แสดงการปรับค่าแบนด์วิดท์ของเทคนิค KDE สำหรับข้อมูลกลุ่มหนึ่ง	21
รูปที่ 13 แสดงขั้นตอนการทำงานของเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนล	22
รูปที่ 14 แสดงความแม่นยำของการใช้ข้อมูลที่ได้จากระบบเซนเซอร์ VIIRS เทียบกับกลุ่มความร้อนที่เกิดขึ้นจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8.....	24
รูปที่ 15 แสดงแบบจำลองการลุกลามของไฟป่าจากข้อมูลระบบเซนเซอร์ VIIRS โดยใช้ Minimum Bounding Geometry Algorithm (ซ้าย) และ Wildfire Analyst (WFA) (ขวา)	25
รูปที่ 16 แสดงแบบจำลองการลุกลามไฟป่าโดยการใช้ Convex Hull Algorithm จากข้อมูลจุดความร้อนจริงและค่าคาดเคลื่อนที่มาจากการคำนวณ ซึ่ง a) แสดงบริเวณของ The Maquinas fire (Chile) และ b) แสดง the Border 3 fire (USA).....	26
รูปที่ 17 แสดงหน้าหลักของเว็บไซต์สำหรับเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN	27

รูปที่ 18 แสดงการแบ่งของข้อมูลจุดความร้อนบริเวณเกาะกาลิมันตัน โดยกำหนด MinPts = 4 และ Eps = 0.2..... 27

รูปที่ 19 แสดงการแบ่งของข้อมูลจุดความร้อนบริเวณทางตอนใต้ของจังหวัดสุมาตรา โดยกำหนด MinPts = 4 และ Eps = 0.06 28

รูปที่ 20 แสดงแผนที่ตรวจจับไฟป่าแบบรวดเร็ว (Rapid Mapping) ในตอนเหนือของประเทศชิลี .. 29

รูปที่ 21 แสดงผลที่ได้จาก 3D-Kernel Density Estimation (3D-KDE) 30

รูปที่ 22 การแสดงผลแผนภาพสามมิติที่ได้จาก Kernel Density Estimation ของชุดข้อมูลข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลาของการเกิดกลุ่มอาชญากรรมระหว่างปีพุทธศักราช 2546 ถึงปีพุทธศักราช 2547 บริเวณเมืองเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น..... 31

รูปที่ 23 แสดงบริเวณขอบเขตพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย 32

รูปที่ 24 แสดงพื้นที่ป่าบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย 33

รูปที่ 25 แสดงข้อมูลจุดความร้อนบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึง 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 34

รูปที่ 26 แสดงแนวโน้มของจำนวนข้อมูลจุดความร้อนบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึง 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563..... 39

รูปที่ 27 แสดงมุมมองด้านบนของข้อมูลจุดความร้อนที่ผ่านการแปลงพิกัด ในรูปค่าพิกัด UTM Zone 47N..... 43

รูปที่ 28 กราฟสามมิติแสดงข้อมูลจุดความร้อนที่ผ่านการแปลงพิกัด ในรูปค่าพิกัด UTM Zone 47N 44

รูปที่ 29 กราฟสองมิติ K-distance (k = Minpoints = 11)..... 48

รูปที่ 30 มุมมองทางด้านบนของกราฟสามมิติที่แสดงผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 959 กลุ่ม โดยใช้ DBSCAN library จากการกำหนดค่า Minpts = 11 และ ค่า Epsilon = 0.013 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา..... 52

รูปที่ 31 มุมมองโดยรอบของกราฟสามมิติที่แสดงผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 959 กลุ่ม โดยใช้ DBSCAN library จากการกำหนดค่า Minpts = 11 และ ค่า Epsilon = 0.013 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา..... 53

รูปที่ 32 มุมมองทางด้านบนของกราฟสามมิติแสดงผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 959 กลุ่มโดยใช้ DBSCAN algorithm จากการกำหนดค่า Minpts = 11 และ ค่า Epsilon = 0.013 หลังจากกำจัด noise ของกลุ่มข้อมูล ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา	54
รูปที่ 33 มุมมองโดยรอบของกราฟสามมิติแสดงผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 959 กลุ่ม โดยใช้ DBSCAN algorithm จากการกำหนดค่า Minpts = 11 และ ค่า Epsilon = 0.013 หลังจากกำจัด noise ของกลุ่มข้อมูล ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา.....	55
รูปที่ 34 มุมมองด้านบนของกราฟสามมิติที่แสดงผลจุดข้อมูลความร้อนของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดคือกลุ่มที่ 623 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา	57
รูปที่ 35 มุมมองโดยรอบของกราฟสามมิติที่แสดงผลจุดข้อมูลความร้อนของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดคือกลุ่มที่ 623 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา	58
รูปที่ 36 แสดงความถี่ของจำนวนข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่มที่ 623	60
รูปที่ 37 มุมมองด้านบนของกราฟสามมิติที่แสดงผลจุดข้อมูลความร้อนของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมาก อันดับสองคือกลุ่มที่ 556 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา	62
รูปที่ 38 มุมมองโดยรอบของกราฟสามมิติที่แสดงผลจุดข้อมูลความร้อนของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อน อันดับสองคือกลุ่มที่ 556 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา.....	63
รูปที่ 39 แสดงความถี่ของจำนวนข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่มที่ 556	65
รูปที่ 40 มุมมองด้านบนของกราฟสามมิติที่แสดงผลจุดข้อมูลความร้อนของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมาก อันดับสามคือกลุ่มที่ 401 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา.....	67
รูปที่ 41 มุมมองโดยรอบของกราฟสามมิติที่แสดงผลจุดข้อมูลความร้อนของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อน อันดับสองคือกลุ่มที่ 401 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา.....	68
รูปที่ 42 แสดงความถี่ของจำนวนข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่มที่ 401	70
รูปที่ 43 แสดงจุดความร้อนในวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อน 623).....	71
รูปที่ 44 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 22 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (กลุ่ม 623).....	72
รูปที่ 45 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 27 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันที่พบข้อมูลจุดความร้อนมากที่สุดของกลุ่ม 623).....	73
รูปที่ 46 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 2 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 (กลุ่ม 623).....	73

รูปที่ 47 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 10 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 (กลุ่ม 623)	74
รูปที่ 48 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 14 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 (วันสุดท้ายของ กลุ่มข้อมูลจุดความร้อนชุดนี้ของกลุ่ม 623)	74
รูปที่ 49 แสดงจุดความร้อนในวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของกลุ่มข้อมูลชุดความ ร้อนของกลุ่ม 556)	75
รูปที่ 50 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 22 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันที่พบข้อมูลจุด ความร้อนมากที่สุดของกลุ่ม 556).....	76
รูปที่ 51 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 27 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (กลุ่ม 556).....	76
รูปที่ 52 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 5 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 (วันสุดท้ายของกลุ่ม ข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่ม 556).....	77
รูปที่ 53 แสดงจุดความร้อนในวันที่ 6 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของกลุ่มข้อมูลชุดความ ร้อนของกลุ่ม 401)	78
รูปที่ 54 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 12 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันที่พบข้อมูลจุด ความร้อนมากที่สุดของกลุ่ม 401).....	79
รูปที่ 55 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (กลุ่ม 401).....	79
รูปที่ 56 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 24 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันสุดท้ายของกลุ่ม ข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่ม 401).....	80
รูปที่ 57 มุมมองทางด้านบนของผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้ เทคนิคการคาดประมาณ ความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE ในรูปแบบของภาพสามมิติ	81
รูปที่ 58 มุมมองด้านโดยรอบของผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้ เทคนิคการคาดประมาณ ความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE ในรูปแบบของภาพสามมิติ	82
รูปที่ 59 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติ ในช่วงวันที่ 1 ธันวาคม ปี พุทธศักราช 2562 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562	83
รูปที่ 60 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติ ในช่วงวันที่ 1 มกราคม ปี พุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 31 มกราคม ปีพุทธศักราช 2563	84
รูปที่ 61 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติ ในช่วงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ ปี พุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 29 กุมภาพันธ์ ปีพุทธศักราช 2563	85

รูปที่ 62 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติ ในช่วงวันที่ 1 มีนาคม ปี พุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 31 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563.....	86
รูปที่ 63 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติ ในช่วงวันที่ 1 เมษายน ปี พุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563	87
รูปที่ 64 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติ โดยกำหนดค่าความหนาแน่นของข้อมูลให้อยู่ที่ 0.8 ควอไทล์	88
รูปที่ 65 แสดงมุมมองทางด้านบนของผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนในรูปแบบของภาพสามมิติ โดยกำหนดค่าความหนาแน่นของข้อมูลให้อยู่ที่ 0.8 ควอไทล์	89
รูปที่ 66 แสดงมุมมองโดยรอบของผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนในรูปแบบของภาพสามมิติ โดยกำหนดค่าความหนาแน่นของข้อมูลให้อยู่ที่ 0.8 ควอไทล์	90
รูปที่ 67 แสดงผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดทั้งหมดสามอันดับ โดยอันดับหนึ่งคือกลุ่มที่ 623 (1) อันดับสองคือกลุ่มที่ 556 (2) และอันดับสามคือกลุ่มที่ 401 (3) ..	92
รูปที่ 68 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อนในวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่ม 623)	93
รูปที่ 69 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อนบริเวณตำบลแม่เมรุ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ในวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่ม 623).....	94
รูปที่ 70 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อนบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่การเกษตรของประชากรในพื้นที่อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และพื้นที่ป่าบางส่วนของบริเวณอุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ในวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่ม 623)	94
รูปที่ 71 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อนบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าไม้บริเวณตำบลโป่งสา อำเภอป่าเย็บ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่ม 623)	95
รูปที่ 72 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อน และทิศทางการเคลื่อนที่ของจุดความร้อน ในวันที่ 27 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันที่พบข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่ม 623).....	96
รูปที่ 73 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อน และทิศทางการเคลื่อนที่ของจุดความร้อน ในวันที่ 2 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ของกลุ่ม 623.....	97

รูปที่ 74 แสดงข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมดที่พบตั้งแต่ วันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรก ของของกลุ่ม 623) ไปจนถึงวันที่ 14 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 (วันสุดท้ายของกลุ่ม 623).....	98
รูปที่ 75 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อนในวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563.....	99
รูปที่ 76 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อนบริเวณพื้นที่ป่าไม้บริเวณตำบลสันสลี อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ในวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของกลุ่ม ข้อมูลชุดความร้อนของกลุ่ม 556)	99
รูปที่ 77 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อน และทิศทางการเคลื่อนที่ของจุดความร้อน ในวันที่ 22 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันที่พบข้อมูลจุดความร้อนมากที่สุดของกลุ่ม 556).....	100
รูปที่ 78 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อน และทิศทางการเคลื่อนที่ของจุดความร้อน ในวันที่ 27 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ของกลุ่ม 556	101
รูปที่ 79 แสดงข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมดที่พบตั้งแต่ วันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรก ของกลุ่ม 556) ไปจนถึงวันที่ 05 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 (วันสุดท้ายของกลุ่ม 556)	102
รูปที่ 80 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อนในวันที่ 6 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของกลุ่ม ข้อมูลชุดความร้อนของกลุ่ม 401)	103
รูปที่ 81 แสดงข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมดที่พบตั้งแต่ วันที่ 6 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรก ของกลุ่ม 401) ไปจนถึงวันที่ 24 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันสุดท้ายของกลุ่ม 401).....	104
รูปที่ 82 แสดงพื้นที่ที่พบความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลบริเวณบริเวณทางตอนใต้ของจังหวัดลำปาง บริเวณตอนใต้ของจังหวัดอุตรดิตถ์ และบริเวณตอนเหนือของจังหวัดพะเยาไปจนถึงจังหวัดเชียงราย ในช่วงวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562.....	106
รูปที่ 83 แสดงพื้นที่ที่พบความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลบริเวณบริเวณทางตอนใต้ของจังหวัดเชียงใหม่ และทางตอนใต้ของจังหวัดพะเยา และครอบคลุมบริเวณจังหวัดลำพูนและจังหวัดลำปาง ในช่วงวันที่ 1 มกราคม ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 31 มกราคม ปีพุทธศักราช 2563	107
รูปที่ 84 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลบริเวณชายแดนประเทศไทย-สาธารณรัฐแห่งสหภาพ เมียนมาร์และครอบคลุมในส่วนของจังหวัดแม่ฮ่องสอนเป็นบริเวณกว้าง และบริเวณตอนเหนือของ จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 29 กุมภาพันธ์ ปีพุทธศักราช 2563.....	108

- รูปที่ 85 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลบริเวณที่มีความหนาแน่นของข้อมูลในบริเวณอำเภอ
เมืองเชียงใหม่และอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่บริเวณอำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน อำเภอเวียง
ป่าเป้า จังหวัดเชียงรายและอำเภอฟ้า จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน
อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย และบริเวณอำเภอ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน ในช่วงวันที่ 1
มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 31 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 109
- รูปที่ 86 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในในบริเวณอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอ
เมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย ในช่วงวันที่ 1 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 30 เมษายน ปี
พุทธศักราช 2563 110
- รูปที่ 87 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูล โดยกำหนดค่าความหนาแน่นของข้อมูลให้อยู่ที่ 0.8
ควอไทล์ ในช่วงวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึงวันที่ 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563... 111



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันบนพื้นผิวโลกมีพื้นที่ป่าไม้ปกคลุมอยู่ประมาณร้อยละ 30 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งทรัพยากรป่าไม้นั้นมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อมเป็นอย่างมาก อาทิเช่น ควบคุมปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนของชั้นบรรยากาศ การคงสภาพอยู่ของดิน อีกทั้งทรัพยากรป่าไม้ยังเป็นส่วนประกอบหลักของวัฏจักรของน้ำ ซึ่งเป็นกลไกที่สำคัญอย่างมากในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดบนโลก (Byrne 2001) นอกจากนี้ทรัพยากรป่าไม้ยังเป็นแหล่งรายได้ทางเศรษฐกิจของหลากหลายประเทศทั่วโลกอีกด้วย ดังนั้นเมื่อพิจารณาในส่วนของอัตราการกระจายตัวของบริเวณพื้นที่ป่าไม้และส่วนประกอบทั่วไปของป่าในปัจจุบัน พบว่าทรัพยากรป่าไม้ได้ลดลงและเสื่อมโทรมอย่างเห็นได้ชัด อันเนื่องมาจากปัญหาไฟป่าซึ่งถือเป็นปัญหาระดับชาติที่มีความวิกฤตอย่างรุนแรงและส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ในวงกว้าง อีกทั้งยังส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทางด้านมลพิษอีกด้วย ยิ่งไปกว่านั้นสถานการณ์ไฟป่าที่เกิดขึ้นในแต่ละวันได้เพิ่มความรุนแรงโดยการกระจายเป็นวงกว้าง จึงส่งผลให้เกิดความยากในการสรุปต้นตอของปัญหาและสืบหาสาเหตุการลุกลามอย่างรวดเร็วของไฟป่าที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงและควบคุมทิศทางได้ อีกทั้งความซับซ้อนของระบบนิเวศป่าไม้ ประกอบกับความผิดปกติของการลุกลามของไฟป่าในเชิงพื้นที่และเวลา ทำให้การจัดการแก้ปัญหาและการทำนายทิศทางการลุกลามของไฟป่าเป็นไปได้ยาก และส่งผลให้องค์กรที่เกี่ยวข้องพบปัญหาหลากหลายระหว่างการวางแผนเพื่อที่จะควบคุมอัตราการเกิดไฟป่าที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

ประเทศไทยถือเป็นหนึ่งในหลายประเทศที่ต้องเผชิญกับปัญหาไฟป่าอย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ โดยการพิจารณาจากข้อมูลสถิติการดับไฟป่าของกรมป่าไม้แห่งประเทศไทย พบว่า ในปีงบประมาณพุทธศักราช 2561 มีการดับไฟ 520 ครั้ง และมีพื้นที่ถูกไฟไหม้รวม 17,556 ไร่ ซึ่งลดลงจากปีงบประมาณพุทธศักราช 2560 ที่มีการดับไฟป่า 1,126 ครั้ง มีพื้นที่ถูกไฟไหม้รวม 37,714 ไร่ โดยจำนวนครั้งลดลงร้อยละ 53.82 และพื้นที่ถูกไฟไหม้ลดลงร้อยละ 53.45 ต่อมาเมื่อพิจารณาพื้นที่ถูกไฟไหม้จากการเกิดไฟป่าในแต่ละภูมิภาค พบว่า ในปีงบประมาณพุทธศักราช 2561 ภาคเหนือมีพื้นที่ถูกไฟไหม้มากที่สุด 14,896 ไร่ รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก

และภาคใต้ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในช่วง 6 ปีที่ผ่านมา (ปีพุทธศักราช 2556 ถึงปีพุทธศักราช 2561) พบว่า สถิติการดับไฟป่ามีแนวโน้มลดลง ในขณะที่พื้นที่ที่ถูกไฟไหม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (สำนักป้องกันรักษาป่าและควบคุมไฟป่า กรมป่าไม้, 2562) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมาในข้างต้นนั้นสะท้อนถึงปัญหาไฟป่าที่ยังคงเกิดขึ้นซ้ำซากและมีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น รวมถึงการรับรู้ผ่านสื่อโทรทัศน์ อินเทอร์เน็ต ฯลฯ ที่นำเสนอข่าวไฟป่าและหมอกควันอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณภาคเหนือ จึงทำให้ทราบโดยทันทีถึงผลกระทบโดยตรงที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมทางด้านมลพิษในประเทศไทย โดยเฉพาะกรณีของการเกิดฝุ่นละอองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางอากาศพลศาสตร์น้อยกว่า 10 ไมครอน (PM 10) ที่มีความเข้มข้นสูงกว่ามาตรฐานความปลอดภัยและจำนวนวันสูงสุดเกินมาตรฐาน อีกทั้งยังสร้างความเสียหายอย่างกว้างขวางต่อการดำรงชีวิตของชุมชนและประชาชน ทั้งเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมทั้งระยะสั้นระยะยาวอีกด้วย (Andreae 1990)

การเกิดเหตุไฟป่าเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวภาพและชีวมวลที่ไม่เพียงแต่เป็นสาเหตุหลักในการเกิดมลพิษทางอากาศเฉพาะภาคเหนือของประเทศไทยเท่านั้น พบว่าประเทศเพื่อนบ้านอย่างเช่น สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา, สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และราชอาณาจักรกัมพูชา ได้ประสบปัญหาเหล่านี้เช่นเดียวกันด้วย (Huang, Fu et al. 2013) ซึ่งในภาคเหนือของประเทศไทยนั้นได้เกิดวิกฤตปัญหามลพิษทางอากาศครั้งแรกในปี พุทธศักราช 2550 (Wiwatanadate and Liwsrisakun 2011) ซึ่งสำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า โดยกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชนั้น ได้รายงานว่าไฟป่าจะเกิดขึ้นทุกปีในช่วงฤดูแล้งตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือน พฤษภาคม โดยไฟทั้งหมดเกิดจากมนุษย์โดยเฉพาะชาวชนบทที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ป่าใกล้เคียง ซึ่งสาเหตุหลักของการจุดไฟนั้นประกอบไปด้วยการรวบรวมผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่ไม้จากป่า เช่น ไม้สำหรับทำเชื้อเพลิง ไม้ไผ่ น้ำผึ้ง เห็ด ฯลฯ ร้อยละ 39 การล่าสัตว์ร้อยละ 24 การเผาเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อการแผ้วถางที่ดินก่อนการปลูกพืชในฤดูถัดไปร้อยละ 19 การก่อความไม่สงบร้อยละ 10 การตัดไม้อย่างผิดกฎหมายร้อยละ 2 และกรณีอื่น ๆ เป็นร้อยละ 6 (Junpen, Garivait et al. 2013) นอกจากสาเหตุจากมนุษย์แล้วนั้น บริเวณภาคเหนือของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นป่าไม้ประเภทป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ ต้นไม้จึงเกิดการผลัดใบในช่วงฤดูแล้งประมาณเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน ส่งผลให้เกิดไฟป่าแห้งซึ่งเป็นแหล่งเชื้อเพลิงชีวภาพมีการเพิ่มปริมาณมากขึ้น และเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟป่าขึ้นนั้น การลุกลามของไฟจะมีโอกาสเกิดขึ้นสูงมากเช่นกันในช่วงเวลานั้น ๆ (CHAIYO, GARIVAIT et al. 2011)

ซึ่งในส่วนของวางแผนสำหรับการลดการเกิดไฟป่าและการควบคุมในส่วนของถูกลามของไฟป่านั้น วิธีที่พบว่าใช้ต้นทุนน้อยและเหมาะสมที่สุดคือการพิจารณาบริเวณพื้นที่ที่เกิดไฟป่าขึ้นเป็นประจำทุกปี จากนั้นประเมินค่าความร้อนและทำการจัดกลุ่มของจุดความร้อนตามข้อมูลที่ได้โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงค่าความร้อนในแต่ละช่วงเวลา (Finney 2005, Hessburg, Reynolds et al. 2007, Reynolds and Hessburg 2005) โดยผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะเป็นกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่แสดงให้เห็นทั้งโครงสร้างของกลุ่มความร้อนในแต่ละช่วงเวลาและสามารถแสดงให้เห็นถึงกลุ่มความร้อนที่เกิดขึ้นชั่วคราวได้ และในปัจจุบันนั้น กรมป่าไม้ของประเทศไทยได้มีการนำข้อมูลจุดความร้อนจากดาวเทียมระบบ VIIRS ซึ่งเป็นดาวเทียมรายวันที่มีความละเอียดค่อนข้างสูงมาพิจารณาก่อนที่จะลงพื้นที่เพื่อตรวจสอบว่าบริเวณนั้นมีการเกิดเหตุการณ์ไฟป่าหรือไม่ และยังนำมาใช้เพื่อเฝ้าระวังในบริเวณที่มีเหตุการณ์ไฟป่าเกิดขึ้นบ่อยครั้งอีกด้วย GISTDA (2563) แต่อย่างไรก็ตาม ยังพบปัญหาอันเนื่องมาจากข้อมูลจุดความร้อนมีจำนวนเยอะเกินไปจึงทำให้การตรวจสอบในบริเวณพื้นที่จริงทั้งหมดเป็นไปได้ยาก ส่งผลให้การลงพื้นที่จริงค่อนข้างล่าช้าหรือบริเวณที่ลงพื้นที่มีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง เป็นเหตุให้ไม่สามารถรับมือกับไฟป่าที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังถูกลามไปยังบริเวณข้างเคียงได้อย่างรวดเร็วและไม่สามารถหาต้นตอของการเกิดไฟป่าได้ (Orozco, Tonini et al. 2012)

เนื่องจากข้อมูลจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละบริเวณนั้นมีปริมาณค่อนข้างมาก การนำเทคนิคการจัดกลุ่ม (Clustering) มาใช้ถือเป็นอีกหนึ่งตัวช่วยในการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด ซึ่งเทคนิคการจัดกลุ่มเป็นเทคนิคที่ใช้จัดกลุ่มข้อมูลจำพวกที่เหมือนกันหรือคล้ายกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน และในกรณีที่แตกต่างกันจะอยู่คนละกลุ่ม โดยการศึกษาความคล้ายจะพิจารณาจากตัวแปรที่ใช้ในการจัดกลุ่ม กัลยา วานิชย์บัญชา (2552) ซึ่งวิธีการจัดกลุ่มของข้อมูลจุดความร้อนพบว่าเหมาะสมกับเทคนิคการวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster Analysis) เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ใช้ในการจัดกลุ่มที่เป็นการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised learning) (Birant and Kut 2007) ซึ่งจะเป็นการแบ่งกลุ่มที่ไม่ทราบมาก่อนว่าสิ่งที่แบ่งกลุ่มเป็นสมาชิกของกลุ่มใด แต่จะทำการจัดกลุ่มตามค่าของตัวแปรที่นำมาใช้ในการแบ่ง เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มได้ถูกนำมาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลตำแหน่งจุดความร้อนเช่น (Artés, Boca et al. 2017) ได้สร้างแผนที่ที่แสดงการตรวจจับไฟป่าอย่างรวดเร็ว โดยการนำตำแหน่งข้อมูลจุดความร้อนที่ได้จากระบบเซนเซอร์บนดาวเทียม 2 ชนิด นั่นคือ MODIS และ VIIRS มาจัดกลุ่มโดยเทคนิคการวิเคราะห์กลุ่ม Density-based spatial clustering of applications with noise (DBSCAN) และใช้เทคนิค Concave hull แสดงกลุ่มของจุดความร้อนบนแผนที่ (Nisa, Andrianto et al. 2014) ได้ศึกษาการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนบริเวณทางตอนใต้ของจังหวัดสุมาตรา และเกาะ

กาลิมันตัน โดยใช้ข้อมูลสามมิติจากดาวเทียม MODIS ในการแบ่งกลุ่มข้อมูลจุดความร้อน โดยใช้เทคนิค DBSCAN และแสดงผลในรูปแบบแผนที่เช่นเดียวกัน

นอกเหนือจากการสร้างแผนที่กลุ่มจุดความร้อนแล้ว ยังมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจุดความร้อนเชิงพื้นที่และเวลาโดยใช้เทคนิค Kernel Density Estimation (KDE) (Tonini, Pereira et al. 2017) ได้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของจุดความร้อนเชิงพื้นที่ในประเทศโปรตุเกส โดยการใช้ Spatio-Temporal K-Function แล้วนำผลของระยะทางที่ได้มาเป็นตัวแปรใน KDE ซึ่งจะทำการแสดงผลในรูปแบบสามมิติเพื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นของจุดความร้อนในแต่ละปี (Nhongo, Fontana et al. 2020) ใช้เทคนิค KDE ในการแสดงจุดความร้อนเช่นเดียวกัน โดยผลที่ได้จากเทคนิค KDE นั้นจะเป็นแผนที่ความร้อนที่มีพื้นที่เรียบ ง่ายต่อการสังเกตผล แต่ไม่มีการแบ่งกลุ่มจุดความร้อนอย่างชัดเจน

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การศึกษาจุดความร้อนด้วยเทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มนั้นเน้นไปที่การสร้างแผนที่อย่างรวดเร็วเพื่อการติดตามไฟป่าแบบเรียลไทม์ ส่วนการศึกษาจุดความร้อนเชิงพื้นที่เวลานั้นทำให้สามารถศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของไฟป่าได้ เช่น จุดเริ่มต้นของไฟป่า และทิศทางการลุกลามของกลุ่มไฟป่า เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาดังกล่าว ดังนั้น งานวิจัยนี้จะเป็นการนำข้อมูลสามมิติจากจุดความร้อนซึ่งประกอบไปด้วย ละติจูด ลองจิจูดและเวลา ซึ่งได้จากระบบเซนเซอร์ดาวเทียม VIIRS โดยได้เลือกใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่ม DBSCAN ซึ่งมีการแบ่งจุดความร้อนออกเป็นรายกลุ่ม และเทคนิค KDE ซึ่งเป็นการปรับการแสดงผลให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยจากนั้นจะทำการวิเคราะห์ทิศทางการลุกลามของไฟป่าโดยอาศัยกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนในแต่ละช่วงเวลาที่ได้ในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์

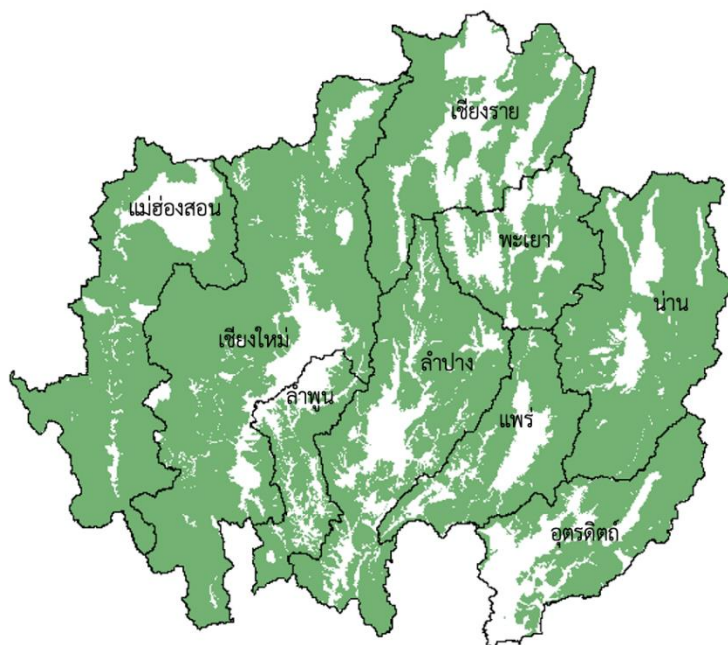
1.2.1 เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนในพื้นที่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจุดความร้อนที่ได้รับจากระบบเซนเซอร์ VIIRS

1.2.2 วิเคราะห์ทิศทางการลุกลามของไฟป่า และประเมินขนาดพื้นที่ที่เกิดไฟป่าในแต่ละช่วงเวลา

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะพื้นที่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย เนื่องจากสถิติการดับไฟป่าที่ได้จากสำนักป้องกันรักษาป่าและควบคุมไฟป่า กรมป่าไม้ แสดงให้เห็นว่าในปีงบประมาณพุทธศักราช 2561 ภาคเหนือมีพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้มากที่สุดเมื่อเทียบกับแต่ละภาคทั้งหมดของประเทศไทย พื้นที่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่ประมาณ 60,048,349.14 ไร่ โดยจะพิจารณาในส่วนของบริเวณพื้นที่ป่าสงวน ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 41,392,829.28 ไร่ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงพื้นที่ป่าไม้บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย

ที่มา: สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2559)

1.3.2 โปรแกรมในการวิจัย

การประมวลผลข้อมูลในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Google Colaboratory หรือที่เรียกกันอย่างแพร่หลายว่า Google Colab เพื่อเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และจัดกลุ่มข้อมูลที่มีไฟล์ขนาดใหญ่ โดย Google Colab เป็น Jupyter Notebook ดัดแปลงที่อยู่บน Cloud ของ Google และไม่จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมใด ๆ ก่อนเริ่มต้นการใช้งาน ซึ่งประสิทธิภาพของโปรแกรมประกอบไปด้วยหน่วยความจำที่ใช้ในการบันทึกคำสั่งและข้อมูลแบบไม่ถาวร (RAM) ประมาณ 12 กิกะไบต์ (GB) และอุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบถาวร (Hard Disk) ประมาณ 100 กิกะไบต์ (GB) และใช้ภาษา Python 3.8 เป็นภาษาหลักที่ใช้ในการเขียนและประมวลผลทั้งหมดบนเว็บไซต์

อีกทั้งยังใช้โปรแกรม ArcMap ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ ArcGIS for Desktop สำหรับประมวลผลในการเลือกพื้นที่ศึกษา และพิจารณาบริเวณที่คาดคะเนว่าจะเกิดพื้นที่ไฟป่าและทิศทางการเคลื่อนที่ของไฟป่าในแต่ละช่วงเวลา

1.3.3 ช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ช่วงเวลาที่ต้องการจะศึกษาคือวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึง 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งสาเหตุที่เลือกเป็นช่วงเวลาเหล่านี้ เนื่องจากสำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟป่า โดยกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืชนั้น ได้รายงานไฟป่าจะเกิดขึ้นทุกปีในช่วงฤดูแล้งตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนพฤษภาคม (Junpen, Garivait et al. 2013)

1.3.4 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลจุดความร้อนจากระบบเซนเซอร์ VIIRS บนดาวเทียม Suomi-NPP ซึ่งมี Spatial Resolution ที่ 375 เมตร และมี Temporal Resolution อยู่ที่ประมาณ 3 ชั่วโมง โดยดาวนี้โหลดข้อมูลจาก Fire Information for Resource Management System (FIRMS) โดยในไฟล์ข้อมูลของระบบเซนเซอร์ VIIRS ประกอบไปด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ อธิบายไว้ในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ข้อมูลในระบบเซนเซอร์ VIIRS แต่ละประเภท

ประเภท	คำอธิบาย
Latitude	ค่าพิกัดละติจูดที่วัดจากจุดศูนย์กลางของพิกเซลที่มีอุณหภูมิสูง
Longitude	ค่าพิกัดลองจิจูดที่วัดจากจุดศูนย์กลางของพิกเซลที่มีอุณหภูมิสูง
Bright_ti4	แสดง VIIRS-I4 Channel ในการวัดอุณหภูมิความสว่างของพิกเซลที่มีไฟในหน่วยเคลวิน
Scan	แสดงอัลกอริทึมที่ใช้สร้างพิกเซลขนาดประมาณ 375 เมตร ที่ Nadir ใช้ในการสแกนและสะท้อนในส่วนองขนาดพิกเซลที่แท้จริง
Track	แสดงอัลกอริทึมที่ใช้สร้างพิกเซลขนาดประมาณ 375 เมตร ที่ Nadir ใช้ในการสแกนและสะท้อนในส่วนองขนาดพิกเซลที่แท้จริง
Acq_Date	วันที่ เดือน และปีที่ระบบเซนเซอร์ VIIRS ได้รับข้อมูล
Acq_Time	เวลา(UTC) ที่ระบบเซนเซอร์ VIIRS ได้รับข้อมูล
Satellite	แสดงชนิดของดาวเทียม โดย N แสดง ดาวเทียม Suomi-NPP
Confidence	ค่าที่ผ่านการวิเคราะห์โดยอัลกอริทึมกลางสำหรับกระบวนการตรวจจับบริเวณจุดความร้อน แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้สามารถวัดคุณภาพของจุดความร้อนหรือบริเวณจุดพิกเซลที่มีไฟได้ โดยค่าระดับความเชื่อมั่นถูกกำหนดทั้งหมด 3 ระดับ นั่นคือ Low, Nominal และ High ซึ่งถ้าพิจารณาเฉพาะในช่วงเวลากลางวันจะพบว่าค่าระดับความเชื่อมั่นอยู่ในระดับต่ำ (Low) เนื่องจากมีบริเวณกลางวันที่มีแสงจ้าของดวงอาทิตย์และความผิดปกติของอุณหภูมิสัมพัทธ์ (น้อยกว่า 15,000 เคลวิน) ใน VIIRS-I4 Channel เข้ามาเกี่ยวข้อง ในส่วนองค่าระดับความเชื่อมั่นอยู่ในระดับกลาง (Nominal) จะพบเมื่อไม่มีบริเวณที่มีแสงจ้าของดวงอาทิตย์และไม่มี ความผิดปกติของอุณหภูมิสัมพัทธ์ (มากกว่า 15,000 เคลวิน) และกรณีของค่าระดับความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง (High) จะพบเมื่อไม่มีความผิดปกติของอุณหภูมิสัมพัทธ์ (มากกว่า 15,000 เคลวิน) และอยู่ในช่วงกลางคืน
Version	แสดง 1.0NRT หมายถึง คอลเลคชัน 1 ที่ประมวลผลแบบ NRT หรือแสดง 1.0 หมายถึง คอลเลคชัน 1 ที่ประมวลผลแบบมาตรฐาน
Bright_ti5	แสดง VIIRS-I5 Channel ในการวัดอุณหภูมิความสว่างของพิกเซลที่มีไฟในหน่วยเคลวิน
FRP	ค่าพลังงานการแผ่รังสีของไฟ (เมกะวัตต์)
DayNight	แสดง D หมายถึง พบจุดความร้อนในช่วงกลางวัน แสดง N หมายถึง พบจุดความร้อนในช่วงกลางคืน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบ DBSCAN และการคาดประมาณความหนาแน่นแบบ KDE มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนสำหรับวิเคราะห์ทิศทางและประเมินขนาดของไฟบริเวณพื้นที่ที่เกิดไฟป่าบ่อยครั้ง อีกทั้งยังเป็นประโยชน์สำหรับทางหน่วยงานที่มีความเกี่ยวข้องสามารถนำเทคนิคเหล่านี้ไปใช้ในการวางแผนขั้นต้นก่อนที่จะลงพื้นที่จริงได้ในลำดับถัดไป



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ระบบ Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS)

ระบบเซนเซอร์ Visible Infrared Imaging Radiometer Suite หรือ VIIRS เป็นหนึ่งในระบบเซนเซอร์บนดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting Partnership (Suomi-NPP) ดังรูปที่ 2 ซึ่งเป็นดาวเทียมในโครงการดาวเทียมสำรวจโลกที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อตอบสนองพันธกิจภายใต้ชื่อ Joint Polar Satellite System (JPSS) เป็นโครงการที่ทำการร่วมมือกันระหว่าง NOAA และ NASA สำหรับการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยและพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ในความพยายามที่จะพยากรณ์ ติดตามสภาวะอากาศและสิ่งแวดล้อมของโลก โดยดาวเทียม Suomi-NPP ได้ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อปีพุทธศักราช 2554 เพื่อการสำรวจเมฆ ละอองลอยในชั้นบรรยากาศ สีของมหาสมุทร อุณหภูมิพื้นผิวแผ่นดินและทะเล การเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็ง และไฟป่า เป็นต้น

โดยระบบเซนเซอร์ VIIRS ในดาวเทียม Suomi-NPP มีทั้งหมด 22 แบนด์ มีความยาวคลื่นที่สำรวจอยู่ระหว่าง 412 ถึง 12,500 นาโนเมตร และมีความละเอียดเชิงพื้นที่ขนาด 375 เมตร 5 แบนด์ (High Resolution Imagery Chanel (I-bands)) และขนาด 750 เมตร 16 แบนด์ (Moderate Resolution Channels (M-band) and Day/Night Band (DNB)) (บริเวณ nadir) (Jackson, Liu et al. 2013) โดยโคจรผ่านบริเวณศูนย์สูตร 14 รอบต่อวัน มีความกว้างแนวบันทึกข้อมูลบนโลกประมาณ 3,000 กิโลเมตร และระบบเซนเซอร์ VIIRS สามารถบันทึกภาพทั้งโลกได้ภายใน 12 ชั่วโมง บินผ่านบริเวณเส้นศูนย์สูตรในเวลาตามโหนดขึ้นประมาณ 01.30 นาฬิกา และตามโหนดลงประมาณ 13.30 นาฬิกา



รูปที่ 2 ดาวเทียม Suomi National Polar-orbiting Partnership (Suomi-NPP)

ที่มา: Dan Leone (2014)

โดยในการติดตามการเกิดจุดความร้อน และตรวจสอบข้อมูลทางธรรมชาติบนพื้นผิวโลกนั้น ในช่วงปีพุทธศักราช 2542 ได้มีการใช้ข้อมูลจากระบบเซนเซอร์ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer หรือ MODIS ในการวิเคราะห์ข้อมูลจุดความร้อน ซึ่งระบบ MODIS เป็นระบบเซนเซอร์ที่ติดตั้งบนดาวเทียม Terra ที่ถูกส่งขึ้นโคจรเมื่อปีพุทธศักราช 2542 และดาวเทียม Aqua ที่ถูกส่งขึ้นไปเมื่อปีพุทธศักราช 2547 โดยระบบเซนเซอร์ MODIS มีทั้งหมด 22 แบนด์ ความยาวคลื่นที่สำรวจอยู่ระหว่าง 400 ถึง 14,400 นาโนเมตร และมีความละเอียดเชิงพื้นที่ขนาด 250 เมตร ประกอบไปด้วยแบนด์ 1 และแบนด์ 2 ขนาด 500 เมตร ประกอบไปด้วยแบนด์ 3 ถึงแบนด์ 7 และขนาด 1 กิโลเมตรทั้งหมด 29 แบนด์ (Li, Zhang et al. 2020) โดยสามารถบันทึกข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งโลกภายใน 48 ชั่วโมง โดยในส่วนของดาวเทียม Terra จะโคจรจากขั้วโลกเหนือมายังขั้วโลกใต้ (Descending) และผ่านบริเวณแถบศูนย์สูตรช่วงเวลาเช้า ต่างจากดาวเทียม Aqua ที่โคจรจากขั้วโลกใต้มายังขั้วโลกเหนือ (Ascending) ผ่านบริเวณศูนย์สูตรในช่วงบ่าย ทำให้สามารถรับสัญญาณได้เป็นจำนวน 4 รอบต่อวัน แต่อย่างไรก็ตามดาวเทียมทั้งสองดวงนั้นมีวงจรรอบเพียงระดับ 705 กิโลเมตร ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณากับดาวเทียม Suomi-NPP พบว่ามีวงโคจรอยู่ต่ำกว่า เป็นเหตุให้บางช่วงเวลานั้นเกิดช่องว่างของการบันทึกข้อมูลระหว่างแนวโคจรบริเวณส่วนกลางของโลก ซึ่งต่างจากดาวเทียม Suomi-NPP ที่สามารถบันทึกภาพทั้งโลกภายใน 12 ชั่วโมงจำนวน 2 ครั้งต่อวัน ส่งผลให้ขจัดช่องว่างของข้อมูลและลดการบันทึกผลข้อมูลที่ซ้ำซ้อนกัน ยิ่งไปกว่านั้นระบบเซนเซอร์ VIIRS มี

ความทันสมัยกว่า จึงทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วย (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (GISTDA), 2019)

2.1.2 ข้อมูลจุดความร้อน (Hotspots)

ข้อมูลจุดความร้อน คือ ข้อมูลค่าอุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุ (Land Surface Temperature) ที่มีความร้อนสูงผิดปกติจากค่าความรอนบนผิวโลก โดยส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้อินทรีย์สารที่ติดไฟได้เช่น ต้นไม้ ไม้พุ่ม กิ่งไม้ กอไฟ ดินอินทรีย์ และชั้นถ่านหินที่อยู่ใต้ดิน อีกทั้งจุดความร้อนยังสามารถบอกสถานะและความรุนแรงของการเผาไหม้ของพื้นที่ในช่วงเวลานั้น ๆ และสามารถบ่งบอกถึงเปลวไฟหรือบริเวณที่ยังคงมีไฟคุกรุ่นเป็นต้น (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (GISTDA), 2016)

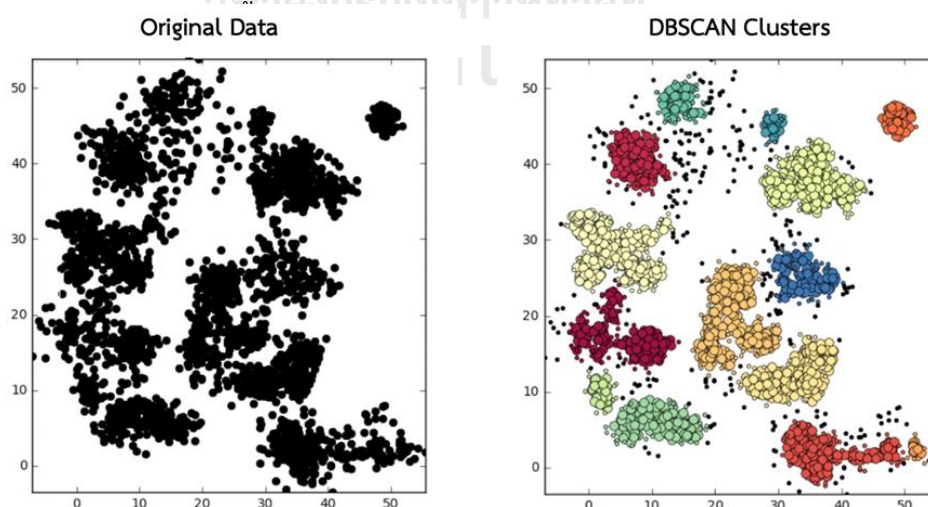
ข้อมูลจุดความร้อนจะได้อาจมาจากการที่ดาวเทียมตรวจวัดคลื่นรังสีอินฟราเรดหรือคลื่นรังสีความร้อน โดยมีความถี่อยู่ที่ 1 นาโนเมตร ถึง 10,000 นาโนเมตร ซึ่งดาวเทียมที่สามารถตรวจวัดรังสีความร้อนในปัจจุบันและเป็นที่ยอมรับมากคือ ดาวเทียม Terra, ดาวเทียม Aqua และดาวเทียม Suomi-NPP โดยระบบเซนเซอร์หลักที่จะนำมาตรวจวัดรังสีความร้อนคือ ระบบเซนเซอร์ MODIS ซึ่งติดตั้งบนดาวเทียม Terra และดาวเทียม Aqua และ ระบบเซนเซอร์ VIIRS ซึ่งติดตั้งบนดาวเทียม Suomi-NPP

ระบบเซนเซอร์ MODIS มีขนาดจุดภาพครอบคลุมพื้นที่ 1 กิโลเมตร x 1 กิโลเมตรบนพื้นที่จริง โดยดาวเทียมจะตรวจวัดตำแหน่งที่เกิดไฟไหม้ภายใน 1 ตารางกิโลเมตร จากนั้นทำการประมวลผลเป็น 1 จุดความร้อน หรือในกรณีที่พบว่าภายใน 1 ตารางกิโลเมตรมีตำแหน่งที่เกิดไฟไหม้กว่า 1 ตำแหน่ง จะประมวลผลเป็น 1 จุดความร้อนเช่นเดียวกัน และในส่วนของจุดความร้อนที่ได้จากระบบเซนเซอร์ VIIRS นั้น จะมีขนาดจุดภาพ 375 เมตร x 375 เมตรบนพื้นโลกจริง โดยดาวเทียมจะตรวจวัดตำแหน่งที่เกิดไฟไหม้ภายใน 375 เมตร x 375 เมตร และทำการประมวลผลเป็น 1 จุดความร้อน หรือในกรณีที่พบว่าตำแหน่งที่เกิดไฟไหม้กว่า 1 ตำแหน่ง จะประมวลผลข้อมูลเป็น 1 จุดความร้อนเช่นเดียวกัน ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแล้วจะพบว่าบริเวณพื้นที่เดียวกันและเวลาเดียวกันนั้น เมื่อขนาดจุดภาพที่ได้ต่างกัน จะส่งผลให้จำนวนจุดความร้อนที่ประมวลผลได้จากระบบเซนเซอร์ VIIRS มีจำนวนจุดต่างกับระบบเซนเซอร์ MODIS มากกว่าถึงสามเท่า ส่งผลให้ระบบเซนเซอร์ VIIRS สามารถตรวจจับตำแหน่งที่มีค่าความร้อนสูงได้ละเอียดกว่าหรือส่งผลให้ตำแหน่งที่มีกลุ่มไฟได้ในขนาดที่เล็กกว่า ซึ่งเหมาะสำหรับการพิจารณาบริเวณที่มีการเริ่มต้นของจุดความร้อนขนาดเล็กได้ดีกว่าระบบเซนเซอร์ MODIS แต่ในทางกลับกันข้อมูลจุดความร้อนที่ได้จากระบบเซนเซอร์ MODIS จะเหมาะสมกับการประเมินสถานการณ์ในการวางแผนควบคุมไฟป่าในภาพรวมมากกว่า

โดยข้อมูลจุดความร้อนสามารถทำการขอได้จาก Fire Information for Resource Management System (FIRMS) (<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/>) ซึ่งเป็นระบบจัดการข้อมูลไฟที่ให้ข้อมูลแบบเรียลไทม์ของระบบเซนเซอร์ MODIS หรือ VIIRS พัฒนาโดย NASA สำหรับเผยแพร่ข้อมูลจุดความร้อนทั่วโลก โดยจะอัปเดตภายใน 3 ชั่วโมงนับจากดาวเทียมทำการถ่ายภาพ ทั้งในกรณีของระบบเซนเซอร์ MODIS และ VIIRS โดยสกุลข้อมูลที่สามารถทำการขอได้ประกอบไปด้วย Shapefile (.shp), Comma-separated text files (.csv) และ JSON (.json)

2.1.3 DBSCAN (Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise)

การวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล หรือ Cluster Analysis เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อย โดยมีหลักเกณฑ์คือหน่วยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันควรมีลักษณะที่คล้ายกัน และหน่วยที่อยู่ต่างกลุ่มกันควรมีลักษณะที่ต่างกัน ซึ่งในปัจจุบันมีการนำเทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มของข้อมูลในวิธีการต่าง ๆ มาใช้งานอย่างกว้างขวาง ยกตัวอย่างเช่น K-Means หรือ Hierarchical Clustering โดยทั้งสองเทคนิคนี้เป็นส่วนหนึ่งของ Unsupervised Learning ซึ่งเป็นกลุ่ม algorithm ที่ไม่มีการ label หรือการสอนอย่างชัดเจนว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานนั้นจะมีค่าตอบที่ถูกต้องหรือผิด จึงส่งผลให้เทคนิคข้างต้นเหมาะสำหรับการจัดกลุ่มข้อมูลที่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน (Compact) และข้อมูลนั้นแยกออกจากกันอย่างชัดเจน จึงไม่เหมาะสมในการนำมาใช้จัดกลุ่มข้อมูลที่มีความซับซ้อน รูปร่างไม่แน่นอน หรือแจกแจงข้อมูลแบบผิดปกติ ดังนั้นวิธีการที่เหมาะสมต่อการจัดกลุ่มข้อมูลที่มีความซับซ้อนเหล่านั้นคือ การใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise หรือ DBSCAN ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3 ต่อไปนี้



รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างการแบ่งกลุ่มข้อมูลโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN

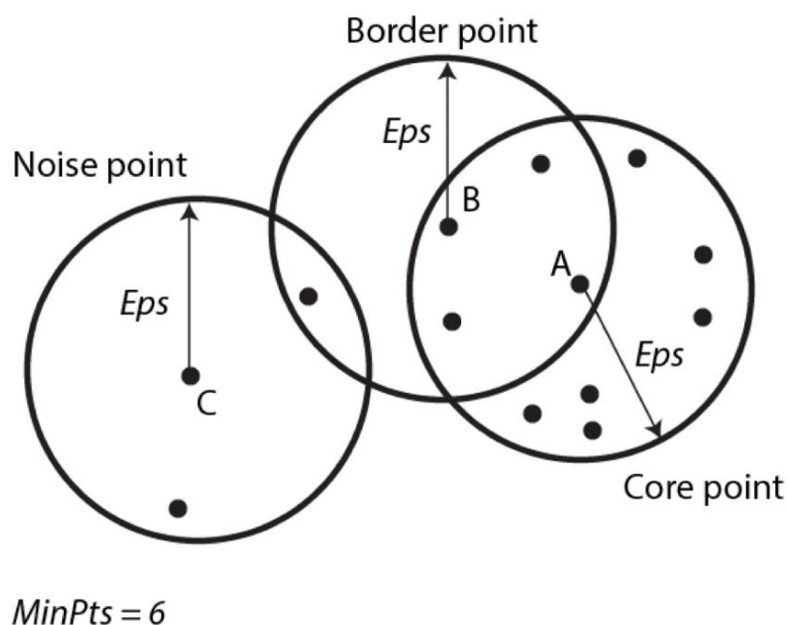
ที่มา: Chriswernst (2017)

โดยเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN เป็นการจัดกลุ่มที่พิจารณาจากความหนาแน่นของข้อมูลที่เกาะกลุ่มกัน โดยคำนวณจากจุดข้อมูลที่อยู่บริเวณภายในรัศมีที่ได้กำหนดไว้ในการแบ่งกลุ่ม ซึ่งวิธีการนี้ได้อาศัยพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ตัวประกอบด้วย

1. Epsilon (Eps) คือรัศมีจากจุดศูนย์กลางที่ใช้ในการกำหนด neighborhood
2. MinPoints คือจำนวนจุดข้อมูลขั้นต่ำที่อยู่ภายใน Eps ซึ่งใช้เพื่อบ่งชี้ว่าจุดนั้น ๆ เป็นจุดแกนกลางหรือไม่

และจุดข้อมูลจะสามารถแบ่งได้ทั้งหมด 3 ประเภท ดังรูปที่ 4 ซึ่งประกอบไปด้วย

1. Core point ซึ่งจะต้องมีจำนวนจุดที่อยู่ภายในรัศมีที่กำหนดไว้มากกว่า MinPoints
2. Border point โดยจะมีจำนวนจุดน้อยกว่า MinPoints แต่ยังคงอยู่ในรัศมีของ Core point
3. Noise point เป็นจุดที่นอกเหนือจาก Core point และ Border point ดังแสดงองค์ประกอบข้างต้นดังรูปที่ 4 ต่อไปนี้



รูปที่ 4 แสดงประเภทของจุดในขั้นตอนของเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN

ที่มา: Chriswernst (2017)

โดยเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4 พบว่า MinPoints = 6 แสดงว่า

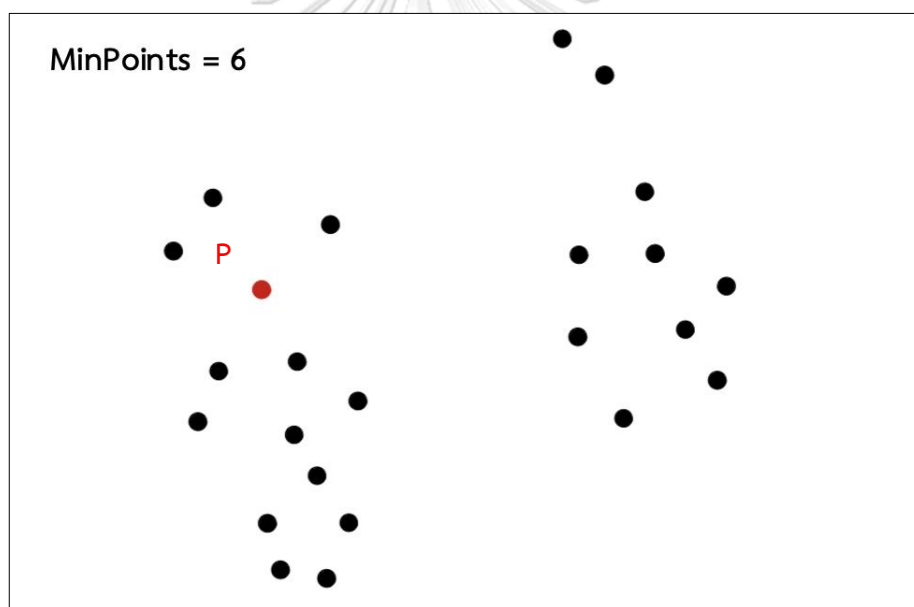
จุด A เป็น Core point เนื่องจากบริเวณภายใน Epsilon มีจำนวนจุดมากกว่าหรือเท่ากับ 6

จุด B เป็น Border Point เนื่องจากมีจำนวนจุดภายใน Epsilon ทั้งหมด 5 จุด ซึ่งน้อยกว่า MinPoints แต่อยู่ในระยะรัศมี Core point อื่น ๆ

จุด C เป็น Noise Point เนื่องจากมีจำนวนจุดภายใน Epsilon ทั้งหมด 3 จุด ซึ่งน้อยกว่า MinPoints และไม่ได้อยู่ในระยะรัศมี Core point อื่น ๆ

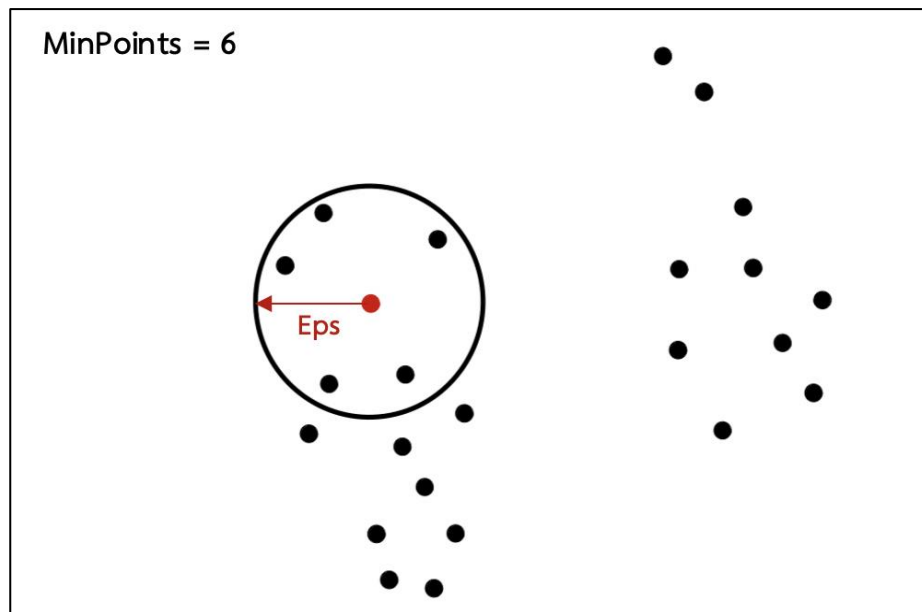
ซึ่งในส่วนของขั้นตอนการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN มีดังนี้

1. ระบุค่าพารามิเตอร์ Eps และ MinPoints
2. ทำการสุ่มเลือกจุดเริ่มต้น โดยกำหนดให้เป็นจุด P แสดงดังตัวอย่างในรูปที่ 5 โดยจากตัวอย่างจะทำการกำหนดค่า MinPoints = 6



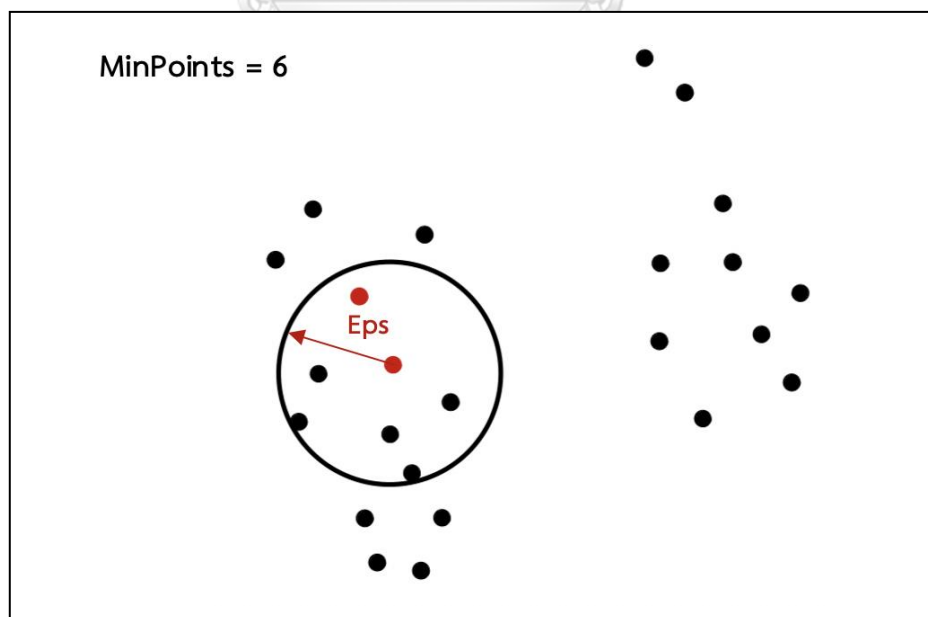
รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนของ DBSCAN (2)

3. พิจารณาจุดที่อยู่รอบจุด P (Neighbor point) โดยจุดที่อยู่รอบจุด P ต้องอยู่ภายในบริเวณของค่า Eps ที่กำหนดและมีจำนวนของ Neighbor point มากกว่าหรือเท่ากับ MinPoints ซึ่งจุด P ที่ได้เราจะเรียกว่าเป็นจุด Core point และจากนั้นทำการรวมกลุ่มกันเป็นกลุ่มใหม่ดังรูปที่ 6



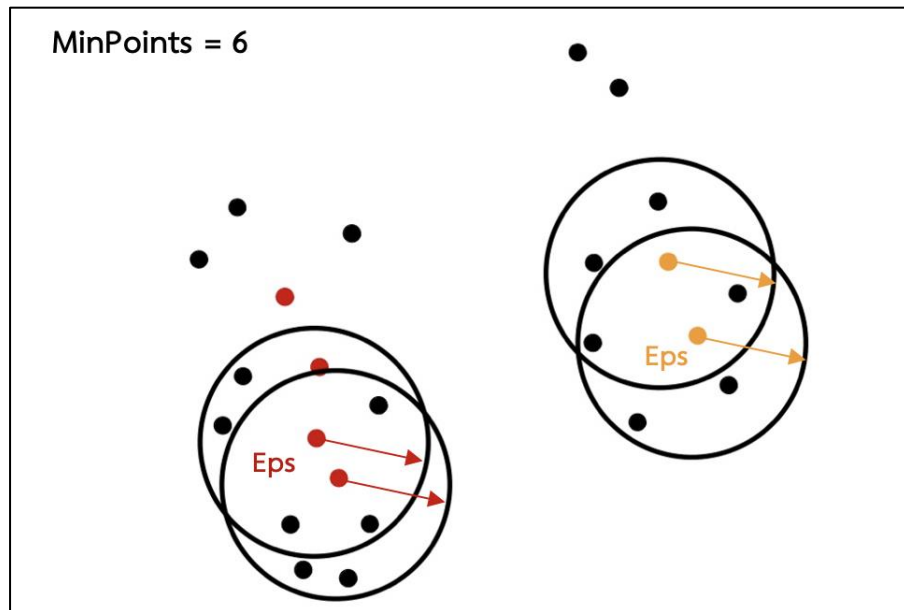
รูปที่ 6 แสดงขั้นตอนของ DBSCAN (3)

4. ต่อมาพิจารณาในส่วนของ Neighbor point ในกลุ่มแรก สุ่มเลือกมา 1 จุด และค้นหาว่ามีจุดที่อยู่รอบจุดนั้นอยู่ภายในบริเวณของค่า Eps ที่กำหนด และมีจำนวนของ Neighbor Point มากกว่าหรือเท่ากับ MinPoints หรือไม่ ถ้าตรงตามที่กำหนดไว้ จุด Neighbor Point จุดนั้น จะกลายเป็น Core point อีกจุดทันที ดังรูปที่ 7



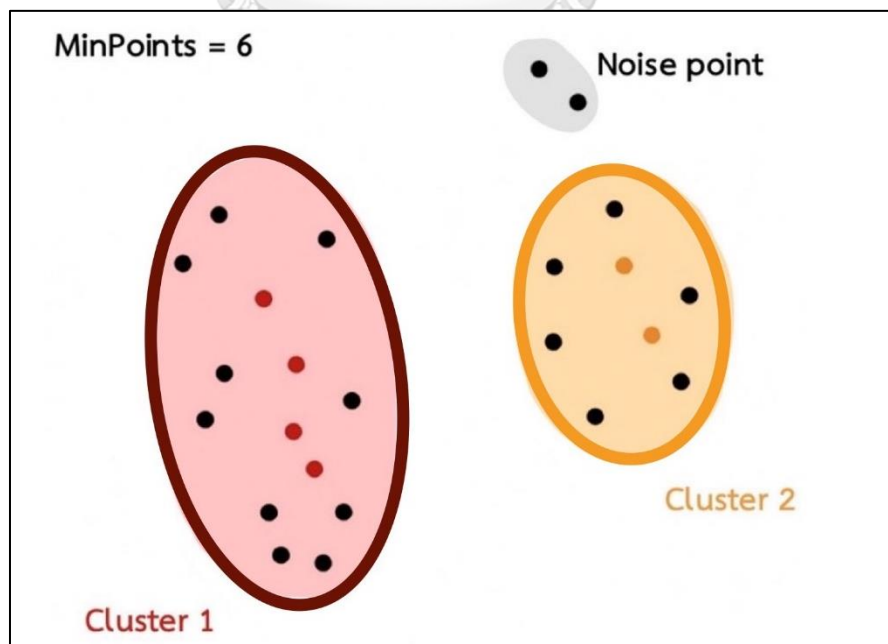
รูปที่ 7 แสดงขั้นตอนของ DBSCAN (4)

5. ทำตามขั้นตอนที่ 4. วนจนครบทุกจุดข้อมูล



รูปที่ 8 แสดงขั้นตอนของ DBSCAN (5)

6. ซึ่งในแต่ละ Core point นั้น ถ้ามี Neighbor point ที่เชื่อมต่อกับอีก Core point ได้ แสดงว่าจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งในส่วนของจุดข้อมูลที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับ Core point ใด ๆ จุดข้อมูลเหล่านั้นจะเรียกว่า Noise point ซึ่งเป็นจุดที่มีความผิดปกติ ไม่สามารถระบุได้ว่าอยู่กลุ่มใด



รูปที่ 9 แสดงขั้นตอนของ DBSCAN (6)

2.1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอ็ต (Silhouette Coefficient)

เนื่องจากซิลลูเอ็ต (Silhouette) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการจัดกลุ่มข้อมูลที่เหมาะสม โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอ็ต เป็นมาตรวัดที่อาศัยทั้งการยึดเหนี่ยวภายในกลุ่ม และความสามารถในการแยกกันระหว่างกลุ่ม โดยใช้ค่าเฉลี่ยของระยะห่างระหว่างจุดกับกลุ่มที่อยู่ใกล้ซิด เทียบกับจุดที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันเป็นพื้นฐานของการทำงาน ซึ่งการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอ็ตนั้นเหมาะกับการจัดกลุ่มข้อมูลที่ข้อมูลแต่ละกลุ่มเกาะกลุ่มกัน เมื่อมีการจัดกลุ่มจะมีการพิจารณาสมาชิกที่อยู่ใกล้เคียง (Proximities) ถึงคุณลักษณะสองประการคือ ความต่างกัน (Dissimilarities) และความคล้ายคลึงกัน (Similarities) ซึ่งวิธีพิจารณาโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอ็ตมักนำมาใช้หาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมสำหรับการจัดกลุ่ม โดยเฉพาะกรณีที่เราไม่ทราบกลุ่มที่แท้จริงของข้อมูลมาก่อน

โดยค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการคำนวณจะอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งเมื่อคำนวณแล้วค่าที่ได้มีค่าใกล้กับ 1 เท่าใด จะแสดงให้เห็นว่าเป็นการจัดกลุ่มได้ดี หรือจัดกลุ่มได้เหมาะสม เนื่องจากตัวอย่างกลุ่มนั้นที่พิจารณาที่ระยะที่ไกลจากกลุ่มข้างเคียง ส่วนในกรณีที่ค่าที่ได้เป็น 0 จะแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างกลุ่มที่พิจารณานั้นอยู่ใกล้กับระยะขอบเขตที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มสองกลุ่มเพื่อนบ้านออกจากกัน และหากมีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่าอาจจะมีการจัดเข้าไปอยู่ในกลุ่มที่ไม่เหมาะสม

ซึ่งสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอ็ต ดังนี้

$$S(i) = \begin{cases} 1 - \frac{a(i)}{b(i)} & \text{if } a(i) < b(i) \\ 0 & \text{if } a(i) = b(i) \\ \frac{b(i)}{a(i)} - 1 & \text{if } a(i) > b(i) \end{cases}$$

โดยที่ a คือ ค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างจุดที่อยู่ข้างในกลุ่ม

b คือ ค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างจุดที่อยู่ข้างในกลุ่ม

2.1.5 การคาดประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนล (Kernel Density Estimation)

การคาดประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนล (Kernel Density Estimation หรือ KDE) เป็นการประมาณฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นทางดำนอนพาราเมตริก (Nonparametric) ซึ่งเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่จำเป็นต้องผ่านข้อตกลงเบื้องต้น เช่น ข้อมูลต้องมีการแจกแจงแบบปกติ หรือข้อมูลต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอ เป็นต้น และการประมาณความหนาแน่นเชิงแบบเคอร์เนลนั้นยังเป็นพื้นฐานการปรับเปลี่ยนข้อมูลให้เรียบเมื่อมีการอ้างอิงสรุปถึงประชากรตามข้อมูลที่แน่นอนจากกลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงตามรูปที่ 10 โดยมีตัวปรับแบบเคอร์เนล (Kernel

Smoother) ที่เรียกว่า แบนด์วิดท์ (Bandwidth) ในการควบคุมความเรียบของเส้นโค้งอีกด้วย (Silverman 1986) ซึ่งตัวประมาณค่าความหนาแน่นแบบเคอร์เนล ($\hat{f}(x)$) มีนิยามดังนี้

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

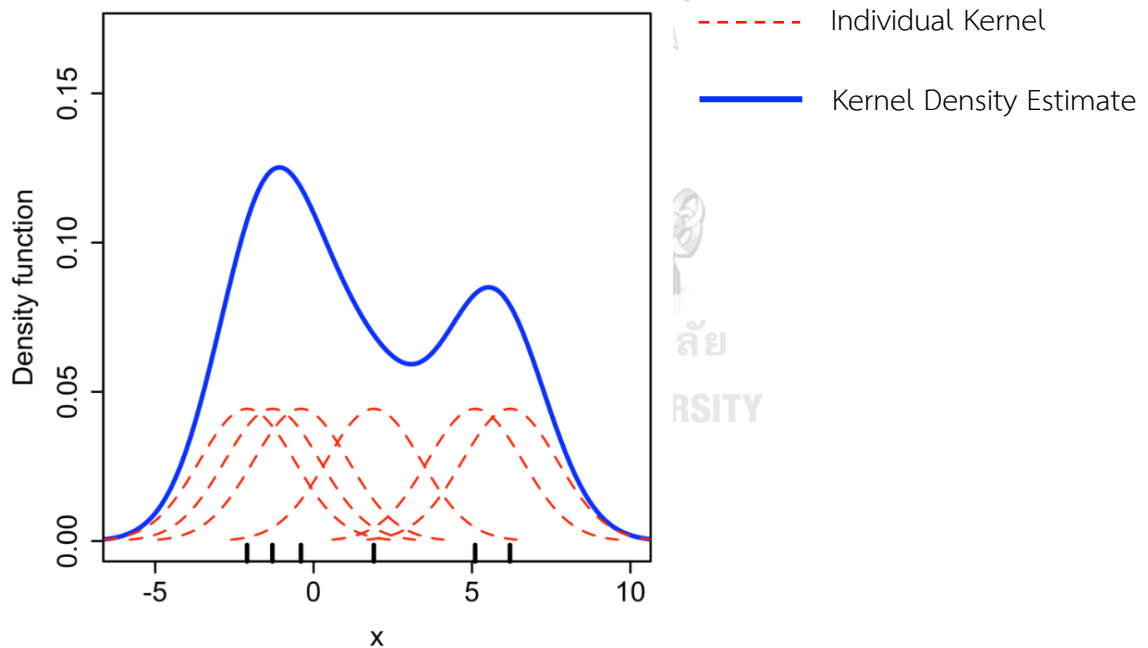
โดยที่ h คือ ค่าพารามิเตอร์ปรับเรียบหรือแบนด์วิดท์ (Bandwidth)

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

x คือ ค่าของข้อมูลในตำแหน่งที่กำลังพิจารณา

X_i คือ ตัวแปรสุ่มที่ i ; $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$K(x)$ คือ ฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function)



รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างของการคาดประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนลในรูปแบบสองมิติ

ที่มา: Drleft (2010)

โดยชนิดของฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function) มีหลากหลายชนิด ดังตัวอย่างข้อมูลที่แสดงในรูปที่ 11 ซึ่ง (Härdle 1990) ได้ทำการสรุปดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ชนิดของฟังก์ชันเคอร์เนล

ฟังก์ชันเคอร์เนล	$K(u)$
ฟังก์ชันเคอร์เนลแบบอีพานิชนิคอฟ (Epanechnikov)	$\frac{3}{4}(1-u^2)I(u \leq 1)$
ฟังก์ชันเคอร์เนลแบบควอดติก (Quartic)	$\frac{15}{16}(1-u^2)^2I(u \leq 1)$
ฟังก์ชันเคอร์เนลไตรเวท (Triweight)	$\frac{35}{32}(1-u^2)^3I(u \leq 1)$
ฟังก์ชันเคอร์เนลแบบเกาส์เซียน (Gaussian)	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{1}{2}u^2)$
ฟังก์ชันเคอร์เนลแบบสามเหลี่ยม (Triangular)	$(1- u)I(u \leq 1)$
ฟังก์ชันเคอร์เนลแบบยูนิฟอร์ม (Uniform)	$\frac{1}{2}I(u \leq 1)$
ฟังก์ชันเคอร์เนลแบบคอสายัส (Cosinus)	$\frac{\pi}{4} \cos\left(\frac{\pi}{2}u\right)I(u \leq 1)$

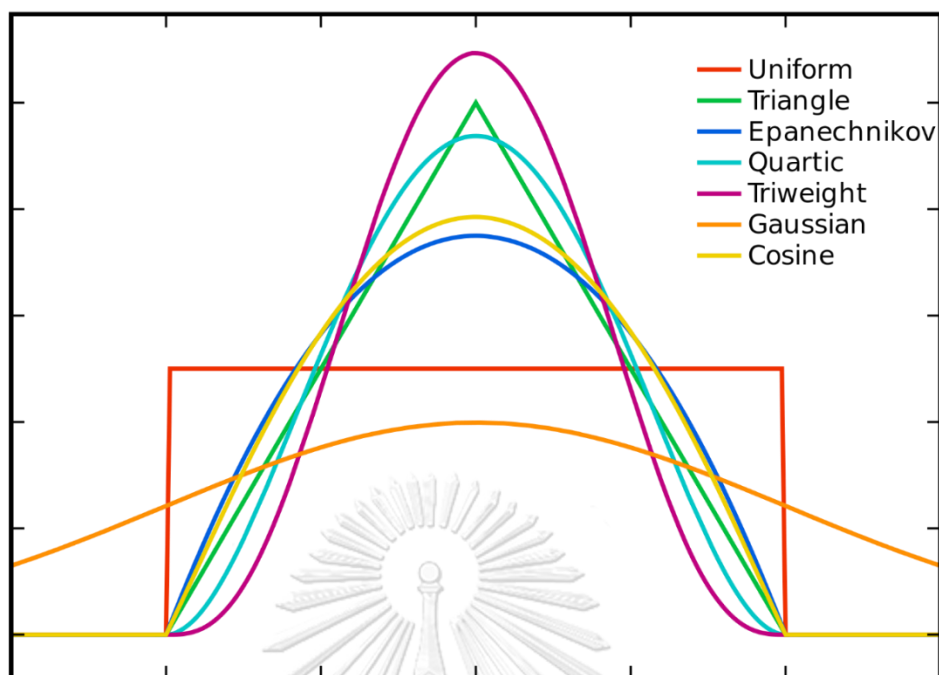
ที่มา: (Härdle 1990)

เนื่องจาก $u = \frac{x - X_i}{h}$

โดยที่ h คือ ค่าพารามิเตอร์ปรับเรียบหรือค่าแบนด์วิดท์ (Bandwidth)

x คือ ค่าของข้อมูลในตำแหน่งที่กำลังพิจารณา

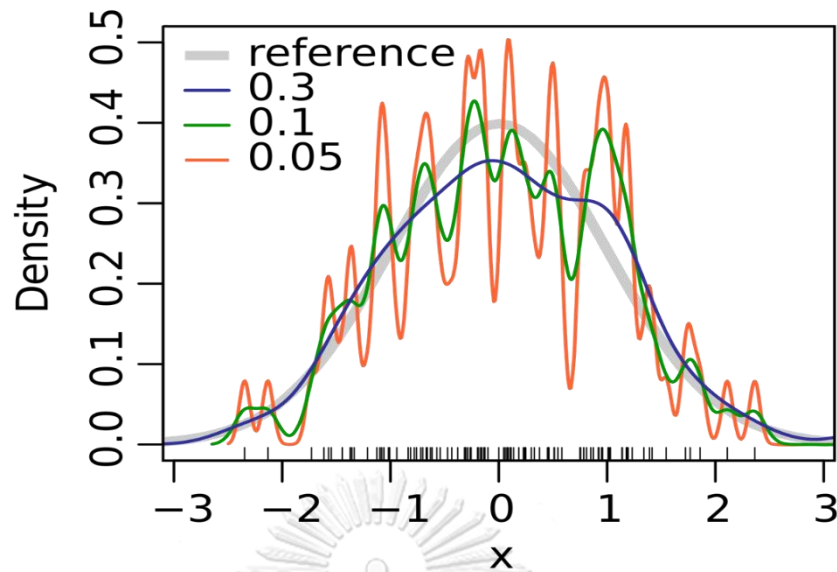
X_i คือ ตัวแปรสุ่มที่ $i ; i = 1, 2, 3, \dots, n$



รูปที่ 11 แสดงชนิดของฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function) ในรูปแบบสองมิติ

ที่มา: Brian Amberg (2008)

ส่วนในกรณีของการเลือกฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function) มาใช้ในการประมาณความหนาแน่นนั้น จากงานวิจัย (Mugdadi and Ahmad 2004) พบว่าในกรณีที่ตัวแปรสุ่มเป็นตัวแปรสุ่มอิสระและข้อมูลมีการแจกแจงเดียวกัน ชนิดของฟังก์ชันเคอร์เนลจึงไม่มีผลต่อการประมาณความหนาแน่น จึงทำให้การเลือกค่าแบนด์วิดท์ที่เหมาะสมนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญมากกว่า เนื่องจากในกรณีกำหนดค่าแบนด์วิดท์ขนาดเล็กเกินไป จะส่งผลให้การปรับเปลี่ยนข้อมูลที่ได้มีความเรียบน้อยกว่าการกำหนดขนาดของค่าแบนด์วิดท์ที่เหมาะสม แต่ถ้าในกรณีที่กำหนดค่าแบนด์วิดท์ให้มีขนาดมากเกินไป อาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการแสดงผลของข้อมูล ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 12



รูปที่ 12 แสดงการปรับค่าแบนด์วิดท์ของเทคนิค KDE สำหรับข้อมูลกลุ่มหนึ่ง

ที่มา: M. W. Toews (2007)

เนื่องจากนัยของการคาดประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนลที่แสดงข้างต้นเหมาะสมกับข้อมูลแบบสองมิติ ซึ่งในกรณีที่ต้องการใช้การคาดประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนลสำหรับข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลา ซึ่งเป็นข้อมูลสามมิตินั้น การใช้ Space-time Kernel Density Estimation (ST-KDE) จึงเหมาะสมในการใช้จัดกลุ่มข้อมูลข้อมูลเหล่านี้ (Eaglin, Cho et al. 2017) ซึ่งตัวประมาณค่าความหนาแน่นแบบเคอร์เนล ในกรณีของ Space-time Kernel Density Estimation (ST-KDE) ($\hat{f}(x, y, t)$) (Wei, She et al. 2018) มีนิยามดังนี้

$$\hat{f}(x, y, t) = \frac{1}{nh_s^2 h_t} \sum_{i=1}^n K_s \left(\frac{x - X_i}{h_s}, \frac{y - Y_i}{h_s} \right), K_t \left(\frac{t - T_i}{h_t} \right)$$

โดยที่ h_s คือ ค่าแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ในเชิงพื้นที่

h_t คือ ค่าแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ในเชิงเวลา

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

x, y, t คือ ค่าของข้อมูลในตำแหน่งที่พิจารณา

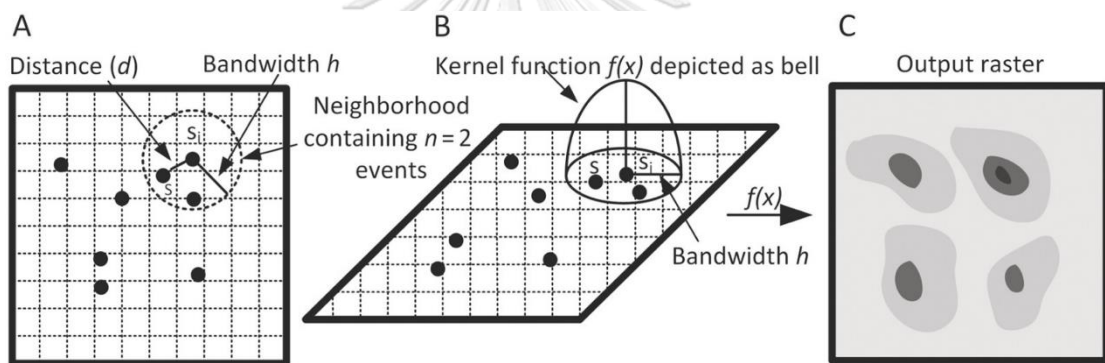
X_i, Y_i, T_i คือ ตัวแปรสุ่มที่ i ; $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$K_s(x, y)$ คือ ฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function) เชิงพื้นที่

$K_t(t)$ คือ ฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function) เชิงเวลา

ซึ่งในเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบเคอร์เนลสำหรับข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลาที่อยู่ในรูปแบบสามมิติ นั้น เป็นการประมาณค่าความหนาแน่นจากการวัดการกระจายตัวของจุด (Point Pattern Analysis) ในแนวความคิดสถิติเชิงพื้นที่ จากการนำลักษณะข้อมูลจุดมาวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยใช้สำหรับระบุที่ตั้งของกลุ่มข้อมูลบริเวณที่มีความหนาแน่นของข้อมูลในกรณีต่าง ๆ อย่างเช่น การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ อาชีววิทยา หรือนิเวศวิทยา ในบริเวณแต่ละพื้นที่ที่สนใจ ซึ่งแบบจำลองที่ได้จากการใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบเคอร์เนลนั้นเป็นแบบจำลองสามมิติ ที่ไม่เพียงแต่เหมาะสำหรับนักวิเคราะห์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพียงเท่านั้น อีกทั้งยังเหมาะสำหรับแสดงให้บุคคลทั่วไปสามารถทำความเข้าใจในการจัดกลุ่มข้อมูลได้ง่ายยิ่งขึ้นด้วย

โดยขั้นตอนการทำงานของเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนลนั้น แสดงให้เห็นดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 แสดงขั้นตอนการทำงานของเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนล

ที่มา: Grekousis, G. (2020)

ซึ่งจะสามารถอธิบายขั้นตอนของการคาดประมาณความหนาแน่นแบบเคอร์เนลดังต่อไปนี้

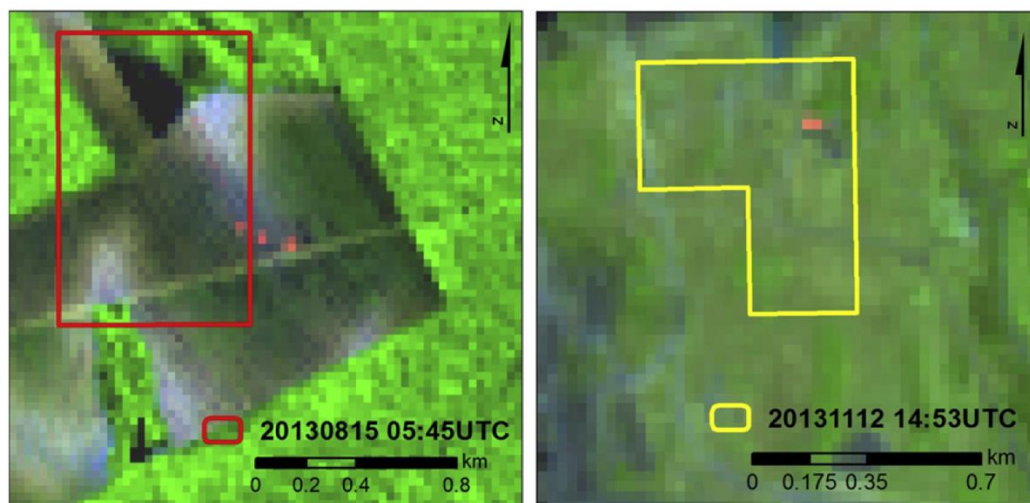
1. สร้างตารางกริดครอบคลุมทุก ๆ จุดเหตุการณ์ของข้อมูลที่ปรากฏ ดังรูปที่ 13.A
2. กำหนดค่าพารามิเตอร์ปรับเรียบหรือแบนด์วิดท์ (Bandwidth) และคำนวณค่าน้ำหนัก สำหรับจุดแต่ละจุดภายในรัศมีของแกนกลาง โดยใช้ชนิดของฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function) ที่ได้ทำการเลือกไว้ใน การคำนวณดังรูปที่ 13.B ซึ่งค่าแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ที่ทำการกำหนดไว้ข้างต้นนั้น ควรมีความสอดคล้องกับระยะห่างระหว่างจุดแต่ละจุด และต้องขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ทั้งหมดว่ามีความกว้างมากน้อยเพียงใด ดังภาพที่ 13.A

3. ทำตามขั้นตอนที่ 2. ซ้ำ โดยการคำนวณเคลื่อนไปทุก ๆ ช่องตารางกริด ซึ่งเมื่อการคำนวณในตารางกริดสุดท้ายเป็นอันเสร็จสิ้น จะถูกคำนวณโดยการรวมค่าของการประมาณค่าแกนกลางในทุก ๆ ตำแหน่ง จากจะได้ผลลัพธ์ของการคำนวณความหนาแน่นข้างต้น และสามารถแสดงออกมาเป็นแบบจำลองซึ่งแสดงดังภาพ 13.C

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ระบบ Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจุดความร้อนในพื้นที่แต่ละบริเวณ

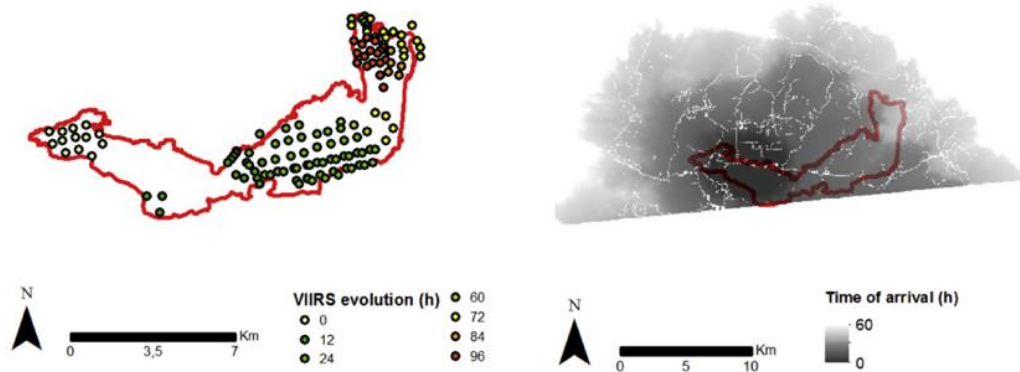
(Oliva and Schroeder 2015) ได้ทำการประเมินผลการใช้ผลิตภัณฑ์ระบบเซนเซอร์ VIIRS ที่มีความละเอียดอยู่ที่ 375 เมตร สำหรับตรวจจับไฟไหม้จริงในบริเวณพื้นที่ทั้งหมด 10 บริเวณซึ่งกระจายอยู่ทั่วพื้นที่โลก และได้นำข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมดมาสร้างเป็นแผนที่แบบจำลองพื้นที่ที่มีการเผาไหม้ จากนั้นได้นำแผนที่แบบจำลองที่ได้ไปเปรียบเทียบกับภาพถ่ายที่ได้จากดาวเทียม LANDSAT-8 และผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบที่ได้นั้นถูกแสดงออกมาเป็นค่าความผิดพลาดในกลุ่มข้อมูล (commission error) และค่าความผิดพลาดที่ข้อมูลหายไป (omission error) ส่งผลให้ทราบว่า ข้อมูลที่ได้จากระบบเซนเซอร์ VIIRS มีความแม่นยำมากขึ้นในเชิงตำแหน่ง และสามารถตรวจจับความร้อนที่มีขนาดเล็กได้ดียิ่งขึ้นเมื่อเทียบกับข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 14 โดยทางด้านซ้ายของรูปที่ 14 ได้แสดงพื้นที่บริเวณหนึ่งในประเทศบราซิล วันที่ 15 สิงหาคม ปีพุทธศักราช 2563 เวลา 13.59 น. (อ้างอิงเวลาพื้นฐานของประเทศบราซิล) โดยบริเวณกรอบสีแดงมาจากข้อมูลจุดความร้อนของ VIIRS และมีภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-8 ปรากฏเป็นพื้นหลัง และรูปที่ 14 ทางด้านขวาแสดงพื้นที่บริเวณหนึ่งในทางตอนใต้ของประเทศออสเตรเลีย วันที่ 12 พฤศจิกายน ปีพุทธศักราช 2563 เวลา 14.53น. (อ้างอิงเวลาพื้นฐานของประเทศออสเตรเลีย) โดยบริเวณกรอบสีเหลืองมาจากข้อมูลจุดความร้อนของ VIIRS และมีภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-8 ปรากฏเป็นพื้นหลัง เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามความถูกต้องของข้อมูลที่ได้นั้นจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ด้วย



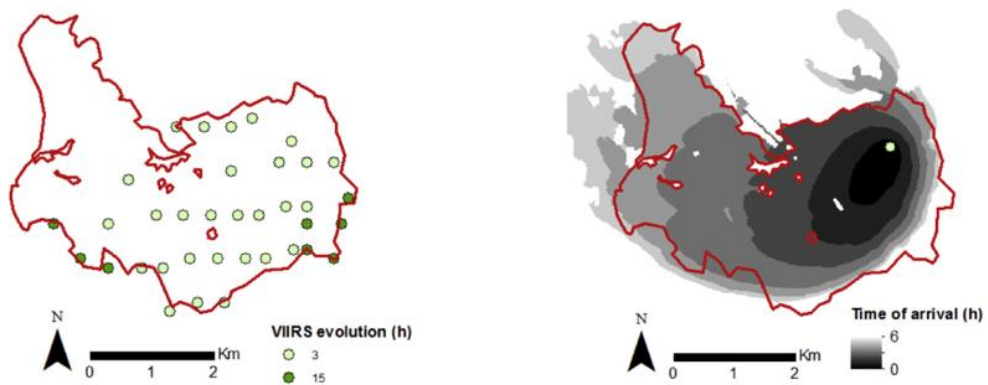
รูปที่ 14 แสดงความแม่นยำของการใช้ข้อมูลที่ได้จากระบบเซนเซอร์ VIIRS เทียบกับกลุ่มความร้อนที่เกิดขึ้นจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8
ที่มา: (Oliva and Schroeder 2015)

(Cardil, Monedero et al. 2019) ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจุดความร้อนเชิงพื้นที่และเวลาที่ได้มาจากระบบเซนเซอร์ VIIRS มีความละเอียดอยู่ที่ 375 เมตร บนดาวเทียม Suomi-NPP ซึ่งบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษายู่ที่ประเทศ สหรัฐอเมริกา ประเทศสเปน และประเทศชิลี โดยคณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลจุดความร้อนในแต่ละ ประเทศมาทำการสร้างแบบจำลองการเกิดการลุกลามของไฟป่าโดยใช้ระบบที่เรียกว่า Wildfire Analyst (WFA) โดยแบบจำลองที่ได้นั้นแสดงในรูปที่ 15 ทางด้านขวา ต่อมาได้นำข้อมูลจุดความร้อนมาสร้างแบบจำลองอีกครั้งโดยเปลี่ยนวิธีการเป็นการใช้ Minimum Bounding Geometry Algorithm โดยแบบจำลองที่ได้นั้นแสดงในรูปที่ 15 ทางด้านซ้าย จากนั้นได้ทำการคำนวณค่าคาดเคลื่อนระหว่างแบบจำลองที่ได้นั้นมาจากการใช้ทั้งสองวิธีข้างต้น ประกอบกับข้อมูลจุดความร้อนจริงที่ได้รับในทุก ๆ 12 ชั่วโมงที่ได้มาจากระบบเซนเซอร์ VIIRS มาทำการสร้างแบบจำลองโดยการใช้ Convex Hull Algorithm ซึ่งผลที่ได้จะแสดงในรูปแบบของแบบจำลองการเกิดการลุกลามของไฟป่าที่มีค่าคาดเคลื่อนที่ลดลง และสามารถทำนายการลุกลามของไฟป่าได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นตามที่ได้แสดงในรูปแบบของแบบจำลองการเกิดการลุกลามของไฟป่าที่มีค่าคาดเคลื่อนที่ลดลง และสามารถทำนายการลุกลามของไฟป่าได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นตามที่ได้แสดงในรูปที่ 16

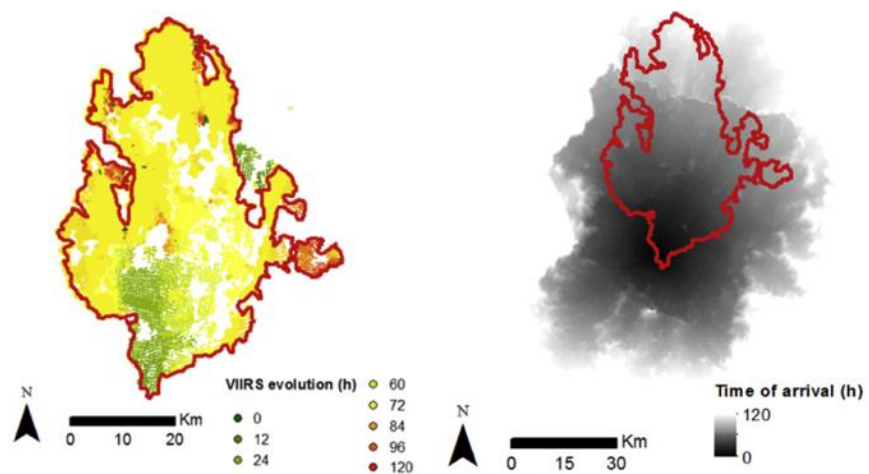
a) The Border 3 fire (USA)



b) The Lietor fire (Spain)

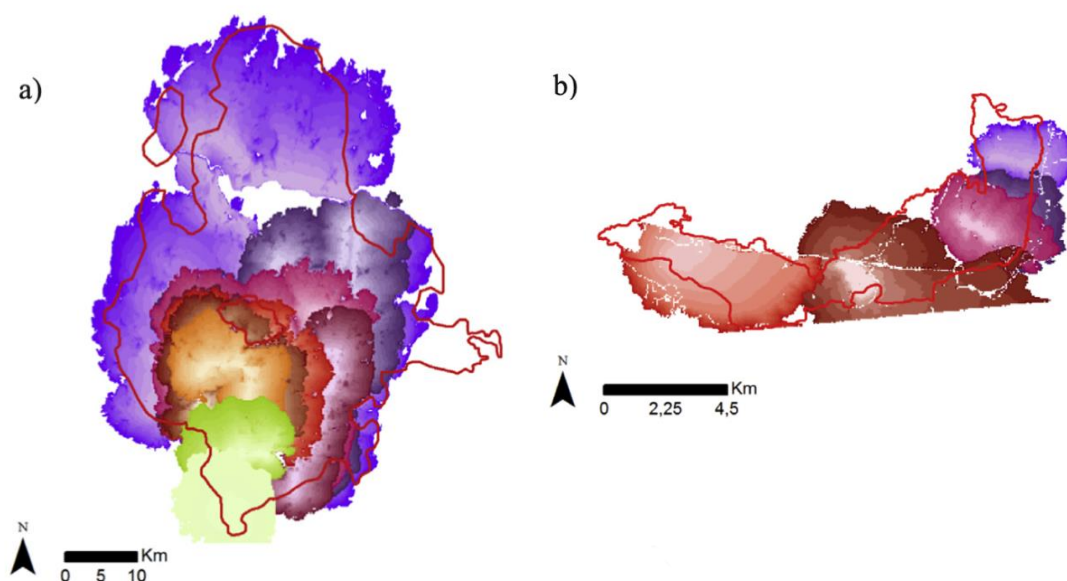


c) The Máquinas fire (Chile)



รูปที่ 15 แสดงแบบจำลองการลุกลามของไฟป่าจากข้อมูลระบบเซนเซอร์ VIIRS โดยใช้ Minimum Bounding Geometry Algorithm (ซ้าย) และ Wildfire Analyst (WFA) (ขวา)

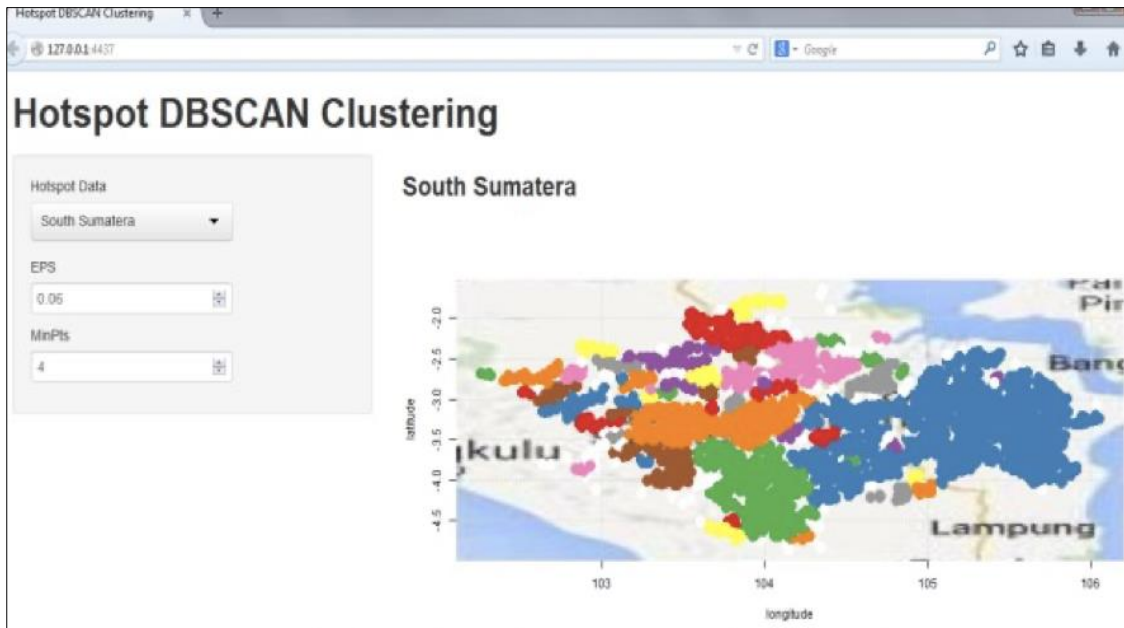
ที่มา: (Cardil, Monedero et al. 2019)



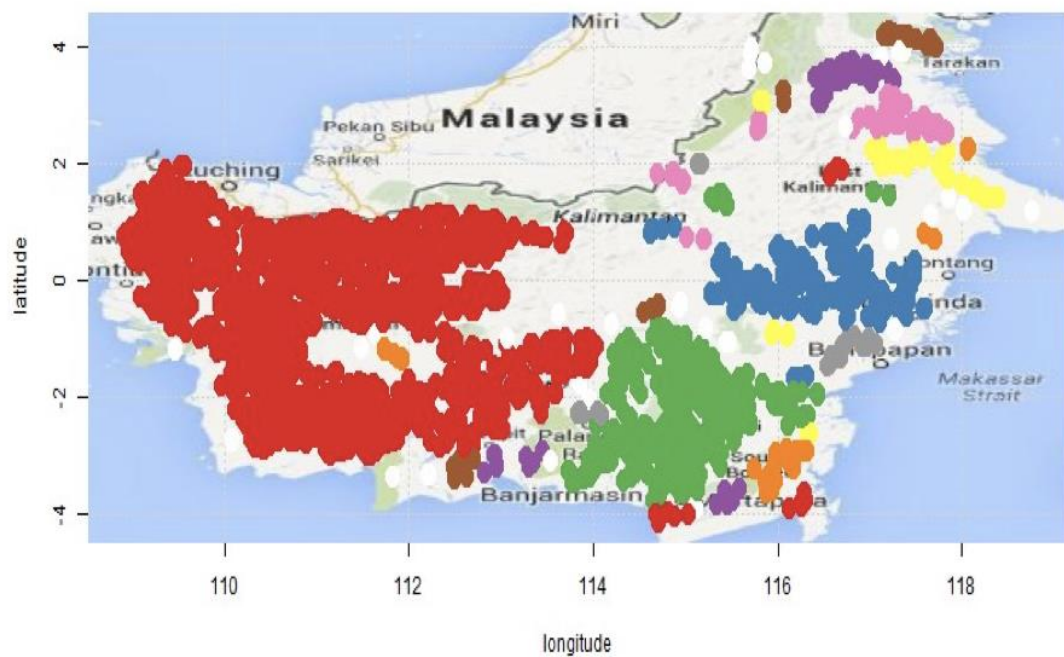
รูปที่ 16 แสดงแบบจำลองการลุกลามไฟป่าโดยการใช้ Convex Hull Algorithm จากข้อมูลจุดความร้อนจริงและค่าคาดเคลื่อนที่มาจากการคำนวณ ซึ่ง a) แสดงบริเวณของ The Maquinas fire (Chile) และ b) แสดง the Border 3 fire (USA)
ที่มา: (Cardil, Monedero et al. 2019)

2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN)

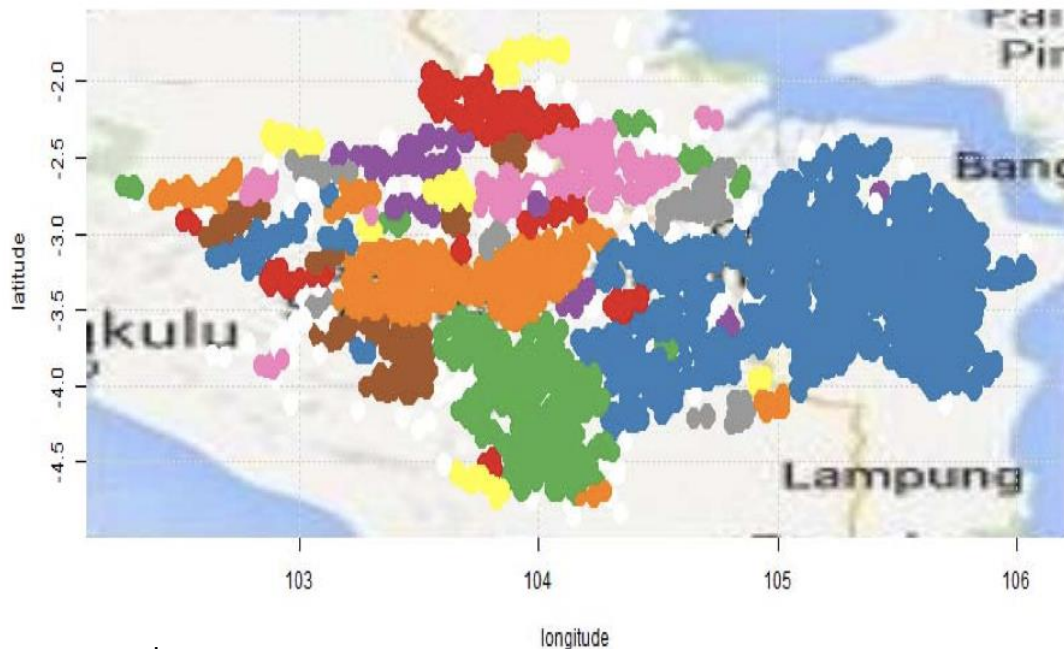
(Nisa, Andrianto et al. 2014) ได้ทำการนำข้อมูลจุดความร้อนจากระบบเซนเซอร์ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) ในพื้นที่ศึกษานั้นคือตอนใต้ของจังหวัดสุมาตรา และเกาะกาลิมันตัน ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งจากข้อมูลดาวเทียมที่ได้มานั้นพบว่า จังหวัดสุมาตรามีข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 4821 จุด และเกาะกาลิมันตันมีข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 4999 จุด ต่อมาได้นำจุดข้อมูลมาจัดกลุ่มโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) ซึ่งข้อมูลจุดความร้อนที่นำมาจัดกลุ่มนั้นใช้ข้อมูลสองมิติที่ประกอบไปด้วยละติจูดและลองจิจูด จากนั้นทางกลุ่มผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเว็บไซต์สำหรับเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN โดยใช้โปรแกรม R เข้ามาช่วย โดยพัฒนาให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกพื้นที่ศึกษาและกำหนดค่าพารามิเตอร์ได้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังสามารถแสดงผลที่โดยใช้สีต่าง ๆ ในการแบ่งกลุ่มความร้อนอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 17 ซึ่งในส่วนของการจัดกลุ่มความร้อนบริเวณตอนใต้ของจังหวัดสุมาตรา และเกาะกาลิมันตันนั้น จะแสดงดังรูปที่ 18 และ รูปที่ 19 ตามลำดับ



รูปที่ 17 แสดงหน้าหลักของเว็บไซต์สำหรับเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN
ที่มา: (Nisa, Andrianto et al. 2014)



รูปที่ 18 แสดงการแบ่งของข้อมูลจุดความร้อนบริเวณเกาะกาลิมันตัน
โดยกำหนด MinPts = 4 และ Eps = 0.2
ที่มา: (Nisa, Andrianto et al. 2014)

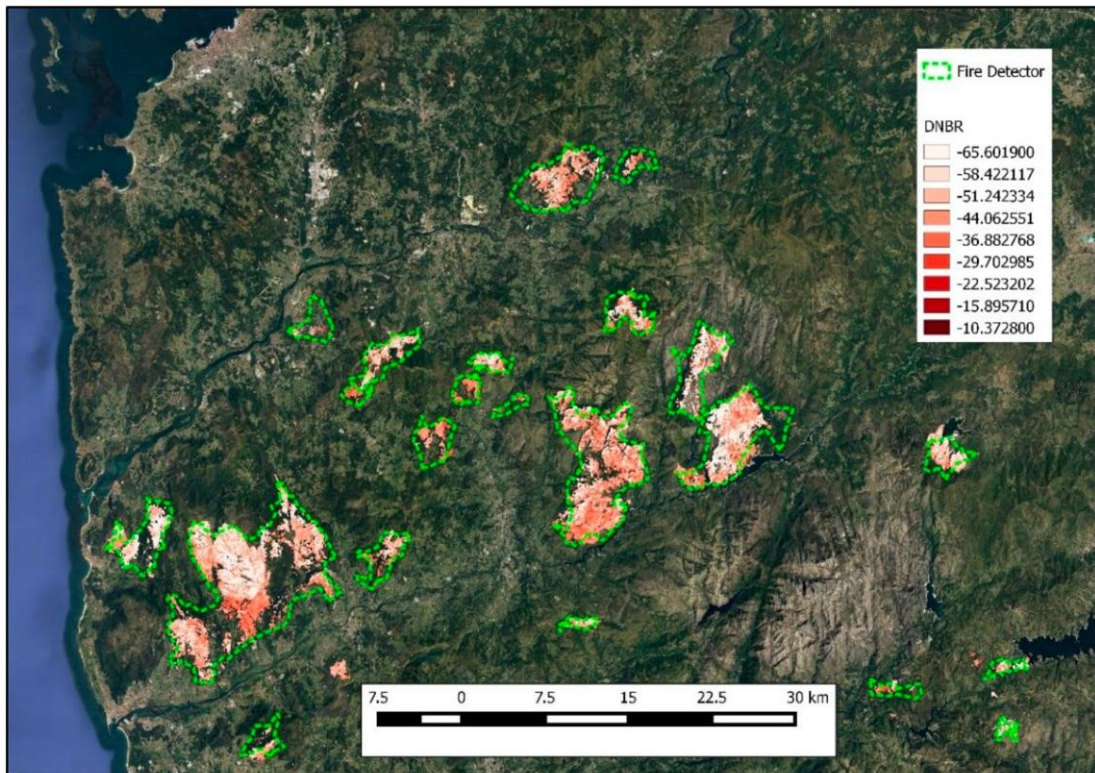


รูปที่ 19 แสดงการแบ่งของข้อมูลจุดความร้อนบริเวณทางตอนใต้ของจังหวัดสุมาตรา

โดยกำหนด $\text{MinPts} = 4$ และ $\text{Eps} = 0.06$

ที่มา: (Nisa, Andrianto et al. 2014)

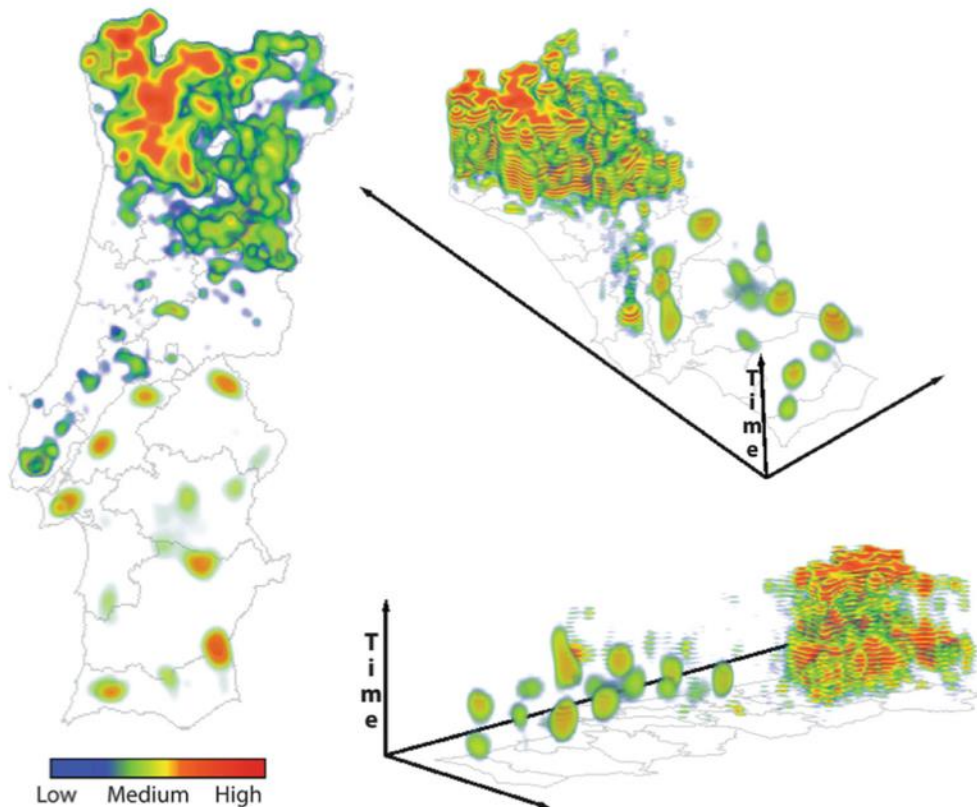
(Artés, Boca et al. 2017) ได้ทำการนำข้อมูลจุดความร้อนจากระบบเซนเซอร์ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) และ Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) ในพื้นที่ศึกษานั้นคือตอนเหนือของประเทศชิลี โดยมาทำการรวมกันกับแผนที่ภาคพื้นดินสำหรับวิเคราะห์และพิจารณาในส่วนของทิศทางการเคลื่อนที่ของไฟป่าที่เป็นไปได้ ซึ่งวิธีการที่นำมาช่วยนั้นคือเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการสร้างแผนที่ที่แสดงการตรวจจับไฟป่าแบบรวดเร็ว (Rapid Mapping) โดยการใช้ Convex Hull Algorithm ซึ่งแผนที่ที่ได้ นั้นแสดงในรูปที่ 20



รูปที่ 20 แสดงแผนที่ตรวจจับไฟป่าแบบรวดเร็ว (Rapid Mapping) ในตอนเหนือของประเทศชิลี
ที่มา: (Artés, Boca et al. 2017)

2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบเคอร์เนล (KDE)

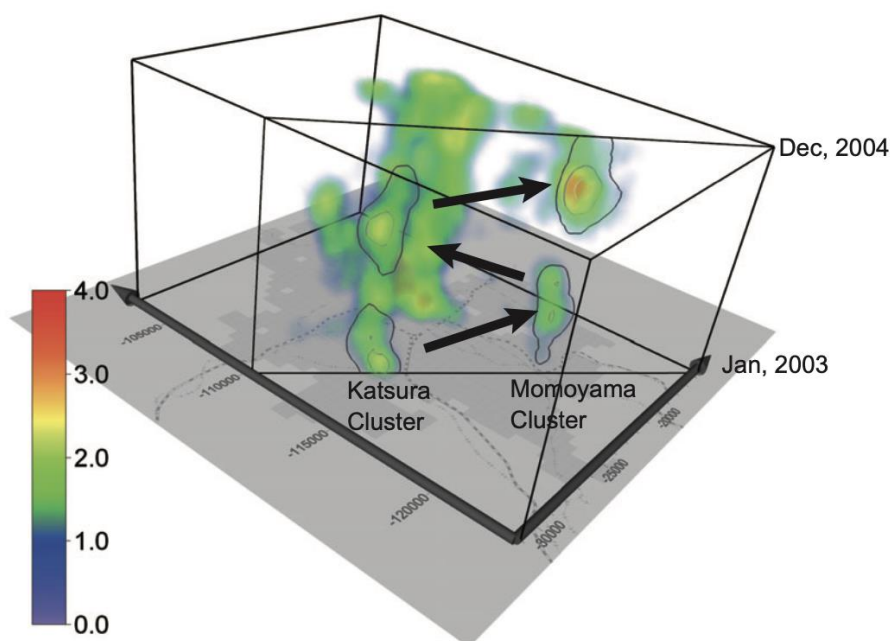
(Tonini, Pereira et al. 2017) ได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของข้อมูลไฟป่าจากดาวเทียมที่เกิดขึ้นในพื้นที่บริเวณประเทศโปรตุเกสที่ได้ทำการบันทึกไว้ 4 ปี โดยการสร้างแผนที่แสดงความหนาแน่นของจุดความร้อนสูงในแต่ละปีในรูปแบบสามมิติ โดยได้นำค่าระยะทางที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยเทคนิค Space-time K-function มาเป็นระยะ Bandwidth ของ 3D-Kernel Density Estimation (3D-KDE) ผลที่ได้จากเทคนิค 3D-KDE แสดงอยู่ในรูปแบบสามมิติดังรูปที่ 21



รูปที่ 21 แสดงผลที่ได้จาก 3D-Kernel Density Estimation (3D-KDE)

ที่มา: (Tonini, Pereira et al. 2017)

(Nakaya and Yano 2010) ได้ทำการศึกษาชุดข้อมูลข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลาของการเกิดกลุ่มอาชญากรรมระหว่างปีพุทธศักราช 2546 ถึงปีพุทธศักราช 2547 บริเวณเมืองเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น และได้ทำการสร้างแผนที่ในรูปแบบของสามมิติสำหรับเหตุการณ์การเกิดอาชญากรรมในแต่ละช่วงเวลา โดยได้ใช้การประเมินความหนาแน่นของเคอร์เนล (Kernel Density Estimation) มาเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างอีกด้วย ซึ่งแผนที่สามมิติที่แสดงดังรูปที่ 22 นั้นสามารถแสดงให้เห็นถึงขอบเขตทางภูมิศาสตร์และช่วงเวลาที่เกิดกลุ่มอาชญากรรมบริเวณกว้าง อีกทั้งยังพบว่าแผนภาพสามมิติที่ได้มีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลาในการเกิดการระบอบของอาชญากรรมด้วย



รูปที่ 22 การแสดงผลแผนภาพสามมิติที่ได้จาก Kernel Density Estimation ของชุดข้อมูลข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลาของการเกิดกลุ่มอาชญากรรมระหว่างปีพุทธศักราช 2546 ถึงปีพุทธศักราช 2547 บริเวณเมืองเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น
ที่มา: (Nakaya and Yano 2010)

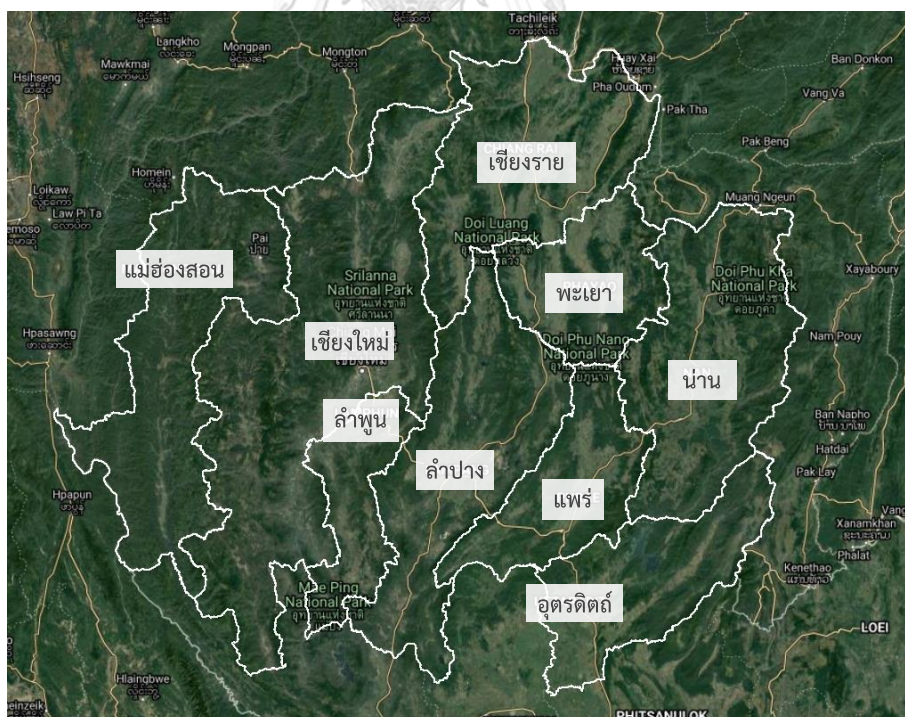
โดยในส่วนของงานวิจัยฉบับนี้ได้ร่วมงานวิจัยฉบับอื่น ๆ ข้างต้นมาใช้ในการศึกษา ซึ่งประกอบไปด้วยการนำข้อมูลจากระบบเซนเซอร์ VIIRS ในดาวเทียม Suomi-NPP ซึ่งสามารถตรวจจับตำแหน่งที่มีค่าความร้อนสูงได้ละเอียดและเหมาะสำหรับการพิจารณาบริเวณที่มีการเริ่มต้นของจุดความร้อนขนาดเล็ก มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การจับกลุ่มแบบ DBSCAN และเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบเคอร์เนล โดยเพิ่มเติมการศึกษาในส่วนของจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในเฉพาะบริเวณพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยและการวิเคราะห์ในบริเวณพื้นที่ป่าสงวน โดยข้อมูลที่นำมาศึกษาการแบ่งกลุ่มนั้นได้ใช้เป็นข้อมูลสามมิติประกอบไปด้วยค่าละติจูด ลองจิจูดและเวลา ซึ่งได้เพิ่มเติมโดยนำเวลาเข้ามาเป็นปัจจัยเพิ่มเติมในการจัดกลุ่มอีกด้วย และจากนั้นจึงศึกษาการลามของไฟป่าโดยพิจารณาในกลุ่มที่มีข้อมูลจุดความร้อนมากที่สุดและนำสัมประสิทธิ์ซีลลูเอทมาใช้เป็นตัวการวิเคราะห์การจับกลุ่มที่เหมาะสม อีกทั้งยังทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากทั้งเทคนิคการวิเคราะห์การจับกลุ่มแบบ DBSCAN และเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบเคอร์เนลอีกด้วย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ประกอบไปด้วยจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน พะเยา ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน และอุตรดิตถ์ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีปัญหาหมอกควันรุนแรงและต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน (Pongpiachan, Hattayanone et al. 2017) โดยแผนที่ภาคเหนือจะแสดงดังรูปที่ 23 ซึ่งมีพื้นที่รวมทั้งหมด 60,048,349.14 ไร่ มีอาณาเขตติดต่อกับสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษานั้น มีสภาพภูมิประเทศประกอบไปด้วยเทือกเขาน้อยใหญ่สลับซับซ้อน และมีภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าสะวันนา เหมือนกับพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทย ซึ่งภาคเหนือเป็นภาคที่มีป่าไม้อุดมสมบูรณ์มากที่สุด ส่วนใหญ่เป็นป่าดิบเขา ป่าสนเขาและป่าเบญจพรรณ โดยมีพื้นที่ป่าไม้ 38,557,202.56 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 64.21 โดยแจกแจงแสดงดังตารางที่ 3 และแสดงในรูปที่ 24



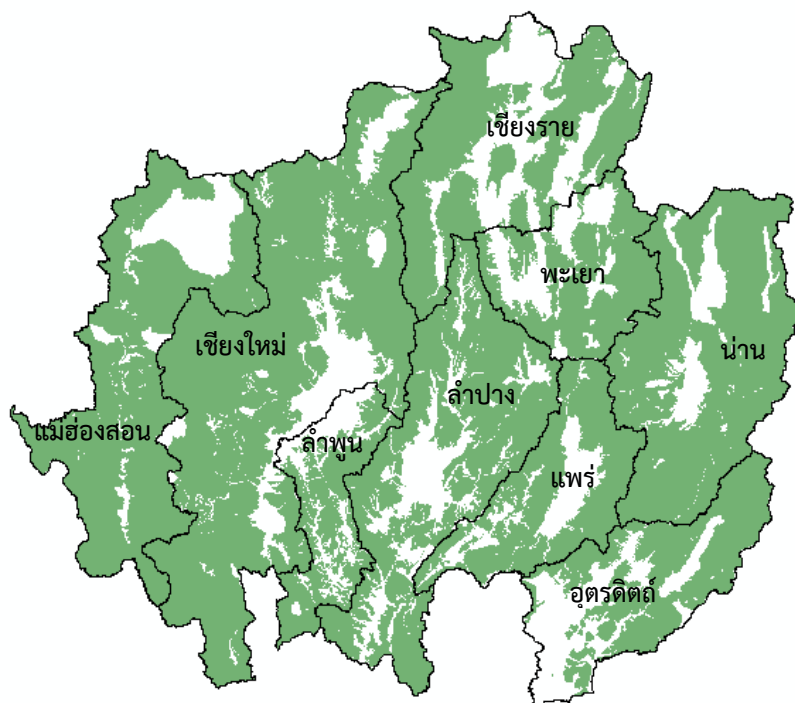
รูปที่ 23 แสดงบริเวณขอบเขตพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

ที่มา: Google Maps (2563)

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ในแต่ละจังหวัดในภาคเหนือของประเทศไทย

จังหวัด	พื้นที่จังหวัด (ไร่)	พื้นที่ป่าไม้ (ไร่)	%
แม่ฮ่องสอน	7,978,039.52	6,901,283.53	86.50
ลำปาง	7,805,168.84	5,472,579.57	70.11
เชียงใหม่	13,834,594.19	9,669,932.13	69.90
แพร่	4,051,912.64	2,610,863.30	64.44
น่าน	7,581,035.02	4,653,943.16	61.39
ลำพูน	2,798,924.68	1,607,517.27	57.43
อุตรดิตถ์	4,941,115.24	2,759,388.28	55.85
พะเยา	3,868,248.44	1,989,206.43	51.42
เชียงราย	7,189,310.58	2,892,488.89	40.23
รวม	60,048,349.14	38,557,202.56	64.21

ที่มา: สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2559)



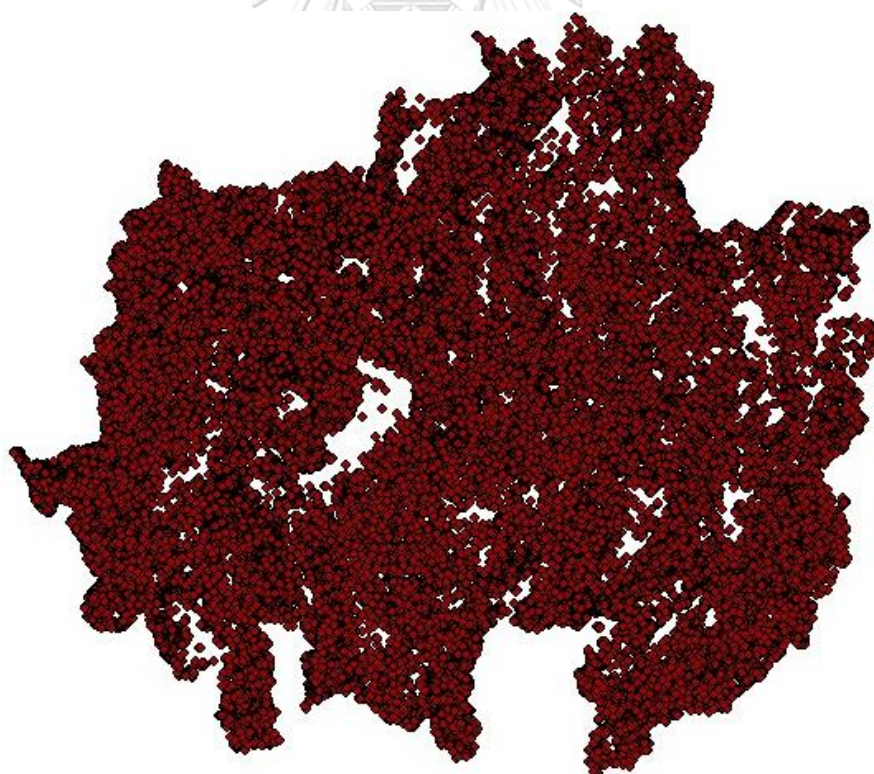
รูปที่ 24 แสดงพื้นที่ป่าบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย

ที่มา: สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2559)

3.2 ข้อมูลจุดความร้อนจากระบบเซนเซอร์ดาวเทียมและเตรียมข้อมูลก่อนประมวลผล

การวิจัยครั้งนี้ทางผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลจุดความร้อนจากระบบเซนเซอร์ VIIRS บนดาวเทียม Suomi-NPP โดยดาวน์โหลดข้อมูลจาก Fire Information for Resource Management System (FIRMS) ที่เว็บไซต์ <https://firms2.modaps.eosdis.nasa.gov/download/create.php> โดยทำการระบุเลือกพื้นที่ประเทศไทย ซึ่งข้อมูลความร้อนมาจากระบบเซนเซอร์ VIIRS บนดาวเทียม Suomi-NPP

ช่วงเวลาที่ทำการศึกษเป็นวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึง 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ปัญหาหมอกควันในบริเวณภาคเหนือมีความรุนแรง โดยนำเข้าข้อมูลเป็นชนิด Shapefile(.shp) ซึ่งแสดงข้อมูลบริเวณที่เกิดความร้อนเป็นจุด ทางผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม ArcGIS ในการเลือกพื้นที่เฉพาะบริเวณภาคเหนือทั้งหมด 9 จังหวัด โดยการ Intersect กับขอบเขตจังหวัดภาคเหนือทั้งหมด ดังแสดงรูปที่ 25 โดยข้อมูลที่ได้นั้นจะทำการบันทึกเป็นสกุลไฟล์ Comma-Separated Text(.csv) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel สำหรับนำข้อมูลที่ได้ไปจัดกลุ่มในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 25 แสดงข้อมูลจุดความร้อนบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึง 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563

3.3 เตรียมข้อมูลสำหรับประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN และเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE

ทางผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Google Colab เพื่อเป็นเครื่องมือในการประมวลผลข้อมูล โดยใช้ภาษา Python ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งการเตรียมข้อมูลสำหรับประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN และเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE มีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 นำเข้าข้อมูลจุดความร้อนบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย จากสกุลไฟล์ Comma-Separated Text (.csv) โดยตัวอย่างข้อมูลแสดงในตารางที่ 4 และประเภทของข้อมูลในแต่ละคอลัมน์ได้อธิบายดังตารางที่ 1 จำนวนทั้งหมด 79,090 จุด และเมื่อพิจารณาในส่วนของค่าระดับความเชื่อมั่นที่แสดงในตารางที่ 4 นั้น พบค่าระดับความเชื่อมั่นทั้งในระดับต่ำ (l) และระดับกลาง (n) ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการตัดข้อมูลในส่วนที่มีค่าระดับความเชื่อมั่นระดับต่ำ (l) ออก เนื่องจากอาจเป็นจุดความร้อนที่มีแหล่งกำเนิดจากการสะท้อนของแสงแดด ไม่ใช่จุดที่เกิดไฟ (<https://earthdata.nasa.gov/faq/firms-faq>) ดังตัวอย่างข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 5 ส่งผลให้ข้อมูลจุดความร้อนที่จะนำมาวิเคราะห์ในลำดับถัดไปมีทั้งหมด 71,491 จุด และจากนั้นจึงดึงข้อมูลจุดความร้อนเฉพาะข้อมูลพิกัด Latitude Longitude วันที่ และเวลาในการบันทึกข้อมูล ดังตัวอย่างข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 6 เพื่อนำมาพิจารณาในการแบ่งกลุ่มข้อมูลทั้งการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN และเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE ในลำดับถัดไป

ตารางที่ 4 แสดงตัวอย่างข้อมูลจุดความร้อนบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยบางส่วน ในช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึง 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ผ่านการดาวน์โหลดข้อมูลจาก Fire Information for Resource Management System (FIRMS)

OBJECTID	LATITUDE	LONGITUDE	BRIGHT_T14	SCAN	TRACK	ACQ_DATE	ACQ_TIME	SATELLITE	INSTRUMENT	CONFIDENCE	VERSION	BRIGHT_T15	FRP	DAYNIGHT	TYPE
1	18.527788	100.767578	335.84	0.40	0.37	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	305.32	3.42	D	0
2	18.542633	99.069542	332.71	0.38	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	303.44	1.78	D	0
3	20.322203	99.966682	335.23	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.75	2.5	D	0
4	19.094233	99.956909	340.80	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	301.21	4.19	D	0
5	19.102425	99.989632	330.30	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	l	1	302.02	2.58	D	0
6	19.369314	100.033173	329.23	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	l	1	302.53	3.06	D	0
7	19.385784	100.099091	336.55	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.96	2.95	D	0
8	19.384373	100.019341	338.20	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.33	2.82	D	0
9	18.202717	100.231499	333.53	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	304.36	1.82	D	0
10	20.325552	99.966133	333.14	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.54	2.52	D	0
11	20.325005	99.962372	332.94	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.79	1.84	D	0
12	20.324051	99.908676	334.37	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	303.37	2.43	D	0
13	20.327396	99.908127	331.11	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.78	2.43	D	0
14	20.230434	99.938713	345.91	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	304.85	3.74	D	0
15	20.245020	99.897964	330.18	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	303.40	1.78	D	0
16	17.437250	100.149918	332.55	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	l	1	305.55	5.25	D	0
17	17.424500	100.155678	341.19	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	304.00	6.14	D	0
18	20.281570	99.946312	342.39	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.04	2.78	D	0
19	17.420637	100.152573	335.39	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	303.98	6.14	D	0
20	17.411837	100.139091	334.48	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	303.97	5.65	D	0

ตารางที่ 5 แสดงตัวอย่างข้อมูลจุดความร้อนของประเทศไทยบางส่วนที่แสดงเฉพาะข้อมูลที่มีความเชื่อมั่นระดับกลาง(ก)

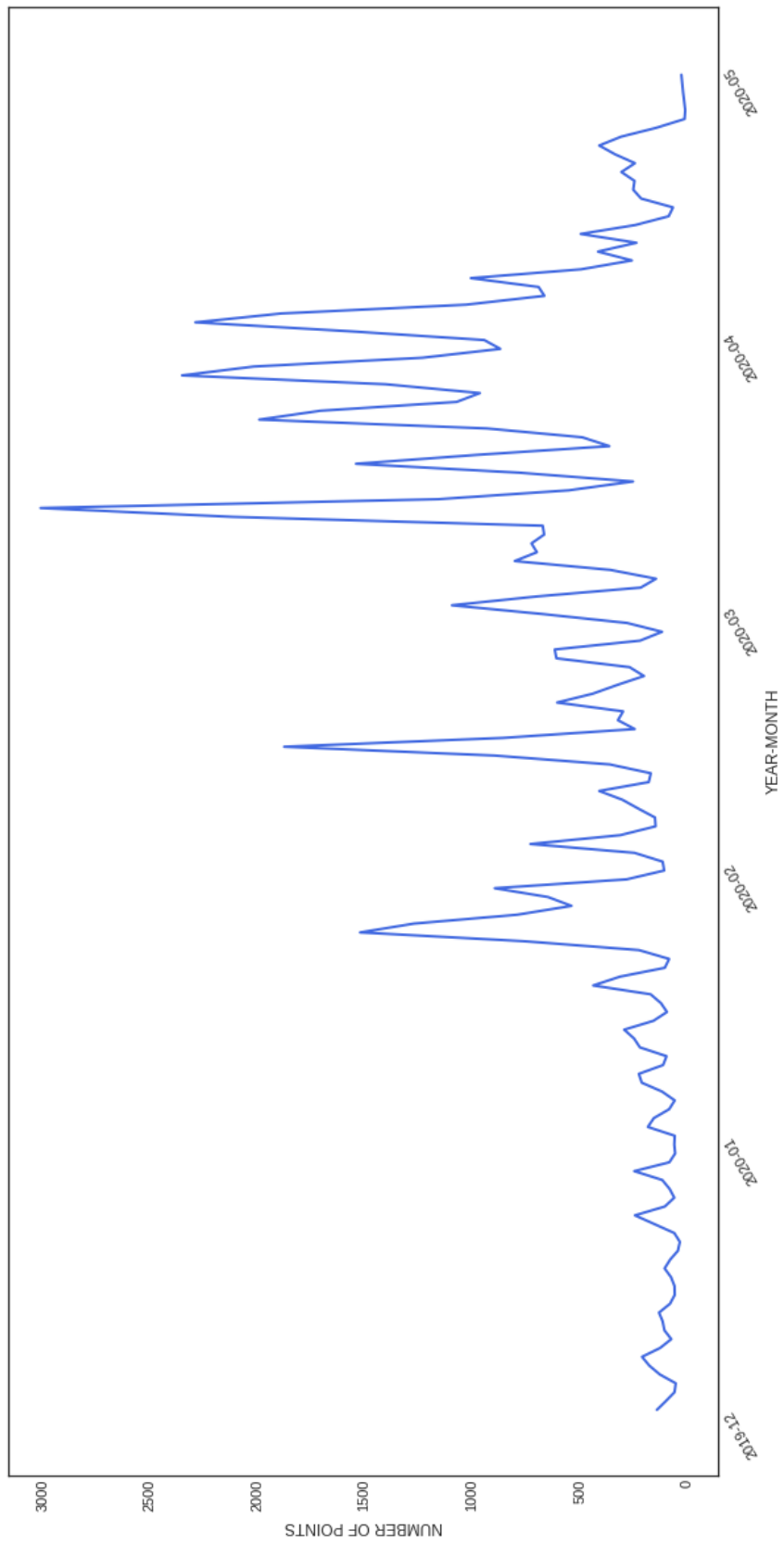
ในช่วงเวลาดังแต่วันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึง 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ผ่านการดาวน์โหลดข้อมูลจาก

Fire Information for Resource Management System (FIRMS)

OBJECTID	LATTITUDE	LONGITUDE	BRIGHT_T14	SCAN	TRACK	ACQ_DATE	ACQ_TIME	SATELLITE	INSTRUMENT	CONFIDENCE	VERSION	BRIGHT_T15	FRP	DAYNIGHT	TYPE
1	18.527788	100.767578	335.84	0.40	0.37	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	305.32	3.42	D	0
2	18.542633	99.069542	332.71	0.38	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	303.44	1.78	D	0
3	20.322203	99.966682	335.23	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.75	2.50	D	0
4	19.094233	99.956909	340.80	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	301.21	4.19	D	0
7	19.385784	100.099091	336.55	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.96	2.95	D	0
8	19.384373	100.019341	338.20	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.33	2.82	D	0
9	18.202717	100.231499	333.53	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	304.36	1.82	D	0
10	20.325552	99.966133	333.14	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.54	2.52	D	0
11	20.325005	99.962372	332.94	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.79	1.84	D	0
12	20.324051	99.908676	334.37	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	303.37	2.43	D	0
13	20.327396	99.908127	331.11	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.78	2.43	D	0
14	20.230434	99.938713	345.91	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	304.85	3.74	D	0
15	20.245020	99.897964	330.18	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	303.40	1.78	D	0
17	17.424500	100.155678	341.19	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	304.00	6.14	D	0
18	20.281570	99.946312	342.39	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.04	2.78	D	0
19	17.420637	100.152573	335.39	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	303.98	6.14	D	0
20	17.411837	100.139091	334.48	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	303.97	5.65	D	0
21	17.412374	100.142723	352.54	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	305.25	5.65	D	0
22	20.283373	99.911423	335.98	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	303.73	2.41	D	0
23	20.293951	99.913551	330.41	0.39	0.36	1/12/2019	636	N	VIIRS	n	1	302.53	1.65	D	0

ตารางที่ 6 แสดงตัวอย่างข้อมูล Latitude Longitude วันที่ และเวลาในการบันทึกข้อมูล สำหรับการ
แบ่งกลุ่มข้อมูลโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN เทคนิคการคาดประมาณ
ความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE

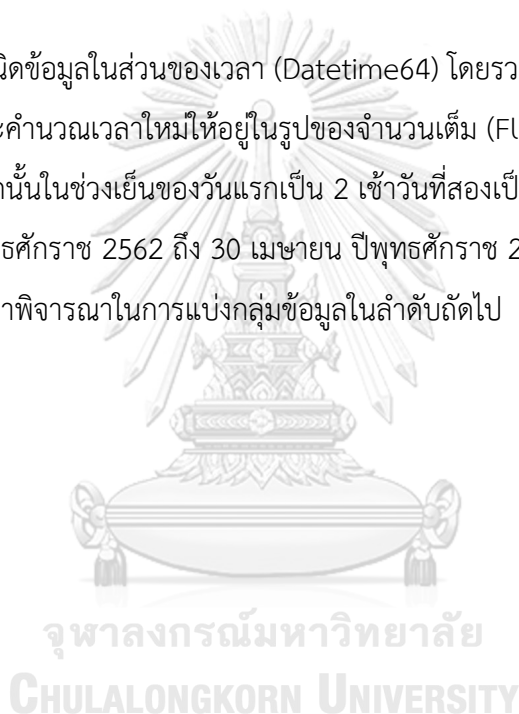
LATITUDE	LONGITUDE	ACQ_DATE	ACQ_TIME
18.527788	100.767578	1/12/2019	636
18.542633	99.069542	1/12/2019	636
20.322203	99.966682	1/12/2019	636
19.094233	99.956909	1/12/2019	636
19.385784	100.099091	1/12/2019	636
19.384373	100.019341	1/12/2019	636
18.202717	100.231499	1/12/2019	636
20.325552	99.966133	1/12/2019	636
20.325005	99.962372	1/12/2019	636
20.324051	99.908676	1/12/2019	636
20.327396	99.908127	1/12/2019	636
20.230434	99.938713	1/12/2019	636
20.245020	99.897964	1/12/2019	636
17.424500	100.155678	1/12/2019	636
20.281570	99.946312	1/12/2019	636
17.420637	100.152573	1/12/2019	636
17.411837	100.139091	1/12/2019	636
17.412374	100.142723	1/12/2019	636
20.283373	99.911423	1/12/2019	636
20.293951	99.913551	1/12/2019	636
18.755865	100.727692	1/12/2019	636
20.419712	99.942841	1/12/2019	636
20.418545	99.958458	1/12/2019	636
20.406866	99.948784	1/12/2019	636
20.362993	99.905846	1/12/2019	636
20.366880	99.944031	1/12/2019	636
18.724678	100.612221	1/12/2019	636
18.305418	100.771667	1/12/2019	636
19.270714	100.190475	1/12/2019	636
18.513716	100.765884	1/12/2019	636



รูปที่ 26 แสดงแนวโน้มของจำนวนข้อมูลจุดความร้อนบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึง 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563

โดยทางผู้วิจัยได้แจกแจงจำนวนข้อมูลจุดความร้อนที่พบในแต่ละวันเพื่อแสดงแนวโน้มของจำนวนจุดข้อมูลในรูปแบบของกราฟสองมิติ ดังแสดงในขั้นตอนที่ 3.3.1 และแสดงในรูปที่ 26 โดยจะพบว่าช่วงต้นเดือนธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ไปจนถึงช่วงกลางเดือนมกราคมปีพุทธศักราช 2563 นั้นได้พบจำนวนข้อมูลจุดความร้อนน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาอื่น ๆ จากนั้นช่วงปลายเดือนมกราคม ปีพุทธศักราช 2563 จะเห็นได้ชัดเลยว่าจำนวนข้อมูลจุดความร้อนได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากในบางช่วง ไปจนถึงช่วงกลางเดือนมีนาคมปีพุทธศักราช 2563 โดยในช่วงเดือนนี้จะพบว่าเป็นช่วงที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุด และจะลดปริมาณลงตามลำดับไปจนถึงช่วงปลายเดือนเมษายน ปีพุทธศักราช 2563

3.3.2 ปรับชนิดข้อมูลในส่วนของเวลา (Datetime64) โดยรวมข้อมูลเวลาและวันที่ในการบันทึกเข้าด้วยกัน และคำนวณเวลาใหม่ให้อยู่ในรูปของจำนวนเต็ม (Float64) ซึ่งกำหนดให้ช่วงเช้าของวันแรกเป็น 1 จากนั้นในช่วงเย็นของวันแรกเป็น 2 เช้าวันที่สองเป็น 3 ไปจนครบจำนวนวันตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึง 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ดังตัวอย่างข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 7 เพื่อนำมาพิจารณาในการแบ่งกลุ่มข้อมูลในลำดับถัดไป



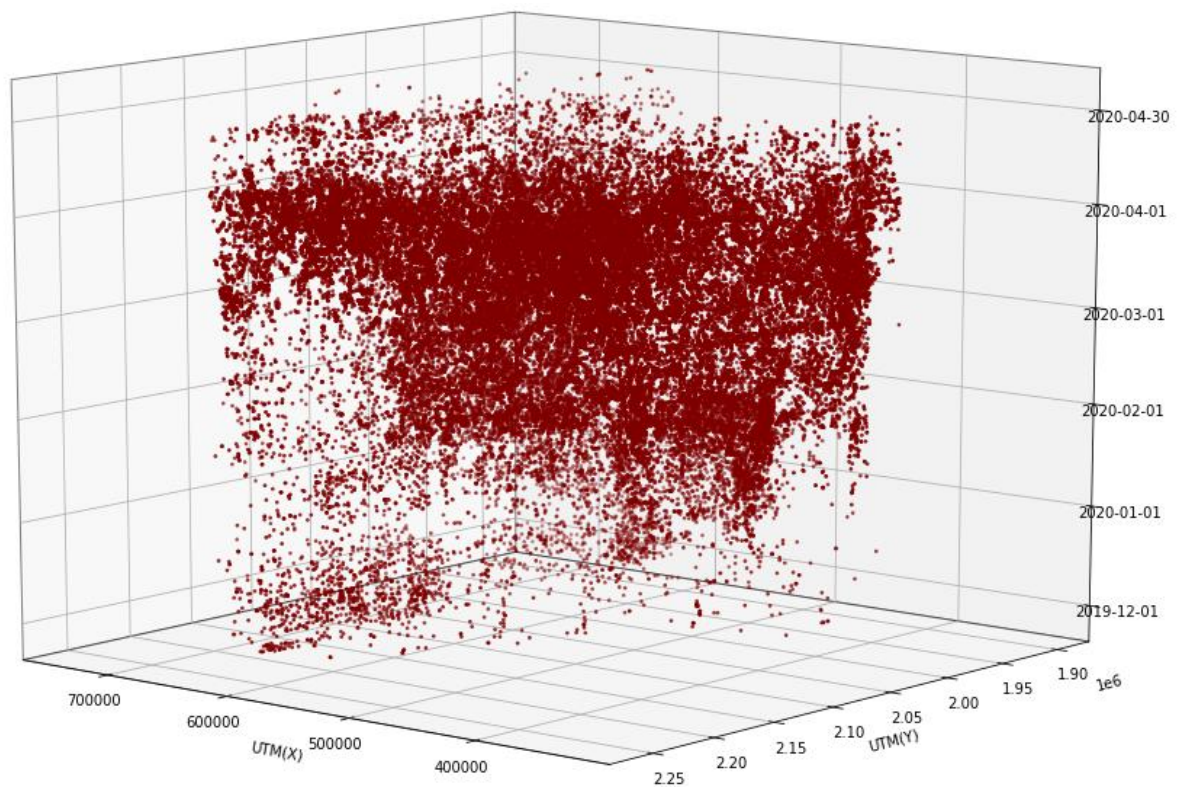
ตารางที่ 7 แสดงตัวอย่างข้อมูลจุดความร้อนที่ผ่านการคำนวณเวลาใหม่ให้อยู่ในรูปของจำนวนเต็ม

LATITUDE	LONGITUDE	ตัวเลขแสดงวันที่
18.527788	100.767578	1
18.542633	99.069542	1
20.322203	99.966682	1
19.094233	99.956909	1
19.385784	100.099091	1
19.384373	100.019341	1
18.202717	100.231499	1
20.325552	99.966133	1
20.325005	99.962372	1
...
17.728216	100.220711	303
17.257977	100.134918	303
17.229792	100.186584	303
17.516708	100.283615	303
17.518251	100.285202	303
17.542446	100.017380	303
17.582962	100.010963	303
17.732866	100.646561	303
18.876793	100.952751	303

3.3.3 เนื่องจากในการจับกลุ่มด้วยเทคนิค DBSCAN จะมีการหาระยะทาง โดยระยะทางนั้นจะเป็นแบบ Euclidean จึงต้องทำการแปลงพิกัดให้อยู่ในรูปค่าพิกัด UTM Zone 47N โดยใช้ pyproj library ซึ่งตัวอย่างข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมดที่ผ่านการแปลงพิกัดและคำนวณเวลานั้น ได้แสดงตามตารางที่ 8 และแสดงในรูปของกราฟสามมิติดังรูปที่ 27 และรูปที่ 28 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 8 แสดงตัวอย่างข้อมูลจุดความร้อนที่ผ่านการคำนวณเวลาใหม่ให้อยู่ในรูปของจำนวนเต็ม และผ่านการแปลงพิกัดให้อยู่ในรูปค่าพิกัด UTM Zone 47N

UTMx	UTMy	ตัวเลขแสดงวันที่
686579.6552	2049494.2896	1
507339.0544	2050223.4598	1
600916.3094	2247432.6261	1
600661.4428	2111529.1707	1
615415.5679	2143881.9675	1
607041.2203	2143674.4186	1
630228.0608	2013050.8356	1
600856.8216	2247802.9446	1
600464.5272	2247740.1093	1
...
629432.2149	1960536.7294	303
620644.3946	1908448.6204	303
626156.3950	1905363.0435	303
636261.5965	1937176.7769	303
636428.9341	1937348.6525	303
607981.5333	1939853.7133	303
607276.5239	1944332.9865	303
674589.5417	1961395.5182	303
705709.3288	2088329.4148	303



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 28 กราฟสามมิติแสดงข้อมูลจุดความร้อนที่ผ่านการแปลงพิกัด
ในรูปค่าพิกัด UTM Zone 47N

3.4 การประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN

จากการเตรียมข้อมูลจุดความร้อนที่ได้มาจากหัวข้อที่ 3.3 ต่อมาจึงทำการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ตัว ซึ่งประกอบไปด้วย Minpts และ Epsilon เพื่อการแบ่งกลุ่มของข้อมูลอย่างเหมาะสม ซึ่งขั้นตอนของเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN มีดังนี้

3.4.1 เนื่องจากการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN ไม่เหมาะสำหรับการจัดกลุ่มข้อมูลที่มีค่าความแปรปรวนสูง (Patel 2016) ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าพิกัด UTM Zone 47N จากตารางที่ 7 ที่หน่วยเป็นเมตรซึ่งมีหน่วยที่แตกต่างกันกับตัวเลขแสดงวันที่ และพบว่าได้ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN ลดลง และเพื่อลดปัญหาเหล่านั้นจึงต้องทำการปรับปรุงโครงสร้างของข้อมูล (Data Normalization) เพื่อปรับโครงสร้างข้อมูลของฐานข้อมูลที่มีความซับซ้อนให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานสำหรับนำข้อมูลไปจัดกลุ่มในลำดับถัดไป (Virmani, Taneja et al. 2015) ซึ่งทางผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการปรับปรุงช่วงข้อมูลแบบ Rescaling หรือ Min-Max Normalization ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดสำหรับการปรับข้อมูลให้อยู่ในช่วง $[0, 1]$ โดยหลักการคือ นำแต่ละหลัก (Column) นั้น ๆ ในตารางที่ 8 มาทำการลบออกด้วยค่าที่น้อยที่สุด (Min) ของหลักนั้น จากนั้นนำมาหารด้วยช่วงค่ามากที่สุดและค่าน้อยที่สุดของแต่ละหลักนั้น ๆ (Max - Min) ซึ่งทางผู้วิจัยได้เลือกใช้ MinMaxScaler library ในการคำนวณ ซึ่งตัวอย่างผลการปรับข้อมูลที่ได้จะแสดงในตารางที่ 9 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 9 แสดงตัวอย่างข้อมูลจุดความร้อนที่ผ่านการปรับข้อมูล แบบ rescaling หรือ Min-Max Normalization ให้อยู่ในช่วง [0, 1]

UTMx	UTMy	ตัวเลขวันที่
0.8656651237	0.4219691179	0
0.4342558579	0.4239846541	0
0.6594843758	0.9691004196	0
0.6588709445	0.5934428498	0
0.6943822420	0.6828708411	0
0.6742262552	0.6822971448	0
0.7300340230	0.3212339357	0
0.6593411964	0.9701240355	0
0.6583969939	0.9699503492	0
0.6449058632	0.9695706111	0
...
0.7281185236	0.1760770561	1
0.7069673610	0.0320976969	1
0.7202340429	0.0235686985	1
0.7445559740	0.1115066376	1
0.7449587343	0.1119817275	1
0.6764894688	0.1189060921	1
0.6747926010	0.1312874762	1
0.8368064498	0.1784508774	1
0.9117078082	0.5293152389	1

3.4.2 พิจารณาช่วงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของ Minpts และ Epsilon สำหรับเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN โดยเนื่องจากในส่วนของเทคนิค DBSCAN เป็น Unsupervised Learning ซึ่งเป็นกลุ่ม algorithm ที่ไม่มีการ label หรือการสอนอย่างชัดเจนว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดกลุ่มนั้นมีทั้งหมดกี่กลุ่ม จึงส่งผลให้การคัดเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดนั้นนอกเหนือจาก

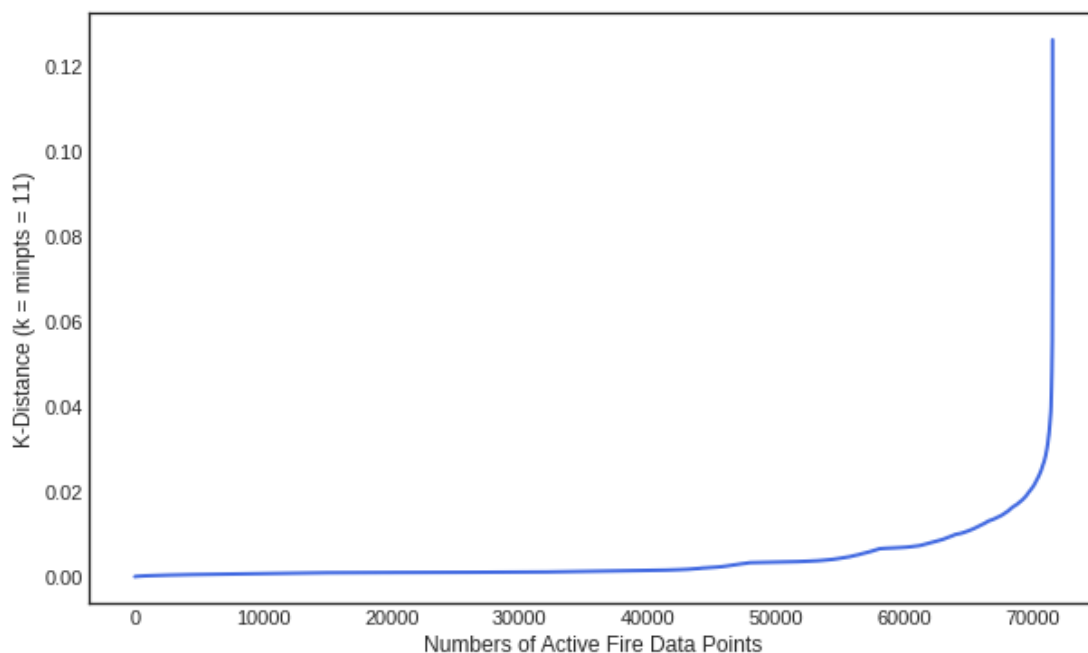
การทดลองสุ่มค่าพารามิเตอร์ จะไม่สามารถกำหนดวิธีการเลือกอย่างแน่ชัดในการจัดกลุ่มข้อมูลแต่ละประเภทได้ สำหรับทั้งค่าพารามิเตอร์ Minpts และ Epsilon

ในส่วนของค่าพารามิเตอร์ Minpts ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic Method) ซึ่งเป็นวิธีการหาผลเฉลยที่ดีและพอเพียงในเวลาจำกัด ซึ่งเหมาะกับการแก้ปัญหาที่ไม่มีขั้นตอนวิธีการใด ๆ ที่จะสามารถหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ โดยหลักการของวิธีนี้จะแก้ปัญหาโดยไม่พิจารณาเงื่อนไขบางประการ หรือตั้งสมมุติฐานของปัญหาให้ง่ายยิ่งขึ้น เพื่อให้ปัญหามีโครงสร้างที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นและสามารถหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาได้ (Liu, Singleton et al. 2021, Birant and Kut 2007) ซึ่งสมการที่ใช้คำนวณค่าพารามิเตอร์ Minpts มีนิยามดังนี้

$$\text{Minpts} = \ln(n)$$

โดยที่ n = จำนวนจุดความร้อนทั้งหมดที่พบ

ซึ่งจากการคำนวณพบว่าค่า Minpts ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่ทำการศึกษาคือ 11 จากนั้นพิจารณาช่วงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของ Epsilon โดยทางผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธี Elbow Method ซึ่งจะเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้วัดข้อผิดพลาด (Error Measurement) ของผลรวมระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลาง (Centroid) และเมื่อการคำนวณมีความผิดพลาดน้อยลงความชันของเส้นโค้งจะเริ่มเรียบ (Smooth) และจะเกิดเป็นมุมที่มีลักษณะคล้ายข้อศอก (Elbow) ซึ่ง ณ จุด Elbow ที่เป็น Elbow Point จะเป็นจุดที่แสดงค่าของจำนวนกลุ่ม (k) ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งในกรณีของการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN นั้น ค่าของจำนวนกลุ่ม (k) เหมาะสมที่สุดจะอยู่ที่ค่า Minpts (Rahmah and Sitanggang 2016) ทางผู้วิจัยจึงใช้ NearestNeighbors library ในการคำนวณ และกำหนดค่า $k = 11$ ซึ่งเป็นค่า Minpts ที่ได้จาก 3.4.2 โดยผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงในรูปของกราฟสองมิติ k-distance ซึ่งค่าพารามิเตอร์ Epsilon ที่เหมาะสมที่สุดจะพบในบริเวณช่วงที่จุดของกราฟที่มีความชันสูงสุด (Rahmah and Sitanggang 2016, Liu, Singleton et al. 2021)



รูปที่ 29 กราฟสองมิติ K-distance (k = Minpoints = 11)

จากรูปที่ 29 ซึ่งจากการพิจารณาจากกราฟสองมิติ K-distance ที่ได้จากการคำนวณนั้น ทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของ Epsilon ในช่วง 0.005 ถึง 0.020 มาพิจารณาค่าที่เหมาะสมที่สุดในลำดับถัดไป

3.4.3 ใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN ในการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนผ่าน dbscan library สำหรับการประมวลผลข้อมูล โดยเริ่มจากการพิจารณาหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ Minpts = 11 และช่วงค่า Epsilon ตั้งแต่ 0.005 ถึง 0.020 จากหัวข้อ 3.4.2 และเลือกพิจารณาค่าพารามิเตอร์ Minpts และค่า Epsilon ที่ดีที่สุดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอตเป็นตัวชี้วัดในการแบ่งกลุ่มที่ดีที่สุดของข้อมูลในลำดับถัดไป

3.4.4 จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอตจากหัวข้อ 3.4.3 สำหรับเลือกค่า Minpts และ Epsilon ที่ดีที่สุดโดยใช้ค่า Minpts = 11 จากหัวข้อ 3.4.2 นั้น พบว่าค่า Epsilon เหมาะสมที่สุดคือ 0.013 โดยค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอตที่คำนวณได้นั้น มีค่าเท่ากับ -0.15797

3.4.5 นำจุดความร้อนที่ไม่ได้ถูกนำไปแบ่งกลุ่มใด ๆ (Noise) ออกจากข้อมูลกลุ่มความร้อนที่ได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่ผ่านการเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอตที่ดีที่สุด และเนื่องจากจำนวนของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่ได้นั้นมีปริมาณมาก ทางผู้วิจัยจึงได้เลือกกลุ่มข้อมูล

จุดความร้อนที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดทั้งหมดสามอันดับมาวิเคราะห์บริเวณพื้นที่ที่พบกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนอย่างละเอียดและพิจารณาทิศทางการเคลื่อนที่ของไฟป่า โดยจะแสดงในรูปแบบของภาพสองมิติ และภาพสามมิติ จากนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูล และพิจารณากลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดทั้งหมดสามอันดับกับผลการประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE ในลำดับถัดไป

3.5 การจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE

นำข้อมูลจุดความร้อนที่คัดเลือกมาแล้วในหัวข้อที่ 3.3 มาทำการประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ KDE ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดประกอบไปด้วย

3.5.1 จัดกลุ่มข้อมูลแบบ KDE ของข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมดโดยใช้ stats.gaussian_kde algorithm ในการคำนวณ โดยในส่วนของ algorithm นี้ได้ทำการเลือกชนิดของฟังก์ชันเคอร์เนลและค่าแบนด์วิดท์ที่ดีที่สุดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

3.5.2 เลือกแสดงเฉพาะบริเวณที่มีกลุ่มความหนาแน่น สำหรับแสดงบริเวณที่มีกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนหนาแน่นมากที่สุดในแต่ละช่วงเวลา จากนั้นนำข้อมูลมาแสดงในรูปแบบของภาพสองมิติ และสามมิติ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ข้อมูลและพิจารณากลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดทั้งหมดสามอันดับที่ได้จากการใช้เทคนิค DBSCAN ในลำดับถัดไป

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN และเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE ที่ได้ นั้น ทางผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลในรูปแบบของกราฟสองมิติ และกราฟสามมิติ จากนั้นจึงวิเคราะห์ทิศทางการลุกลามของไฟป่าและประเมินขนาดพื้นที่ที่เกิดไฟป่าในแต่ละช่วงเวลาในลำดับถัดไป

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN

ในการศึกษาการประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN นั้น ได้ทำการพิจารณาเลือกค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอต (Silhouette Coefficient) ที่ดีที่สุด เพื่อเป็นตัวชี้วัดในการเลือกค่าพารามิเตอร์ Minpts และ Epsilon ในการแบ่งกลุ่มที่ดีที่สุดของข้อมูล จากนั้นจึงทำการประมวลผลโดยใช้ DBSCAN algorithm ในการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อน โดยจะแสดงในรูปแบบของกราฟสองมิติ กราฟสามมิติ และแสดงในรูปแบบของกราฟสองมิติในแต่ละช่วงเวลา จากนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ในลำดับถัดไป

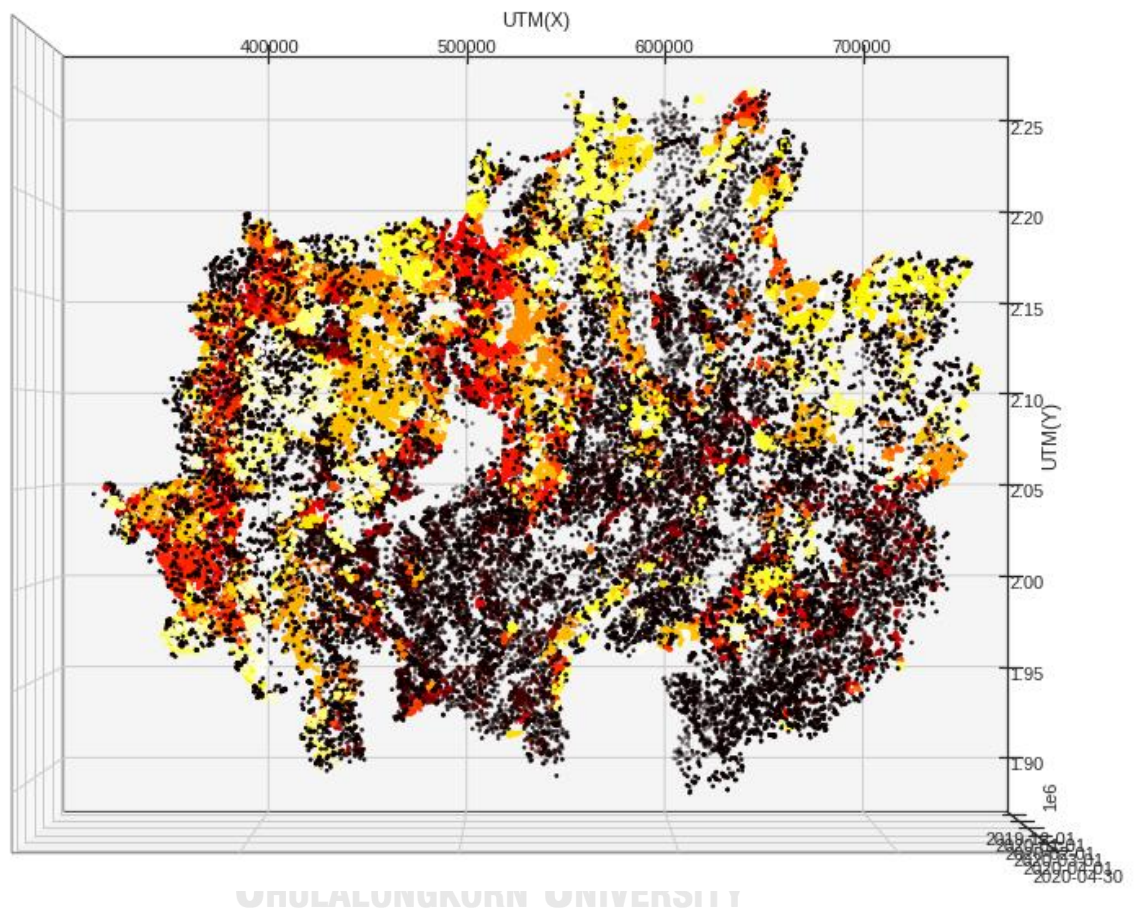
4.1.1 ผลการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอต (Silhouette Coefficient) ที่ดีที่สุดโดยพิจารณาค่าพารามิเตอร์ Minpts = 11 จากขั้นตอนที่ 3.4.2 และช่วงค่า Epsilon ตั้งแต่ 0.005 ถึง 0.020 จากขั้นตอน 3.4.2 เพื่อทำการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลจุดความร้อนที่ทำนํามาศึกษา โดยผลการคำนวณจะแสดงจำนวนกลุ่ม จำนวนของ Noise และค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอต (Silhouette Coefficient) ในตารางที่ 10 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอต (Silhouette Coefficient)

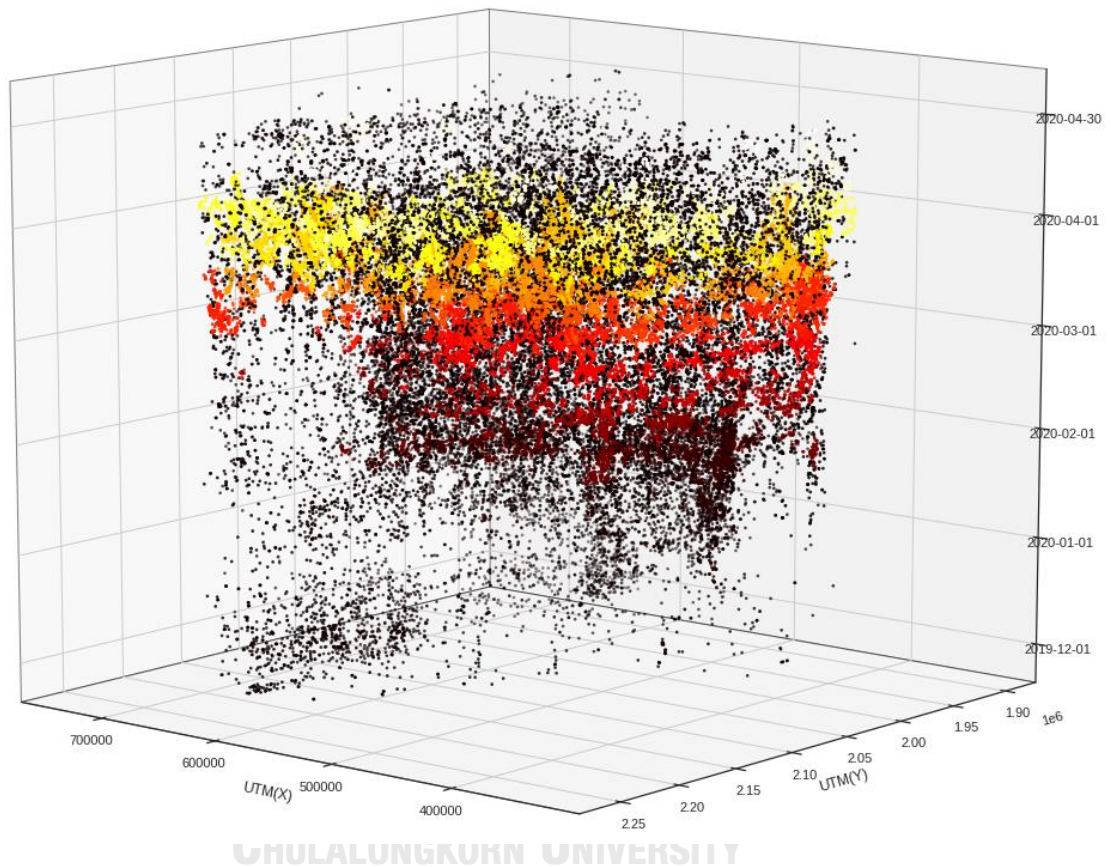
Minpoints	Epsilon	Cluster	Noise	Silhouette Coefficient
11	0.005	648	58398	-0.59888
	0.006	779	55222	-0.53860
	0.007	899	49888	-0.43495
	0.008	1037	43530	-0.32283
	0.009	1067	40327	-0.26910
	0.010	1043	37770	-0.23549
	0.011	1032	33744	-0.18764
	0.012	1009	30934	-0.17357
	0.013	959	28506	-0.15797
	0.014	882	25347	-0.18790
	0.015	803	22699	-0.21648
	0.016	724	20598	-0.28121
	0.017	658	18538	-0.32502
	0.018	587	16528	-0.35968
	0.019	533	14977	-0.38986
	0.020	487	13438	-0.42392

โดยจกตารางที่ 10 นั้นพบว่าค่าพารามิเตอร์ Epsilon ที่เหมาะสมสำหรับ ค่า Minpts = 11 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอตที่น้อยที่สุดคือ ค่า Epsilon = 0.013 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอตที่คำนวณได้นั้น มีค่าเท่ากับ -0.15797 จากนั้นจึงนำค่าพารามิเตอร์ที่กล่าวไว้ข้างต้นมาทำการเป็นจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN เป็นลำดับถัดไป

4.1.2 ผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้ DBSCAN library ผ่านการใช้ค่าพารามิเตอร์ Minpts = 11 และค่า Epsilon = 0.013 นั้นจะแสดงกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของกราฟสามมิติในรูปแบบค่าพิกัด UTM Zone 47N ทั้งหมด 959 กลุ่ม โดยจะแสดงในรูปแบบกราฟสามมิติของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา ในมุมมองทางด้านบนดังรูปที่ 30 และมุมมองโดยรอบ ดังรูปที่ 31 แต่เนื่องจากในโปรแกรม Google Colab สามารถแสดงสีที่ได้จำนวนจำกัด จึงส่งผลให้ในบางกลุ่มของกลุ่มข้อมูลที่พบทำการแสดงสีที่เหมือนกัน และอีกทั้งการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN นั้น จะแสดงจำนวนจุดความร้อนที่ไม่ได้ถูกนำไปแบ่งอยู่ในกลุ่มใด ๆ (Noise) ทางผู้วิจัยจึงแสดงจุด Noise ในรูปของสีดำ เป็นต้น

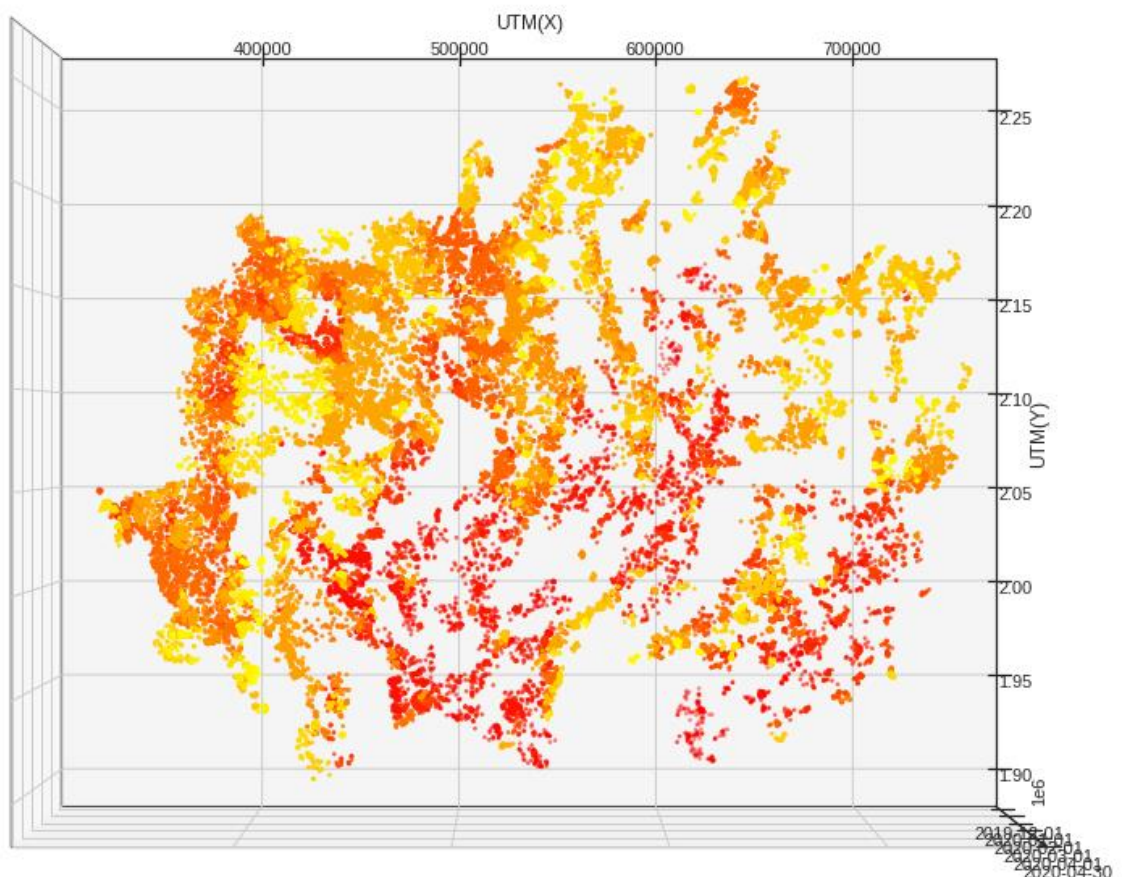


รูปที่ 30 มุมมองทางด้านบนของกราฟสามมิติที่แสดงผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 959 กลุ่ม โดยใช้ DBSCAN library จากการกำหนดค่า Minpts = 11 และ ค่า Epsilon = 0.013 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา

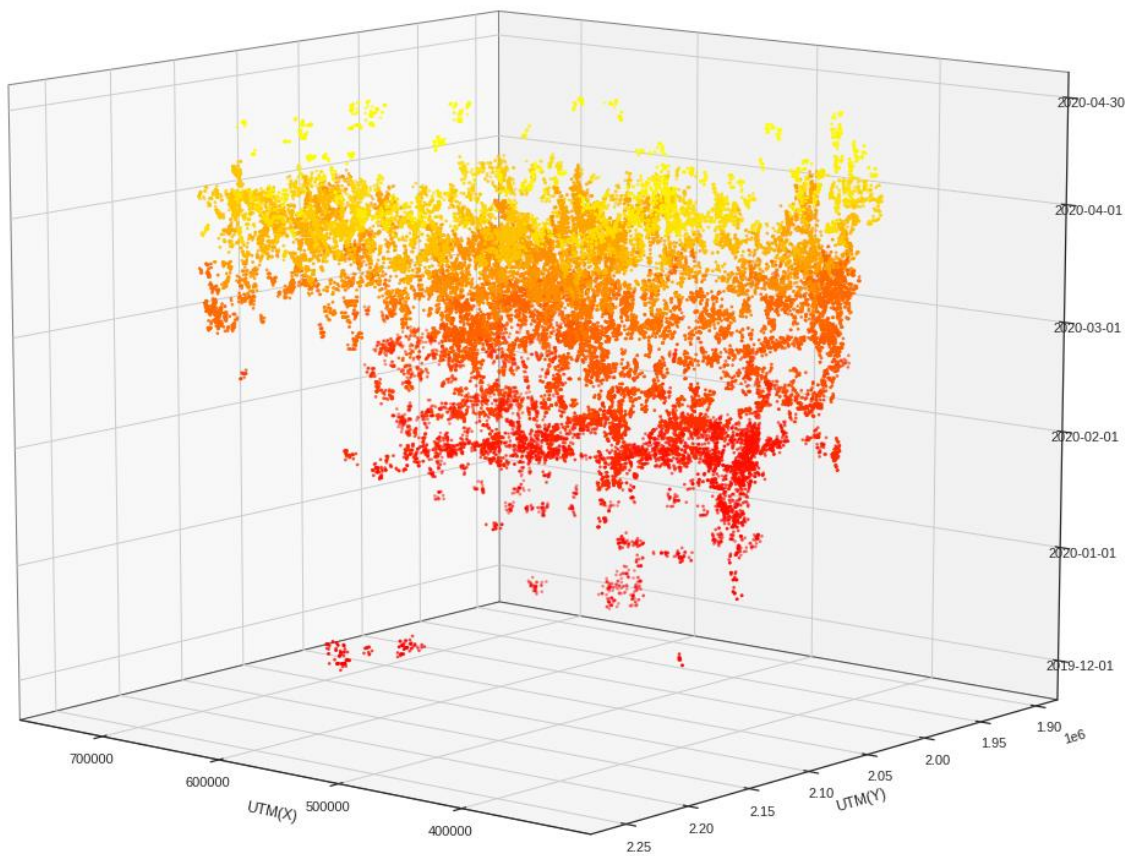


รูปที่ 31 มุมมองโดยรอบของกราฟสามมิติที่แสดงผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 959 กลุ่ม โดยใช้ DBSCAN library จากการกำหนดค่า Minpts = 11 และ ค่า Epsilon = 0.013 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา

4.1.3 ผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้ DBSCAN library โดยจะแสดงกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของกราฟสามมิติในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา ที่ผ่านขั้นตอนการกำจัดจำนวนจุดความร้อนที่ไม่ได้ถูกนำไปแบ่งอยู่ในกลุ่มใด ๆ (Noise) ในมุมมองทางด้านบนดังรูปที่ 32 และมุมมองโดยรอบ ดังรูปที่ 33 แต่เนื่องจากในโปรแกรม Google Colab สามารถแสดงสีเป็นจำนวนจำกัด จึงส่งผลให้ในบางกลุ่มของกลุ่มข้อมูลที่พบนั้นแสดงสีที่เหมือนกัน



รูปที่ 32 มุมมองทางด้านบนของกราฟสามมิติแสดงผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 959 กลุ่มโดยใช้ DBSCAN algorithm จากการกำหนดค่า Minpts = 11 และ ค่า Epsilon = 0.013 หลังจากกำจัด noise ของกลุ่มข้อมูล ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา



รูปที่ 33 มุมมองโดยรอบของกราฟสามมิติแสดงผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 959 กลุ่ม โดยใช้ DBSCAN algorithm จากการกำหนดค่า Minpts = 11 และ ค่า Epsilon = 0.013 หลังจากกำจัด noise ของกลุ่มข้อมูล ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา

4.2 ผลการประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN

4.2.1 ผลการแสดงผลของจำนวนกลุ่มในแต่ละจำนวนช่วงของจำนวนข้อมูลจุดความร้อน

จากการคำนวณโดยใช้ DBSCAN library ด้วยค่า Minpts = 11 และ ค่า Epsilon = 0.013 สามารถจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนได้ทั้งหมด 959 กลุ่ม ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบจำนวนกลุ่มความร้อนเป็นจำนวนมากบริเวณช่วงของข้อมูลจุดความร้อนที่มีจำนวนน้อยกว่า 50 และจำนวนกลุ่มที่พบจะลดหลั่นลงไปตามลำดับ โดยจะแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงผลของจำนวนกลุ่มในแต่ละจำนวนช่วงของจำนวนข้อมูลจุดความร้อน

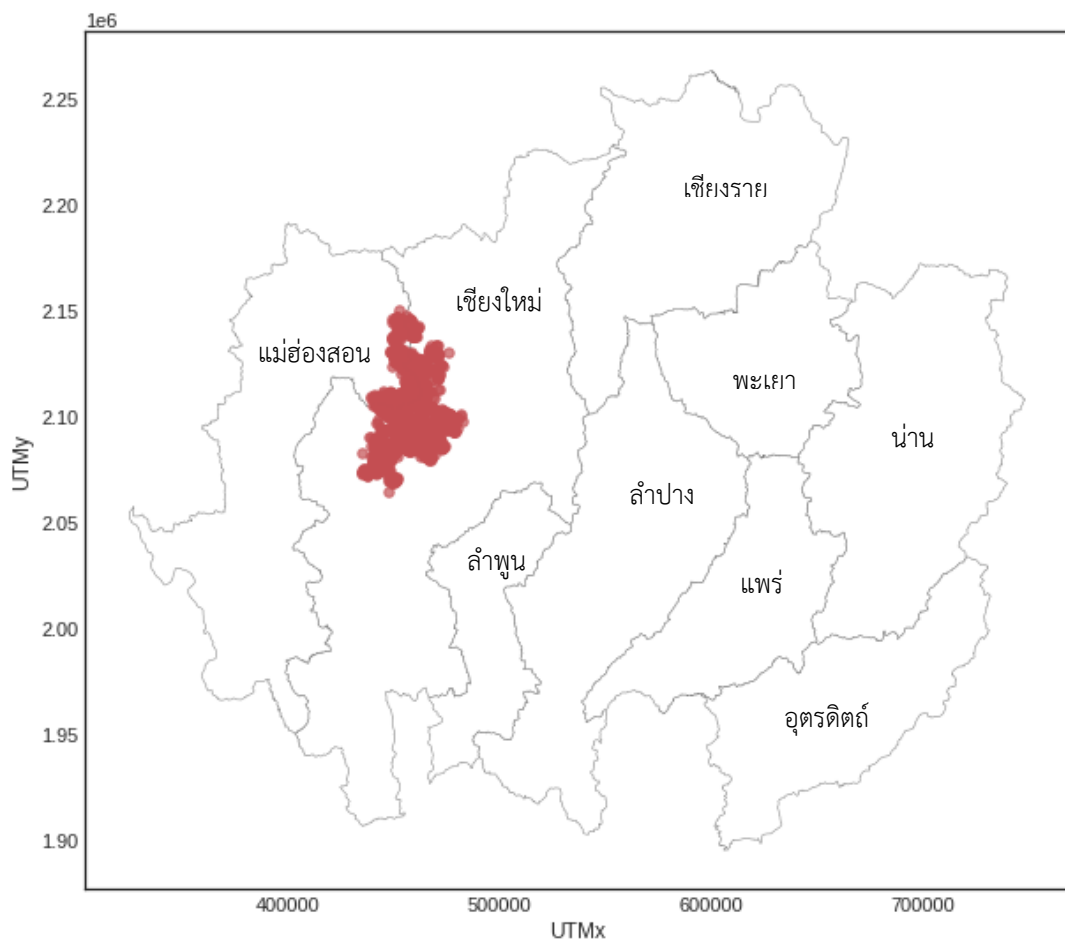
โดยใช้ DBSCAN library ด้วยค่า Minpts = 11 และ ค่า Epsilon = 0.013

จำนวนช่วงของจำนวนข้อมูลจุดความร้อน (จุด)	จำนวนกลุ่ม
น้อยกว่า 50	789
ระหว่าง 51 - 100	90
ระหว่าง 100 - 200	44
ระหว่าง 200 - 500	32
มากกว่า 500	4
รวม	959

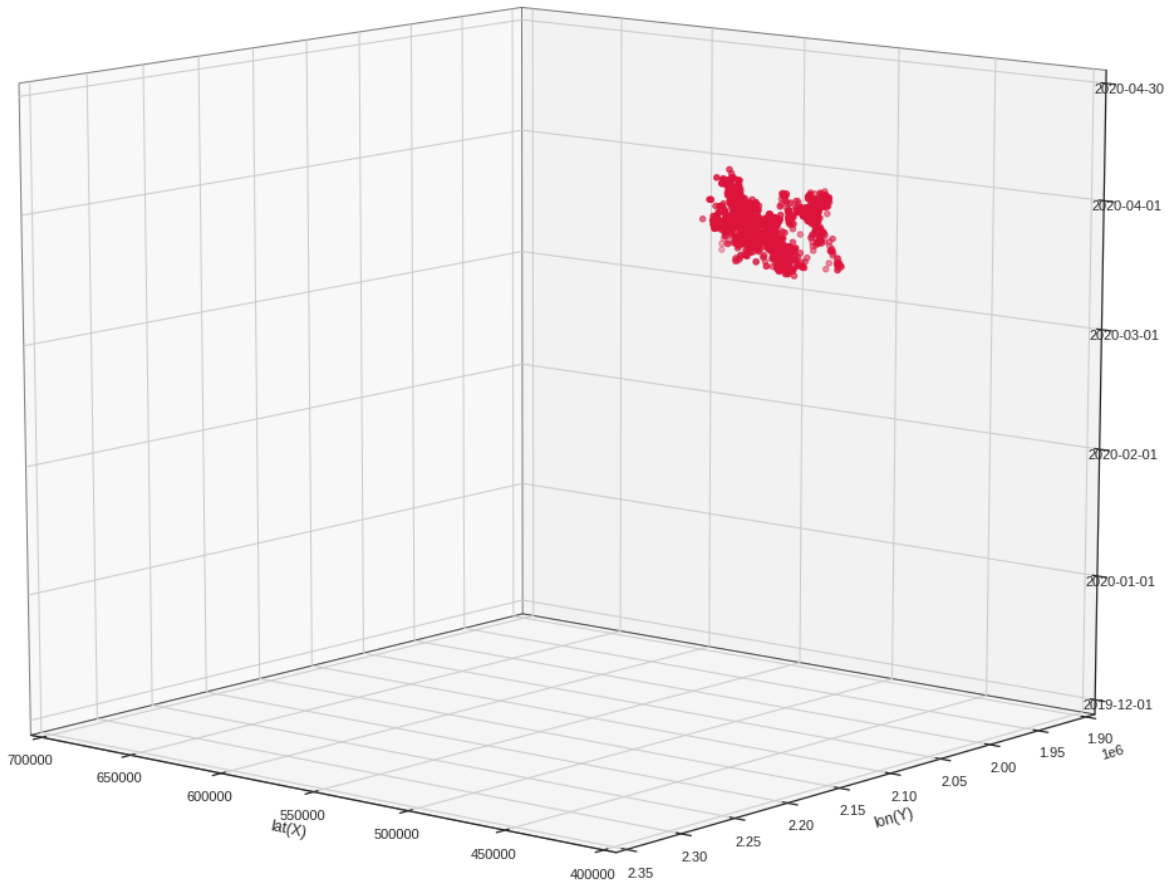
4.2.2 ผลการแสดงผลของข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่มข้อมูลที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดทั้งหมดสามอันดับ

จากผลของข้อมูลที่ได้ ทางผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มของข้อมูลจุดความร้อนที่มากที่สุดทั้งหมดสามอันดับมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเริ่มจากกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมากเป็นอันดับหนึ่งนั่นคือกลุ่มที่ 623 จากนั้นเป็นกลุ่มที่ 556 ซึ่งมีจำนวนข้อมูลจุดความร้อนรองลงมาเป็นอันดับสอง และกลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มที่ 401 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีจำนวนข้อมูลจุดความร้อนมาเป็นอันดับสามของกลุ่มข้อมูลทั้งหมด

โดยจะเริ่มพิจารณาจากกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งคือกลุ่มที่ 623 ซึ่งมีจำนวนจุดความร้อนทั้งหมด 1,914 จุดข้อมูล โดยจำนวนจุดความร้อนที่พบทั้งหมดในช่วงเวลาที่ต้องการจะศึกษาสำหรับกลุ่มที่ 623 จะแสดงในรูปแบบของกราฟของมุมมองทางด้านบนดังรูปที่ 34 และมุมมองด้านโดยรอบแบบสามมิติดังรูปที่ 35 จากนั้นได้แจกแจงจำนวนจุดความร้อนที่พบในแต่ละวันดังตารางที่ 12 และแสดงความถี่ของจำนวนข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่มที่ 623 ดังรูปที่ 36 ต่อไปนี้



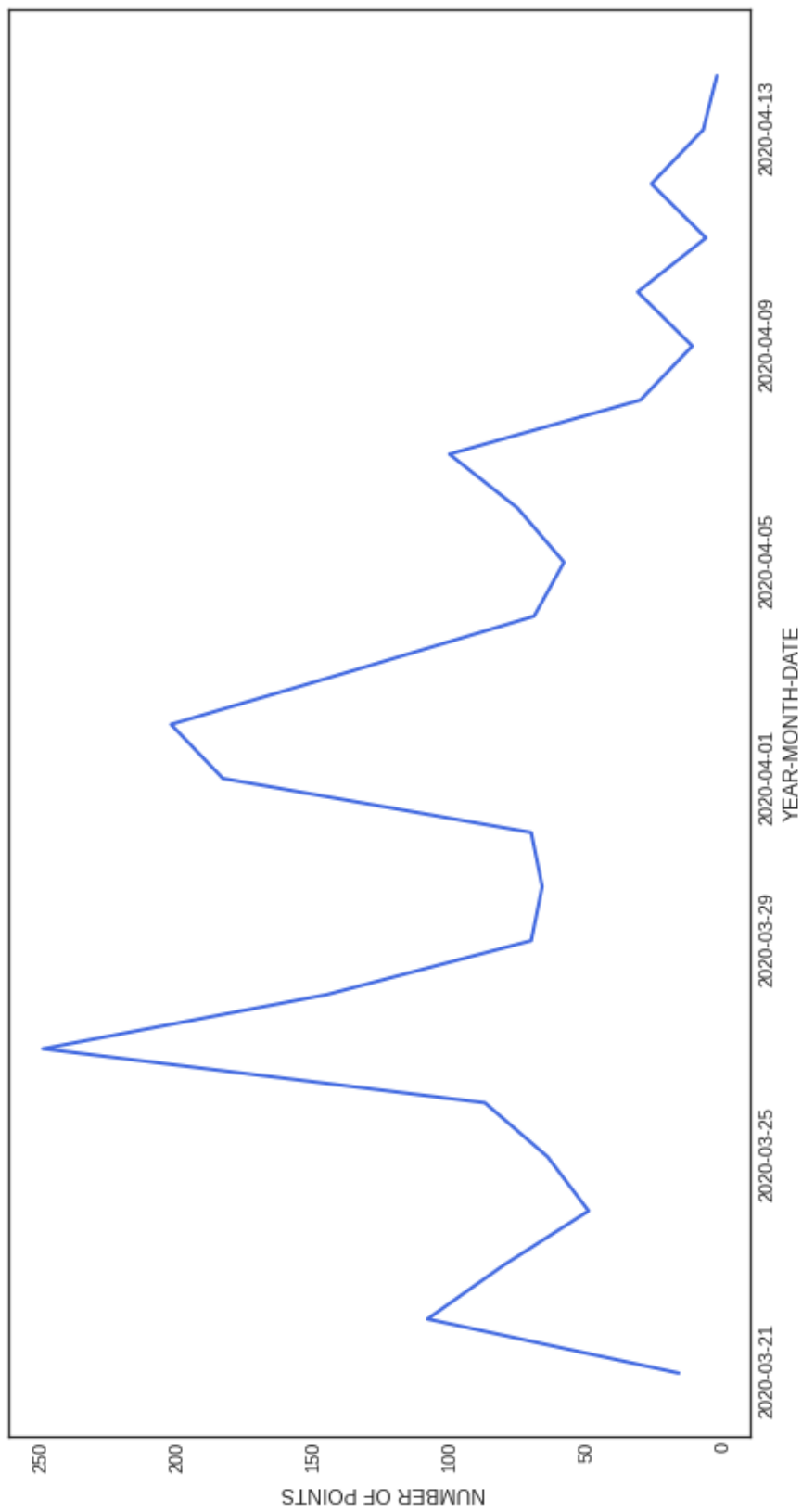
รูปที่ 34 มุมมองด้านบนของกราฟสามมิติที่แสดงผลจุดข้อมูลความร้อนของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดคือกลุ่มที่ 623 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา



รูปที่ 35 มุมมองโดยรอบของกราฟสามมิติที่แสดงผลจุดข้อมูลความร้อนของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดคือกลุ่มที่ 623 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา

ตารางที่ 12 แสดงการแจกแจงจำนวนจุดความร้อนที่พบในแต่ละวันของกลุ่มที่ 623

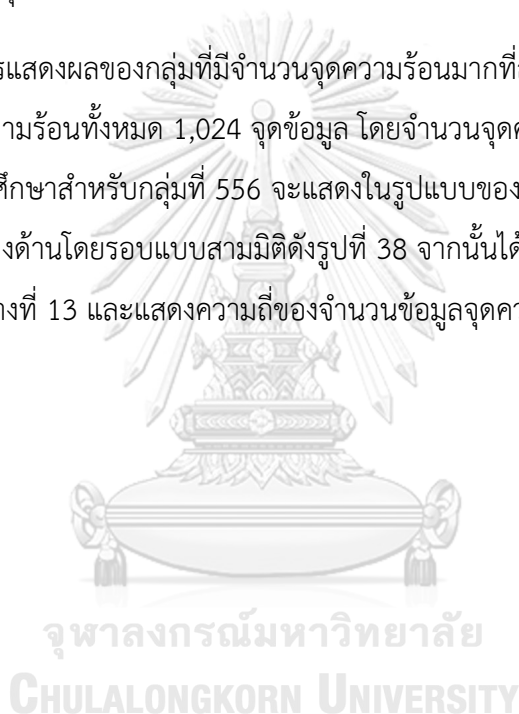
วันที่ / เดือน / ปีพุทธศักราช	จำนวนจุดความร้อน
21 / 03 / 2563	15
22 / 03 / 2563	107
23 / 03 / 2563	79
24 / 03 / 2563	48
25 / 03 / 2563	63
26 / 03 / 2563	86
27 / 03 / 2563	248
28 / 03 / 2563	144
29 / 03 / 2563	69
30 / 03 / 2563	65
31 / 03 / 2563	69
01 / 04 / 2563	182
02 / 04 / 2563	201
03 / 04 / 2563	134
04 / 04 / 2563	68
05 / 04 / 2563	57
06 / 04 / 2563	74
07 / 04 / 2563	99
08 / 04 / 2563	29
09 / 04 / 2563	10
10 / 04 / 2563	30
11 / 04 / 2563	5
12 / 04 / 2563	25
13 / 04 / 2563	6
14 / 04 / 2563	1
รวม	1914

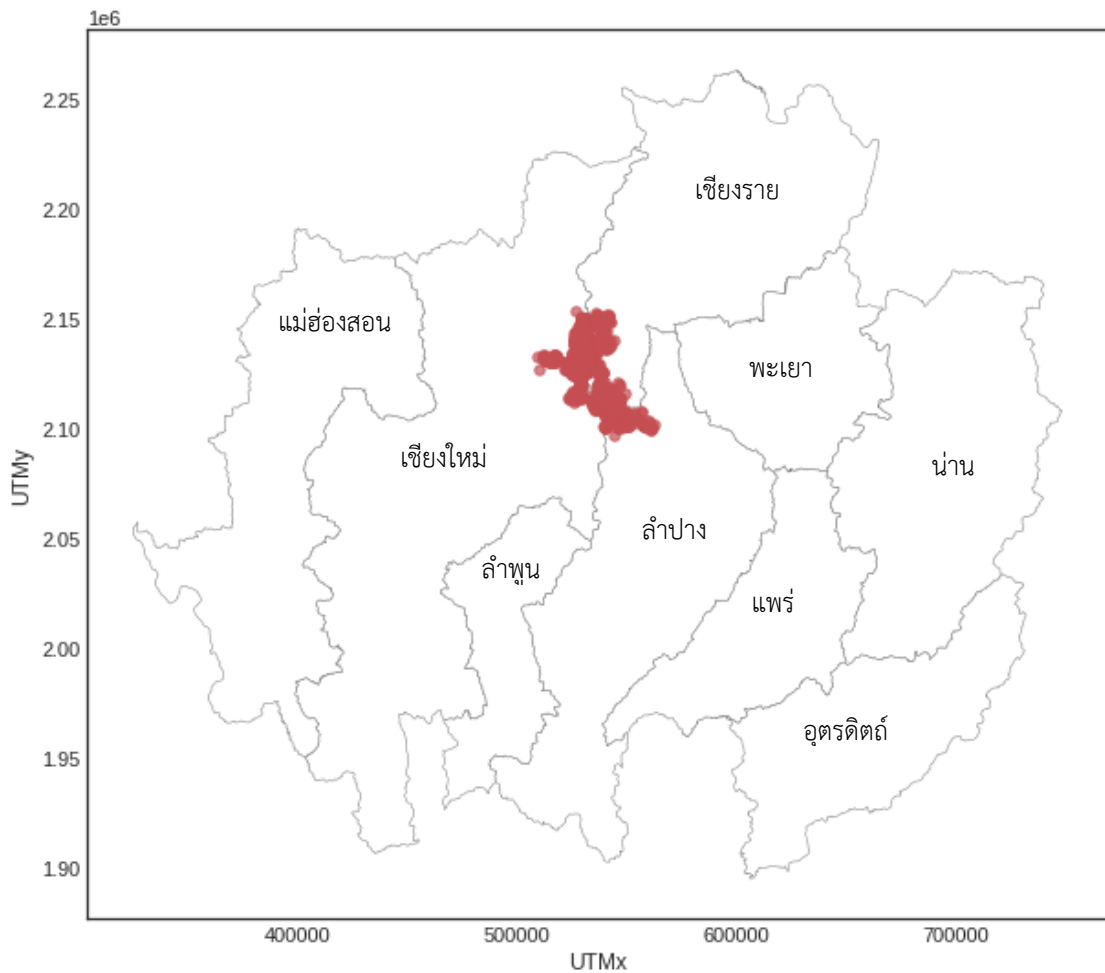


รูปที่ 36 แสดงความถี่ของจำนวนข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่มที่ 623

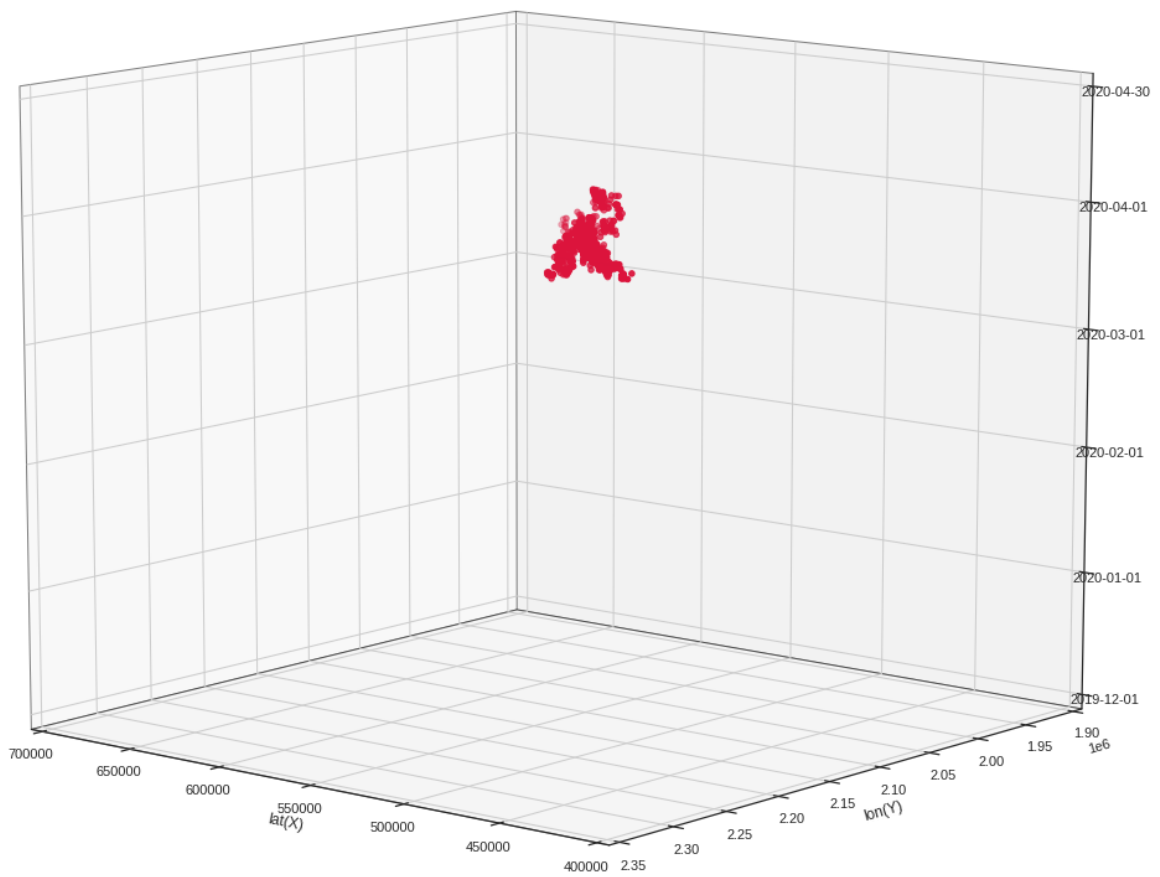
โดยภายหลังจากการพิจารณาผลของข้อมูลที่ได้นั้นพบว่ากลุ่มที่ 623 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีจำนวนข้อมูลจุดความร้อนมากที่สุดนั้นเริ่มพบข้อมูลความร้อนเมื่อวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 และสามารถพบบริเวณที่มีจุดความร้อนเป็นจำนวนมากในวันถัดไปคือวันที่ 22 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ทั้งหมด 107 จุด และในวันที่ 27 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ได้พบจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดทั้งหมด 248 จุด ต่อมาเป็นวันที่ 02 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 พบจำนวนจุดความร้อนถึง 201 จุด ซึ่งมีจำนวนมากเช่นกัน จากนั้นลดลงไปจนถึงวันที่ 10 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 โดยจำนวนจุดความร้อนลดลงไปถึง 30 จุด ไปจนวันที่ 14 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของกลุ่มข้อมูลชุดนี้

ถัดมาเป็นการแสดงผลของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดเป็นอันดับสองนั่นคือกลุ่มที่ 556 ซึ่งมีจำนวนจุดความร้อนทั้งหมด 1,024 จุดข้อมูล โดยจำนวนจุดความร้อนที่พบทั้งหมดในช่วงเวลาที่ต้องการจะศึกษาสำหรับกลุ่มที่ 556 จะแสดงในรูปแบบของกราฟของมุมมองทางด้านบน ดังรูปที่ 37 และมุมมองด้านโดยรอบแบบสามมิติดังรูปที่ 38 จากนั้นได้แจกแจงจำนวนจุดความร้อนที่พบในแต่ละวันดังตารางที่ 13 และแสดงความถี่ของจำนวนข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่มที่ 556 ดังรูปที่ 39 ต่อไปนี้





รูปที่ 37 มุมมองด้านบนของกราฟสามมิติที่แสดงผลจุดข้อมูลความร้อนของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมาก อันดับสองคือกลุ่มที่ 556 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา

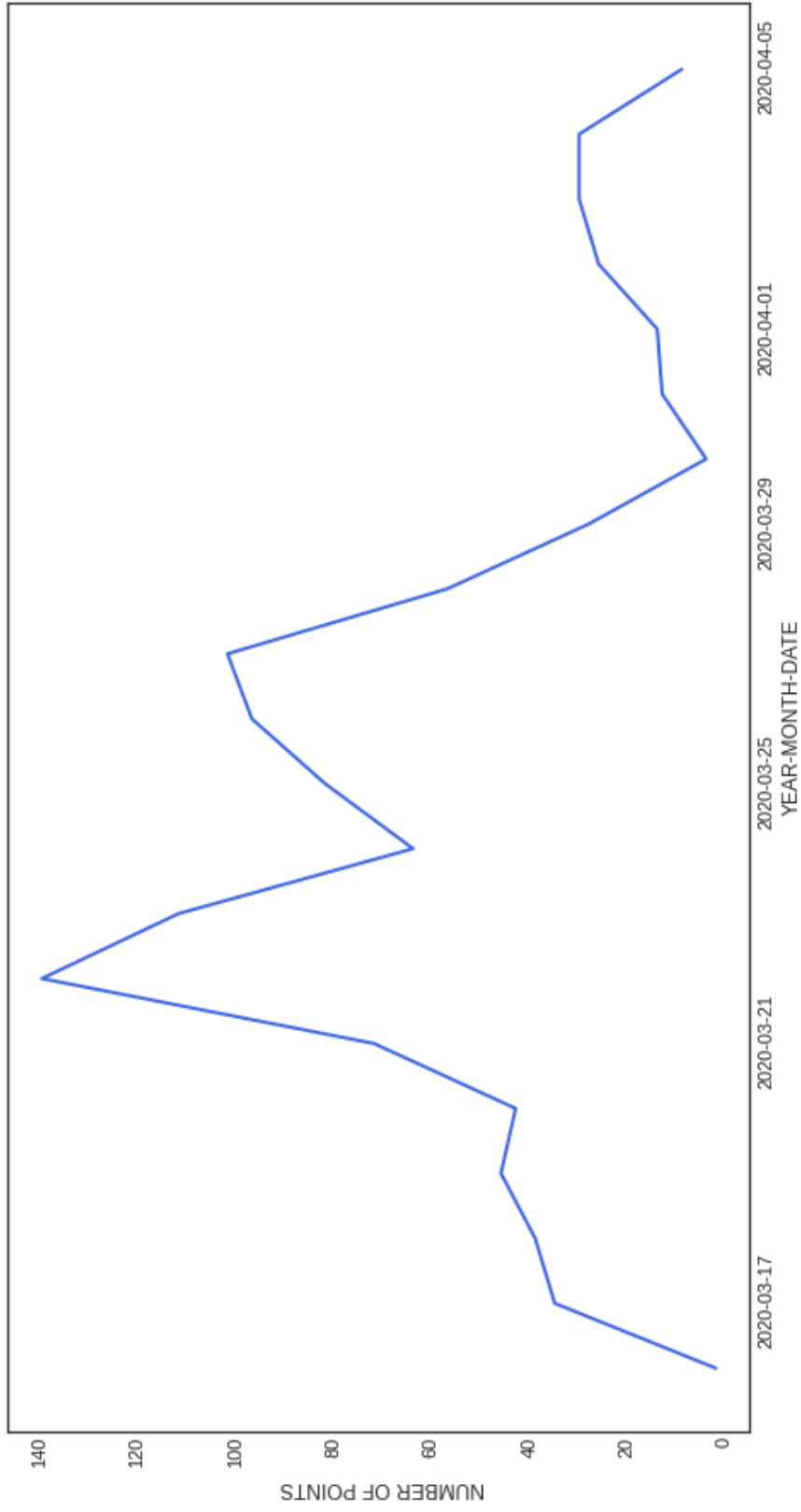


CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 38 มุมมองโดยรอบของกราฟสามมิติที่แสดงผลจุดข้อมูลความร้อนของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อน อันดับสองคือกลุ่มที่ 556 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา

ตารางที่ 13 แสดงการแจกแจงจำนวนจุดความร้อนที่พบในแต่ละวันของกลุ่มที่ 556

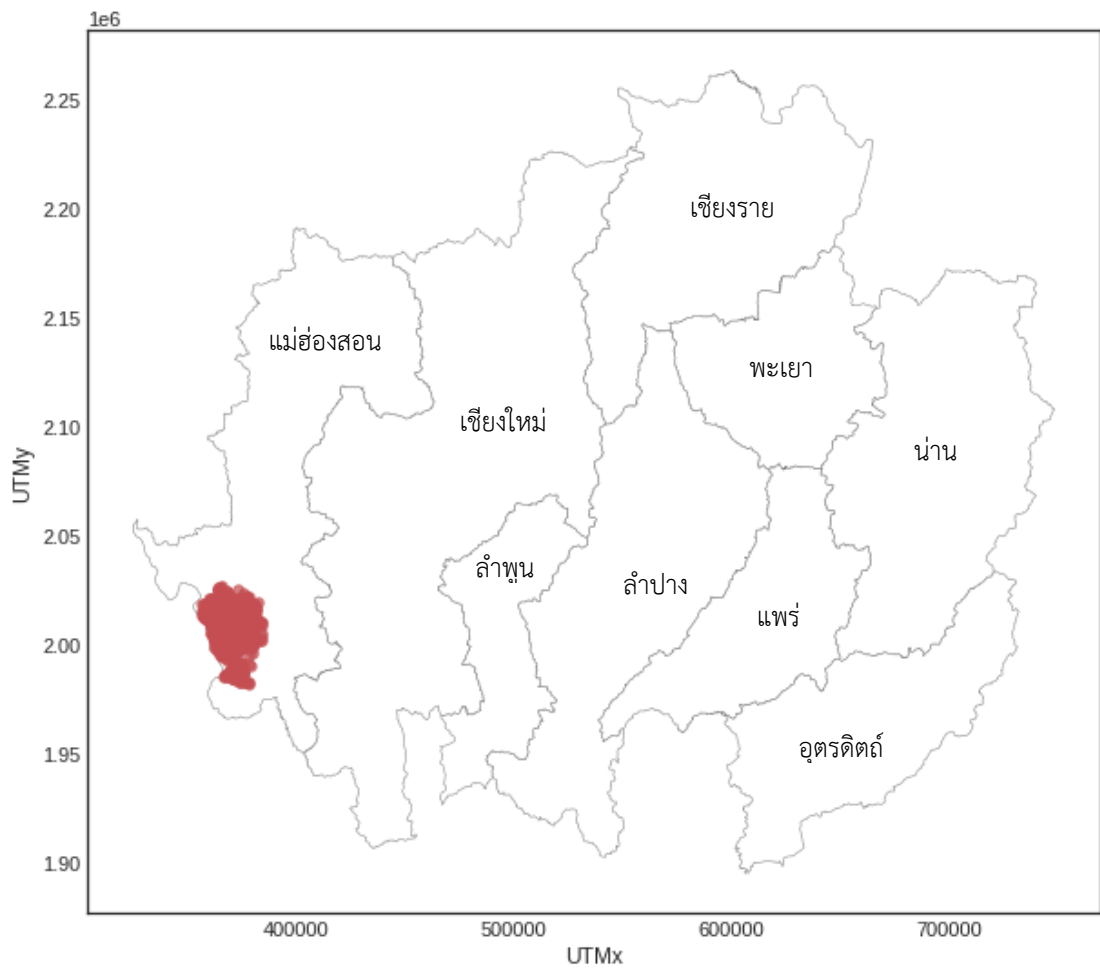
วันที่ / เดือน / ปีพุทธศักราช	จำนวนจุดความร้อน
16 / 03 / 2563	1
17 / 03 / 2563	34
18 / 03 / 2563	38
19 / 03 / 2563	45
20 / 03 / 2563	42
21 / 03 / 2563	71
22 / 03 / 2563	139
23 / 03 / 2563	111
24 / 03 / 2563	63
25 / 03 / 2563	81
26 / 03 / 2563	96
27 / 03 / 2563	101
28 / 03 / 2563	56
29 / 03 / 2563	27
30 / 03 / 2563	3
31 / 03 / 2563	12
01 / 04 / 2563	13
02 / 04 / 2563	25
03 / 04 / 2563	29
04 / 04 / 2563	29
05 / 04 / 2563	8
รวม	1024



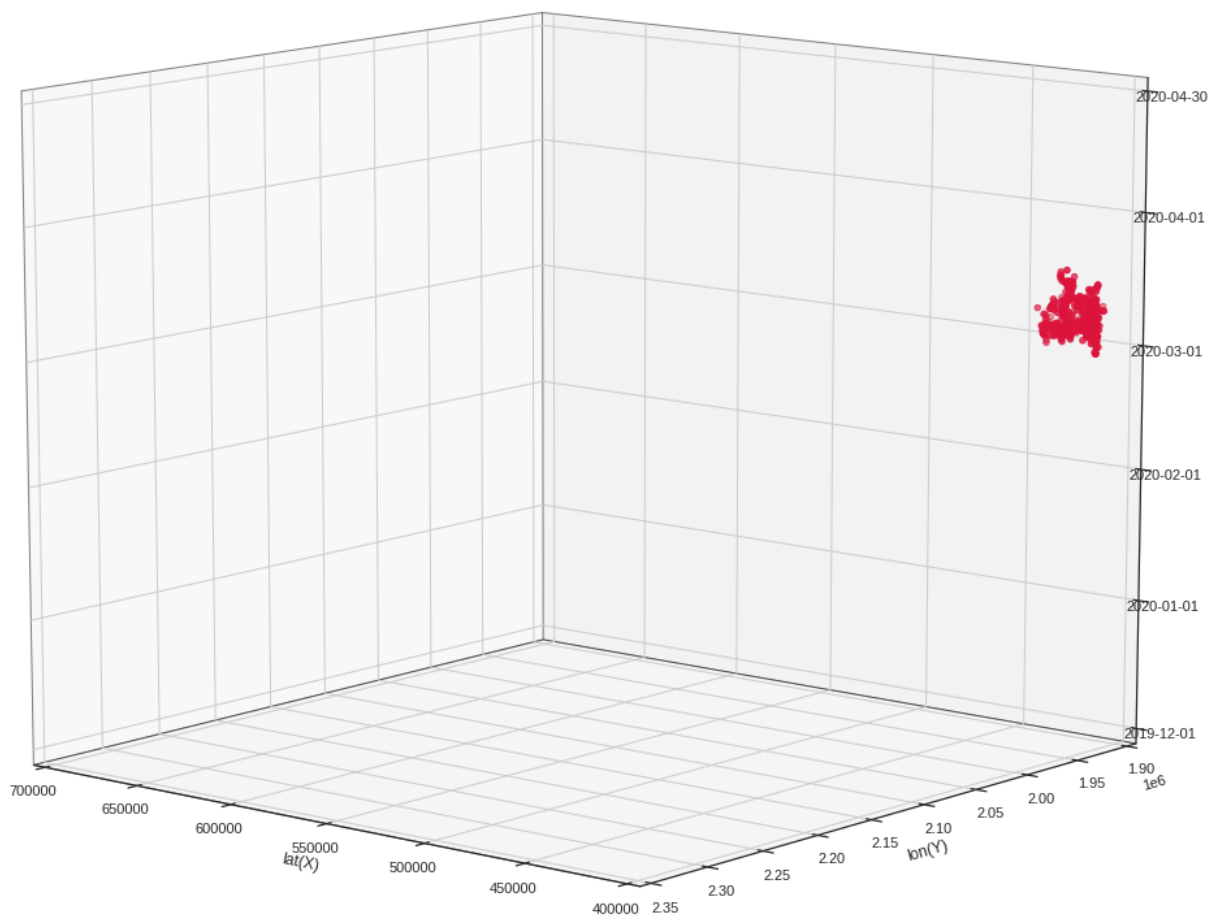
รูปที่ 39 แสดงความถี่ของจำนวนข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่มที่ 556

ซึ่งจากการพิจารณาผลของข้อมูลที่ได้นั้นพบว่ากลุ่มที่ 556 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีจำนวนข้อมูลจุดความร้อนรองลงมาเป็นอันดับสองจากจำนวนกลุ่มทั้งหมดที่พบนั้นเริ่มพบข้อมูลความร้อนเมื่อวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 และสามารถพบบริเวณที่มีจุดความร้อนเป็นจำนวนมากในวันถัดไปคือ วันที่ 19 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ทั้งหมด 45 จุด และในวันที่ 22 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ได้พบจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดทั้งหมด 139 จุด ต่อมาเป็นวันที่ 27 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 พบจำนวนจุดความร้อนถึง 101 จุด และจำนวนจุดลดต่ำไปจนถึงวันที่ 5 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของกลุ่มข้อมูลชุดนี้

จากนั้นจะเป็นการแสดงผลของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดเป็นอันดับสามนั่นคือ กลุ่มที่ 401 ซึ่งมีจำนวนจุดความร้อนทั้งหมด 677 จุดข้อมูล โดยจำนวนจุดความร้อนที่พบทั้งหมดในช่วงเวลาที่ต้องการจะศึกษาสำหรับกลุ่มที่ 401 จะแสดงในรูปแบบของกราฟของมุมมองทางด้านบน ดังรูปที่ 40 และมุมมองด้านโดยรอบแบบสามมิติดังรูปที่ 41 จากนั้นได้ทำการแจกแจงจำนวนจุดความร้อนที่พบในแต่ละวันดังตารางที่ 14 และแสดงความถี่ของจำนวนข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่มที่ 401 ดังรูปที่ 42 ต่อไปนี้



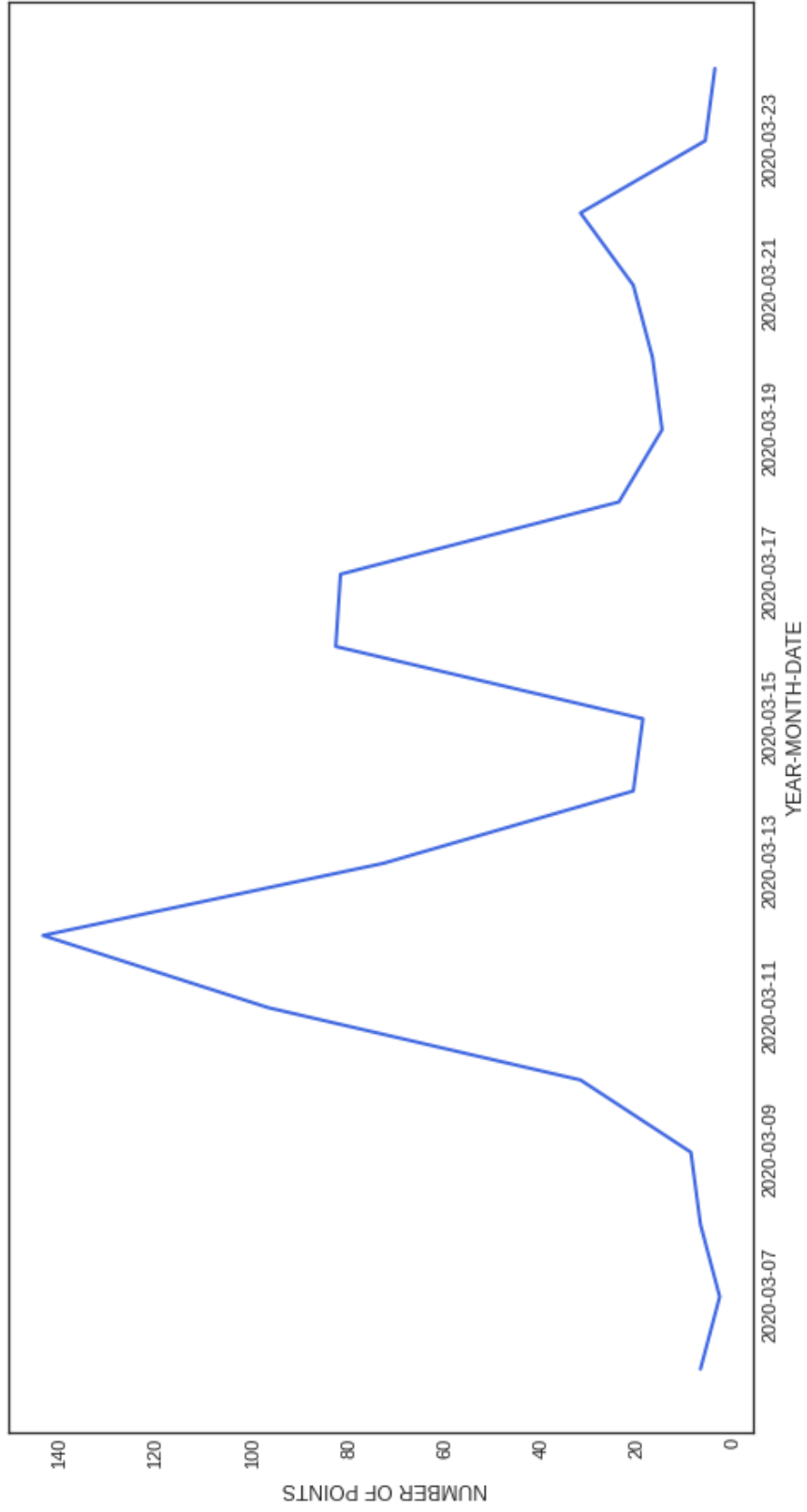
รูปที่ 40 มุมมองด้านบนของกราฟสามมิติที่แสดงผลจุดข้อมูลความร้อนของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมาก อันดับสามคือกลุ่มที่ 401 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา



รูปที่ 41 มุมมองโดยรอบของกราฟสามมิติที่แสดงผลจุดข้อมูลความร้อนของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อน อันดับสองคือกลุ่มที่ 401 ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา

ตารางที่ 14 แสดงการแจกแจงจำนวนจุดความร้อนที่พบในแต่ละวันของกลุ่มที่ 401

วันที่ / เดือน / ปีพุทธศักราช	จำนวนจุดความร้อน
6/03/2563	6
7/03/2563	2
8/03/2563	6
9/03/2563	8
10/03/2563	31
11/03/2563	96
12/03/2563	143
13/03/2563	72
14/03/2563	20
15/03/2563	18
16/03/2563	82
17/03/2563	81
18/03/2563	23
19/03/2563	14
20/03/2563	16
21/03/2563	20
22/03/2563	31
23/03/2563	5
24/03/2563	3
รวม	677



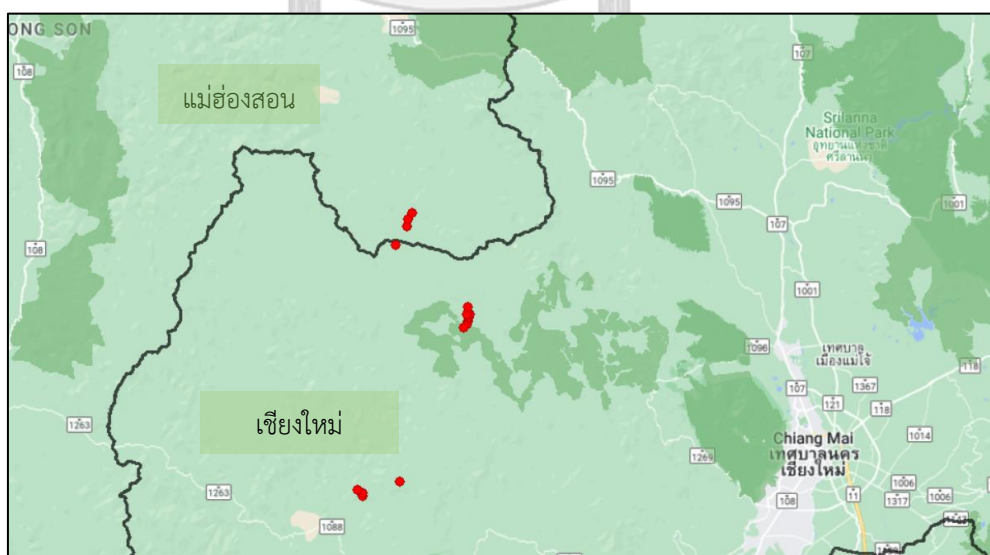
รูปที่ 42 แสดงความถี่ของจำนวนข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่มที่ 401

โดยจากการพิจารณาผลของข้อมูลที่ได้นั้นพบว่ากลุ่มที่ 401 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีจำนวนข้อมูลจุดความร้อนเป็นอันดับสามจากจำนวนกลุ่มทั้งหมด ซึ่งกลุ่มที่ 401 นี้เริ่มพบข้อมูลความร้อนเมื่อวันที่ 6 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 จากนั้นจุดความร้อนได้เพิ่มจำนวนต่อเนื่องเป็นไปจนถึงวันที่ 12 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งเป็นวันที่ได้พบจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดทั้งหมด 143 จุด ต่อมาในวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 พบจำนวนจุดความร้อนถึง 82 จุด และจำนวนจุดลดต่ำไปจนถึงวันที่ 24 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของกลุ่มข้อมูลชุดนี้

4.2.3 ผลการแสดงผลการเคลื่อนที่ข้อมูลจุดความร้อนของแต่ละช่วงเวลาในรูปแบบสองมิติ

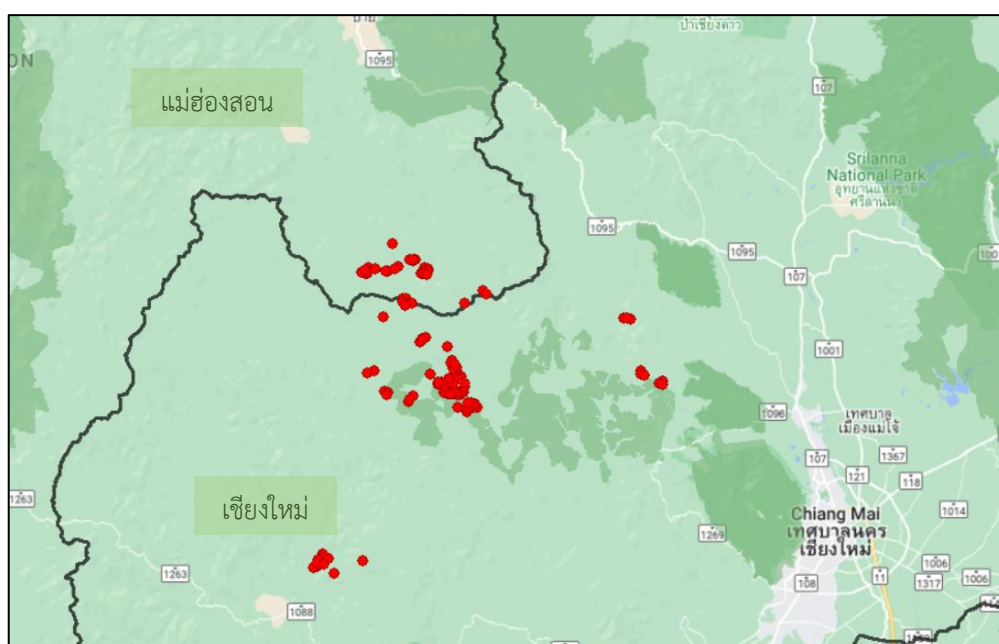
สำหรับการแสดงผลเพื่อวิเคราะห์ลักษณะของไฟป่าในแต่ละวันในลำดับถัดไป ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการนำข้อมูลจุดความร้อนที่สามารถบ่งชี้ได้ชัดในแต่ละช่วงเวลา มาแสดงผลในรูปแบบสองมิติ โดยใช้โปรแกรม ArcGIS ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเริ่มจากกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมากเป็นอันดับหนึ่งนั่นคือกลุ่มที่ 623 จากนั้นเป็นกลุ่มที่ 556 ซึ่งมีจำนวนข้อมูลจุดความร้อนรองลงมาเป็นอันดับสอง และกลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มที่ 401 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีจำนวนข้อมูลจุดความร้อนมาเป็นอันดับสามของกลุ่มข้อมูลที่พบทั้งหมด

กลุ่มที่ 623 ซึ่งเป็นกลุ่มที่พบจำนวนข้อมูลจุดความร้อนมากที่สุด พบว่าจำนวนจุดความร้อนเริ่มต้นที่พบในวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 มีจำนวนทั้งหมด 15 จุด โดยกระจายทั้งหมด 3 ตำแหน่งบนพื้นที่บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดแม่ฮ่องสอน ดังรูปที่ 43

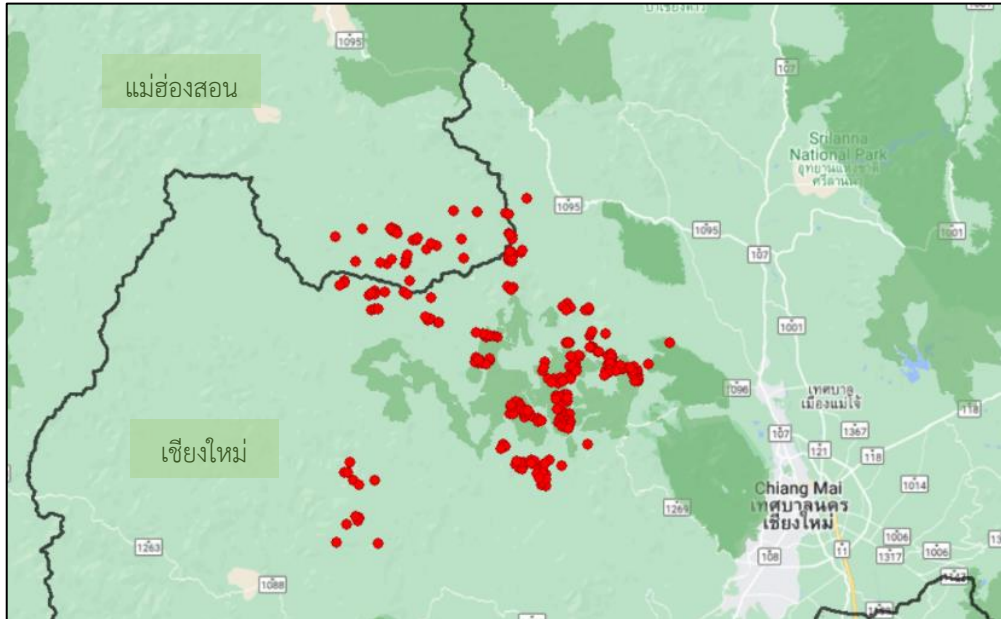


รูปที่ 43 แสดงจุดความร้อนในวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563
(วันแรกของกลุ่มข้อมูลชุดความร้อน 623)

ต่อมาพิจารณาจากรูปที่ 44 ซึ่งเป็นวันที่สองการข้อมูลจุดความร้อนกลุ่มที่ 623 โดยแสดงให้เห็นทราบถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของกลุ่มความร้อนที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้นคือวันที่ 22 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งพบจุดความร้อนทั้งหมด 107 จุด โดยจุดความร้อนกระจายตัวและเพิ่มขึ้นในบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันแรกของข้อมูลจุดความร้อน และพบบริเวณที่มีข้อมูลจุดความร้อนหนาแน่นเพิ่มเติมในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยเมื่อเวลาผ่านไปจนถึงช่วงในวันที่ 27 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งเป็นวันที่พบจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดถึง 248 จุด กระจายเป็นบริเวณกว้างมากขึ้นจากเดิม ดังแสดงในรูปที่ 45 เป็นต้น

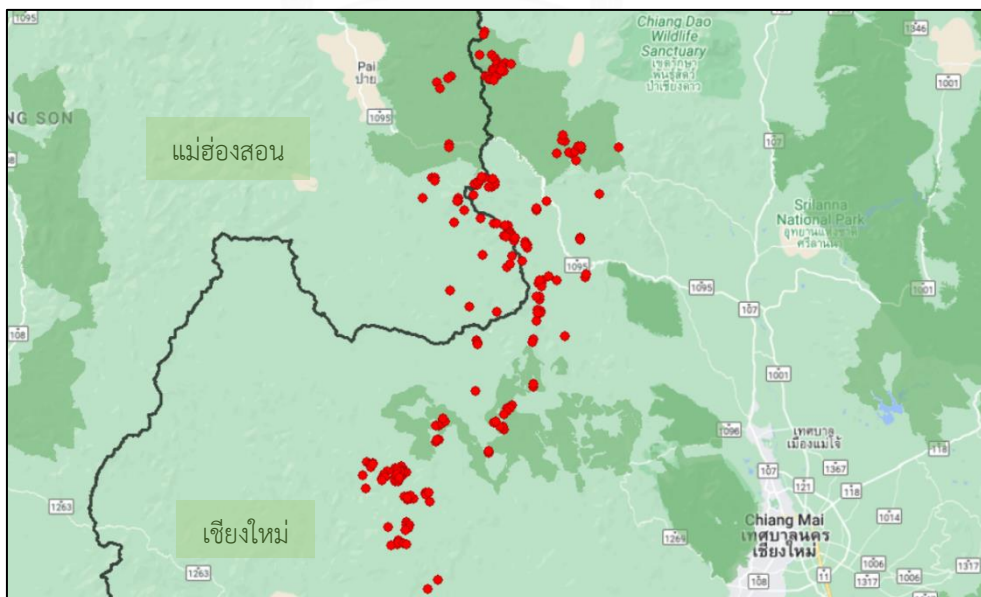


รูปที่ 44 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 22 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (กลุ่ม 623)

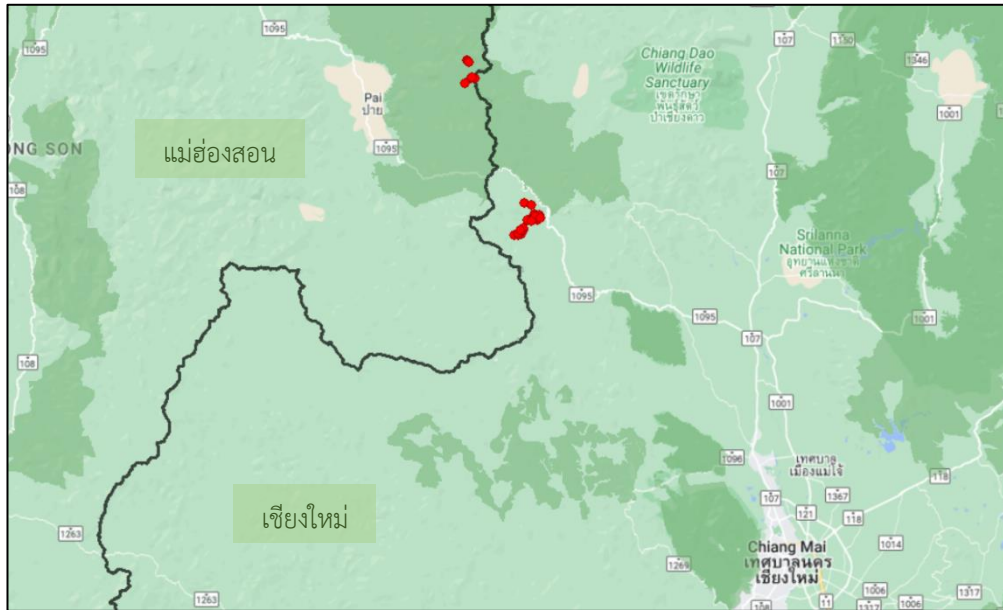


รูปที่ 45 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 27 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563
(วันที่พบข้อมูลจุดความร้อนมากที่สุดของกลุ่ม 623)

จากนั้นต่อมาในวันที่ 2 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 นั้นได้พบจำนวนจุดความร้อนเป็นจำนวนมากเช่นกัน โดยมีปริมาณถึง 201 จุด ดังรูปที่ 46 และได้ลดลงไปจนถึงวันที่ 10 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 โดยจำนวนจุดความร้อนลดลงไปถึง 30 จุด ดังรูปที่ 47

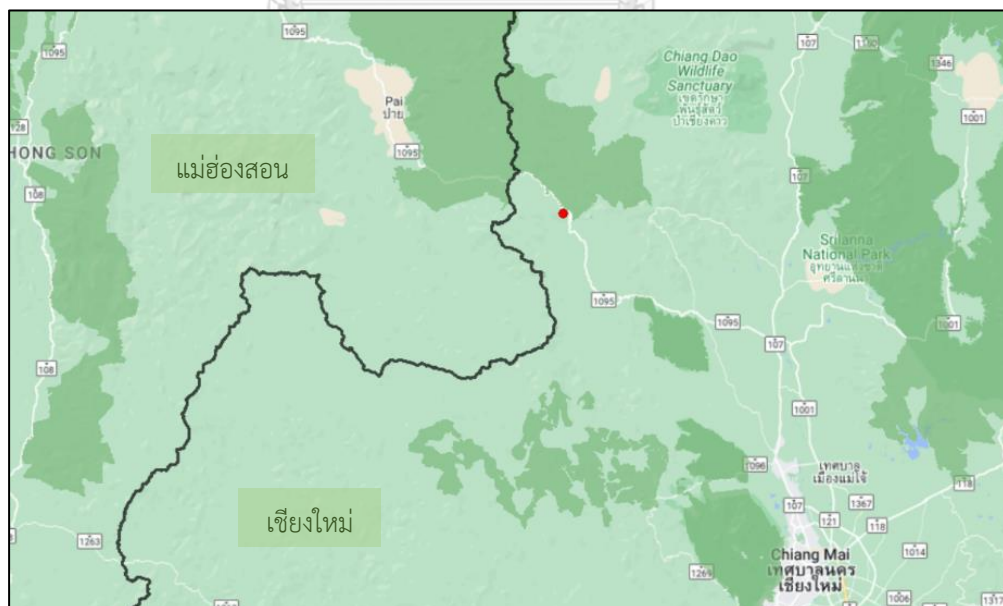


รูปที่ 46 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 2 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 (กลุ่ม 623)



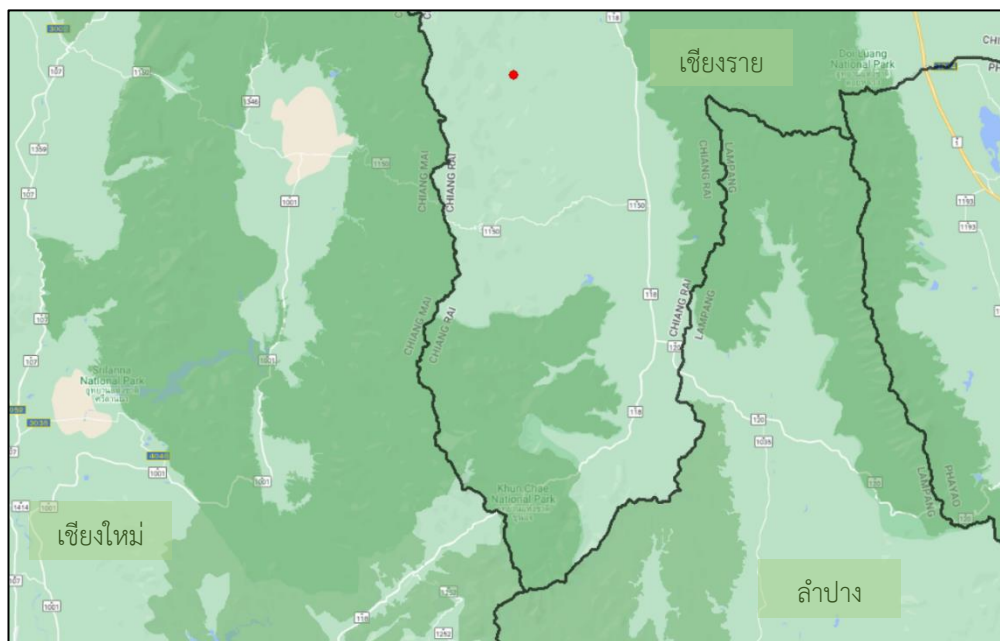
รูปที่ 47 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 10 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 (กลุ่ม 623)

โดยจุดความร้อนได้มีปริมาณลดลงไปจนถึงวันที่ 14 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 เป็นวันสุดท้ายของการพบข้อมูลจุดความร้อนของข้อมูลในกลุ่มนี้ ซึ่งพบข้อมูลจุดความร้อนเพียง 1 จุด โดยบริเวณที่พบข้อมูลจุดความร้อนชุดสุดท้ายคือบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ดังรูปที่ 48 ต่อไปนี้



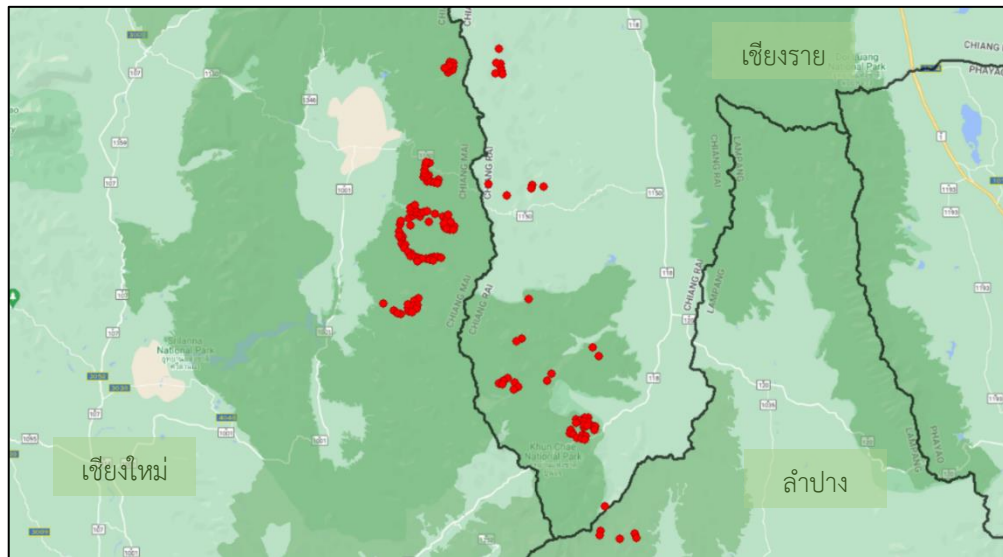
รูปที่ 48 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 14 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563
(วันสุดท้ายของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนชุดนี้ของกลุ่ม 623)

ถัดมาเป็นการแสดงผลของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดเป็นอันดับสองนั่นคือกลุ่มที่ 556 ซึ่งพบว่าจุดเริ่มต้นของจุดความร้อนอยู่ในพื้นที่บริเวณจังหวัดเชียงราย ซึ่งแสดงจุดความร้อนในวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 และพบข้อมูลจุดความร้อนเริ่มต้นเพียง 1 จุด ดังรูปที่ 49 ต่อไปนี้

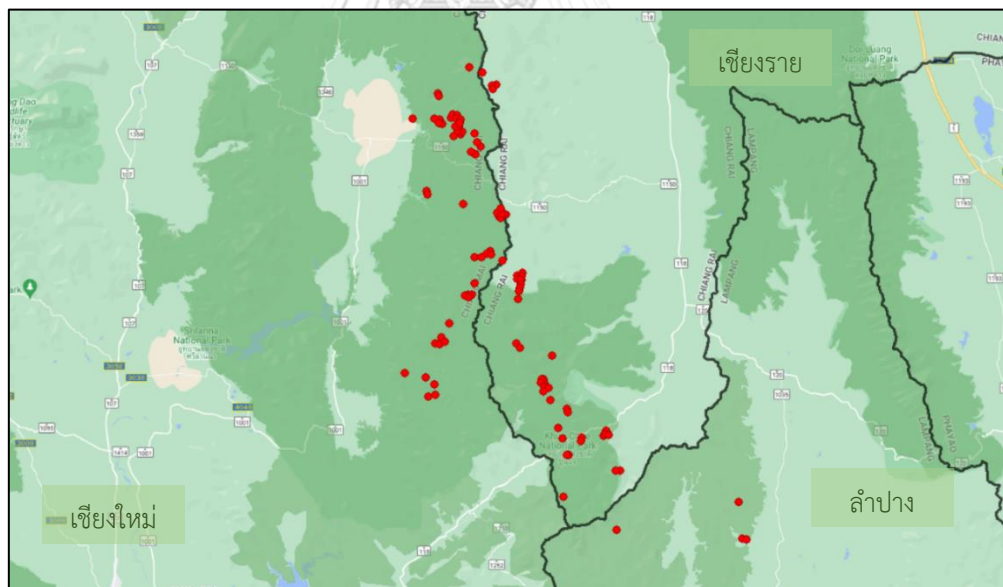


รูปที่ 49 แสดงจุดความร้อนในวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563
(วันแรกของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่ม 556)

ต่อมาในช่วงวันที่พบจุดความร้อนมากที่สุดของกลุ่มที่ 556 นั่นคือวันที่ 22 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 นั้นได้พบจำนวนจุดความร้อนทั้งหมดถึง 139 จุด โดยพบว่าจุดความร้อนได้เคลื่อนที่กระจายไปยังสองทิศทาง นั่นคือเคลื่อนที่ไปยังบริเวณจังหวัดเชียงราย และจังหวัดเชียงใหม่ อีกทั้งยังพบบริเวณที่เป็นจุดเริ่มต้นของข้อมูลจุดความร้อนเพิ่มเติมบริเวณจังหวัดลำปาง ดังแสดงในรูปที่ 50 จากนั้นจุดความร้อนได้กระจายเพิ่มเติมเป็นบริเวณกว้างในบริเวณพื้นที่นั้น ๆ และได้ปรากฏข้อมูลจุดความร้อนอย่างชัดเจนที่สุดดังรูปที่ 51 ในวันที่ 27 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 โดยพบจำนวนจุดความร้อนทั้งหมด 101 จุด

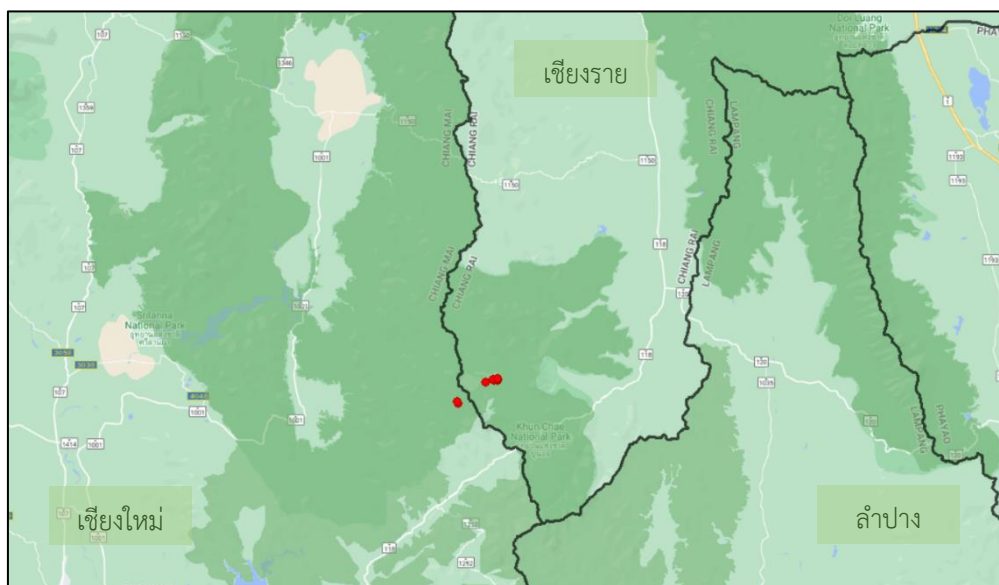


รูปที่ 50 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 22 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563
(วันที่พบข้อมูลจุดความร้อนมากที่สุดของกลุ่ม 556)



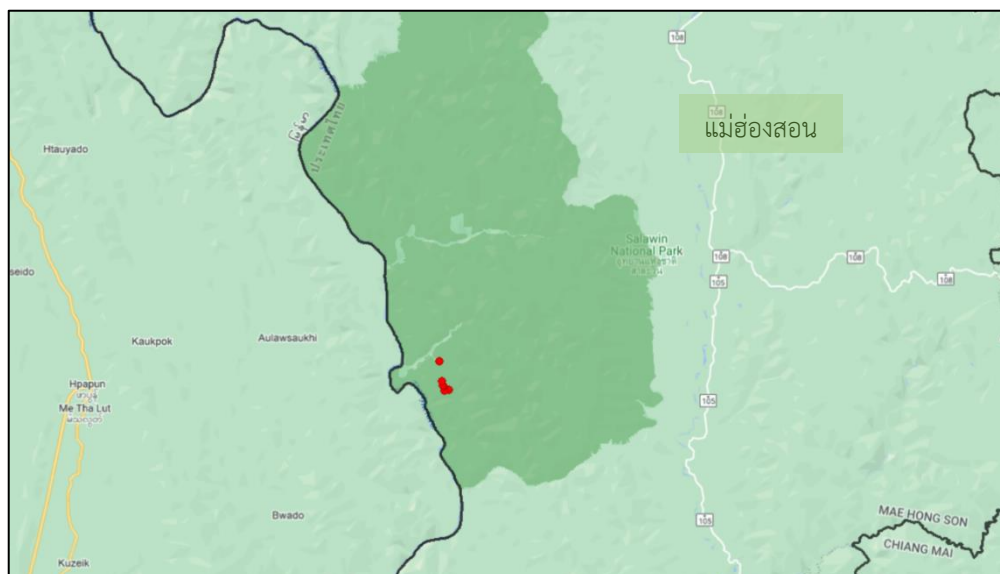
รูปที่ 51 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 27 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (กลุ่ม 556)

โดยจุดความร้อนได้มีปริมาณลดลงไปจนถึงวันที่ 5 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการพบข้อมูลจุดความร้อนของข้อมูลในกลุ่มนี้ ซึ่งในวันสุดท้ายของข้อมูลได้พบจำนวนจุดความร้อนทั้งหมด 8 จุด และบริเวณสุดท้ายที่พบจุดความร้อนอยู่บริเวณพื้นที่จังหวัดเชียงราย และจังหวัดเชียงใหม่ ดังรูปที่ 52



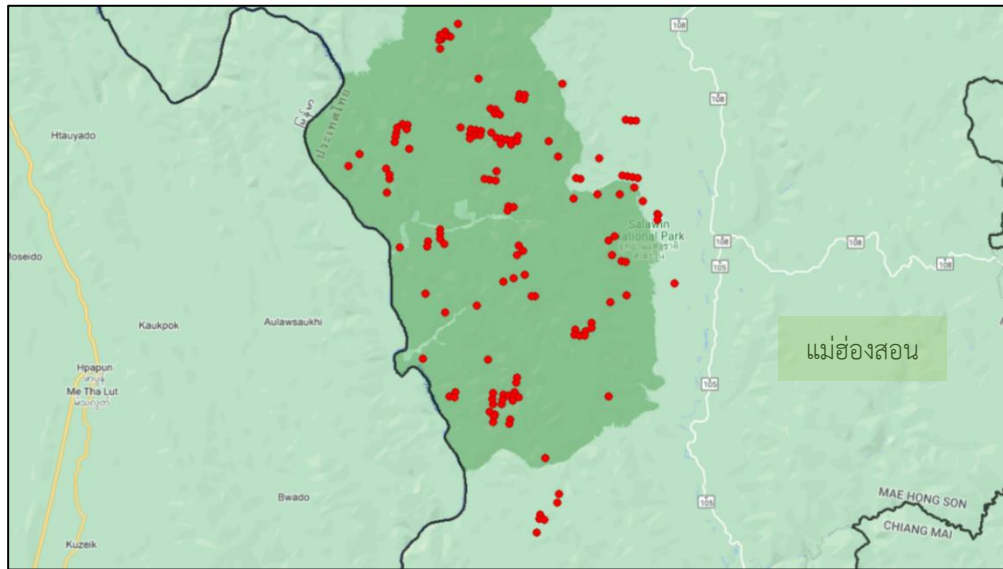
รูปที่ 52 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 5 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563
(วันสุดท้ายของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่ม 556)

จากนั้นจะเป็นการแสดงผลของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดเป็นอันดับสามนั่นคือกลุ่มที่ 401 ซึ่งพบว่าจุดเริ่มต้นของจุดความร้อนอยู่ในพื้นที่บริเวณจังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยแสดงจุดความร้อนในวันที่ 6 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 และพบข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 6 จุด ดังรูปที่

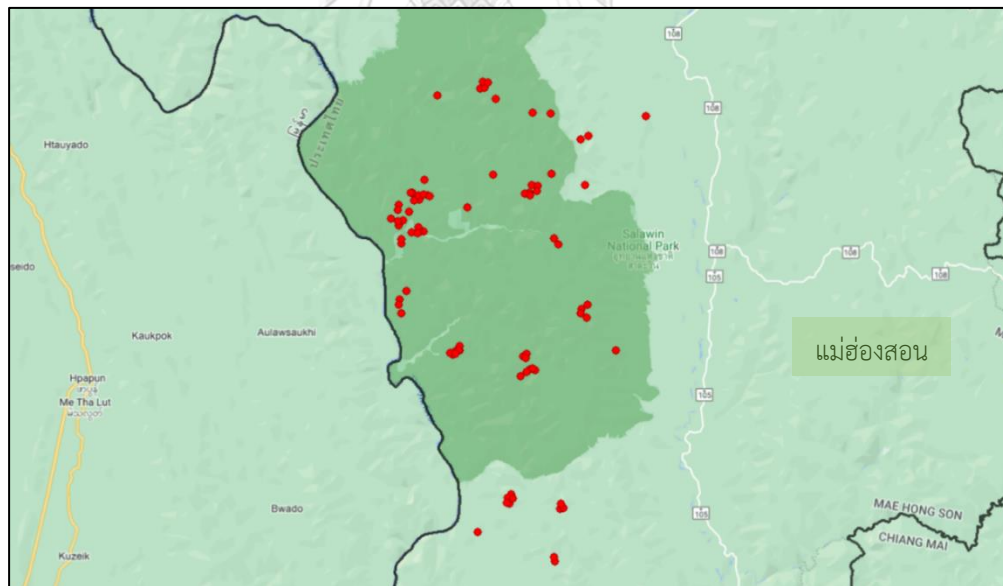


รูปที่ 53 แสดงจุดความร้อนในวันที่ 6 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563
(วันแรกของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่ม 401)

จากนั้นในวันที่ 12 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งเป็นวันที่พบข้อมูลจุดความร้อนมากที่สุดสำหรับกลุ่มที่ 401 โดยพบทั้งหมด 143 จุด ได้แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนดังรูปที่ 54 โดยจุดความร้อนได้กระจายเพิ่มเติมในบริเวณใกล้เคียง และยังคงพบจุดความร้อนในบริเวณนั้น ๆ ไปจนถึงวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งเป็นวันที่พบข้อมูลจุดความร้อนเป็นจำนวนมากเช่นเดียวกันดังรูปที่ 55 โดยพบทั้งหมด 82 จุด

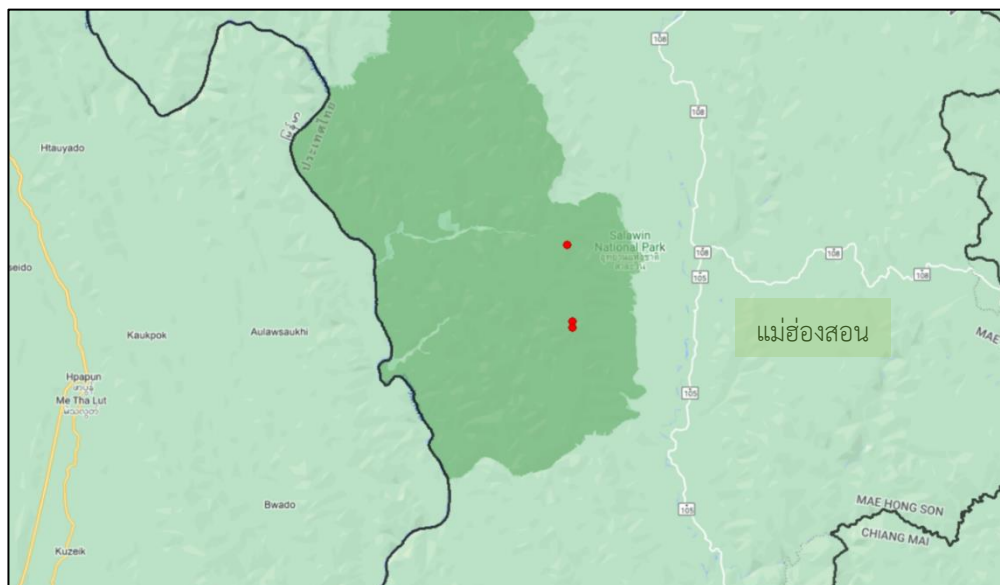


รูปที่ 54 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 12 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563
(วันที่พบข้อมูลจุดความร้อนมากที่สุดของกลุ่ม 401)



รูปที่ 55 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (กลุ่ม 401)

และจุดความร้อนได้มีปริมาณลดลงไปจนถึงวันที่ 24 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการพบข้อมูลจุดความร้อนของข้อมูลในกลุ่ม โดยบริเวณสุดท้ายที่พบจุดความร้อนนั้นยังคงอยู่ในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ที่พบข้อมูลจุดความร้อนในวันแรกของกลุ่ม นั่นคือบริเวณพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ดังรูปที่ 56 ต่อไปนี้

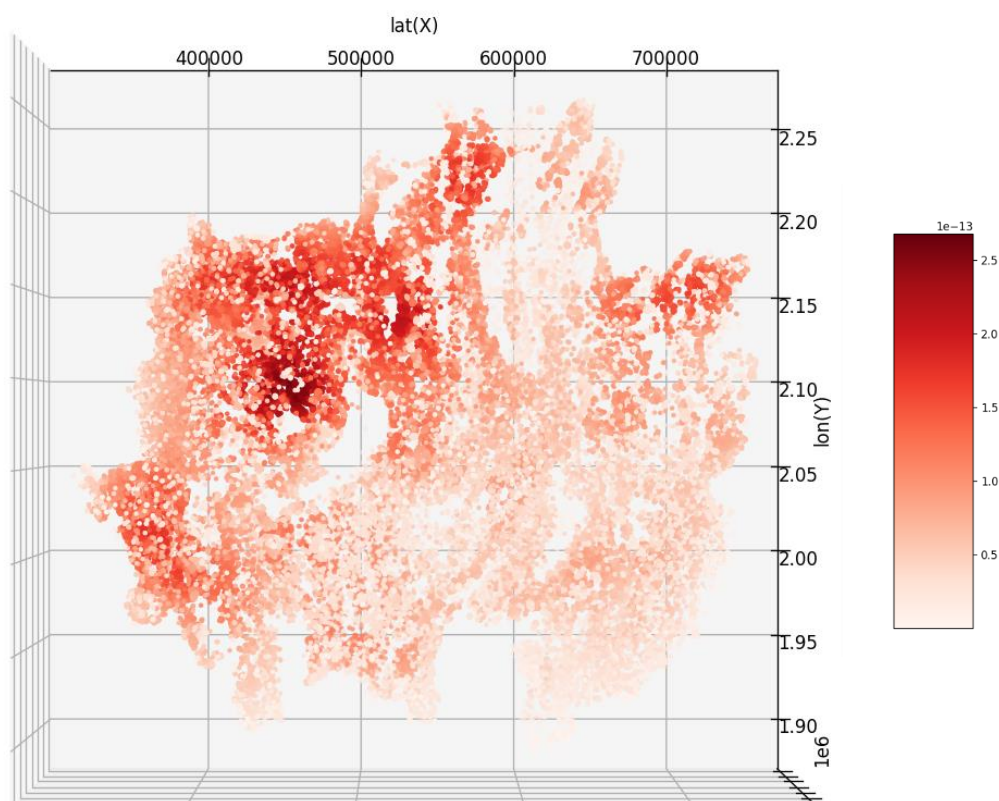


รูปที่ 56 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนในวันที่ 24 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563
(วันสุดท้ายของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่ม 401)

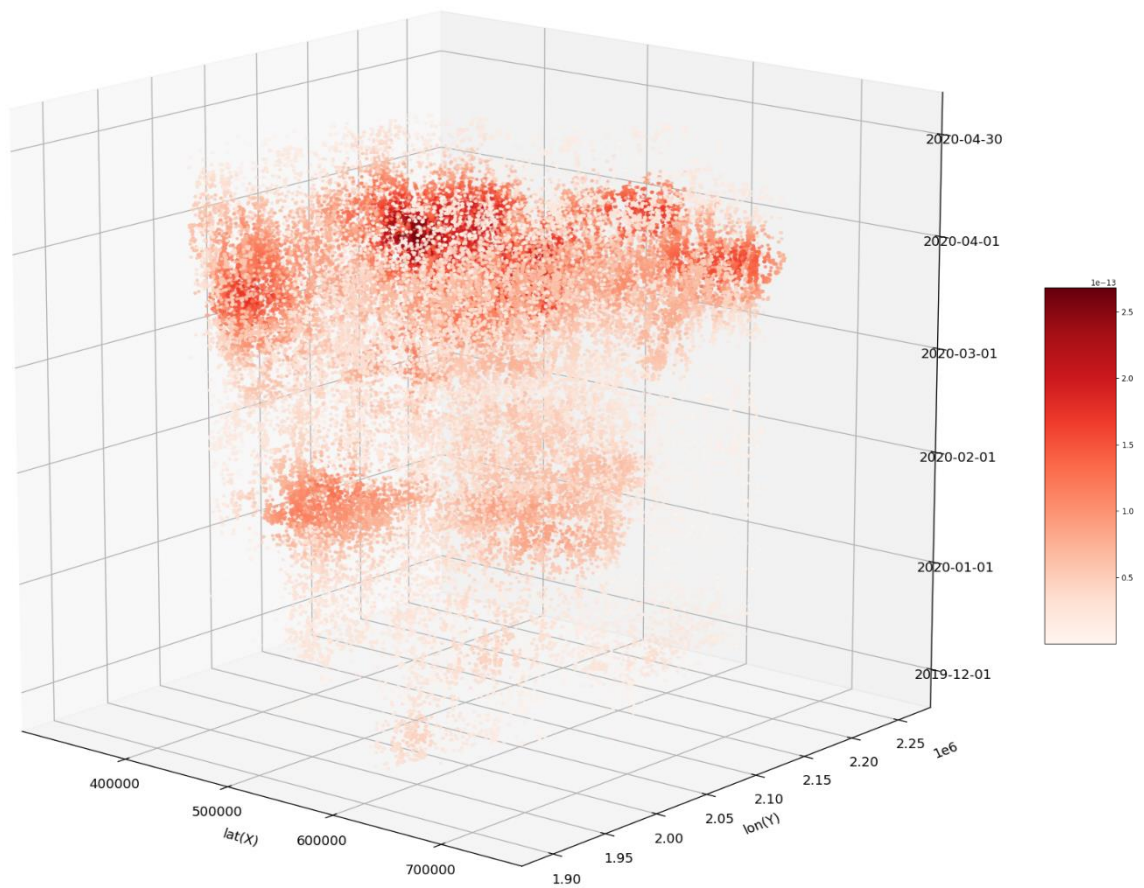
4.3 ผลการประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE

ในการศึกษาการประมวลผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE โดยการใช้ stats.gaussian_kde algorithm ในการคำนวณ โดยจะแสดงในรูปแบบของภาพสามมิติทั้งมุมมองด้านบนและมุมมองโดยรอบ ซึ่งบริเวณที่มีกลุ่มความร้อนหนาแน่นจะถูกแสดงในรูปแบบของความเข้มไล่ลงไปจนถึงบริเวณที่มีกลุ่มความร้อนต่ำจากความสว่างของสี และเพื่อแสดงให้เห็นถึงความชัดเจนของผลที่ได้มากยิ่งขึ้น จึงได้ทำการแสดงภาพสองมิติแบ่งเป็นแต่ละช่วงเวลา จากนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ในลำดับถัดไป

4.3.1 ผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้ stats.gaussian_kde algorithm โดยจะแสดงให้เห็นถึงความหนาแน่นกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของกราฟสามมิติ ในพิกัดค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา โดยแสดงในส่วนของมุมมองด้านบนในรูปแบบที่ 57 และมุมมองโดยรอบในรูปแบบที่ 58 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 57 มุมมองทางด้านบนของผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE ในรูปแบบของภาพสามมิติ

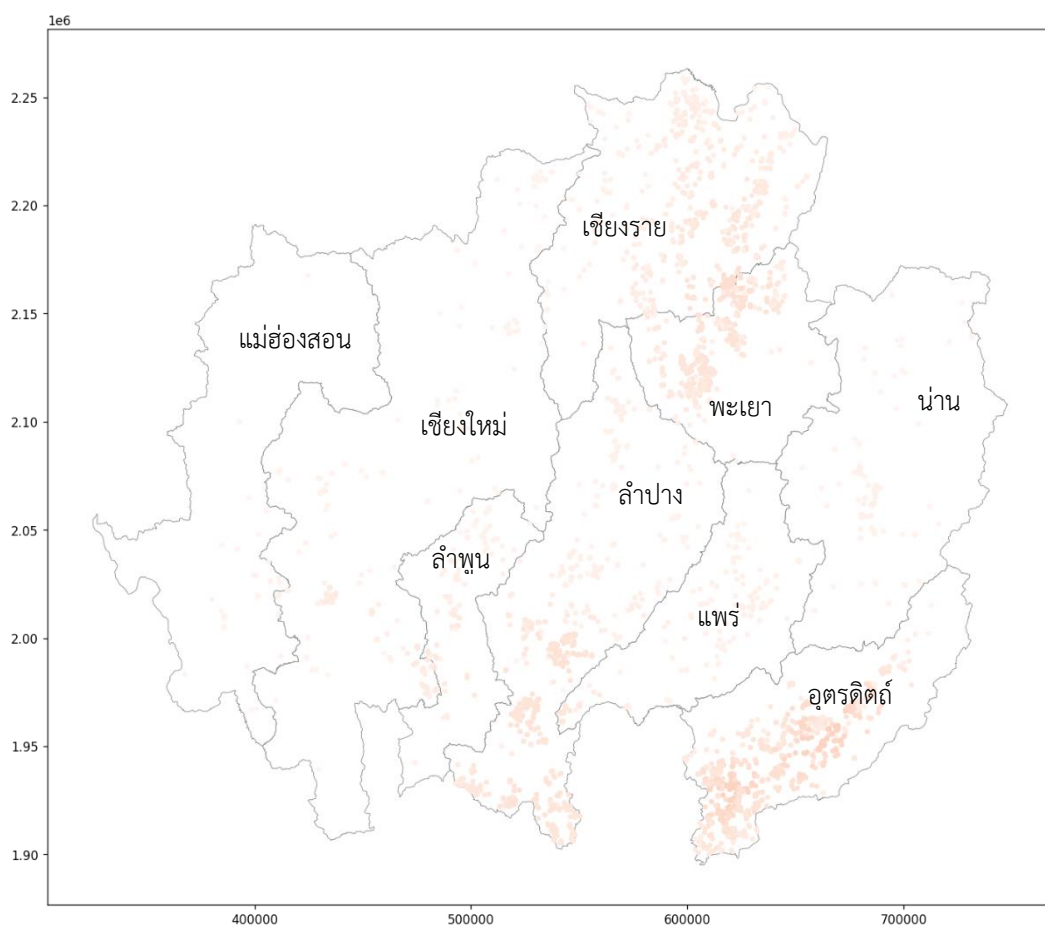


CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 58 มุมมองด้านโดยรอบของผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE ในรูปแบบของภาพสามมิติ

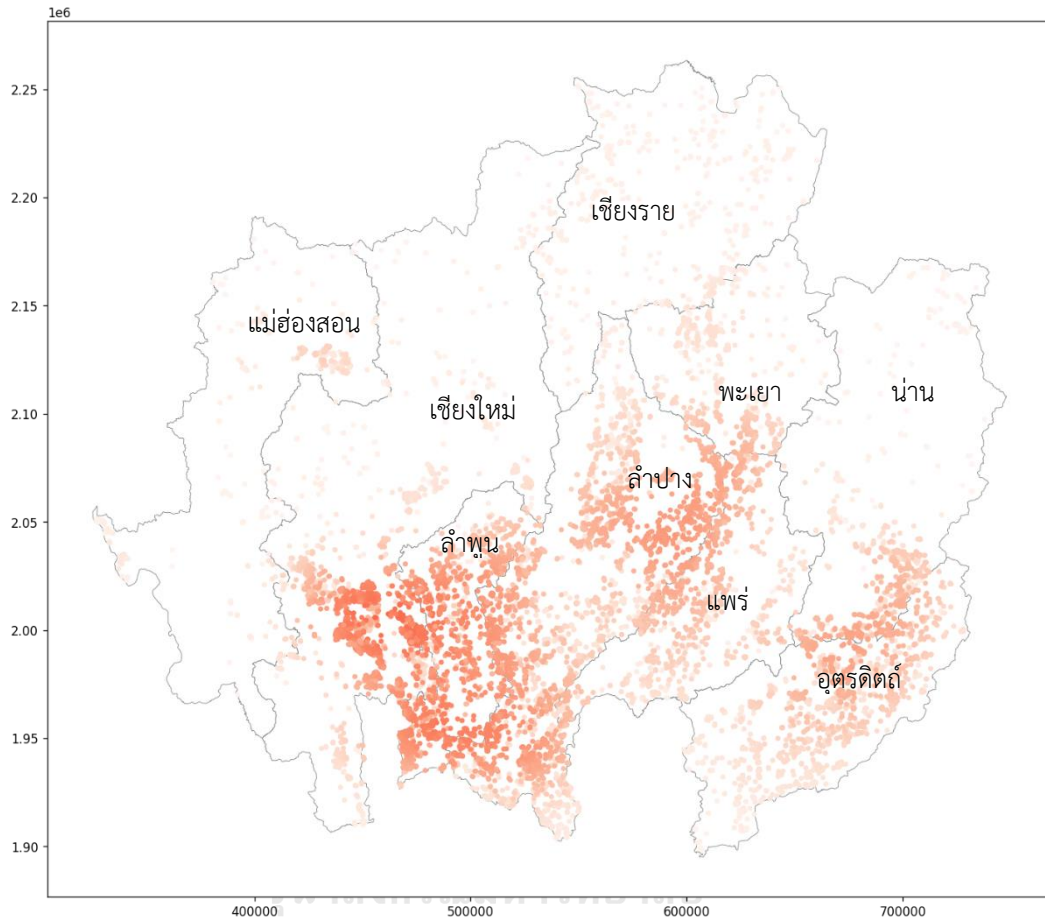
4.3.2 ผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้ stats.gaussian_kde algorithm ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติในพิกัดค่าพิกัด UTM Zone 47N โดยจะแสดงจากการแบ่งเป็นแต่ละช่วงเวลา ดังต่อไปนี้

4.3.2.1 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติในพิกัดค่าพิกัด UTM Zone 47N ในช่วงวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ดังรูปที่ 59



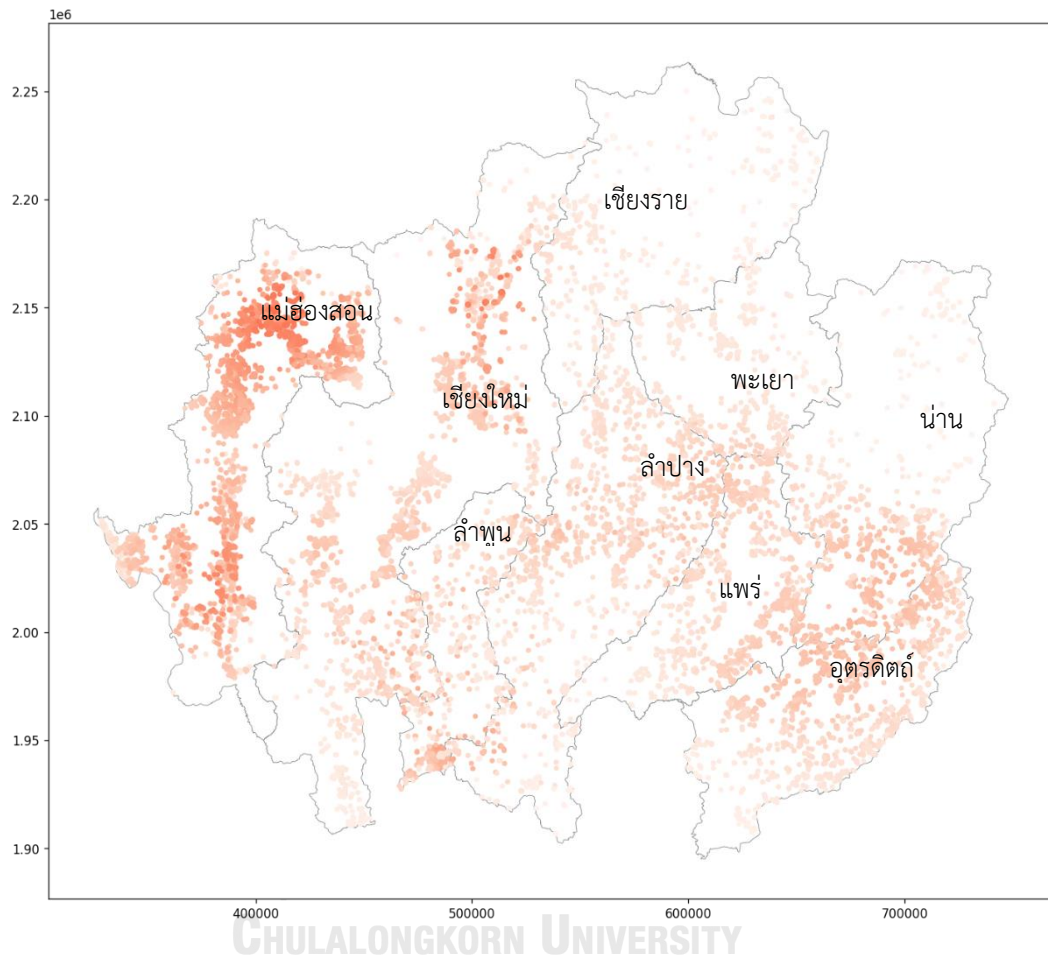
รูปที่ 59 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติ ในช่วงวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562

4.3.2.2 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติในพิกัดค่าพิกัด UTM Zone 47N ในช่วงวันที่ 1 มกราคม ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 31 มกราคม ปีพุทธศักราช 2563 ดังรูปที่ 60



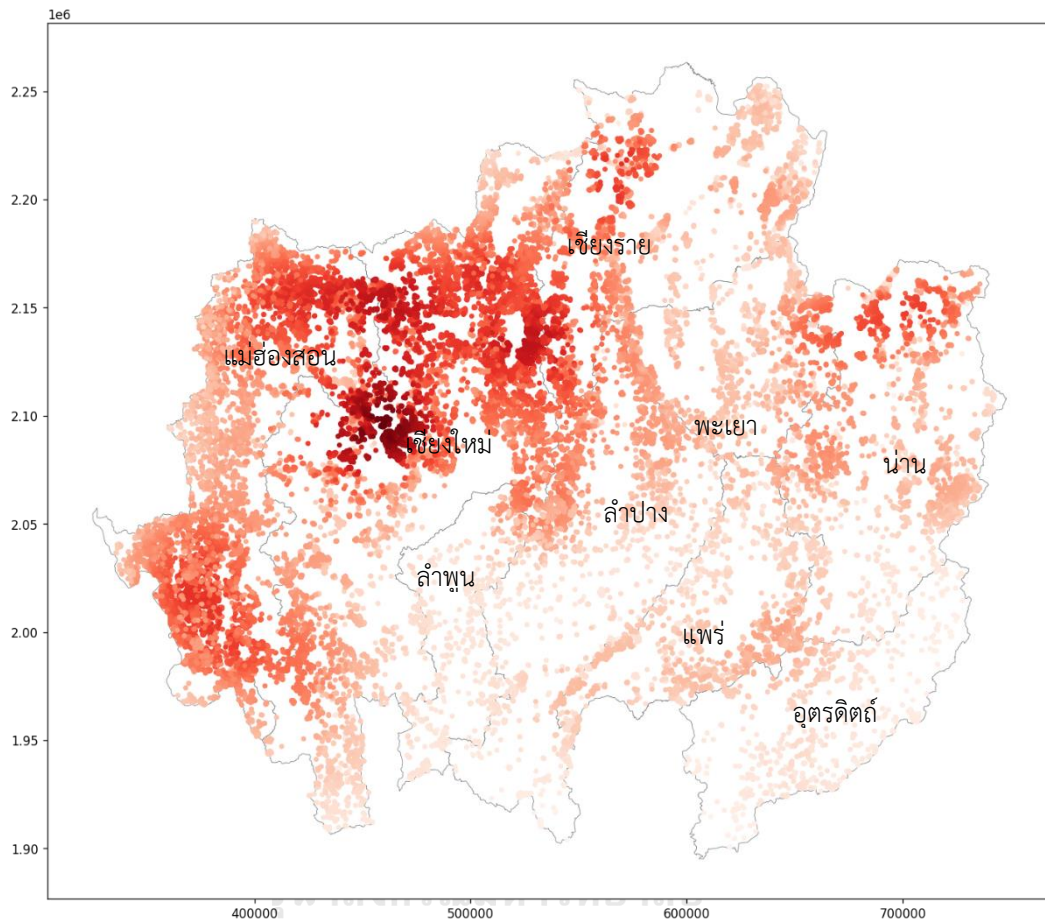
รูปที่ 60 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติในช่วงวันที่ 1 มกราคม ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 31 มกราคม ปีพุทธศักราช 2563

4.3.2.3 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติในพิกัดค่าพิกัด UTM Zone 47N ในช่วงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 29 กุมภาพันธ์ ปีพุทธศักราช 2563 ดังรูปที่ 61



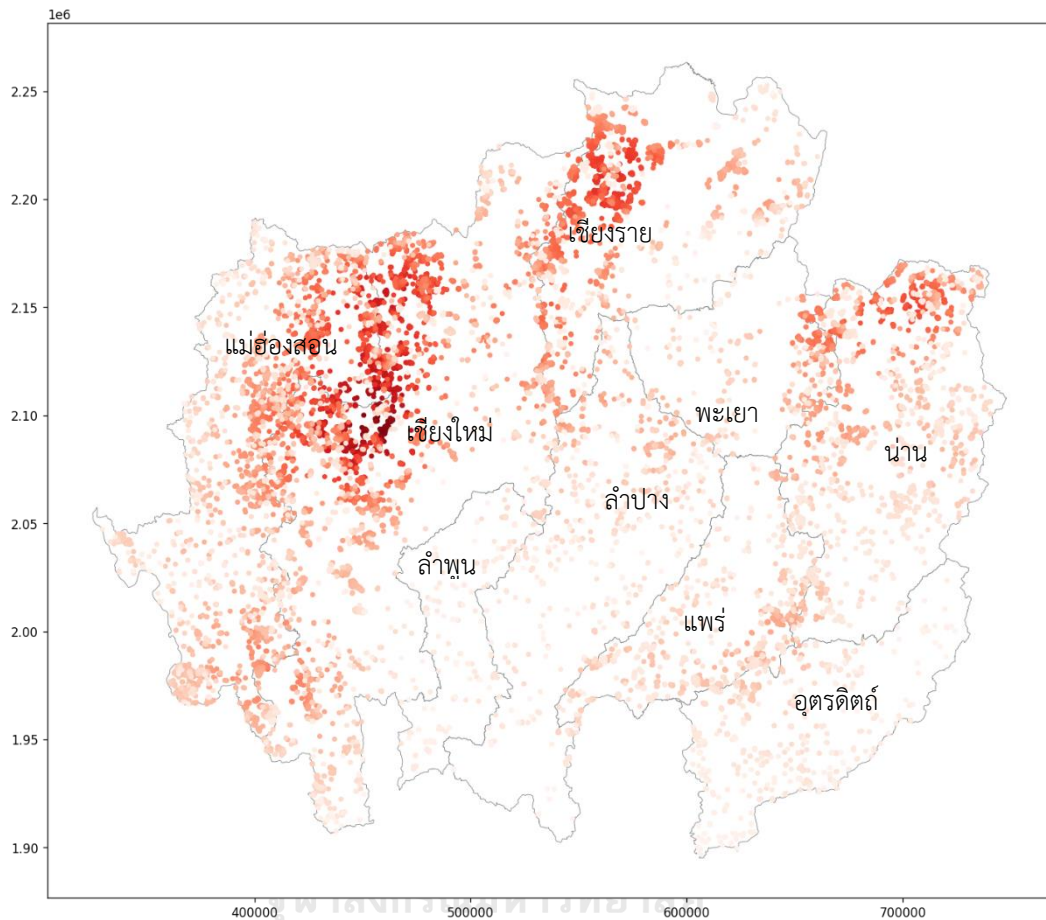
รูปที่ 61 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติ ในช่วงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 29 กุมภาพันธ์ ปีพุทธศักราช 2563

4.3.2.4 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติในพิกัดค่าพิกัด UTM Zone 47N ในช่วงวันที่ 1 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 31 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ดังรูปที่ 62



รูปที่ 62 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติ ในช่วงวันที่ 1 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 31 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563

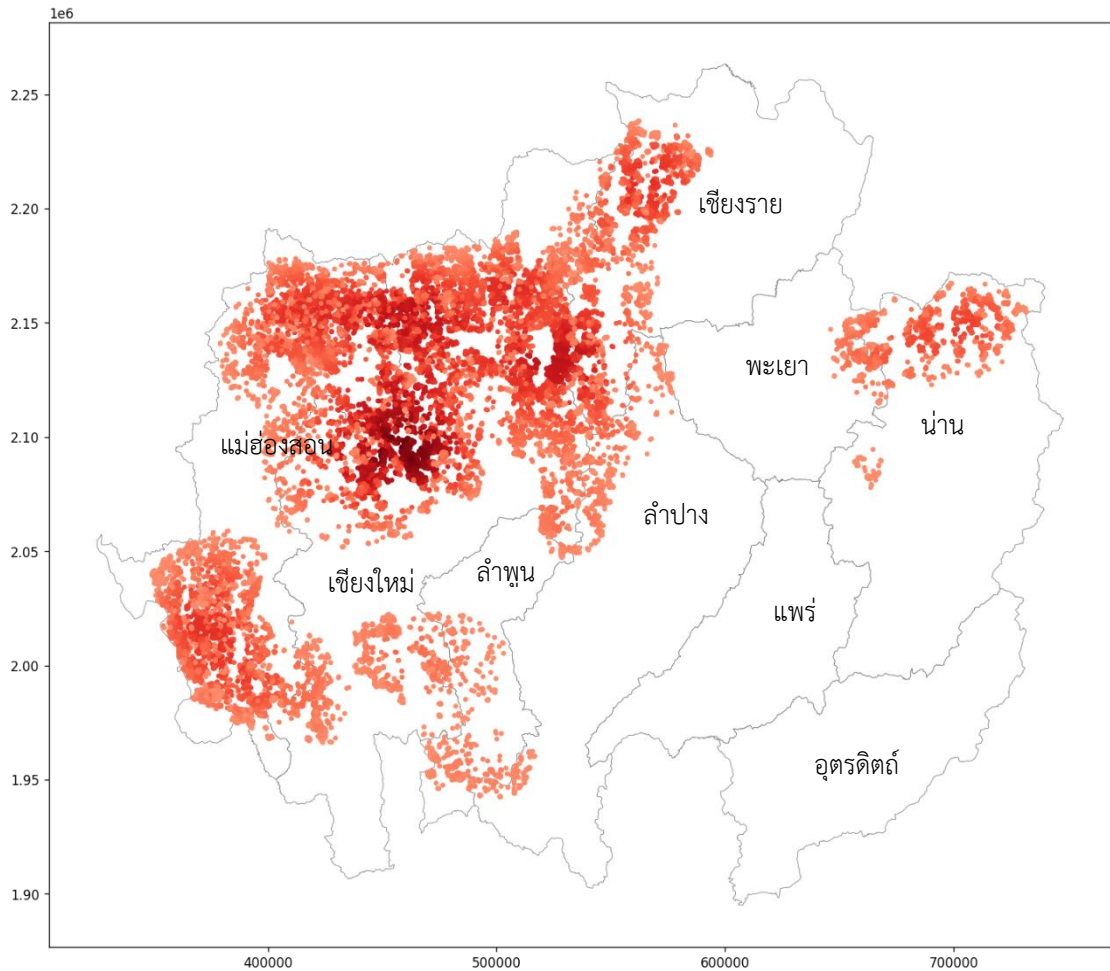
4.3.2.5 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติในพิกัดค่าพิกัด UTM Zone 47N ในช่วงวันที่ 1 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ดังรูปที่ 64



รูปที่ 63 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติ ในช่วงวันที่ 1 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563

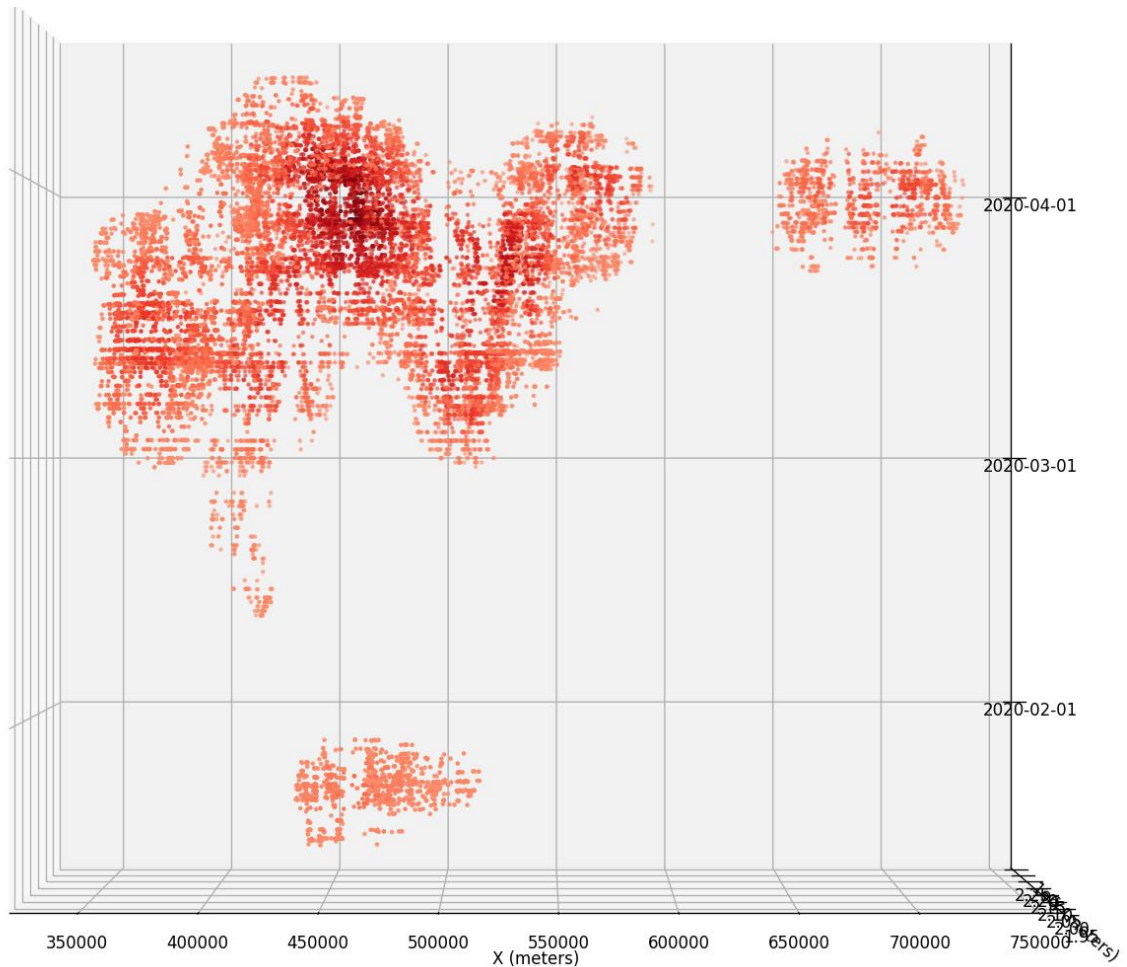
สำหรับการพิจารณาในส่วนของบริเวณที่มีกลุ่มความร้อนหนาแน่นมากที่สุดในแต่ละบริเวณนั้น ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการกำหนดค่าความหนาแน่นของข้อมูลให้อยู่ที่ 0.8 ควบไทล์ โดยผลที่ได้จะเน้นบริเวณที่มีกลุ่มความร้อนหนาแน่นสำหรับการวิเคราะห์พิกัดบริเวณที่มีแนวโน้มจะเกิดเพลิงไหม้ได้ในลำดับถัดไป

4.3.3 ผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้ stats.gaussian_kde algorithm ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติในพิกัดค่าพิกัด UTM Zone 47N โดยกำหนดค่าความหนาแน่นของข้อมูลให้อยู่ที่ 0.8 ควอไทล์ สำหรับการพิจารณาในส่วนของบริเวณที่มีกลุ่มความร้อนหนาแน่นมากที่สุดของในแต่ละบริเวณ ดังรูปที่ 64 ต่อไปนี้

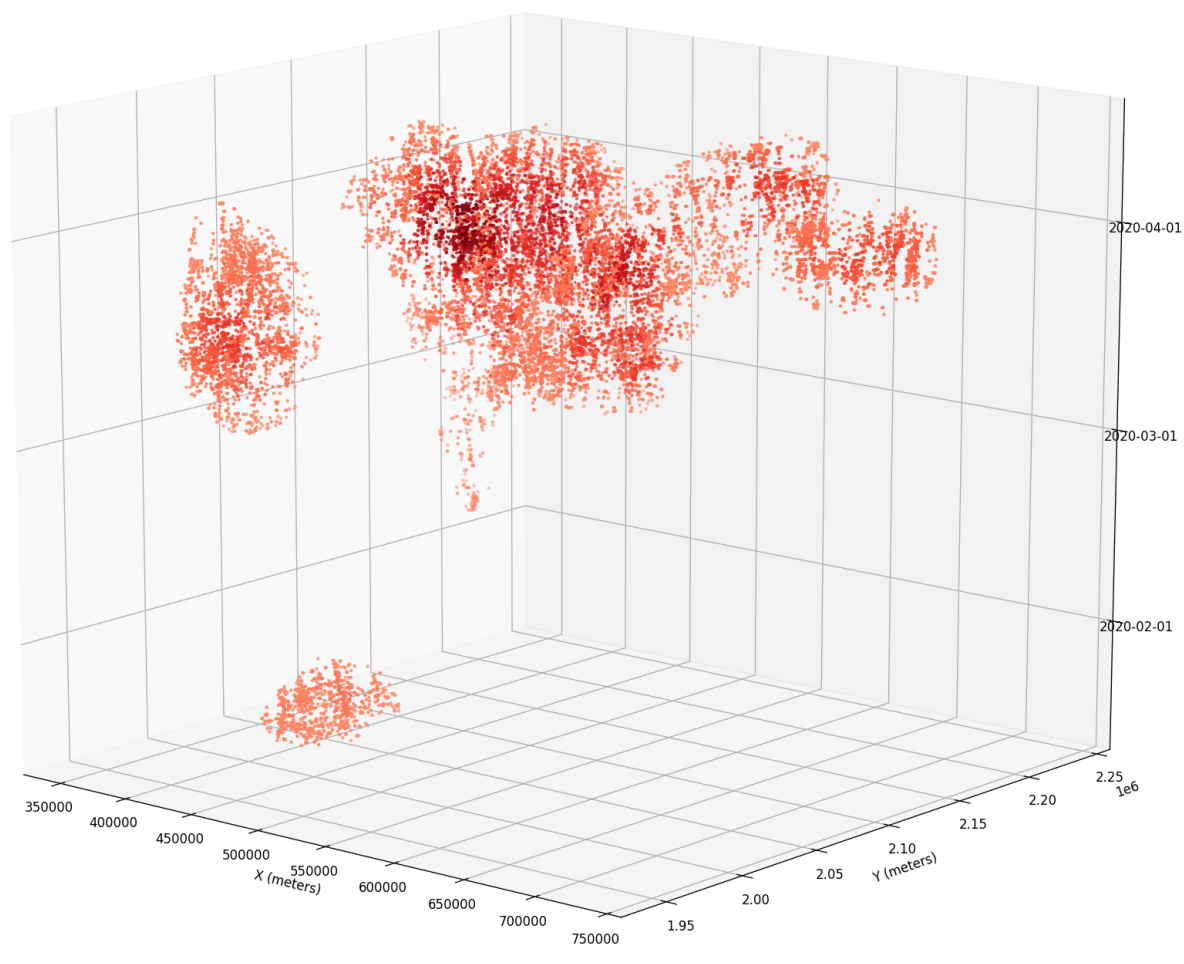


รูปที่ 64 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสองมิติ โดยกำหนดค่าความหนาแน่นของข้อมูลให้อยู่ที่ 0.8 ควอไทล์

4.3.4 ผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้ stats.gaussian_kde algorithm ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในรูปแบบของภาพสามมิติในพิกัดค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา โดยกำหนดค่าความหนาแน่นของข้อมูลให้อยู่ที่ 0.8 ควอไทล์ สำหรับการพิจารณาในส่วน
ของบริเวณที่มีกลุ่มความร้อนหนาแน่นมากที่สุดในแต่ละบริเวณ โดยแสดงในส่วนของมุมมอง
ด้านบนในรูปที่ 65 และมุมมองโดยรอบในรูปที่ 66 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 65 แสดงมุมมองทางด้านบนของผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนในรูปแบบของภาพสามมิติ โดยกำหนดค่าความหนาแน่นของข้อมูลให้อยู่ที่ 0.8 ควอไทล์

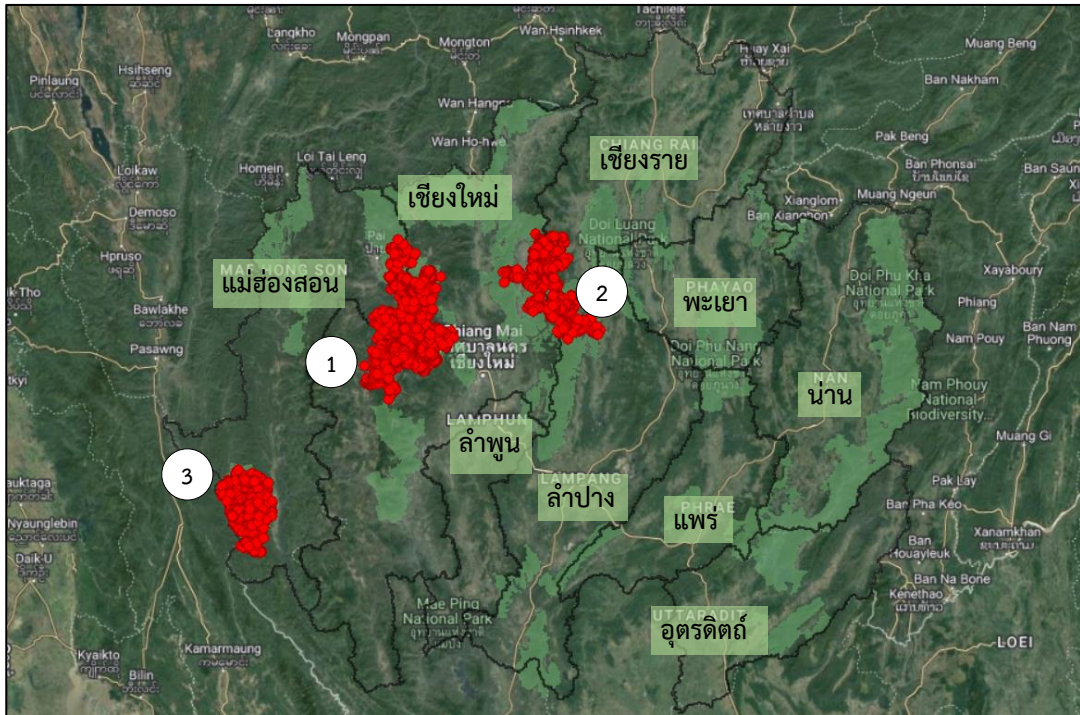


รูปที่ 66 แสดงมุมมองโดยรอบของผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนในรูปแบบของภาพสามมิติ โดยกำหนดค่าความหนาแน่นของข้อมูลให้อยู่ที่ 0.8 คิวไฮล์

4.4 ผลการวิเคราะห์ทิศทางการเคลื่อนที่และขนาดของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนจากการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN

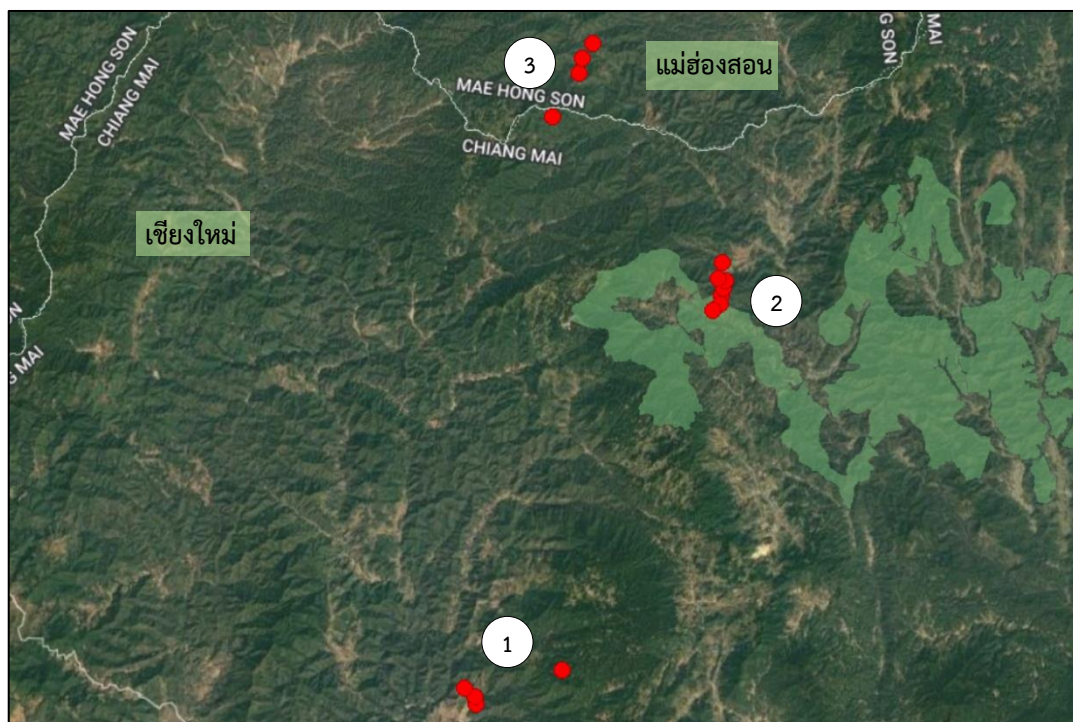
จากผลการประมวลข้อมูลจุดความร้อนที่ได้จากระบบเซนเซอร์ VIIRS บนดาวเทียม Suomi-NPP บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ในช่วงเวลาวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึง 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 โดยใช้ DBSCAN library ซึ่งประกอบไปด้วยค่าพารามิเตอร์ Minpts = 11 และ ค่า Epsilon = 0.013 นั้น สามารถจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนได้ทั้งหมด 959 กลุ่ม โดยค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอตมีค่าเท่ากับ -0.15797 ซึ่งผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่ได้นั้น ทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่มีปริมาณมากที่สุดสามลำดับแรกมาวิเคราะห์ทิศทางการลุกลามของไฟฟ้าและทำการประเมินขนาดพื้นที่ที่เกิดไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา

โดยทางผู้วิจัยทำการนำกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่มีจำนวนจุดความร้อนปริมาณมากที่สุดที่สามารถบ่งชี้ได้ชัดในแต่ละช่วงเวลาทั้งหมดสามอันดับมาแสดงผลในรูปแบบสองมิติ โดยใช้โปรแกรม ArcGIS ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังรูปที่ 67 โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มที่มีจำนวนจุดความร้อนมากเป็นอันดับหนึ่งนั่นคือกลุ่มที่ 623 (1) ซึ่งพบจำนวนจุดความร้อนทั้งหมด 1,914 จุด จากนั้นเป็นกลุ่มที่ 556 (2) ซึ่งมีจำนวนข้อมูลจุดความร้อนรองมาเป็นอันดับสองโดยพบจำนวนจุดความร้อนทั้งหมด 1,024 จุด และกลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มที่ 401 (3) ซึ่งพบจำนวนจุดความร้อนทั้งหมด 677 จุด ตามลำดับดังต่อไปนี้



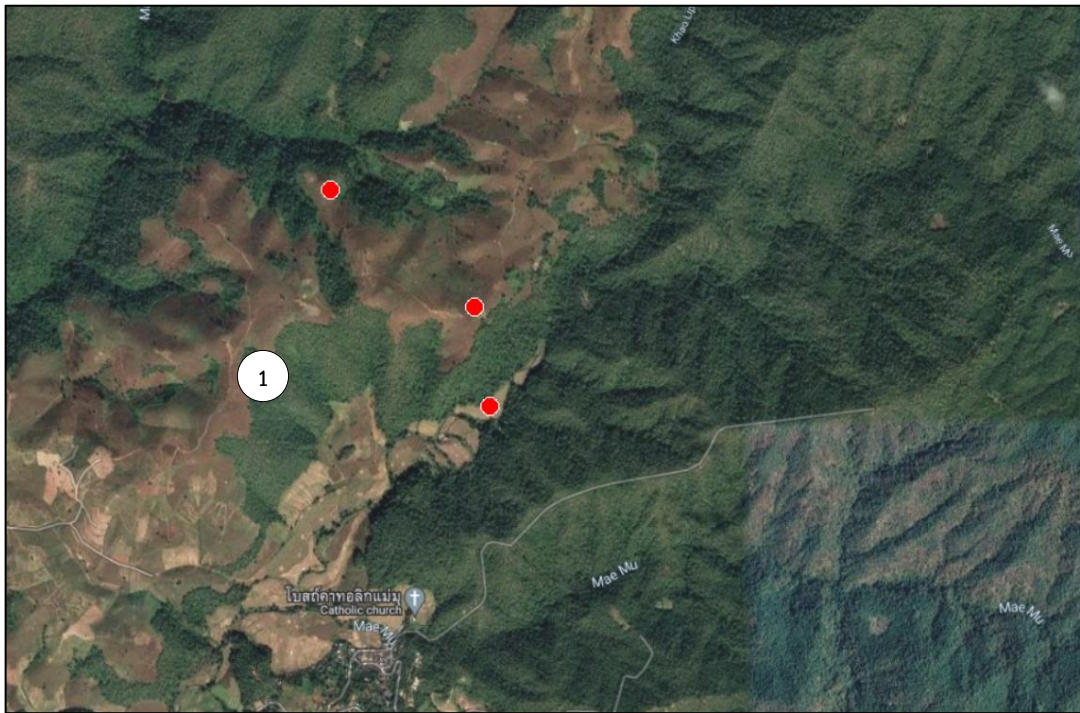
รูปที่ 67 แสดงผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดทั้งหมดสามอันดับ โดยอันดับหนึ่งคือกลุ่มที่ 623 (1) อันดับสองคือกลุ่มที่ 556 (2) และอันดับสามคือกลุ่มที่ 401 (3)

โดยจะเริ่มจากกลุ่มข้อมูลที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งคือกลุ่มที่ 623 ซึ่งพบข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 1,914 จุด และเมื่อพิจารณาผลการคำนวณที่ได้นั้นพบว่าจุดเริ่มต้นของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่มเริ่มต้นตั้งแต่วันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งบริเวณพื้นที่ที่เริ่มปรากฏข้อมูลจุดความร้อนมีทั้งหมด 3 ตำแหน่ง พิจารณาจากรูปที่ 68 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 68 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อนในวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563
(วันแรกของกลุ่มข้อมูลชุดความร้อนของกลุ่ม 623)

ซึ่งจากรูปที่ 68 นั้น ตำแหน่งแรกที่จะนำมาวิเคราะห์ข้อมูลคือพื้นที่บริเวณตำบลแม่มุ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ (1) ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 69 ซึ่งแสดงรายละเอียดของพื้นที่บริเวณนั้น พบว่าเป็นบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่การเกษตรของประชากรในพื้นที่ อีกทั้งยังใกล้เคียงกับบริเวณที่อยู่อาศัยในบริเวณนั้นอีกด้วย ส่วนตำแหน่งที่สองจะเป็นบริเวณพื้นที่ตำบลบ่อแก้ว อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ (2) ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 70 ซึ่งแสดงรายละเอียดของพื้นที่บริเวณนั้น พบว่าเป็นบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่การเกษตรของประชากรในพื้นที่อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และพื้นที่ป่าบางส่วนของบริเวณอุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และตำแหน่งที่สามที่พบจุดเริ่มต้นของข้อมูลจุดความร้อนซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 71 พบว่าเป็นบริเวณจะเป็นพื้นที่ป่าไม้บริเวณตำบลโป่งสา อำเภอลำปาง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (3)



รูปที่ 69 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อนบริเวณตำบลแม่มู อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ในวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของกลุ่มข้อมูลชุดความร้อนของกลุ่ม 623)

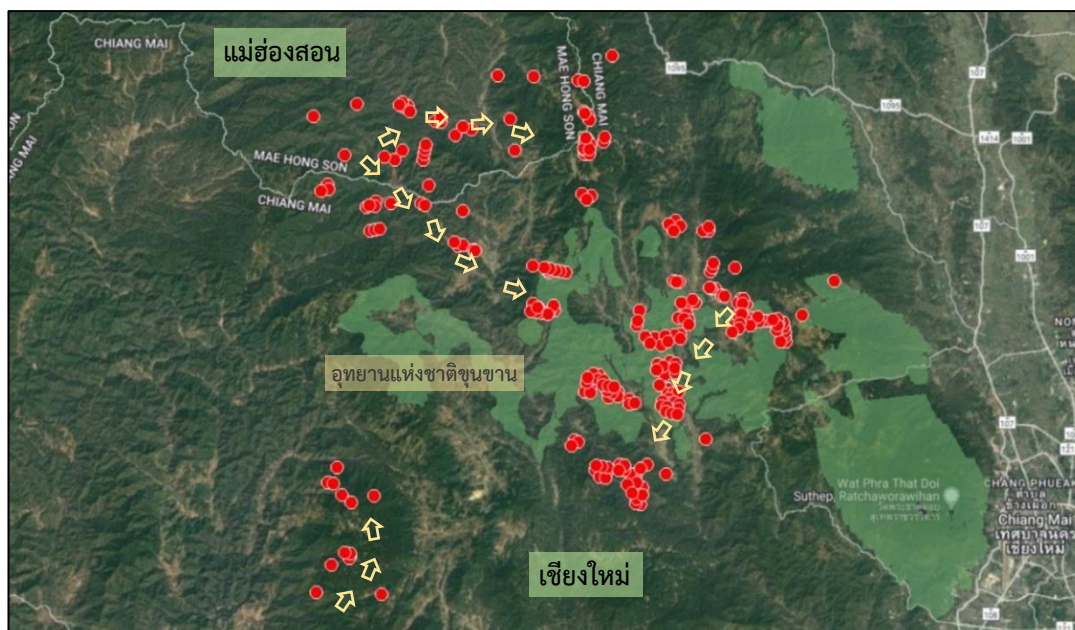


รูปที่ 70 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อนบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่การเกษตรของประชากรในพื้นที่ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และพื้นที่ป่าบางส่วนของบริเวณอุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ในวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของกลุ่มข้อมูลชุดความร้อนของกลุ่ม 623)



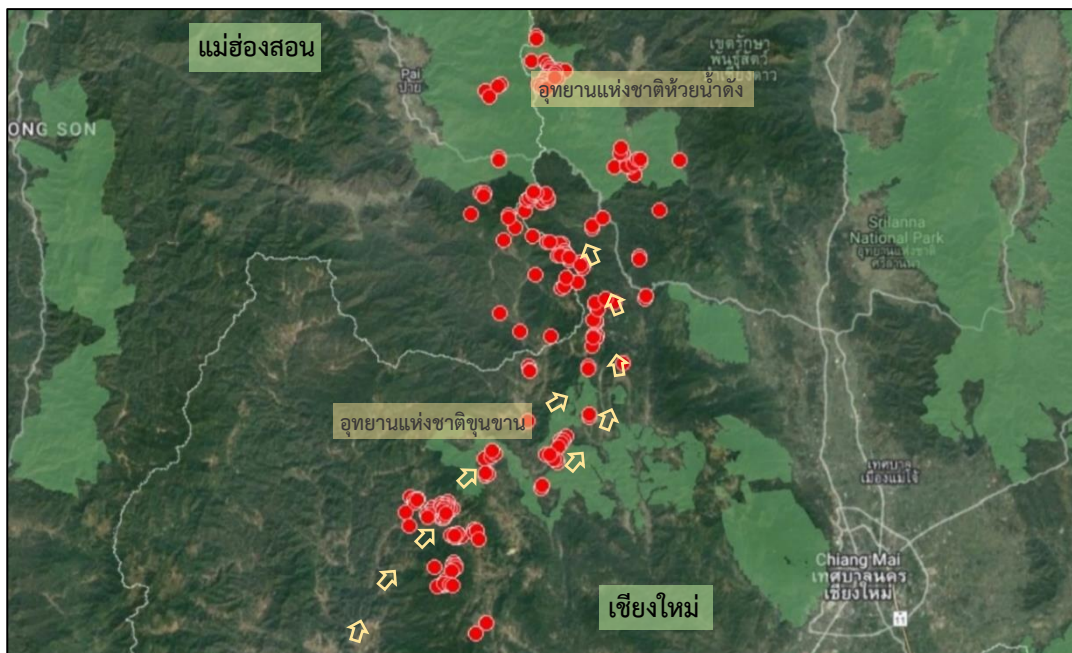
รูปที่ 71 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อนบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าไม้บริเวณตำบลโป่งสา อำเภอลำปาง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่ม 623)

จากนั้นได้พบจุดความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นดังตารางที่ 12 และพบว่าวันที่ 27 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 เป็นวันที่พบจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดถึง 248 จุด ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 72 ที่แสดงให้เห็นถึงข้อมูลจุดความร้อนที่กระจายเป็นบริเวณกว้างมากขึ้นจากบริเวณตำบลโป่งสา อำเภอลำปาง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ไปยังพื้นที่อุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และจะเห็นว่าจุดความร้อนที่อยู่บนพื้นที่บริเวณตำบลแม่มู อำเภอมะแมง จังหวัดเชียงใหม่ ได้มีทิศทางการเคลื่อนที่ไปยังบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่อีกด้วย



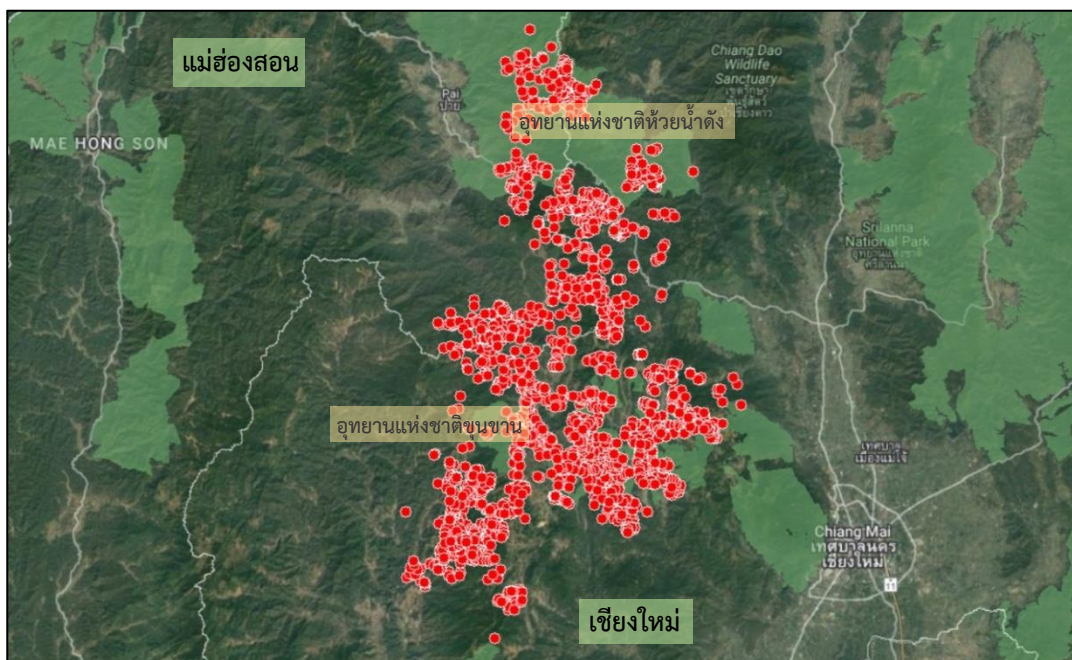
รูปที่ 72 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อน และทิศทางการเคลื่อนที่ของจุดความร้อน
ในวันที่ 27 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันที่พบข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่ม 623)

ในทางเดียวกันเมื่อพิจารณาในส่วนของช่วงเวลาถัดไปคือวันที่ 2 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งเป็นวันที่พบจำนวนจุดความร้อนเป็นจำนวนมากในปริมาณถึง 201 จุด ซึ่งเป็นปริมาณมากเช่นเดียวกันนั้น จากที่แสดงในรูปที่ 73 พบว่าจุดความร้อนบริเวณอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ได้เคลื่อนที่มายังบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และในทางเดียวกันจุดความร้อนที่เริ่มพบในบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ได้มีปริมาณลดลง และจุดความร้อนบางส่วนยังเคลื่อนที่ไปยังอำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ไปยังอุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่อีกด้วย และเมื่อพิจารณาต่อเนื่องในรูปที่ 74 ปริมาณจุดความร้อนได้ลดลงอย่างไปจนถึงวันที่ 14 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายในการพบข้อมูลจุดความร้อนสำหรับข้อมูลกลุ่มนี้



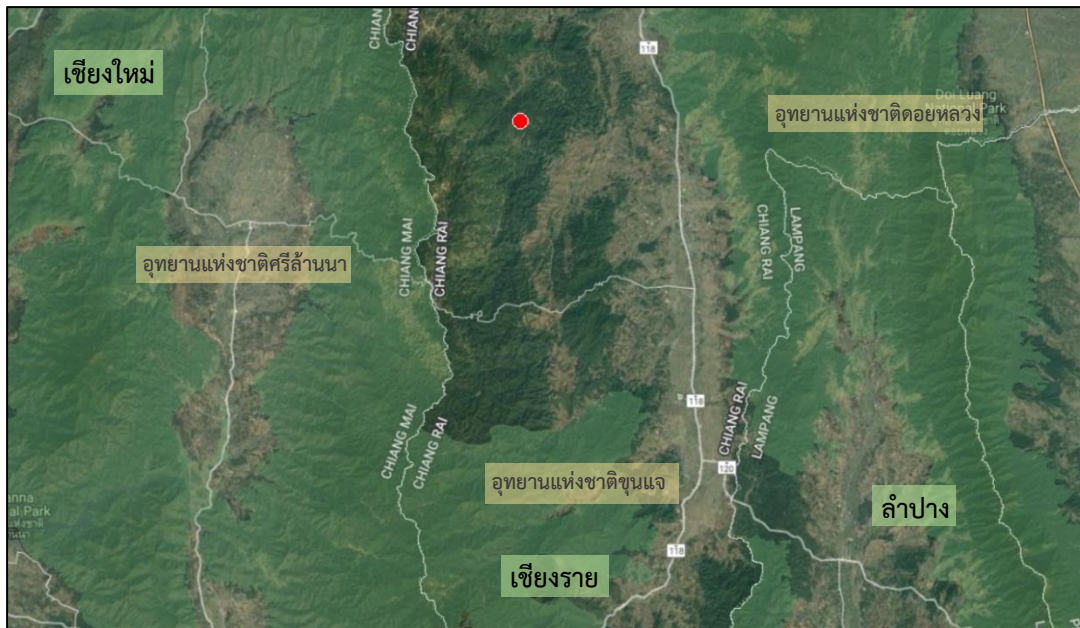
รูปที่ 73 แสดงบริเวณที่พบจุดความร้อน และทิศทางการเคลื่อนที่ของจุดความร้อน
ในวันที่ 2 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ของกลุ่ม 623

อย่างไรก็ตามหากพิจารณาข้อมูลจุดความร้อนจากวันแรกของข้อมูลกลุ่มความร้อนไปจนถึงวันสุดท้ายทั้งหมด 1,914 จุด และวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนที่จะพบว่าจุดความร้อนได้เริ่มต้นในวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 จากบริเวณพื้นที่บริเวณอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่บางส่วนของบริเวณอุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน จากนั้นเคลื่อนที่ไปครอบคลุมบริเวณอุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และเปลี่ยนทิศทางไปจนถึงบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งวันสุดท้ายที่พบจำนวนจุดความร้อนของกลุ่มข้อมูลในวันที่ 14 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งจุดความร้อนสุดท้ายได้ปรากฏบริเวณพื้นที่ป่าไม้ใกล้เคียงกับบริเวณอุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 74 ดังนี้

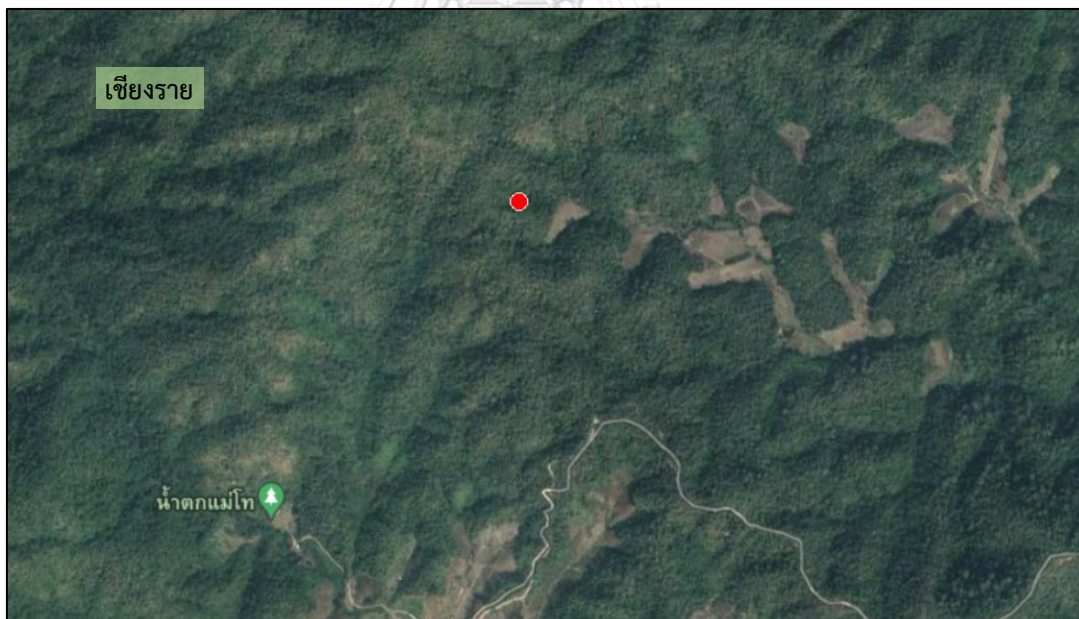


รูปที่ 74 แสดงข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมดที่พบตั้งแต่ วันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของการกลุ่ม 623) ไปจนถึงวันที่ 14 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 (วันสุดท้ายของกลุ่ม 623)

ถัดมาเป็นกลุ่มความร้อนที่มีจำนวนจุดความร้อนสูงรองลงมาเป็นอันดับสองนั่นคือกลุ่มที่ 556 ซึ่งพบข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 1,024 จุด และพบว่าจุดเริ่มต้นของข้อมูลจุดความร้อนในวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 โดยบริเวณพื้นที่ที่เริ่มปรากฏข้อมูลจุดความร้อนแสดงดังรูปที่ 75 พบบริเวณพื้นที่ป่าไม้ที่อยู่ระหว่างอุทยานแห่งชาติดอยหลวง อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย อุทยานแห่งชาติศรีล้านนา อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และอุทยานแห่งชาติขุนแจ บริเวณอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย โดยเมื่อพิจารณาบริเวณที่พบจุดความร้อนโดยละเอียดดังรูปที่ 76 พบว่าจุดความร้อนเริ่มต้นในพื้นที่ป่าไม้บริเวณตำบลสันสลี อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

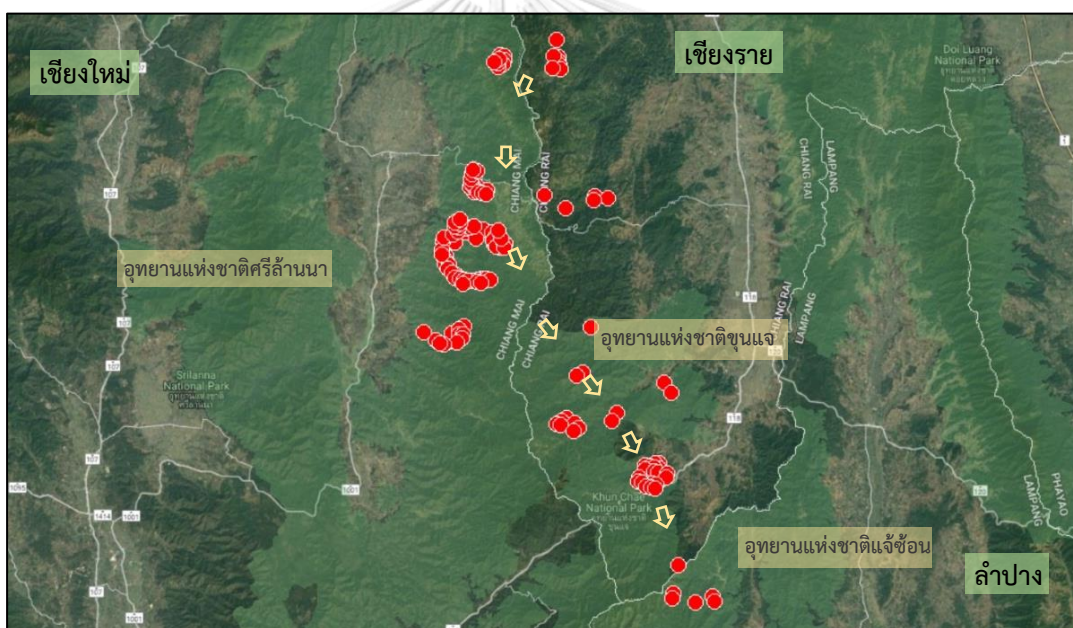


รูปที่ 75 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อนในวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563
(วันแรกของกลุ่มข้อมูลชุดความร้อนของกลุ่ม 556)

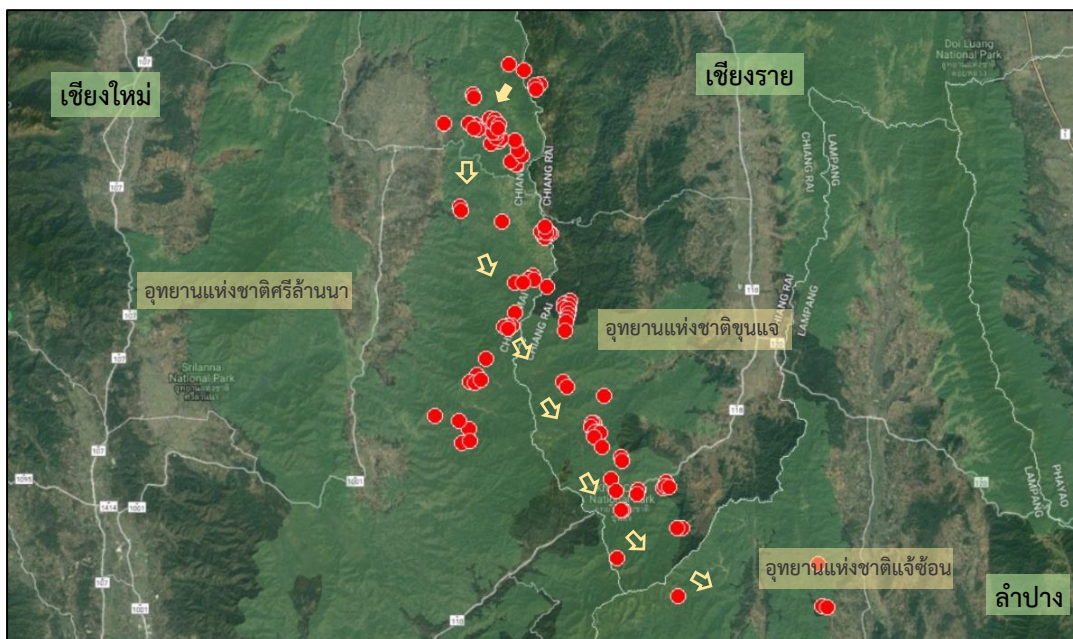


รูปที่ 76 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อนบริเวณพื้นที่ป่าไม้บริเวณตำบลสันสลี อำเภอเวียงป่าเป้า
จังหวัดเชียงราย ในวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563
(วันแรกของกลุ่มข้อมูลชุดความร้อนของกลุ่ม 556)

จากนั้นได้พบจุดความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นดังตารางที่ 12 และพบว่าวันที่ 22 มีนาคม ปี พุทธศักราช 2563 เป็นวันที่พบจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดถึง 139 จุด ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 77 ที่แสดงให้เห็นถึงข้อมูลจุดความร้อนที่กระจายตัวและเปลี่ยนทิศทางจากพื้นที่ป่าไม้บริเวณตำบลสันสาลี อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ไปยังพื้นที่อุทยานแห่งชาติขุนแจ บริเวณอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย และในอีกบริเวณคือเคลื่อนที่ไปยังทางพื้นที่อุทยานแห่งชาติขุนแจ บริเวณอำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ อีกทั้งยังพบบริเวณที่เป็นจุดเริ่มต้นของข้อมูลจุดความร้อนเพิ่มเติม นั่นคือพื้นที่ บริเวณอุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง และกระจายตัวอย่างเห็นได้ชัดในจากรูปที่ 78 ซึ่งเป็นวันที่ 27 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งเป็นวันที่พบจุดความร้อนเป็นจำนวนมากถึง 101 จุด ต่อเนื่องไปจนถึงวันที่ 5 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการพบข้อมูลจุดความร้อนของกลุ่ม

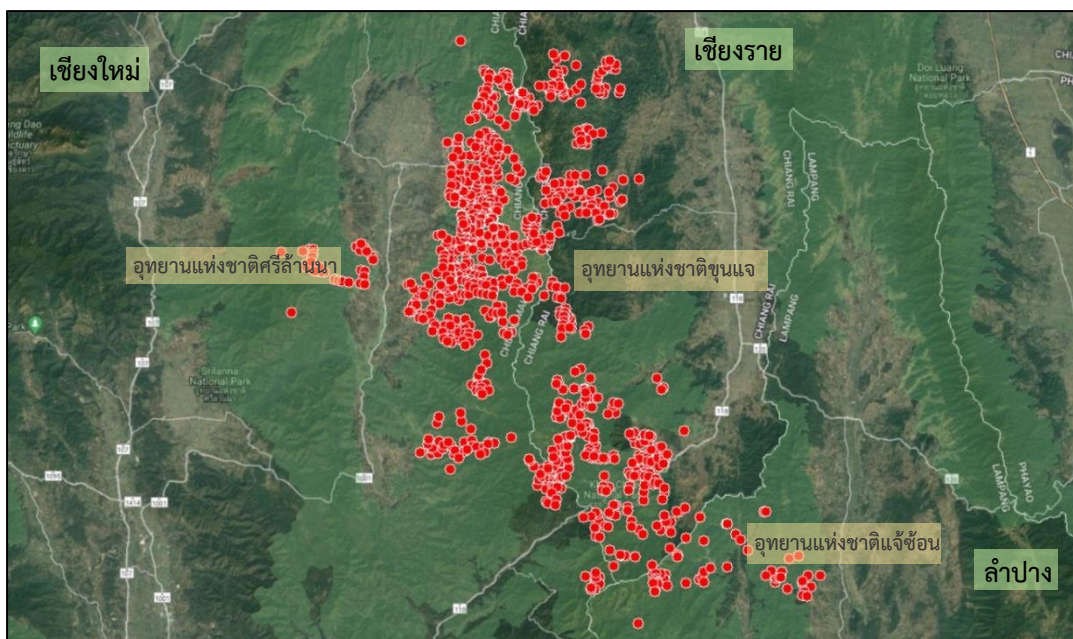


รูปที่ 77 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อน และทิศทางการเคลื่อนที่ของจุดความร้อน ในวันที่ 22 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันที่พบข้อมูลจุดความร้อนมากที่สุดของกลุ่ม 556)



รูปที่ 78 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อน และทิศทางการเคลื่อนที่ของจุดความร้อน
ในวันที่ 27 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ของกลุ่ม 556

ซึ่งเมื่อพิจารณาข้อมูลจุดความร้อนตั้งแต่วันที่แรกของข้อมูลกลุ่มความร้อนไปจนถึงวันสุดท้ายทั้งหมด 1,024 จุด และวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนที่จะพบว่าจุดความร้อนได้เริ่มต้นในวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 จากบริเวณพื้นที่ที่ล้อมรอบไปด้วยป่าบริเวณตำบลสันสลี อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย จากนั้นเคลื่อนที่ไปบริเวณพื้นที่ป่าส่วนใหญ่ของอุทยานแห่งชาติขุนแจ อำเภอเวียงป่าเป้า และพื้นที่ป่าบางส่วนของอุทยานแห่งชาติขุนแจ อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่อุทยานที่ล้อมรอบไปด้วยพื้นที่อยู่อาศัยของประชากรในพื้นที่อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ และยังพบจุดความร้อนเล็กน้อยบริเวณพื้นที่ป่าบางส่วนของบริเวณอุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปางเช่นเดียวกัน จากนั้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งวันสุดท้ายที่พบจำนวนจุดความร้อนของกลุ่มข้อมูลในวันที่ 5 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งจุดความร้อนสุดท้ายได้ปรากฏพื้นที่ป่าไม้ของอุทยานแห่งชาติขุนแจ บริเวณอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย และพื้นที่อุทยานแห่งชาติขุนแจ บริเวณอำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 79 ดังนี้



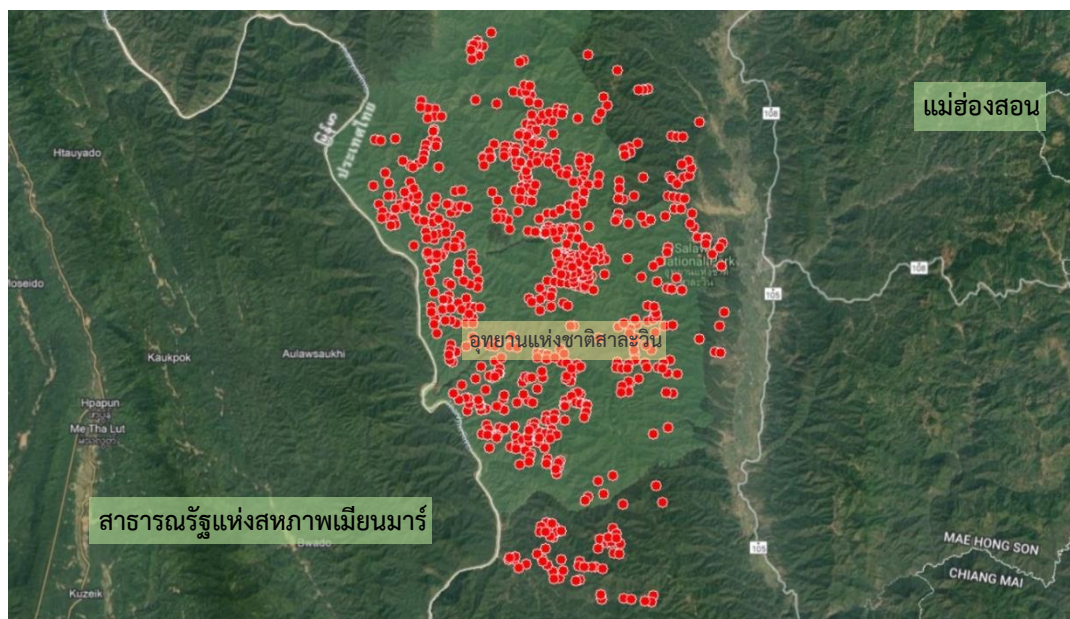
รูปที่ 79 แสดงข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมดที่พบตั้งแต่ วันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของกลุ่ม 556) ไปจนถึงวันที่ 05 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 (วันสุดท้ายของกลุ่ม 556)

และสุดท้ายเป็นกลุ่มความร้อนที่มีจำนวนจุดความร้อนสูงมาเป็นอันดับสามคือกลุ่มที่ 401 ซึ่งพบข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 677 จุด ซึ่งพบจุดเริ่มต้นของข้อมูลจุดความร้อนในวันที่ 6 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 โดยบริเวณพื้นที่ที่เริ่มปรากฏข้อมูลจุดความร้อนแสดงดังรูปที่ 80 พบบริเวณอุทยานแห่งชาติสาละวิน บริเวณตำบลแม่ยม อำเภอมะเข่เรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยเมื่อพิจารณาบริเวณที่พบจุดความร้อนโดยละเอียดดังรูปที่ 81 พบว่าจุดความร้อนเริ่มต้นในพื้นที่ป่าบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าบริเวณชายแดนประเทศไทย-สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์



รูปที่ 80 แสดงพื้นที่ที่ปรากฏจุดความร้อนในวันที่ 6 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563
(วันแรกของกลุ่มข้อมูลชุดความร้อนของกลุ่ม 401)

ซึ่งการพิจารณาข้อมูลจุดความร้อนตั้งแต่วันแรกของข้อมูลกลุ่มความร้อนไปจนถึงวันสุดท้ายทั้งหมด 677 จุด และวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนที่จะพบว่าจุดความร้อนนั้นได้เริ่มต้นในวันที่ 6 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 จากบริเวณพื้นที่ป่าในอุทยานแห่งชาติสาละวิน อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน จากนั้นพบว่าจุดความร้อนได้กระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดและพื้นที่ใกล้เคียงบริเวณอุทยานแห่งชาติสาละวิน อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน และจุดความร้อนยังเคลื่อนที่ไปบริเวณพื้นที่ป่าไม้ในตำบลสบเมย อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน และต่อมาลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งวันสุดท้ายที่พบจำนวนจุดความร้อนของกลุ่มข้อมูลในวันที่ 24 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งจุดความร้อนสุดท้ายยังคงปรากฏอยู่บริเวณนั้นยังคงอยู่บริเวณพื้นที่ป่าของอุทยานแห่งชาติสาละวิน อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอนเช่นเดิม ดังแสดงในรูปที่ 81 ดังนี้



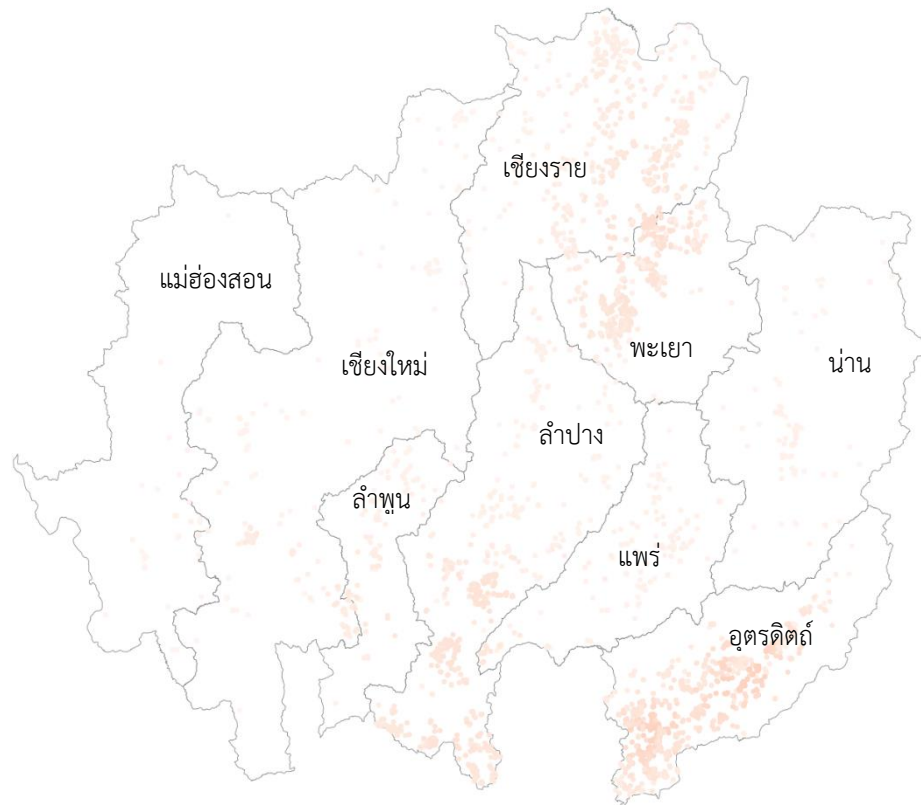
รูปที่ 81 แสดงข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมดที่พบตั้งแต่วันที่ 6 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันแรกของกลุ่ม 401) ไปจนถึงวันที่ 24 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 (วันสุดท้ายของกลุ่ม 401)

4.5 ผลการวิเคราะห์ทิศทาง การเคลื่อนที่ และขนาดของกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนจากการใช้เทคนิค การคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE

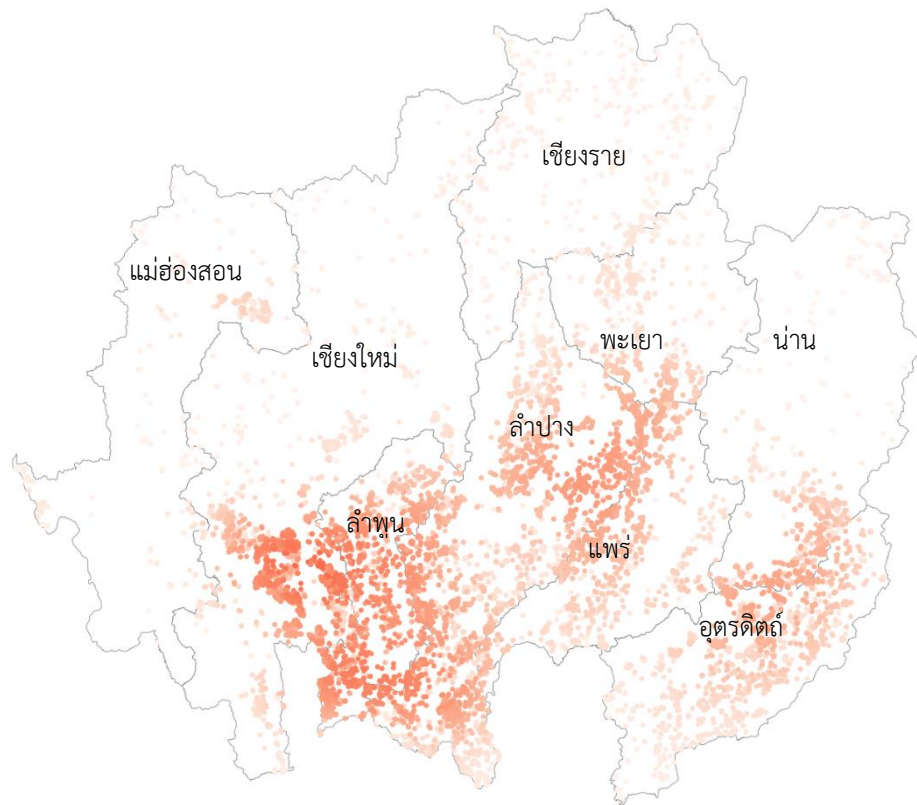
จากผลการประมวลข้อมูลจุดความร้อนที่ได้จากระบบเซนเซอร์ VIIRS บนดาวเทียม Suomi-NPP บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ในช่วงเวลาวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึง 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 โดยใช้ stats.gaussian_kde algorithm ในการคำนวณนั้น โดยจะเห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้สามารถแสดงให้เห็นถึงความหนาแน่นของข้อมูลจุดความร้อนในรูปแบบของความสว่างของสี ซึ่งบริเวณที่มีความหนาแน่นมากจะแสดงสีเข้มและในบริเวณที่มีความหนาแน่นน้อยจะแสดงสีอ่อน และสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียดมากยิ่งขึ้น ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ความหนาแน่นของข้อมูลจุดความร้อนโดยแบ่งเป็นการพิจารณาในแต่ละเดือน

โดยจะเริ่มต้นจากในช่วงเดือนธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ดังรูปที่ 82 จะเห็นว่าบริเวณความหนาแน่นของกลุ่มความร้อนได้เริ่มก่อตัวบริเวณทางตอนใต้ของจังหวัดลำปางบริเวณตอนใต้ของจังหวัดอุตรดิตถ์ บริเวณตอนเหนือของจังหวัดพะเยาไปจนถึงจังหวัดเชียงราย จากนั้นเมื่อพิจารณาไปยังรูปที่ 83 ซึ่งเป็นช่วงเดือนมกราคม ปีพุทธศักราช 2563 จะพบว่าทิศทางของความหนาแน่นของข้อมูลจุดความร้อนบริเวณตอนใต้ของจังหวัดลำปางได้เคลื่อนที่ไปยังตอนใต้ของจังหวัดเชียงใหม่และ

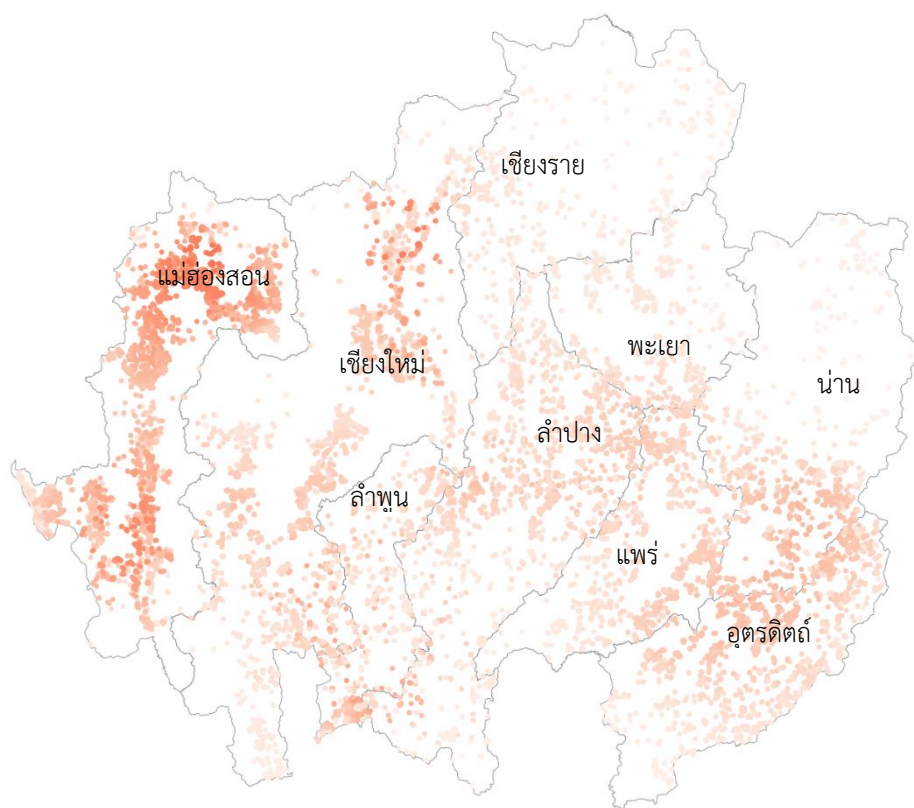
ทางตอนใต้ของจังหวัดพะเยา อีกทั้งยังเคลื่อนที่ครอบคลุมบริเวณจังหวัดลำพูนและจังหวัดลำปาง และ ยังพบว่าความหนาแน่นของข้อมูลจุดความร้อนได้เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน จากนั้นเมื่อพิจารณา ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ปีพุทธศักราช 2563 จะพบว่าบริเวณที่พบความหนาแน่นของข้อมูลจุดความร้อนในต้นเดือนธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ไปจนถึงปลายเดือนมกราคม ปีพุทธศักราช 2563 ได้ ลดลง แต่ในทางกลับกันจะเห็นว่าได้พบบริเวณที่มีความหนาแน่นของจุดความร้อนค่อนข้างสูงใน บริเวณชายแดนประเทศไทย-สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์และครอบคลุมในส่วนของจังหวัด แม่ฮ่องสอนเป็นบริเวณกว้าง และได้พบเพิ่มเติมในบริเวณตอนเหนือของจังหวัดเชียงใหม่อีกด้วย ดัง รูปที่ 84 ซึ่งเมื่อพิจารณาช่วงเวลาถัดไปนั้นคือช่วงเดือนมีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 จากรูปที่ 85 จะ พบว่าช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลา que แสดงให้เห็นถึงช่วงที่ข้อมูลจุดความร้อนมีความหนาแน่นของมากที่สุด และสามารถบ่งชี้ถึงบริเวณที่มีความหนาแน่นของข้อมูลมากที่สุดจากข้อมูลจุดความร้อนที่ได้รับมา ทั้งหมดอีกด้วย โดยจะพบว่าบริเวณที่มีความหนาแน่นของข้อมูลสูงบริเวณแรก que เห็นได้ชัดคือ บริเวณ อำเภอมืองเชียงใหม่ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณอำเภอบาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน อำเภอ เวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงรายและอำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย และบริเวณอำเภอ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน เป็นต้น ซึ่งพอ ไปถึงช่วงสุดท้ายคือในช่วงในช่วงเดือนเมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ความหนาแน่นของจุดความร้อน ลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ยังคงมีบางส่วนในบริเวณอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอเมือง เชียงราย จังหวัดเชียงราย ที่ยังคงพบความหนาแน่นของจุดความร้อนอยู่ ดังรูปที่ 86



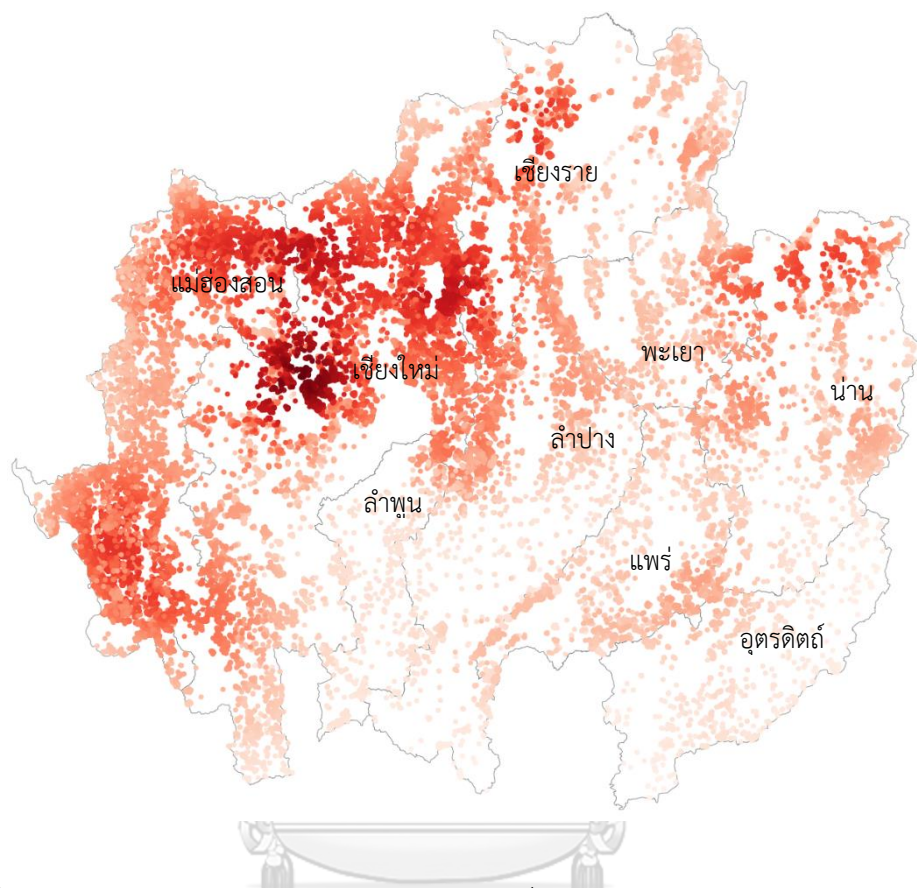
รูปที่ 82 แสดงพื้นที่ที่พบความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลบริเวณบริเวณทางตอนใต้ของจังหวัดลำปาง บริเวณตอนใต้ของจังหวัดอุตรดิตถ์ และบริเวณตอนเหนือของจังหวัดพะเยาไปจนถึงจังหวัดเชียงราย ในช่วงวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562



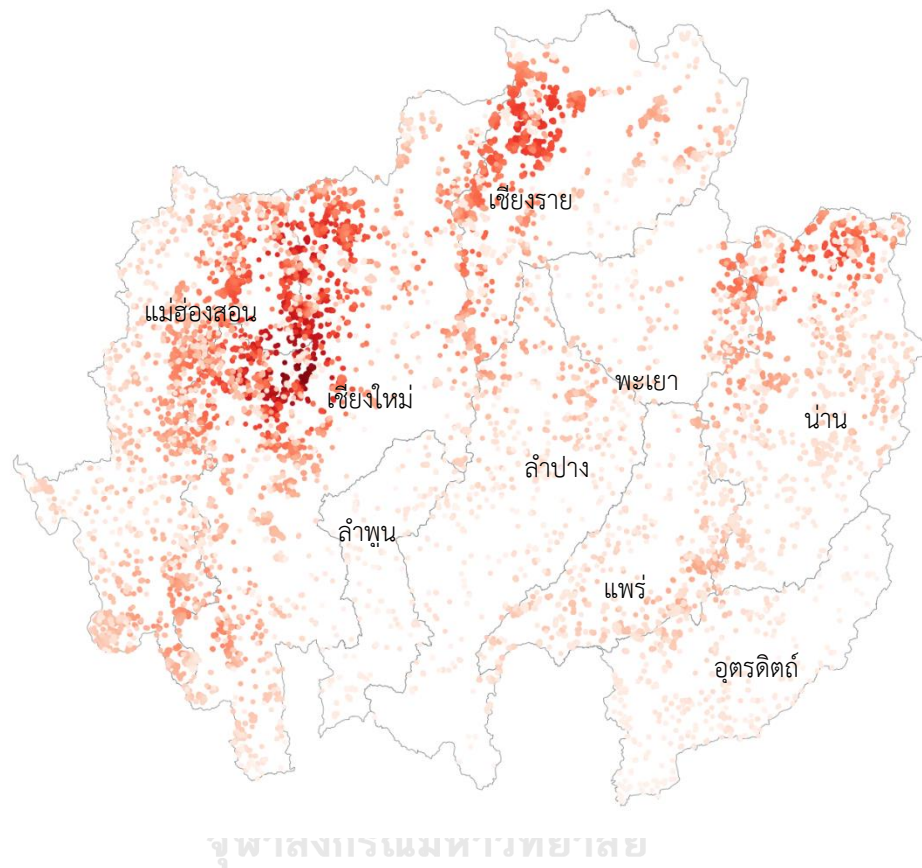
รูปที่ 83 แสดงพื้นที่ที่พบความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลบริเวณทางตอนใต้ของจังหวัดเชียงใหม่ และทางตอนใต้ของจังหวัดพะเยา และครอบคลุมบริเวณจังหวัดลำพูนและจังหวัดลำปาง ในช่วงวันที่ 1 มกราคม ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 31 มกราคม ปีพุทธศักราช 2563



รูปที่ 84 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลบริเวณชายแดนประเทศไทย-สาธารณรัฐแห่งสหภาพ
เมียนมาร์และครอบคลุมในส่วนของจังหวัดแม่ฮ่องสอนเป็นบริเวณกว้าง
และบริเวณตอนเหนือของจังหวัดเชียงใหม่
ในช่วงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 29 กุมภาพันธ์ ปีพุทธศักราช 2563

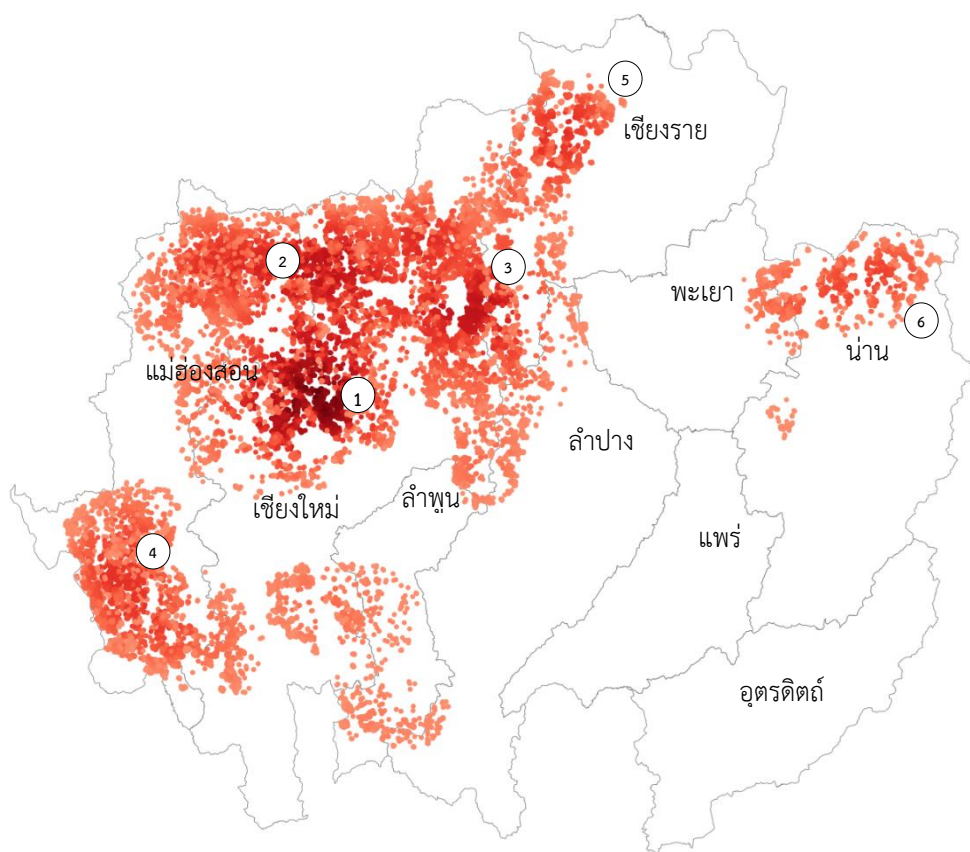


รูปที่ 85 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลบริเวณที่มีความหนาแน่นของข้อมูลในบริเวณอำเภอเมืองเชียงใหม่และอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่บริเวณอำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงรายและอำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย และบริเวณอำเภอ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน ในช่วงวันที่ 1 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 31 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563



รูปที่ 86 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลในในบริเวณอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่
และอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย
ในช่วงวันที่ 1 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563

และในส่วนของการแสดงให้เห็นแต่ละบริเวณที่มีความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลสูงตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึงวันที่ 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 จึงกำหนดค่าความหนาแน่นของข้อมูลให้อยู่ที่ 0.8 ควอไทล์ และทำการแสดงในรูปที่ 87 โดยจะพบว่ามึบริเวณพื้นที่ที่แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลค่อนข้างสูงทั้งหมด 7 บริเวณ โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นเด่นชัดที่สุดคือ อำเภอเมืองเชียงใหม่และอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่(1) รองลงมาเป็นบริเวณอำเภอบางปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน(2) อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงรายและอำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่(3) อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน(4) อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย(5) และบริเวณสุดท้ายคือบริเวณอำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน(6) ซึ่งช่วงเวลาที่ความหนาแน่นของจุดความร้อนที่พบมากที่สุดจะอยู่ในช่วงวันที่ 1 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ถึงวันที่ 31 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563



รูปที่ 87 แสดงความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูล

โดยกำหนดค่าความหนาแน่นของข้อมูลให้อยู่ที่ 0.8 ควอไทล์

ในช่วงวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึงวันที่ 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563

บทที่ 5

อภิปราย สรุปผล และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการอภิปรายผลการวิจัยในหัวข้อต่าง ๆ สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัย หรือเทคนิคที่ใช้ในการทำวิจัยที่สามารถนำไปใช้ต่อยอด และเป็นประโยชน์ในอนาคตต่อไป

5.1 อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษาทำให้สามารถอภิปรายผลการศึกษาได้ ดังนี้

5.1.1 อภิปรายผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อน โดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN

เนื่องจากในส่วนของเทคนิค DBSCAN เป็นเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องจักรแบบไม่มีผู้สอน หรือ Unsupervised Learning ซึ่งเป็นกลุ่ม algorithm ที่ไม่มีการ label หรือการสอนอย่างชัดเจน ว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดกลุ่มนั้นมีทั้งหมดกี่กลุ่ม ส่งผลให้การคัดเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับจัดกลุ่มข้อมูลโดยเฉพาะข้อมูลจุดความร้อนที่มีจำนวนมากและมีความซับซ้อนนั้น นอกเหนือจากการทดลองสุ่มค่าพารามิเตอร์และพิจารณาจำนวนกลุ่มที่ได้จากการคำนวณว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมหรือไม่ ทางในเชิงสถิติจะไม่สามารถกำหนดวิธีการเลือกที่แน่ชัดสำหรับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดทั้ง Minpts และ Epsilon ได้ ส่งผลให้ต้องหามาตรวัดที่เหมาะสมที่สุดเมื่อมีการพิจารณาการจัดกลุ่มข้อมูลที่มีข้อมูลแต่ละกลุ่มเกาะกลุ่มกัน เพื่อวัดความคล้ายคลึงหรือต่างกันของสมาชิกที่อยู่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสำหรับเทคนิคพื้นฐานที่นิยมใช้ในการพิจารณาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมสำหรับการจัดกลุ่ม คือ ค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอ็ต (Silhouette Coefficient) (Rousseeuw 1987) โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาเทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูล K-Means เพื่อหาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอ็ตในการเป็นมาตรวัดความเหมาะสมของกลุ่มข้อมูล (Thinsungnoena, Kaoungkub et al. 2015) อีกทั้งยังพบงานวิจัยที่ศึกษาการเทคนิคการจัดกลุ่ม DBSCAN สำหรับจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนในประเทศไทย โดยเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอ็ตเป็นมาตรวัดค่าความเหมาะสมอีกด้วย (Kristianto, Sedyono et al. 2020) ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอ็ตในการเป็นมาตรวัดค่าความเหมาะสมของการศึกษาเทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

โดยจากการทดลองสุ่มพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนอาจไม่ใช่วิธีการที่เหมาะสม เนื่องจากจำนวนจุดความร้อนมีจำนวนมากและมีความซับซ้อน ส่งผลให้การทดลองมีแนวโน้มที่จะเกิดความล่าช้าและไม่แม่นยำเกิดขึ้น ในส่วนของค่าพารามิเตอร์ Minpts ทางผู้วิจัยได้เลือกใช่วิธีฮิสตริกส์ ซึ่งเป็นวิธีการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดและพอเพียงในเวลาจำกัด ซึ่งเหมาะกับการแก้ปัญหาที่ไม่มีขั้นตอนวิธีการใด ๆ ที่จะสามารถหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ โดยหลักการของวิธีนี้จะทำการแก้ปัญหาโดยไม่พิจารณาเงื่อนไขบางประการ หรือตั้งสมมุติฐานของปัญหาให้ง่ายยิ่งขึ้น เพื่อให้ปัญหามีโครงสร้างที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และสามารถหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาได้ (Liu, Singleton et al. 2021) (Birant and Kut 2007) และในส่วนของ การพิจารณาช่วงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของ Epsilon ทางผู้วิจัยได้เลือกใช่วิธี Elbow Method ซึ่งจะเป็ นวิธีหนึ่งที่ใช้วัดข้อผิดพลาดของผลรวมระยะทางระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลาง และเมื่อการคำนวณมีความผิดพลาดน้อยลงความชันของเส้นโค้งจะเริ่มเรียบและจะเกิดเป็นมุมที่มีลักษณะคล้ายข้อศอก โดยผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงในรูปของกราฟสองมิติ k-distance ซึ่งค่าพารามิเตอร์ Epsilon ที่เหมาะสมที่สุดจะพบในบริเวณช่วงที่จุดของกราฟที่มีความชันสูงสุด (Rahmah and Sitanggang 2016, Liu, Singleton et al. 2021) ทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของ Epsilon ในช่วงที่กราฟสองมิติเกิดการหักศอกมาทำการพิจารณาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้มาตรวัดค่าความเหมาะสมของการจัดกลุ่มนั่นคือค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอตในการคัดเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการพิจารณาและวิเคราะห์ผลการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้เทคนิค DBSCAN ในลำดับถัดไป

5.1.2 อภิปรายผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนจากการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN

จากผลการประมวลผลข้อมูลจุดความร้อนที่ได้จากระบบเซนเซอร์ VIIRS บนดาวเทียม Suomi-NPP บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ในช่วงเวลาวันที่ 1 ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 ถึง 30 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 โดยใช้ DBSCAN library ซึ่งประกอบไปด้วยค่าพารามิเตอร์ Minpts = 11 และ ค่า Epsilon = 0.013 นั้น สามารถจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนได้ทั้งหมด 959 กลุ่ม โดยค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอตมีค่าเท่ากับ -0.15797 ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอตที่ดีที่สุด

โดยผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่ได้มาทั้งหมดนั้นได้ทำการเลือกกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่มีปริมาณมากที่สุดสามลำดับแรก ดังรูปที่ 67 มาวิเคราะห์ทิศทางการลุกลามของไฟป่าและทำการประเมินขนาดพื้นที่ที่เกิดไฟป่าในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งพบว่ากลุ่มข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ที่สุดประกอบไปด้วยข้อมูลจุดความร้อนทั้งหมด 1,914 จุด ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนที่จะพบว่าจุดความร้อนได้เริ่มต้นในวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 โดยเริ่มจากพื้นที่ป่าไม้บริเวณตำบลแม่ อำเภอแม่

แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่การเกษตรของประชากรในพื้นที่อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และพื้นที่ป่าบางส่วนของบริเวณอุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และพื้นที่ป่าไม้บริเวณตำบลโป่งสา อำเภอป่าปวย จังหวัดแม่ฮ่องสอน จากนั้นคาดการณ์ว่าไฟป่าได้เคลื่อนที่ไปครอบคลุมยังพื้นที่อุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และเปลี่ยนทิศทางไปจนถึงบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ จากนั้นได้ลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งวันสุดท้ายของกลุ่มข้อมูลนั้นคือวันที่ 14 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ดังแสดงทิศทาง การเคลื่อนที่ของข้อมูลจุดความร้อนในรูปที่ 68 ไปจนถึงรูปที่ 73 ส่วนต่อมาในกรณีของกลุ่มที่มีข้อมูลมากเป็นอันดับสองซึ่งพบจุดความร้อนทั้งหมด 1,024 จุด โดยจุดเริ่มต้นของข้อมูลจุดความร้อนในวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 โดยบริเวณพื้นที่ที่เริ่มปรากฏจุดความร้อนคือพื้นที่ป่าไม้บริเวณตำบลสันสลี อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย จากนั้นคาดการณ์ว่าไฟป่าได้ลุกลามไปยังพื้นที่ป่าของอุทยานแห่งชาติขุนแจ อำเภอเวียงป่าเป้า และพื้นที่ป่าบางส่วนของอุทยานแห่งชาติขุนแจ อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่อุทยานที่ล้อมรอบไปด้วยพื้นที่อยู่อาศัยของประชากรในพื้นที่อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ และคาดคะเนว่ายังพบไฟป่าบางส่วนของบริเวณอุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปางเช่นเดียวกัน จากนั้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งวันสุดท้ายของกลุ่มข้อมูลในวันที่ 5 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ดังแสดงทิศทาง การเคลื่อนที่ของข้อมูลจุดความร้อนในรูปที่ 75 ไปจนถึงรูปที่ 78 และสุดท้ายจะเป็นกรณีที่มีข้อมูลมากเป็นอันดับสาม พบจุดความร้อน 677 จุด โดยเริ่มต้นในวันที่ 6 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 พบว่าจุดความร้อนเริ่มต้นในพื้นที่ป่าบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าบริเวณชายแดนประเทศไทย-สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ บริเวณอุทยานแห่งชาติสาละวิน ตำบลแม่ยม อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน จากนั้นคาดการณ์ว่าไฟป่าได้ลุกลามจากจุดเริ่มต้นและได้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดและพื้นที่ใกล้เคียงบริเวณอุทยานแห่งชาติสาละวิน อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน อีกทั้งยังลุกลามไปยังบริเวณพื้นที่ป่าในตำบลสบเมย อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน และต่อมามีลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งวันสุดท้ายที่พบจำนวนจุดความร้อนของกลุ่มข้อมูลในวันที่ 24 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ตามลำดับ โดยจากการพิจารณาโดยรวมจะพบว่าบริเวณที่เกิดไฟป่าจะอยู่บริเวณพื้นที่ป่าของอุทยานแห่งชาติสาละวิน อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ดังแสดงทิศทาง การเคลื่อนที่ของข้อมูลจุดความร้อนในรูปที่ 80 ไปจนถึงรูปที่ 81

5.1.3 อภิปรายผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE

จากการใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่ KDE ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นในเดือน ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2562 พบว่าจุดเริ่มต้นของไฟป่าได้กระจุกกระจายทั้งหมด 3 แห่ง ดังรูปที่ 82 โดยพบบริเวณทางตอนใต้ของจังหวัดลำปาง บริเวณตอนใต้ของจังหวัดอุตรดิตถ์ และอีกพื้นที่คือ บริเวณตอนเหนือของจังหวัดพะเยาไปจนถึงจังหวัดเชียงราย ซึ่งในเดือนมกราคมปีพุทธศักราช 2563 ดังรูปที่ 83 คาดการณ์ว่าทิศทางกลางเคลื่อนที่ของไฟป่าได้ลุกลามไปยังบริเวณส่วนกลางของภูมิภาคที่ทำการวิเคราะห์ และช่วงเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงเดือนมีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ดังรูปที่ 84 และรูปที่ 85 คาดการณ์ว่าช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลาที่แสดงให้เห็นถึงช่วงที่ข้อมูลจุดความร้อนมีความหนาแน่นของมากที่สุด และสามารถบ่งชี้ถึงบริเวณที่มีความหนาแน่นของข้อมูลมากที่สุดจากข้อมูลจุดความร้อนที่ได้รับมาทั้งหมดอีกด้วย โดยพบว่าบริเวณที่มีความหนาแน่นของข้อมูลสูงบริเวณแรกที่ได้เห็นได้ชัดคือ อุทยานแห่งชาติสะเมิง อุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง และอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่อุทยานแห่งชาติศรีล้านนา อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ และอุทยานแห่งชาติขุนแจ อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย และอุทยานแห่งชาติสละวิน อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน และไปจนถึงเดือนเมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ดังรูปที่ 86 ที่ยังคงพบบริเวณที่เกิดไฟป่าอยู่บริเวณอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย

5.1.4 อภิปรายผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่ได้และเทียบกับข่าวเหตุการณ์ไฟป่าที่เกิดขึ้น

พิจารณาในส่วนในช่วงเวลาที่พบข้อมูลจุดความร้อนเป็นจำนวนมากนั้นคือช่วงต้นเดือนมีนาคมไปจนถึงปลายเดือนเมษายนปีพุทธศักราช 2563 ซึ่งพบรายงานข่าวจากสำนักข่าวเชียงใหม่ ร้อยแปดได้รายงานในวันที่ 2 เดือนเมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ว่าในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่มีอำเภอที่ได้ร้องขอการสนับสนุนอากาศยานเพื่อเข้าไปดับไฟในพื้นที่ 3 อำเภอ คือ อำเภอสะเมิง อำเภอแม่แตง และอำเภอเชียงดาว เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นหน้าผาและเข้าถึงยาก และได้จัดกำลังภาคพื้นเข้าไปช่วยสนับสนุนอีกทางหนึ่งอีกด้วย (<https://www.cm108.com/w/25220/>) ประกอบกับรายงานข่าวจากสำนักข่าวประชาไทได้รายงานในวันที่ 4 เดือนเมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ว่าสายตรวจส่วนกลางชุด 2 จำนวน 5 นาย ตรวจสอบและดำเนินการควบคุมไฟ บริเวณอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ส่วยทางด้านหน่วย ฯ ห้วยน้ำดัง 3 (ห้วยเฮี้ยะ) จำนวน 5 นาย เข้าตรวจสอบ บริเวณอำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอนรอบบาย ดับได้บางส่วนเนื่องจากลมแรงไฟข้ามแนวลุกลามมาทาง

พื้นที่ทำกินชาวบ้านได้ทำแนวเฝ้าระวังไว้ จากรายงานด้านการเข้าปฏิบัติหน้าที่ของหลายหน่วย จะพบว่า ส่วนใหญ่ไม่สามารถเข้าไปดับไฟป่าได้ เนื่องจากเป็นเทือกเขาสูงชัน ประกอบเป็นกลางวันที่มีอากาศร้อนจัด เมื่อเกิดไฟป่าจะมีลมกระโชกแรง ทำให้เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน สุ่มเสี่ยงที่จะถูกไฟป่าคลอกจนเสียชีวิต ทำให้การดับไฟป่าไม่สามารถดำเนินการได้เต็มร้อยเปอร์เซ็นต์ จึงทำให้เกิดหมอกควันไฟป่าปกคลุมไปทุกพื้นที่ (<https://prachatai.com/journal/2020/04/87067>) ซึ่งเมื่อนำรายงานข่าวเหตุการณ์ข้างต้นมาพิจารณากับกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่ได้จากการประมวลผลการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีจุดเริ่มต้นของข้อมูลจุดความร้อนตั้งแต่วันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ไปจนถึงวันที่ 14 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 นั้น ซึ่งเมื่อพิจารณาบริเวณที่เกิดเหตุการณ์ไฟป่าดังรายงานข่าวและทิศทางการเคลื่อนที่ของไฟป่าในช่วงวันที่ 02 เมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ดังแสดงในรูปที่ 73 พบว่าพื้นที่ที่ได้รายงานข่าวเหตุการณ์ไฟป่าและบริเวณพื้นที่ที่พบจากการคำนวณนั้นคือบริเวณอำเภอแม่แจ่ม อำเภอสะเมิง และอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และบริเวณอำเภอบางบัวดิน จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งเป็นพื้นที่บริเวณเดียวกัน ต่อมาเป็นรายงานข่าวจากสำนักข่าวเชียงใหม่นิวส์ ได้รายงานในวันที่ 2 เดือนมีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ว่าสถานีควบคุมไฟป่าแม่สะเรียง สบอ.16 สาขาแม่สะเรียง ได้รับแจ้งมีไฟป่าเกิดขึ้นในหลาย ๆ จุด ในพื้นที่ อำเภอแม่สะเรียง โดยหัวหน้าสถานีควบคุมไฟป่าแม่สะเรียงได้ออกลาดตระเวนช่วยดับไฟป่า ตามถนนเส้นทางแม่สะเรียง – บ้านแม่กองคา และในเขตป่าสงวนแห่งชาติแม่ยมฝั่งขวาซึ่งเป็นบริเวณเขตอุทยานแห่งชาติสาละวิน พบสาเหตุเป็นการเผาไร่แล้วลุกลาม เป็นป่าเต็งรัง ในเขตป่าอนุรักษ์ อุทยานแห่งชาติสาละวิน ทางเจ้าหน้าที่สถานีควบคุมไฟป่าแม่สะเรียง ได้เข้าไปทำแนวกันไฟไว้และควบคุมเพื่อไม่ให้ลุกลามต่อไป (<https://www.chiangmainews.co.th/page/archives/1280411/>) ซึ่งเมื่อนำรายงานข่าวเหตุการณ์ข้างต้นมาพิจารณากับกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่ได้จากการประมวลผลการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีจุดเริ่มต้นของข้อมูลจุดความร้อนตั้งแต่ 6 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ไปจนถึงวันที่ 24 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ดังแสดงในรูปที่ 81 นั้น พบว่าพื้นที่ที่ได้รายงานข่าวเหตุการณ์ไฟป่าและบริเวณพื้นที่ที่พบจากการคำนวณเป็นพื้นที่ป่าในอุทยานแห่งชาติสาละวิน อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในบริเวณเดียวกันอีกด้วย และเมื่อนำรายงานข่าวเหตุการณ์ข้างต้นทั้งหมดมาพิจารณากับกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่ได้จากการประมวลผลการใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE ดังรูปที่ 87 พบว่าเป็นพื้นที่บริเวณเดียวกันเช่นกัน

5.1.5 อภิปรายผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนระหว่างการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN และผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE

เนื่องจากข้อจำกัดของงานวิจัยส่งผลให้ไม่สามารถหาข้อมูลสำรวจภาคสนามในบริเวณที่ทำการศึกษาได้ จึงพิจารณาแนวโน้มของทิศทางลูกกลมของไฟป่า และช่วงเวลาที่พบบริเวณที่มีกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนหนาแน่นทั้งในส่วนของผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN และเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 67 แสดงผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดทั้งหมดสามอันดับจากการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN โดยพบว่ากลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่มีจำนวนข้อมูลจุดความร้อนมากเป็นอันดับที่ 1 โดยเริ่มต้นพบข้อมูลจุดความร้อนในวันที่ 21 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 เริ่มจากพื้นที่ป่าไม้บริเวณตำบลแม่มู อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่การเกษตรของประชากรในพื้นที่อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และพื้นที่ป่าบางส่วนของบริเวณอุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และพื้นที่ป่าไม้บริเวณตำบลโป่งสา อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน จากนั้นคาดการณ์ว่าได้เคลื่อนที่ไปครอบคลุมยังพื้นที่อุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และเปลี่ยนทิศทางไปจนถึงบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเมื่อเทียบกับเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE ในช่วงเวลาที่พบจำนวนข้อมูลจุดความร้อนเดียวกันนั้นคือในเดือนมีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ดังรูปที่ 85 ได้พบว่าความหนาแน่นของข้อมูลจุดความร้อนเป็นจำนวนมากในบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติสะเมิง อุทยานแห่งชาติขุนขาน อำเภอสะเมิง และอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นบริเวณที่สอดคล้องกัน จากนั้นพิจารณาต่อเนื่องไปยังกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่มีจำนวนข้อมูลจุดความร้อนมากเป็นอันดับที่ 2 โดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN ซึ่งเริ่มต้นพบข้อมูลจุดความร้อนในวันที่ 16 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 จากบริเวณพื้นที่ที่ล้อมรอบไปด้วยป่าบริเวณตำบลสันสลี อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย และคาดการณ์ว่าเคลื่อนที่ไปบริเวณพื้นที่ป่าส่วนใหญ่ของอุทยานแห่งชาติขุนแจ อำเภอเวียงป่าเป้า และพื้นที่ป่าบางส่วนของอุทยานแห่งชาติขุนแจ อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่อุทยานที่ล้อมรอบไปด้วยพื้นที่อยู่อาศัยของประชากรในพื้นที่อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ และยังพบจุดความร้อนเล็กน้อยบริเวณพื้นที่ป่าบางส่วนของบริเวณอุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปางเช่นเดียวกัน ซึ่งเมื่อเทียบกับเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE ในช่วงเวลาที่พบจำนวนข้อมูลจุดความร้อนเดียวกันนั้นคือในเดือนมีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ดังรูปที่ 85 ได้พบว่าความหนาแน่นของ

ข้อมูลจุดความร้อนเป็นจำนวนมากในบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติศรีล้านนา อำเภอพร้าว จังหวัด เชียงใหม่ และอุทยานแห่งชาติขุนแจ อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ซึ่งเป็นบริเวณที่สอดคล้อง กัน อีกทั้งเมื่อพิจารณาจากกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่มีจำนวนข้อมูลจุดความร้อนมากเป็นอันดับที่ 3 โดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN ซึ่งได้เริ่มต้นในวันที่ 6 มีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 จากบริเวณ พื้นที่ที่ป่าในอุทยานแห่งชาติสาละวิน อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน จากนั้นคาดการณ์ว่าจุด ความร้อนได้กระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดและพื้นที่ใกล้เคียงบริเวณอุทยานแห่งชาติสาละวิน อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน และเคลื่อนที่ไปบริเวณพื้นที่ป่าไม้ในตำบลสบเมย อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งเมื่อเทียบกับเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE ในช่วง เวลาที่พบจำนวนข้อมูลจุดความร้อนเดียวกันนั้นคือในเดือนมีนาคม ปีพุทธศักราช 2563 ดังรูปที่ 85 และในเดือนเมษายน ปีพุทธศักราช 2563 ดังรูปที่ 86 ได้พบว่าความหนาแน่นของข้อมูลจุดความร้อน เป็นจำนวนมากในบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติสาละวิน อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งเป็น บริเวณที่สอดคล้องเช่นกัน

อีกทั้งยังพบว่ากลุ่มข้อมูลจุดความร้อนที่ได้จากการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN สามารถแสดงให้เห็นถึงจุดเริ่มต้นของไฟป่าได้ละเอียดกว่าเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิง พื้นที่แบบ KDE เนื่องจากเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN แสดงผลการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อน ในรูปแบบของค่าพิกัด UTM Zone 47N และเวลา ส่งผลให้สามารถระบุพิกัดของบริเวณตั้งต้นที่เกิด ไฟป่า และคาดการณ์ทิศทางการลุกลามของไฟป่าได้ รวมถึงวันที่เริ่มต้นและวันที่สิ้นสุดของกลุ่มข้อมูล จุดความร้อนอีกด้วย เพียงแต่เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN มีขั้นตอนการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ ที่เหมาะสมค่อนข้างซับซ้อนซึ่งแตกต่างจากการใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่ แบบ KDE ที่สามารถคำนวณผลจากข้อมูลจุดความร้อนได้ทันที แต่ในทางส่วนของความละเอียดของ ผลลัพธ์ที่ได้นั้น เนื่องจากเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE แสดงความ หนาแน่นของข้อมูลจุดความร้อนในรูปแบบของความเข้มในบริเวณที่มีกลุ่มความร้อนสูงไล่ลงไปจนถึง บริเวณที่มีกลุ่มความร้อนต่ำจากความสว่างของสีในรูปแบบของภาพสองมิติ และภาพสามมิติ โดย สามารถแสดงพื้นที่ที่พบจุดเริ่มต้นของไฟป่าเป็นบริเวณโดยกว้างของ และทิศทางโดยรวมของการ ลุกลามของไฟป่าเท่านั้น ไม่สามารถระบุพิกัดอย่างละเอียดได้

อย่างไรก็ตาม ทั้งในกรณีของการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN และเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE สามารถแสดงบริเวณที่พบ จุดความร้อนเป็นจำนวนมากในพื้นที่ป่าในแต่ละบริเวณ และช่วงเวลาเดียวกัน ทำให้สามารถระบุ

บริเวณที่คาดการณ์ว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าในแต่ละปีของภาคเหนือได้ชัดเจน อีกทั้งยังแสดงแนวทางการลุกลามของไฟฟ้าไปในทิศทางเดียวกัน ส่งผลให้สามารถเลือกใช้ทั้งในส่วนใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN ในกรณีที่ต้องการเจาะจงรายละเอียดของวันที่พบและบริเวณพิกัดที่เกิดจุดเริ่มต้นของไฟฟ้า และเมื่อต้องการทราบทิศทางทางการลุกลามของไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ที่ระบุไว้ได้อย่างละเอียด อีกทั้งยังสามารถเลือกใช้เทคนิคการคาดการณ์ความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE ในกรณีที่ต้องการทราบบริเวณที่มีแนวโน้มที่จะเกิดจุดเริ่มต้นของไฟฟ้าและพิจารณาทิศทางเคลื่อนที่ของไฟฟ้าโดยรวมได้อีกด้วย

5.2 สรุปผลการศึกษา

จากการเผชิญกับปัญหามลพิษทางอากาศเป็นเวลายาวนานในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีสาเหตุหลักของการเกิดไฟป่ามาจากการเผาไหม้ซึ่งล้วนมาจากมนุษย์โดยเฉพาะชาวชนบทที่ทำเกษตรกรรมและอาศัยอยู่ในพื้นที่ป่าใกล้เคียงบริเวณนั้น ที่ในแต่ละปีจะเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้งในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนพฤษภาคม และส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทางด้านมลพิษสำหรับสิ่งแวดล้อมทั้งระยะสั้นระยะยาวอีกด้วย ซึ่งในส่วนของวางแผนสำหรับการลดการเกิดไฟป่าและการควบคุมในส่วนของทางการลุกลามของไฟป่า นั้น วิธีที่พบว่าใช้ต้นทุนน้อยและเหมาะสมที่สุดคือการพิจารณาบริเวณพื้นที่ที่เกิดไฟป่าขึ้นเป็นประจำทุกปี จากนั้นประเมินค่าความร้อน และทำการจัดกลุ่มของจุดความร้อนโดยพิจารณาบริเวณจุดเริ่มต้นของข้อมูลจุดความร้อนเพื่อพิจารณาบริเวณที่พบจุดเริ่มต้นของไฟป่าเป็นที่แรก และพิจารณาทิศทางเคลื่อนที่ของข้อมูลจุดความร้อนสำหรับคาดการณ์ทิศทางทางการลุกลามของกลุ่มไฟป่าจากการเปลี่ยนแปลงค่าความร้อนในแต่ละช่วงเวลา โดยผ่านการใช้เทคนิคการ DBSCAN ซึ่งเป็นการจัดกลุ่มที่จะทำการพิจารณาความหนาแน่นของข้อมูลที่เกาะกลุ่มกันผ่านการคำนวณจากจุดความร้อนที่อยู่บริเวณภายในรัศมีที่ได้กำหนดไว้ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ซิลลูเอตเป็นตัวบ่งชี้ความเหมาะสมของการจัดกลุ่ม ประกอบกับการนำเอาเทคนิค KDE ซึ่งเป็นการประมาณความหนาแน่นของข้อมูลจุดความร้อน โดยผลลัพธ์ที่ได้จะสามารถนำมาวิเคราะห์ข้อมูลและวางแผนป้องกันการเกิดการเผาไหม้ไปจนถึงทิศทางทางการลุกลามของพื้นที่ป่าในบริเวณเหล่านั้นสำหรับในแต่ละปีถัดไป

โดยทั้งในกรณีของการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN และเทคนิคการคาดการณ์ความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE นั้นแสดงบริเวณที่พบจุดความร้อนเป็นจำนวนมากในพื้นที่ป่าในแต่ละบริเวณ และช่วงเวลาเดียวกัน อีกทั้งยังแสดงแนวทางการลุกลาม

ของไฟฟ้าไปในทิศทางเดียวกันอีกด้วย จึงส่งผลให้การพิจารณาเพื่อจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนในพื้นที่ที่ต้องการศึกษาสำหรับการวิเคราะห์ทิศทางการลุกลามของไฟฟ้า และประเมินขนาดพื้นที่ที่เกิดไฟฟ้าในแต่ละเวลานั้น สามารถเลือกใช้ทั้งในส่วนใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN ในกรณีที่ต้องการเจาะจงรายละเอียดของวันที่พบและบริเวณพิกัดที่เกิดจุดเริ่มต้นของไฟฟ้า และต้องการทราบทิศทางการลุกลามของไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ที่ระบุไว้ได้อย่างละเอียด อีกทั้งยังสามารถเลือกใช้เทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE ในกรณีที่ต้องการทราบบริเวณที่มีแนวโน้มที่จะเกิดจุดเริ่มต้นของไฟฟ้า และต้องการพิจารณาทิศทางเคลื่อนที่ของไฟฟ้าโดยรวมได้

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เหล่านี้ทั้งในส่วนของการจัดกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN และเทคนิคการคาดประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบ KDE นั้น สำคัญป้องกันรักษาป่าและควบคุมไฟฟ้า กรมป่าไม้ในแต่ละพื้นที่สามารถนำผลการคำนวณที่ได้มาใช้ในการวางแผนเพื่อลดการเกิดไฟฟ้าและประเมินพื้นที่ดับไฟฟ้าได้โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์เหล่านี้และผลลัพธ์จากในแต่ละปี จากนั้นทำการระบุพื้นที่ที่คาดการณ์ว่าจะเป็จุดเริ่มต้นของการเกิดเพลิงไหม้ของไฟฟ้า และทิศทางการลุกลามของไฟฟ้า สำหรับนักผจญเพลิงเพื่อการทำเตรียมอุปกรณ์ดับเพลิงได้อย่างเหมาะสม ส่งผลให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการลุกลามของไฟฟ้าได้อย่างดีอีกด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์สองวิธีได้แก่เทคนิคการจัดกลุ่ม DBSCAN และเทคนิค KDE ซึ่งได้ผลสอดคล้องกัน อย่างไรก็ตามก็ยังมีเทคนิคการแบ่งกลุ่มอื่นๆ เช่นเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ ST-DBSCAN ที่สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์แยกกันในส่วนพื้นที่และเวลาได้ ส่งผลให้การทดสอบด้วยเทคนิคอื่น ๆ อาจทำให้ผลการแบ่งกลุ่มเปลี่ยนแปลงไป โดยในอนาคตอาจทดสอบวิธีการแบ่งกลุ่มอื่น ๆ เพื่อพัฒนาข้อมูลต่อไป

5.3.2 ในการแบ่งกลุ่มยังมีข้อจำกัดของจำนวนข้อมูล เนื่องจากจำนวนข้อมูลจุดความร้อนมีปริมาณมากและเป็นข้อมูลที่ซับซ้อน โดยในอนาคตอาจทำการปรับปรุงวิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูลหรือโปรแกรมที่ช่วยในการคำนวณ เพื่อให้สามารถรองรับข้อมูลปริมาณมากได้ดียิ่งขึ้น และหากเลือกใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง อาจแก้ปัญหาเหล่านี้ในอนาคตได้

5.3.3 ในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดคือไม่สามารถหาข้อมูลสำรวจภาคสนามได้ จึงใช้การเทียบผลลัพธ์ที่ได้ระหว่างเทคนิคการจัดกลุ่ม DBSCAN และเทคนิค KDE ในการพิจารณาความถูกต้อง และ

แสดงตัวอย่างข่าวเหตุการณ์การเกิดไฟฟ้าในบริเวณที่พบกลุ่มข้อมูลจุดความร้อนในช่วงเวลานั้น ๆ ซึ่งหากสามารถนำข้อมูลสำรวจสนามมาทำการเปรียบเทียบได้ จะส่งผลให้ทราบว่าผลการแบ่งกลุ่มสามารถสะท้อนถึงความเป็นจริงได้มากน้อยเพียงใด



บรรณานุกรม

- Andreae, M. O. (1990). "Biomass burning in the tropics: Impact on environmental quality and global climate." Population and Development Review **16**: 268-291.
- Artés, T., et al. (2017). Non-supervised method for early forest fire detection and rapid mapping. Fifth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2017), International Society for Optics and Photonics.
- Birant, D. and A. Kut (2007). "ST-DBSCAN: An algorithm for clustering spatial-temporal data." Data & knowledge engineering **60**(1): 208-221.
- Byrne, K. (2001). Environmental science, Nelson Thornes.
- Cardil, A., et al. (2019). "Assessing and reinitializing wildland fire simulations through satellite active fire data." Journal of environmental management **231**: 996-1003.
- CHAIYO, U., et al. (2011). Trace elements and carbon contents in particulate emissions from tropical deciduous forest fires in Chiangmai, Thailand. Proceedings of 2nd International Conference on Environmental Science and Technology (ICEST 2011).
- Eaglin, T., et al. (2017). Space-time kernel density estimation for real-time interactive visual analytics. Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences.
- Finney, M. A. (2005). "The challenge of quantitative risk analysis for wildland fire." Forest Ecology and Management **211**(1-2): 97-108.
- Härdle, W. (1990). Applied nonparametric regression, Cambridge university press.
- Hessburg, P. F., et al. (2007). "Evaluating wildland fire danger and prioritizing vegetation and fuels treatments." Forest Ecology and Management **247**(1-3): 1-17.
- Huang, K., et al. (2013). "Impact assessment of biomass burning on air quality in

- Southeast and East Asia during BASE-ASIA." Atmospheric environment **78**: 291-302.
- Jackson, J. M., et al. (2013). "Suomi-NPP VIIRS aerosol algorithms and data products." Journal of Geophysical Research: Atmospheres **118**(22): 12,673-612,689.
- Junpen, A., et al. (2013). "Estimating emissions from forest fires in Thailand using MODIS active fire product and country specific data." Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences **49**(3): 389-400.
- Kristianto, A., et al. (2020). "Implementation DBSCAN algorithm to clustering satellite surface temperature data in Indonesia." Register: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi **6**(2): 109-118.
- Li, F., et al. (2020). "Biomass Burning in Africa: An Investigation of Fire Radiative Power Missed by MODIS Using the 375 m VIIRS Active Fire Product." Remote Sensing **12**(10): 1561.
- Liu, Y., et al. (2021). "Identifying and understanding road-constrained areas of interest (AOIs) through spatiotemporal taxi GPS data: A case study in New York City." Computers, Environment and Urban Systems **86**: 101592.
- Mugdadi, A. R. and I. A. Ahmad (2004). "A bandwidth selection for kernel density estimation of functions of random variables." Computational Statistics & Data Analysis **47**(1): 49-62.
- Nakaya, T. and K. Yano (2010). "Visualising crime clusters in a space-time cube: An exploratory data-analysis approach using space-time kernel density estimation and scan statistics." Transactions in GIS **14**(3): 223-239.
- Nhongo, E., et al. (2020). "Spatio-temporal patterns of wildfires in the Niassa Reserve–Mozambique, using remote sensing data." bioRxiv.
- Nisa, K. K., et al. (2014). Hotspot clustering using DBSCAN algorithm and shiny web framework. 2014 International Conference on Advanced Computer Science and Information System, IEEE.
- Oliva, P. and W. Schroeder (2015). "Assessment of VIIRS 375 m active fire detection product for direct burned area mapping." Remote Sensing of Environment **160**: 144-155.

- Orozco, C. V., et al. (2012). "Cluster recognition in spatial-temporal sequences: the case of forest fires." Geoinformatica **16**(4): 653-673.
- Patel, K. A. (2016). "An efficient and scalable density-based clustering algorithm for normalize data." Procedia Computer Science **92**: 136-141.
- Pongpiachan, S., et al. (2017). "Effect of agricultural waste burning season on PM2. 5-bound polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) levels in Northern Thailand." Atmospheric pollution research **8**(6): 1069-1080.
- Rahmah, N. and I. S. Sitanggang (2016). Determination of optimal epsilon (eps) value on dbscan algorithm to clustering data on peatland hotspots in sumatra. IOP conference series: earth and environmental science, IOP Publishing.
- Reynolds, K. M. and P. F. Hessburg (2005). "Decision support for integrated landscape evaluation and restoration planning." Forest Ecology and Management **207**(1-2): 263-278.
- Rousseeuw, P. J. (1987). "Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis." Journal of computational and applied mathematics **20**: 53-65.
- Silverman, B. W. (1986). Density estimation for statistics and data analysis, CRC press.
- Thinsungnoena, T., et al. (2015). "The clustering validity with silhouette and sum of squared errors." learning **3**(7).
- Tonini, M., et al. (2017). "Evolution of forest fires in Portugal: from spatio-temporal point events to smoothed density maps." Natural Hazards **85**(3): 1489-1510.
- Virmani, D., et al. (2015). "Normalization based K means Clustering Algorithm." arXiv preprint arXiv:1503.00900.
- Wei, Q., et al. (2018). "Using individual GPS trajectories to explore foodscape exposure: A case study in Beijing metropolitan area." International journal of environmental research and public health **15**(3): 405.
- Wiwatanadate, P. and C. Liwsrisakun (2011). "Acute effects of air pollution on peak expiratory flow rates and symptoms among asthmatic patients in Chiang Mai, Thailand." International journal of hygiene and environmental health **214**(3): 251-257.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวอุณนดา แพศรีวิโรทัย
วัน เดือน ปี เกิด	04 เมษายน 2538
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	75 หมู่ 2 ตำบลตะเคียนทอง อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84160



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY