

ระบบแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินบนทางหลวง

**THAILAND HIGHWAY AUTOMATIC INCIDENT  
DETECTION SYSTEM**



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินบนทางหลวง

นายกฤษณรงค์ เสมอสูง	59010026
นายศรัณยู จันทร์คง	59011269
ผศ.ดร.ชนัญชัช ศรีภาค	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2562	

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันทางหลวงถูกใช้เป็นเส้นทางหลักในการคมนาคมขนส่งของประเทศ เมื่อเกิดเหตุบนทางหลวงไม่ว่าจะเป็นรถเสียหรืออุบัติเหตุ จะส่งผลกระทบต่อจราจรบนทางหลวงในช่วงนั้น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปผู้ที่เกิดเหตุหรือผู้ที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์จะเป็นผู้รายงานเหตุดังกล่าวไปยังหน่วยงานที่รับผิดชอบ ซึ่งมักจะใช้เวลาและอาจเกิดรถติดสะสมเป็นจำนวนมาก ทำให้เจ้าหน้าที่ที่ดูแลเข้าถึงจุดเกิดเหตุได้ล่าช้าและแก้ไขสถานการณ์ได้ยากขึ้น ระบบนี้จึงเป็นระบบที่ช่วยตรวจสอบและแจ้งเตือนไปยังหน่วยงานที่รับผิดชอบเมื่อพบเหตุบนทางหลวง ช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถทราบถึงเหตุที่เกิดขึ้นและไปถึงจุดเกิดเหตุได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# THAILAND HIGHWAY AUTOMATIC INCIDENT DETECTION SYSTEM

Mr. Kritnarong Samertung 59010026

Mr. Sarunyu Chankong 59011269

Asst.Prof.Dr. Thanunchai Threepak Advisor

Academic Year 2019

## ABSTRACT

Nowadays, highways are used as the main route for transportation. When incidents have occurred on the highway such as accident or vehicle breakdown, it will affect the highway traffic at that moment. Generally, people who occur an incident or affected will report to the responsible department, but it takes a long time to solve and make traffic congestion. This system will monitor the highways and alert to the responsible department when a highway incident has occurred. Helping staff know the incident and get to the point quickly.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.ธัญชัช ตรีภาค อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ที่ได้แนะนำแนวทางและให้คำปรึกษา รวมถึงการแก้ไขข้อบกพร่อง และปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดทำปริญญาานิพนธ์ จนทำให้ปริญญาานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ชุตินเมษย์ ศรีนิลทา ที่อนุญาตให้ใช้คอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงภายใน ห้องปฏิบัติการสำหรับการสร้างโมเดลที่ใช้ในการตรวจสอบอุบัติเหตุ รวมไปถึงการวัด ประสิทธิภาพของโมเดลที่ได้จัดทำขึ้นในปริญญาานิพนธ์นี้ จนทำให้ปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่สั่งสอนและให้ความรู้แก่คณะผู้จัดทำ จนทำให้มีความรู้ ความสามารถเพียงพอต่อการทำปริญญาานิพนธ์นี้จนเสร็จสมบูรณ์ ทางคณะผู้จัดทำจึง ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูง

กฤชณรงค์ เสมอสูง

ศรัณยู จันทร์คง

# สารบัญ

	หน้า
ระบบแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินบนทางหลวง .....	I
THAILAND HIGHWAY AUTOMATIC INCIDENT DETECTION SYSTEM .....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญตาราง .....	VII
สารบัญรูป .....	VIII
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ .....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
1.4 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์.....	2
1.5 ตารางการดำเนินงาน .....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	4
2.1 RESTful API.....	4
2.2 Socket.IO.....	4
2.3 Express.js.....	4
2.4 React.....	5
2.5 PostgreSQL.....	5
2.6 Apache Kafka .....	5
2.7 Pandas.....	5
2.8 NumPy.....	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 Scikit-learn .....	6
2.10 Linear regression .....	6
2.11 K-mean Clustering.....	8
2.12 Decision Tree.....	9
บทที่ 3 การออกแบบและการพัฒนา.....	10
3.1 ภาพรวมของระบบ .....	10
3.2 ลักษณะของชุดข้อมูล.....	11
3.3 การจัดเตรียมข้อมูลก่อนนำไปประมวลผล.....	13
3.4 วิธีการสร้างโมเดลสำหรับการตรวจสอบอุบัติเหตุ.....	14
3.5 วิธีการวัดประสิทธิภาพของโมเดล.....	15
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน .....	16
4.1 การจัดเตรียมข้อมูล .....	16
4.2 การประมวลผลข้อมูล .....	18
4.3 ผลการทดลองสร้างโมเดล.....	19
4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล .....	39
4.5 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุ.....	42
4.6 สรุปผลการทดลอง.....	53
4.7 เว็บแอปพลิเคชันสำหรับแจ้งเตือนอุบัติเหตุ .....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	57
5.1 สรุปการดำเนินงาน .....	57
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	57
5.3 แนวทางพัฒนาต่อ .....	58
บรรณานุกรม.....	59



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน .....	2
3.1 พารามิเตอร์ของชุดข้อมูล Cell Data .....	11
3.2 พารามิเตอร์ของชุดข้อมูล Realtime Data .....	12
4.1 Confusion Matrix ของถนนแต่ละสายของ Speed Model.....	40
4.2 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโมเดลของถนนแต่ละสายของ Speed Model.....	40
4.3 Confusion Matrix ของถนนแต่ละสายของ Traffic Clustering .....	41
4.4 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโมเดลของถนนแต่ละสายของ Traffic Clustering .....	41
4.5 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 1 ขาเข้า.....	42
4.6 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 1 ขาออก.....	44
4.7 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 2 ขาเข้า.....	46
4.8 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 2 ขาออก.....	47
4.9 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 7 ขาเข้า.....	49
4.10 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 7 ขาออก.....	51

# สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 Simple Linear Regression .....	7
2.2 Multiple Linear Regression.....	8
2.3 การจัดกลุ่มด้วยวิธีการ K-mean Clustering.....	9
2.4 ลักษณะ โครงสร้างของ Decision Tree.....	9
3.1 โครงสร้างของระบบ .....	10
3.2 แผนผังลำดับขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล .....	13
3.3 แผนผังลำดับขั้นตอนการวัดประสิทธิภาพของโมเดล .....	15
4.1 กราฟพื้นที่แมพความเร็วเฉลี่ยที่มีการขาดหายของข้อมูล.....	17
4.2 กราฟพื้นที่แมพค่าเฉลี่ยความเร็วของทางหลวงหมายเลข 1 ขาเข้า.....	19
4.3 กราฟพื้นที่แมพค่าเฉลี่ยความเร็วของทางหลวงหมายเลข 1 ขาออก .....	20
4.4 กราฟพื้นที่แมพค่ามัธยฐานความเร็วของทางหลวงหมายเลข 1 ขาเข้า .....	20
4.5 กราฟพื้นที่แมพค่ามัธยฐานความเร็วของทางหลวงหมายเลข 1 ขาออก .....	21
4.6 กราฟพื้นที่แมพค่าเฉลี่ยความเร็วของทางหลวงหมายเลข 2 ขาเข้า.....	22
4.7 กราฟพื้นที่แมพค่าเฉลี่ยความเร็วของทางหลวงหมายเลข 2 ขาออก.....	23
4.8 กราฟพื้นที่แมพค่ามัธยฐานความเร็วของทางหลวงหมายเลข 2 ขาเข้า .....	24
4.9 กราฟพื้นที่แมพค่ามัธยฐานความเร็วของทางหลวงหมายเลข 2 ขาออก .....	25
4.10 กราฟพื้นที่แมพค่าเฉลี่ยความเร็วของทางหลวงหมายเลข 7 ขาเข้า.....	26
4.11 กราฟพื้นที่แมพค่าเฉลี่ยความเร็วของทางหลวงหมายเลข 7 ขาออก.....	27
4.12 กราฟพื้นที่แมพค่ามัธยฐานความเร็วของทางหลวงหมายเลข 7 ขาเข้า .....	28
4.13 กราฟพื้นที่แมพค่ามัธยฐานความเร็วของทางหลวงหมายเลข 7 ขาออก .....	29
4.14 กราฟแสดงหาจำนวนกลุ่มของข้อมูลที่เหมาะสมด้วยวิธี Elbow Method .....	30
4.15 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มข้อมูลของทางหลวงหมายเลข 1 ขาเข้า .....	31
4.16 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มข้อมูลของทางหลวงหมายเลข 1 ขาออก .....	31
4.17 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มข้อมูลของทางหลวงหมายเลข 2 ขาเข้า .....	32
4.18 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มข้อมูลของทางหลวงหมายเลข 2 ขาออก .....	32
4.19 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มข้อมูลของทางหลวงหมายเลข 7 ขาเข้า .....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.20 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มข้อมูลของทางหลวงหมายเลข 7 ขาออก .....	33
4.21 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มของข้อมูลในกลุ่มที่ 1.....	34
4.22 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มของข้อมูลในกลุ่มที่ 2.....	35
4.23 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มของข้อมูลในกลุ่มที่ 3.....	35
4.24 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มของข้อมูลในกลุ่มที่ 4.....	36
4.25 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มของข้อมูลในกลุ่มที่ 5.....	36
4.26 Correlation Matrix ของชุดข้อมูล Cell Data .....	38
4.27 หน้าแรกของเว็บแอปพลิเคชัน.....	54
4.28 หน้าแสดงรายการอุบัติเหตุทั้งหมดภายในเดือนที่เลือก.....	55
4.29 แสดงรายการที่เป็น False Positive.....	56

# บทที่ 1

## บทนำ

บทนำแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ ความเป็นมาของปัญหา, วัตถุประสงค์ของโครงการ, ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ, ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ และตารางการดำเนินงาน โดยส่วนความเป็นมาของปัญหาจะกล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันซึ่งมีผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันของประชาชน ซึ่งเมื่อมีเครื่องมือที่เหมาะสมจะสามารถแก้หรือบรรเทาปัญหาดังกล่าวได้ ซึ่งรายละเอียดดังกล่าวจึงนำมาเป็นวัตถุประสงค์ในการดำเนินงาน และขอบเขตของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

### 1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในอดีตประเทศไทยการคมนาคมทางน้ำเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายแตกต่างจากปัจจุบันที่เทคโนโลยีที่ใช้ในการคมนาคมมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วทำให้การคมนาคมภายในประเทศมีความหลากหลายมากขึ้นและแต่ละประเภทมีความโดดเด่นแตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งทางรางและทางอากาศที่เชื่อมต่อไปยังภูมิภาคต่าง ๆ การขนส่งทางน้ำที่ใช้เดินทางและขนส่งสินค้า รวมไปถึงการขนส่งทางถนนที่เป็นหัวใจหลักในการขนส่งสินค้าทั่วประเทศก็ทั้งยังเป็นช่องทางหลักที่ใช้ในการเดินทาง เนื่องจากมีความสะดวก รวดเร็วและมีรถให้บริการในการเดินทางที่หลากหลายมีประจำทางในการรับส่งในเส้นทางต่าง ๆ มีการใช้รถจักรยานยนต์เพื่อการเดินทางระยะสั้น อีกทั้งมีการใช้รถยนต์ส่วนตัว ซึ่งมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งมีส่วนทำให้การจราจรเกิดความแออัดทั้งในกรุงเทพมหานครและจังหวัดต่าง ๆ

เมื่อการจราจรมีความแออัดมากขึ้น ทำให้การเดินทางเป็นไปได้อย่างล่าช้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนที่จะมีการใช้ถนนมากกว่าช่วงเวลาปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางหลวงสายหลักที่มีผู้ใช้เป็นจำนวนมาก หากมีเกิดเหตุบนทางหลวงไม่ว่าจะเป็นรถเสียหรืออุบัติเหตุ จะส่งผลกระทบต่อการจราจรบนทางหลวง ซึ่งโดยทั่วไปเมื่อเกิดเหตุผู้ที่เกิดอุบัติเหตุหรือผู้ที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ จะเป็นผู้แจ้งเหตุดังกล่าวไปยังหน่วยงานที่รับผิดชอบ ซึ่งมักจะใช้เวลานาน ทำให้เจ้าหน้าที่ทำหน้าที่ดูแลและแก้ไขเข้าถึงจุดเกิดเหตุได้ล่าช้า ทำให้เกิดการจราจรติดขัดสะสม

ทำให้ผู้จัดทำโครงการมีความสนใจที่จะศึกษาและจัดทำระบบแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินบนทางหลวง ซึ่งระบบนี้จะทำการสร้างโมเดลของการจราจรบนทางหลวงบนเส้นทางหลวงหมายเลข 1, 2, 7 และคอยตรวจสอบสภาพการจราจรของทั้งประเทศ พร้อมทั้งคอยแจ้งเตือนกับผู้ใช้งานในกรณีที่เกิดปัญหาจราจรขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อประยุกต์ใช้ Machine Learning ในการสร้างโมเดลเพื่อตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้นบนทางหลวง
- 2) สร้างและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อแจ้งเตือนเกี่ยวกับเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้น

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เข้าใจถึงขั้นตอนในการประมวลผลข้อมูลก่อนนำมาใช้งาน
- 2) ได้รับความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของ Machine Learning
- 3) สามารถแจ้งเตือนเหตุการณ์ผิดปกติบนทางหลวงได้ถูกต้อง ทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว

## 1.4 ขอบเขตของปริิญญาณิพนธ์

เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้ Machine Learning ในการตรวจจับเหตุการณ์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนถนนทางหลวงภายในประเทศไทยโดยจำกัดเฉพาะทางหลวงหมายเลข 1,2,7 เท่านั้น

## 1.5 ตารางการดำเนินงาน

ตาราง 1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน

หัวข้อกิจกรรม	เดือน								
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. ค้นหาและเสนอหัวข้อปริิญญาณิพนธ์ให้อาจารย์ที่ปรึกษา									
2. ศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาใช้ในการจัดทำปริิญญาณิพนธ์									
3. จัดเตรียมและแบ่งประเภทข้อมูลก่อนนำไปใช้งาน									
4. ค้นหางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุบนถนน									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน (ต่อ)

หัวข้อกิจกรรม	เดือน									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	
5. ทดลองนำเครื่องมือที่เกี่ยวข้องมาใช้งานจริงกับข้อมูล										
6. นำข้อมูลไปสร้างแบบจำลอง Speed Model										
7. ทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของแบบจำลอง Speed Model										
8. นำข้อมูลไปสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการ Clustering										
9. ทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของแบบจำลองที่สร้างด้วยวิธีการ Clustering										
10. เปรียบเทียบและปรับปรุงประสิทธิภาพของแบบจำลอง										
11. ออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์แอปพลิเคชัน										
12. จัดทำเอกสารและสรุปผล										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยเทคโนโลยีทั้งหมด 14 ชนิด โดยแบ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์ ได้แก่ RESTful API, Socket.IO, Express.js, React, PostgreSQL และ Apache Kafka เทคโนโลยีที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล ได้แก่ Pandas, NumPy และ Scikit-learn วิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning Algorithms) ได้แก่ Linear regression, K-Mean Clustering และ Decision Tree

### 2.1 RESTful API

RESTful API คือ ส่วนติดต่อระหว่างเว็บแอปพลิเคชันเพื่อใช้ในการร้องขอทรัพยากรตามที่ต้องการ การร้องขอนั้นจะอยู่บนพื้นฐานของ Hypertext Transfer Protocol (HTTP) ซึ่งในการร้องขอแต่ละครั้งจะต้องมีชุดคำสั่งของ HTTP เช่น GET, POST, PATCH เป็นต้น ในส่วนของการตอบกลับ Server นั้นจะตอบกลับในรูปแบบของ HTML, XML, JSON หรือ format อื่น ๆ ตามที่ Client นั้น ๆ สามารถประมวลผลและนำข้อมูลไปใช้ได้

### 2.2 Socket.IO

Socket.IO คือ JavaScript framework ซึ่งทำงานบนโปรโตคอล WebSocket โดยมีหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลระหว่าง Client และ Server แบบ Real-Time โดย Socket.IO จะรับส่งข้อมูลในลักษณะ Event-based ซึ่งจะทำงานเมื่อมีเหตุการณ์ที่ระบุไว้เกิดขึ้นเท่านั้น โดยในปัจจุบัน Socket.IO นั้นรองรับทั้งการส่งข้อมูลในลักษณะของตัวอักษร เช่น ข้อความ, JSON และ Binary เช่น รูปภาพ, เสียง เป็นต้น

### 2.3 Express.js

Express.js คือ JavaScript framework สำหรับพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในส่วนของหลังบ้าน (Back-end) ซึ่งมีความสามารถในการจัดการกับ Request และ Response, การทำ Routing, Middleware โดย Express.js นั้นสามารถใช้งานกับส่วนเสริมได้หลากหลาย รองรับฐานข้อมูลทั้ง Relational Database และ Non-Relational Database อีกทั้งยังสามารถติดตั้ง Template Engine เพื่อรองรับการแสดงผลในส่วน Frontend เพิ่มเติมได้ ในปัจจุบัน Express.js นั้นได้รับความนิยมมากเนื่องจากความยืดหยุ่นและสามารถพัฒนาได้ง่าย เรียนรู้ได้เร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 React

React คือ Framework สำหรับพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในส่วนหน้าบ้าน (Front-end) ซึ่งใช้ Syntax JSX ของภาษา JavaScript ในการพัฒนา โดย React ทำงานอยู่บนแนวความคิดของ Virtual DOM ซึ่งจะ Render เฉพาะส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงเท่านั้น ทำให้มีความรวดเร็วและใช้ทรัพยากรน้อย สำหรับการติดต่อกับ Back-end นั้นสามารถติดต่อกับได้หลากหลายช่องทาง เช่น RESTful API, GraphQL เป็นต้น

## 2.5 PostgreSQL

PostgreSQL คือ ระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุสัมพันธ์ (Object Relational Database System) ซึ่งเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลแบบ Open Source ที่มีประสิทธิภาพสูงตัวหนึ่ง ซึ่งใช้หลักการและข้อกำหนดของ SQL ที่เป็นมาตรฐานของภาษาแบบที่มีโครงสร้าง โดย PostgreSQL รองรับข้อมูลประเภท JSON และ NoSQL ได้ อีกทั้งยังสามารถทำ Replication เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและรองรับการขยายตัวในอนาคตได้

## 2.6 Apache Kafka

Apache Kafka คือ Software สำหรับประมวลผลข้อมูลแบบ stream ซึ่งถูกพัฒนาโดย LinkedIn และถูกบริจาคให้กับ Apache Software Foundation ซึ่ง Kafka มีความสามารถในการเผยแพร่ข้อมูลอย่างรวดเร็วทีละ records ในรูปแบบของ Message Queue และมีการทำงานในรูปแบบของ Cluster ได้ทั้งภายใน Server เดียว และหลาย Server โดย Kafka จะเก็บชุดข้อมูลลงในหมวดหมู่ที่เรียกว่า “Topic” และในข้อมูลแต่ละ Record จะประกอบไปด้วย Key, Value และ Timestamp

## 2.7 Pandas

Pandas คือ Library ในภาษา Python ซึ่งมีความสามารถในการจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ เพื่อนำไปใช้สำหรับการทำ Model หรือใช้กับ library อื่น ๆ โดย Pandas จะสร้าง Object ซึ่งเรียกว่า DataFrame สำหรับจัดเก็บเก็บข้อมูล และมี methods สำหรับกระทำการบางอย่างกับข้อมูล เช่น เลือกข้อมูล, หาค่าเฉลี่ย, เติมข้อมูลที่หายไป, ลบข้อมูลตามเงื่อนไข เป็นต้น

## 2.8 NumPy

NumPy คือ Library ในภาษา Python ซึ่งมีความสามารถในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และวิศวกรรม โดย NumPy จะเก็บข้อมูลอยู่ในรูปแบบของ ndarray ซึ่งสามารถกำหนดชนิดข้อมูลภายใน ndarray ได้ ในปัจจุบัน NumPy ได้ถูกใช้เป็นพื้นฐานของการคำนวณและการจัดการกับข้อมูลประเภทตัวเลขของ Library สำหรับประมวลผลข้อมูลและ Machine Learning

## 2.9 Scikit-learn

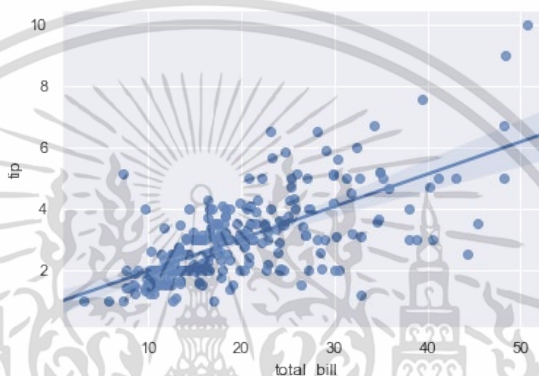
Scikit-learn คือ Library ในภาษา Python สำหรับ Machine Learning ซึ่งสามารถทำ Classification, Regression และ Clustering โดยรองรับอัลกอริทึมจำนวนมากทั้งแบบ Supervised Learning และ Unsupervised Learning

## 2.10 Linear regression

Linear Regression เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variable) หรือตัวประมาณการ (Predictor) กับตัวแปรตาม (Dependent Variable) หรือตัวตอบสนอง (Response) โดยใช้ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น (Linear) ผลของการวิเคราะห์จะทำให้ทราบถึงขนาดของความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม และแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ซึ่งสามารถแทนได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นเชิงเส้น (Linear Model) Linear Regression สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

### 2.10.1 Simple Linear Regression

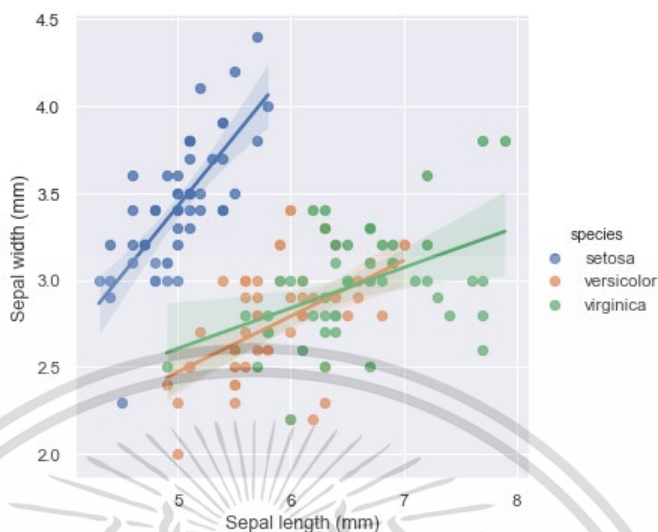
Simple Linear Regression เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรตาม 1 ตัว และตัวแปรอิสระเพียง 1 ตัว โดยจะวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสอง และสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่สามารถใช้พยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.1 ซึ่งมีสมการเส้นตรงเพียง 1 สมการที่ใช้แทนความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองตัวแปรของข้อมูล



รูป 2.1 Simple Linear Regression

### 2.10.2 Multiple Linear Regression

Multiple Linear Regression เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรตาม 1 ตัว และตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว โดยจะวิเคราะห์เพื่อหาขนาดของความสัมพันธ์ และสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่สามารถใช้พยากรณ์ค่าของตัวแปรตามโดยใช้ตัวแปรอิสระที่ศึกษา ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.2 ซึ่งมีสมการเส้นตรง 3 สมการที่ใช้แทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองตัวแปรของข้อมูลทั้ง 3 กลุ่ม



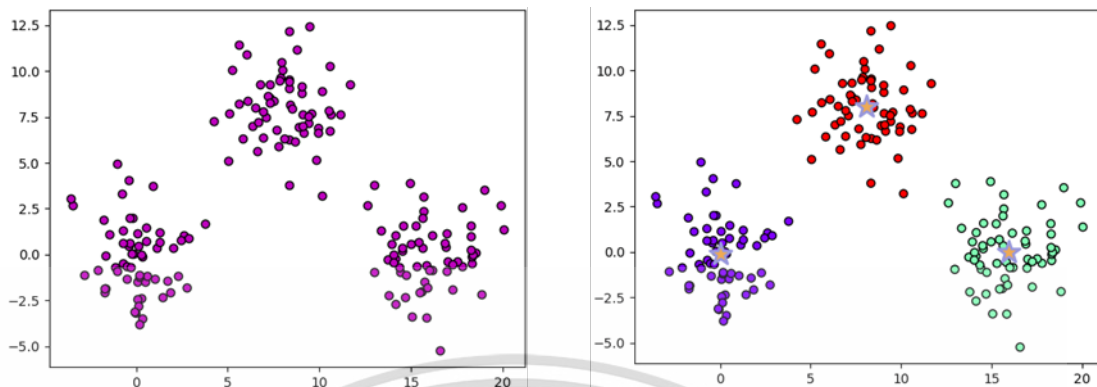
รูป 2.2 Multiple Linear Regression

### 2.11 K-mean Clustering

K-means clustering เป็นวิธีการที่ใช้ในการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning Model) รูปแบบหนึ่ง ซึ่งถูกจัดอยู่ในกลุ่มของ Unsupervised Learning โดยอัลกอริทึมจะพยายามจัดกลุ่มของข้อมูล ให้เป็นกลุ่มที่ตามจำนวนที่กำหนด โดยมีขั้นตอนที่ใช้ในการจัดกลุ่ม ดังนี้

- 1) สุ่มจุดเซนทรอยด์เริ่มต้นตามจำนวนที่ต้องการแบ่ง โดยแต่ละซึ่งตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์จะถูกสุ่มขึ้นมา
- 2) คำนวณระยะห่างระหว่างทุกจุดข้อมูลไปยังจุดเซนทรอยด์แต่ละจุด โดยจัดกลุ่มให้จุดข้อมูลนั้นอยู่ในกลุ่มของเซนทรอยด์ที่ใกล้ที่สุด จะได้กลุ่มแบบชั่วคราวทั้งหมด K กลุ่ม
- 3) ย้ายจุดเซนทรอยด์ไปที่กลางกลุ่มของข้อมูลที่ได้จากการจัดกลุ่มในข้อ 2
- 4) ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 โดยใช้เซนทรอยด์ใหม่ที่ได้ จนกว่าเซนทรอยด์จะไม่มี การเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง

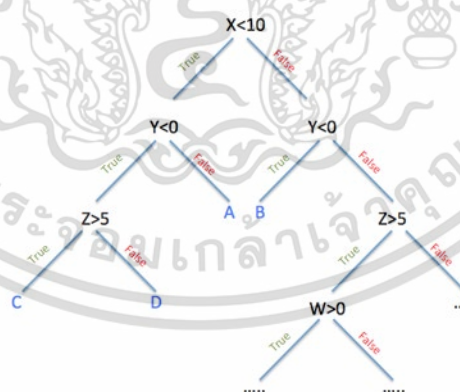
ซึ่งเมื่อทำการจัดกลุ่มจนเสร็จสิ้นแล้ว จะได้ข้อมูลที่มีลักษณะที่เป็นกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะมีจุดเซนทรอยด์อยู่บริเวณกึ่งกลางกลุ่ม ดังรูปที่ 2.3



รูป 2.3 การจัดกลุ่มด้วยวิธีการ K-mean Clustering

## 2.12 Decision Tree

Decision Tree เป็นวิธีการที่ใช้ในการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning Model) รูปแบบหนึ่ง ซึ่งถูกจัดอยู่ในกลุ่มของ Unsupervised Learning การตัดสินใจนั้นจะใช้โครงสร้างลำดับชั้นที่มีลักษณะ โครงสร้างคล้ายกับต้นไม้กลับหัวดังรูปที่ 2.4 โดยเริ่มต้นจากส่วนบนคือราก (Root) ไปสู่ส่วนล่างสุดคือใบ (Leaf Node) ภายในต้นไม้ประกอบด้วยโหนด (Node) และมีคุณลักษณะ (Attribute) เป็นตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบ กิ่งของต้นไม้ (Branch) แสดงถึงค่าที่เป็นไปได้ของคุณลักษณะที่ถูกทดสอบ และใบแสดงถึงกลุ่มของข้อมูล (Class)



รูป 2.4 ลักษณะโครงสร้างของ Decision Tree

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การออกแบบและการพัฒนา

การออกแบบและพัฒนาแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ ภาพรวมของระบบ, ลักษณะของชุดข้อมูล, การจัดเตรียมข้อมูลก่อนนำไปประมวลผล, วิธีการสร้างโมเดลสำหรับการใช้ในการตรวจสอบอุบัติเหตุ และ วิธีการวัดประสิทธิภาพของโมเดล

#### 3.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินบนทางหลวงประกอบด้วยระบบทั้งหมด 4 ส่วน ได้แก่ Realtime Engine, Message Queue, Web Service และ Dashboard ซึ่งมีลำดับการทำงานดังรูปที่ 3.1 และมีรายละเอียดการทำงานของแต่ละส่วน ดังนี้



รูป 3.1 โครงสร้างของระบบ

##### 3.1.1 Realtime Engine

ทำหน้าที่รับข้อมูลของถนน ณ ขณะนั้นซึ่งได้จากรถยนต์ที่ติดตั้งระบบ GPS และอยู่บนถนนช่วงต่าง ๆ มาประมวลผลด้วย Model ของถนนซึ่งจัดเตรียมไว้ล่วงหน้า เพื่อตรวจสอบว่าถนนในช่วงนั้น ๆ มีความผิดปกติหรือไม่ หากมีความผิดปกติก็จะส่งข้อมูลไปยัง Message Queue เพื่อดำเนินการแจ้งเตือนในลำดับต่อไป

##### 3.1.2 Message Queue

ทำหน้าที่จัดลำดับข้อมูลที่ถูส่งจาก Realtime Engine ไปยัง Web Service เพื่อให้การส่งข้อมูลเป็นแบบ Asynchronous ทำให้ Realtime Engine สามารถส่งข้อมูลได้ต่อเนื่องโดยไม่ต้องรอให้ Web Service ประมวลผลเสร็จ

### 3.1.3 Web Service

ทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลที่ได้รับจาก Realtime Engine ลงฐานข้อมูล PostgreSQL และแจ้งเตือนไปยัง Dashboard แบบ Real time ผ่าน Socket.IO รวมไปถึงการอ่านข้อมูลจากฐานข้อมูล เช่น เรียกดูสถิติการเกิดอุบัติเหตุ

### 3.1.4 Dashboard

เป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ ซึ่งพัฒนาด้วย React ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลกับ Web Service ผ่านการใช้ Application Programming Interface (API) ทั้ง RESTful API และ Socket.IO เพื่อนำข้อมูลจาก Web Service มาแสดงบน User Interface ตามที่ผู้ใช้ต้องการ

## 3.2 ลักษณะของชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในปริญญานิพนธ์นี้มีทั้งหมด 2 ชุดข้อมูล ซึ่งได้แก่ ชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างโมเดลของถนน และ ชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการตรวจสอบอุบัติเหตุ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 3.2.1 ชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างโมเดลของถนน

ชุดข้อมูลที่นำมาใช้ทำการวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่ได้จากระบบ GPS ที่ติดตั้งในรถขนส่งสาธารณะและวิ่งอยู่บนทางหลวงสายต่าง ๆ ผ่านการประมวลผลออกมาเป็นข้อมูลทุก ๆ 1 นาที และทำการบันทึกเป็นไฟล์ ทุก ๆ 1 ชั่วโมง โดยมีพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

ตาราง 3.1 พารามิเตอร์ของชุดข้อมูล Cell Data

พารามิเตอร์	คำอธิบาย
datetime	วันที่และเวลาในรูปแบบ ปี-เดือน-วัน ชั่วโมง:นาที:วินาที
road_number	หมายเลขของทางหลวง
km	กิโลเมตรของทางหลวง
direction	ทิศทางของถนน
all_units	จำนวนรถทั้งหมดในช่วงกิโลเมตรนี้
inflow_units	จำนวนรถที่เข้าในช่วงกิโลเมตรนี้
outflow_unit	จำนวนรถที่ออกจากช่วงกิโลเมตรนี้
samecell_units	จำนวนรถที่อยู่ในช่วงกิโลเมตรเดิม
avg_speed	ความเร็วเฉลี่ยของรถในช่วงกิโลเมตรนี้
max_speed	ความเร็วสูงสุดของรถในช่วงกิโลเมตรนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.1 พารามิเตอร์ของชุดข้อมูล Cell Data (ต่อ)

พารามิเตอร์	คำอธิบาย
avg_traveltime	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในช่วงกิโลเมตรนี้
max_traveltime	เวลาเฉลี่ยที่ใช้สูงสุดในช่วงกิโลเมตรนี้

### 3.2.2 ชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการตรวจสอบอุบัติเหตุ

ชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการตรวจสอบอุบัติเหตุเป็นข้อมูลที่ได้จากระบบ GPS ที่ติดตั้งในรถขนส่งสาธารณะและวิ่งอยู่บนทางหลวงสายต่าง ๆ ณ ขณะนั้น ผ่านการประมวลผลออกมาเป็นข้อมูลแบบ Realtime โดยมีลักษณะแบบ JSON Array ซึ่งมีพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

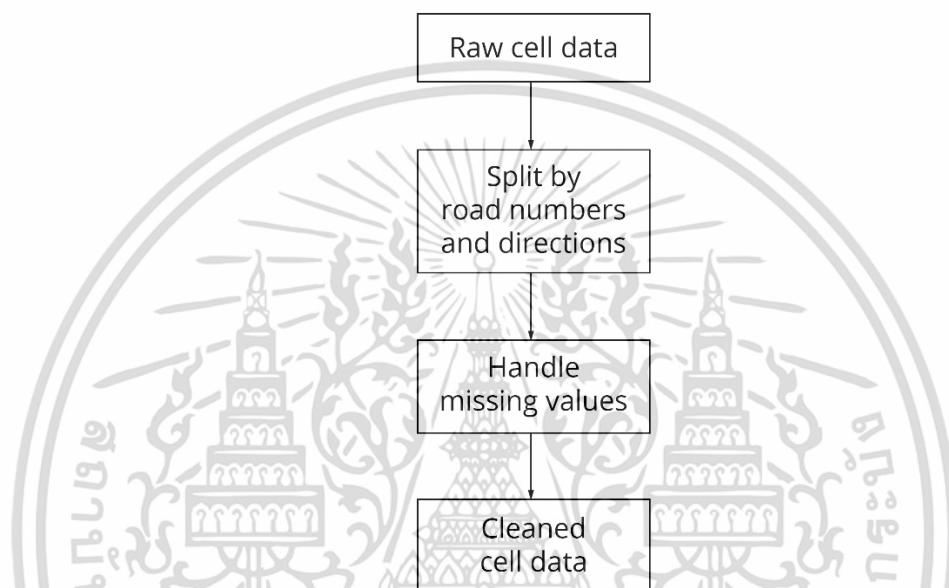
ตาราง 3.2 พารามิเตอร์ของชุดข้อมูล Realtime Data

พารามิเตอร์	คำอธิบาย
avg_speed_in	ความเร็วเฉลี่ยของรถในช่วงกิโลเมตรนี้ในทิศทางขาเข้า
avg_speed_out	ความเร็วเฉลี่ยของรถในช่วงกิโลเมตรนี้ในทิศทางขาออก
current_speed_in	ความเร็วของรถในช่วงกิโลเมตรนี้ในทิศทางขาเข้า
current_speed_out	ความเร็วของรถในช่วงกิโลเมตรนี้ในทิศทางขาออก
km	กิโลเมตรของทางหลวง
max_speed_in	ความเร็วสูงสุดของรถในช่วงกิโลเมตรนี้ในทิศทางขาเข้า
max_speed_out	ความเร็วสูงสุดของรถในช่วงกิโลเมตรนี้ในทิศทางขาออก
min_speed_in	ความเร็วต่ำสุดของรถในช่วงกิโลเมตรนี้ในทิศทางขาเข้า
min_speed_out	ความเร็วต่ำสุดของรถในช่วงกิโลเมตรนี้ในทิศทางขาออก
road	หมายเลขของทางหลวง
time	วันที่และเวลาในรูปแบบ ปี-เดือน-วัน ชั่วโมง:นาที:วินาที
unit_count_in	จำนวนรถที่อยู่ในช่วงกิโลเมตรนี้ในทิศทางขาเข้า
unit_count_out	จำนวนรถที่อยู่ในช่วงกิโลเมตรนี้ในทิศทางขาออก
last_5unitcount_in_list	จำนวนรถที่อยู่ในช่วงกิโลเมตรนี้ในทิศทางขาเข้า 5 นาทีล่าสุด
last_5unitcount_out_list	จำนวนรถที่อยู่ในช่วงกิโลเมตรนี้ในทิศทางขาออก 5 นาทีล่าสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การจัดเตรียมข้อมูลก่อนนำไปประมวลผล

การจัดเตรียมข้อมูลก่อนนำไปประมวลผลแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ การแยกข้อมูลตามหมายเลขถนนและทิศทาง และการจัดการกับข้อมูลที่หายไป ซึ่งมีลำดับการทำงานดังรูปที่ 3.2 และมีรายละเอียดการทำงานของแต่ละส่วน ดังนี้



รูป 3.2 แผนผังลำดับขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล

#### 3.3.1 การแยกข้อมูลตามหมายเลขถนนและทิศทาง

เนื่องจาก Cell Data ที่ได้รับมานั้นจะรวมข้อมูลของถนนทุกสายไว้ในไฟล์เดียวกัน ทำให้ไฟล์มีขนาดใหญ่และมีข้อมูลที่ไม่ถูกนำมาใช้เป็นจำนวนมาก ซึ่งหากนำ Cell Data ไปใช้เลยจะทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรในการประมวลผลเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงทำการแยกข้อมูลออกตามหมายเลขถนนและทิศทาง เพื่อให้สามารถนำข้อมูลเฉพาะถนนและทิศทางที่ต้องการไปใช้งานต่อในลำดับต่อไปได้ทันที

### 3.3.2 การจัดการกับข้อมูลที่หายไป

เนื่องจาก Cell Data เป็นข้อมูลที่จัดเก็บจากรถสาธารณะที่อยู่บนถนน หากในช่วงเวลานั้น ๆ ไม่มีรถยนต์วิ่งอยู่บนถนนในช่วงนั้นก็ทำให้ข้อมูลในช่วงนั้นขาดหายไป อีกทั้งยังมีการขาดหายของข้อมูลเนื่องจากสัญญาณ GPS ขาดหายอีกด้วย ซึ่งวิธีการจัดการกับข้อมูลที่หายไปที่เลือกใช้มี 2 ประเภท ได้แก่ การลบข้อมูลออก จะใช้ในกรณีที่ข้อมูลมีการขาดหายในทุกวันซึ่งอาจหมายความว่าไม่มีรถวิ่งในช่วงเวลานั้น ๆ และการเติมข้อมูลที่หายไปด้วยค่าเฉลี่ยของช่วงเวลานั้น จะเลือกใช้ในกรณีที่ข้อมูลมีการขาดหายในช่วงสั้นๆ

### 3.4 วิธีการสร้างโมเดลสำหรับการตรวจสอบอุบัติเหตุ

วิธีการสร้างโมเดลที่เลือกนำมาใช้ในปริญาานิพนธ์นี้มีทั้งหมด 2 วิธี ซึ่งได้แก่ Speed Model ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้เพียงแค่ความเร็วเฉลี่ย และ Traffic Clustering ซึ่งใช้การจัดกลุ่มข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

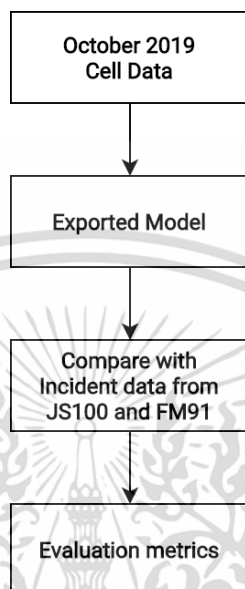
#### 3.4.1 Speed Model

สำหรับวิธีการสร้าง Speed Model นั้นจะใช้ข้อมูลของถนนแต่ละสายในเดือนกันยายน 2562 ที่ผ่านการประมวลผลแล้วมาทำการหาค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของความเร็วในแต่ละช่วงกิโลเมตร โดยใช้ข้อมูลในช่วงเวลาทุก ๆ 5 นาที เพื่อให้ได้มาซึ่งความเร็วซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของถนนในช่วงกิโลเมตรนั้นสำหรับอ้างอิงในการตรวจสอบอุบัติเหตุ

#### 3.4.2 Traffic Clustering

สำหรับวิธีการ Traffic Clustering ในที่นี้ได้เลือกใช้วิธี K-Mean สำหรับทำการจัดกลุ่มข้อมูล โดยทำการเลือก Feature หรือ Parameter จาก Cell Data เดือนกันยายน 2562 ที่มีความเกี่ยวข้องกันมาทำการแบ่งกลุ่มออกเป็น 5 กลุ่ม เพื่อหาลักษณะของกลุ่มที่มีแนวโน้มจะเป็นอุบัติเหตุ จากนั้นจึงหาว่ากลุ่มไหนคืออุบัติเหตุ จากนั้นใช้อัลกอริทึม Decision Tree ในการสร้างโมเดล

### 3.5 วิธีการวัดประสิทธิภาพของโมเดล



รูป 3.3 แผนผังลำดับขั้นตอนการวัดประสิทธิภาพของโมเดล

ในการวัดประสิทธิภาพของโมเดลทั้ง 2 โมเดลจะนั้นจะทำการทดสอบโมเดลด้วยข้อมูล Cell Data ของเดือนตุลาคม 2562 และทำการวัดประสิทธิภาพของโมเดลด้วยข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุของถนนหมายเลขต่าง ๆ ซึ่งรวบรวมจากข้อมูลข่าวและอุบัติเหตุจาก Twitter ของ จส.100 และ สวพ.91 เพื่อให้ได้ค่าของตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโมเดล (Evaluation Metrics) เช่น ค่าความแม่นยำ (Accuracy), Precision, Recall และ F1 Score โดยมีขั้นตอนการทำงานดังรูปภาพที่ 3.3

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ การจัดเตรียมข้อมูล, การประมวลผลข้อมูล, ผลการทดลองสร้างโมเดล, ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุ และเว็บแอปพลิเคชันสำหรับแจ้งเตือนอุบัติเหตุ

#### 4.1 การจัดเตรียมข้อมูล

การจัดเตรียมข้อมูลประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 2 ขั้นตอน ได้แก่ การนำเข้าข้อมูลและการจัดเตรียมข้อมูลก่อนนำไปประมวลผล และการหาค่าตัวแทนของกลุ่มข้อมูลที่ขาดหายไป

##### 4.1.1 การนำเข้าข้อมูลและการจัดเตรียมข้อมูลก่อนนำไปประมวลผล

ไฟล์ข้อมูลดิบก่อนที่จะถูกนำมาประมวลผลจะถูกจัดเก็บอยู่ในรูปของไฟล์ CSV ซึ่งข้อมูลของถนนทุกเส้นทางจะถูกบันทึกลงไฟล์ทุก ๆ 1 นาที ต่อ 1 กิโลเมตร โดยจะมีข้อมูลที่ถูกบันทึกดังนี้ วันที่และเวลา, หมายเลขถนน, กิโลเมตร, ทิศทาง, จำนวนรถทั้งหมด, จำนวนรถที่เข้ากิโลเมตร, จำนวนรถที่ออกจากกิโลเมตร, จำนวนรถที่อยู่กิโลเมตรเดิม, ความเร็วเฉลี่ย, ความเร็วสูงสุด, เวลาที่ใช้ในกิโลเมตรเฉลี่ย, เวลาที่ใช้ในกิโลเมตรสูงสุด โดยจะถูกบันทึกทุก ๆ 1 ชั่วโมง ต่อ 1 ไฟล์ ทำให้ข้อมูลที่ได้มีจำนวนมากและมีขนาดใหญ่จึงไม่สามารถนำไปประมวลผลได้ทันที จึงต้องทำการจัดเตรียมข้อมูลก่อนนำไปประมวลผล โดยจะนำไฟล์ข้อมูลดิบมาตัดแบ่งตามหมายเลขของทางหลวงและแยกถนนขาเข้า ขาออก อีกทั้งคัดกรองให้เหลือเพียงข้อมูลที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์คือ ค่าความเร็วเฉลี่ยของถนนในแต่ละหมายเลข โดยอ่านไฟล์ CSV ครั้งละ 1 บรรทัดจากนั้นใช้ Dictionary ในภาษา Python ในการจัดการข้อมูล ร่วมกับการประมวลผลแบบ Multithreading เพื่อความรวดเร็วและลดเวลาการจัดเตรียม

#### 4.1.2 การหาค่าตัวแทนของกลุ่มข้อมูลที่ขาดหายไป

เนื่องจากข้อมูล Cell Data นั้นได้จาก GPS ที่ติดตั้งบนรถขนส่งสาธารณะ หากไม่มีรถวิ่งอยู่ในช่วงกิโลเมตรและเวลานั้น ๆ จะทำให้ข้อมูลบริเวณนั้นขาดหายไป ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงตำแหน่งที่ข้อมูลหายไปด้วยสีขาว เพื่อเติมข้อมูลในจุดที่หายไปให้ครบ จึงเลือกใช้ Linear Regression ในการคาดเดาข้อมูลที่หายไป โดยหาสมการของถนนทั้งเส้นโดยใช้ชุดข้อมูลเฉพาะช่วงเวลานั้น ๆ จากนั้นจึงทำการแทนกิโลเมตรที่หายไปลงในสมการเพื่อหาความเร็วที่กิโลเมตรนั้น ๆ



รูป 4.1 กราฟอัตราเร็วเฉลี่ยที่มีการขาดหายของข้อมูล

## 4.2 การประมวลผลข้อมูล

ในปริศยานี้ได้เลือกใช้วิธีการสร้างโมเดลทั้งหมด 2 วิธี ซึ่งได้แก่ Speed Model และ Clustering ซึ่งแต่ละวิธีจะมีขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 4.2.1 Speed model

เป็นการคำนวณค่าเพื่อหาตัวแทนของชุดข้อมูลโดยข้อมูลดิบที่เก็บมาได้ จะมีค่าความเร็วเฉลี่ยที่แตกต่างกันไปในแต่ละวันถึงแม้จะเป็นถนนสายเดียวกัน หลักกิโลเมตรเดียวกัน เวลาเดียวกัน แต่ถูกจัดเก็บในวันที่แตกต่างกัน ทำให้ต้องหาค่าของข้อมูลที่จะนำมาเป็นตัวแทนของข้อมูลชุดนั้นเพื่อนำมาสร้างโมเดลเพื่อคุณแนวโน้มและรูปแบบของความเร็วบนถนนสายนั้นโดยนำข้อมูลที่ผ่านการจัดเตรียมแล้วมาประมวลผลด้วย library Pandas ที่ช่วยในการจัดการข้อมูลแบบตารางที่ นำข้อมูลค่าความเร็วเฉลี่ยของรถบนทางหลวงในอดีตในแต่ละวันมาจัดเก็บอยู่ในรูป Data Frame ที่มีข้อมูลในตารางทั้งหมด 3 คอลัมน์ คือ หลักกิโลเมตร วันเวลา ความเร็ว โดยจะนำข้อมูลที่ต้องการคำนวณทั้งหมดมาต่อกัน โดยจะตัดข้อมูลวันที่ออกให้เหลือเพียงค่าของเวลาในแต่ละวัน จากนั้นนำมาคำนวณค่าโดยใช้วิธีการทางสถิติ เลือกใช้ค่าทางสถิติทั้งหมด 2 ค่า คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่ามัธยฐาน จะได้ค่าที่เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลในแต่ละเวลาที่ต้องการ จากนั้นนำข้อมูลมาพล็อตเป็นกราฟ Heatmap เพื่อคุณแนวโน้มของข้อมูล

### 4.2.2 Traffic Clustering

สำหรับวิธีการ Traffic Clustering จะใช้อัลกอริทึม K-means clustering ซึ่งถูกจัดอยู่ในกลุ่มของ Unsupervised Learning โดยอัลกอริทึมจะพยายามจัดแบ่งกลุ่มของข้อมูลให้เป็นกลุ่มที่ตามจำนวนที่กำหนด โดยนำมาใช้เพื่อจัดกลุ่มของข้อมูลของสภาพรถในท้องถนน ซึ่งจะเลือกแบ่งกลุ่มจาก จำนวนรถที่เข้าหลักกิโลเมตร (Inflow Units), จำนวนรถที่ออก (Outflow Units) และความเร็วเฉลี่ย (Average Speed) จากนั้นทำการเลือกจำนวนที่ใช้แบ่งกลุ่มที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการ Clustering โดยใช้วิธี Elbow Method ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการวัดข้อผิดพลาดของผลรวมของระยะห่างระหว่าง Object กับ Centroid

### 4.3 ผลการทดลองสร้างโมเดล

ในปริศยานี้ได้เลือกใช้วิธีการสร้างโมเดลทั้งหมด 2 วิธี ซึ่งได้แก่ Speed Model และ Clustering ซึ่งมีผลของการทดลองสร้างโมเดลดังนี้

#### 4.3.1 Speed Model

เมื่อทำการสร้าง Speed model จากการประมวลผลข้อมูลแล้วจะได้ Speed model ของถนนแต่ละเส้นทางออกมา 2 แบบคือ กราฟค่าความเร็วเฉลี่ย และ กราฟค่ามัธยฐานที่มีแกน X คือ กิโลเมตร แกน Y คือระยะเวลาซึ่งมีช่วงทุก ๆ 5 นาที จะเห็นได้ว่ากราฟแต่ละแบบจะมีแนวโน้มของการจราจรที่แตกต่างกันออกไป ทำให้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้เป็นค่า threshold ในการตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นบนเส้นทางหลวงสายต่าง ๆ ได้

##### 1) ทางหลวงหมายเลข 1

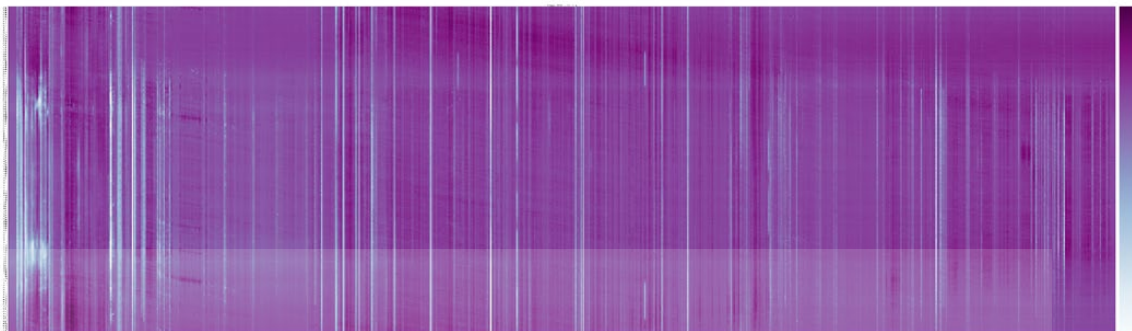
เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณค่าความเร็วเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของถนนหมายเลข 1 มาแสดงผล โดยใช้แกน X เป็นหมายเลขหลักกิโลเมตรโดยเริ่มตั้งแต่กิโลเมตรที่ 19 (อนุสาวรีย์หลักสี่) ถึงกิโลเมตรที่ 993 (กลางสะพานแม่น้ำสาย เขตแดนไทย/เมียนมา) แกน Y เป็นระยะเวลา โดยเริ่มตั้งแต่ 00.00 น. จนถึง 23.55 น. และแสดงค่าความเร็วโดยใช้ค่าความเข้มของสี โดยสีที่มีความเข้มมากแสดงถึงความเร็วสูง สีที่มีความเข้มน้อยกว่าจะแสดงถึงความเร็วต่ำตามลำดับ



รูป 4.2 กราฟฮีทแมพค่าเฉลี่ยความเร็วของทางหลวงหมายเลข 1 ขาเข้า

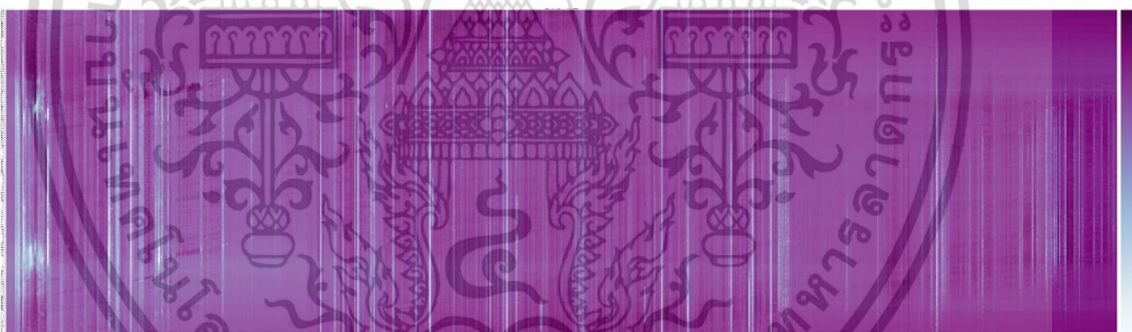
จากรูปที่ 4.2 ซึ่งแสดงค่าความเร็วเฉลี่ยของถนนหมายเลข 1 ขาเข้าจะพบว่า รถภายในถนนหมายเลข 1 ขาเข้าส่วนใหญ่สามารถใช้ความเร็วได้ค่อนข้างสูง อังอิงจากความเข้มของสีกราฟส่วนใหญ่ที่มีสีเข้ม และในช่วงเวลาตอนกลางคืนจะสามารถใช้ความเร็วได้มากกว่าในช่วงเวลากลางวัน อังอิงจากพื้นที่สีด้านล่างของแกน Y ที่มีความเข้มสีมากกว่าด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.3 กราฟฮีทแมพค่าเฉลี่ยความเร็วของทางหลวงหมายเลข 1 ขาออก

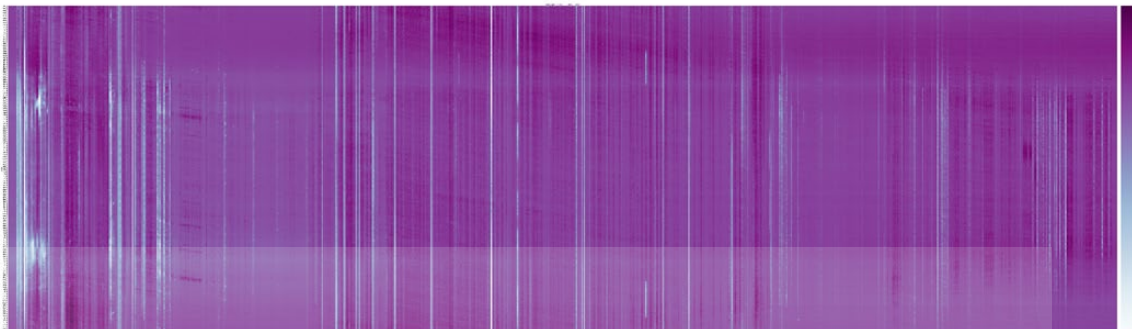
จากรูปที่ 4.3 ซึ่งแสดงค่าความเร็วเฉลี่ยของถนนหมายเลข 1 ขาออกจะพบว่ารถภายในถนนหมายเลข 1 ขาออกส่วนใหญ่สามารถใช้ความเร็วได้ค่อนข้างสูง อ้างอิงจากความเข้มของสีกราฟส่วนใหญ่ที่มีสีเข้ม และในเวลาเช้าจะใช้ความเร็วได้มากที่สุด อ้างอิงจากกราฟของแกน Y ด้านบนซึ่งมีความเข้มของสีที่มากกว่าด้านล่าง



รูป 4.4 กราฟฮีทแมพค่ามัธยฐานความเร็วของทางหลวงหมายเลข 1 ขาเข้า

จากรูปที่ 4.4 ซึ่งแสดงค่ามัธยฐานของถนนหมายเลข 1 ขาเข้าจะพบว่ารถภายในถนนหมายเลข 1 ขาเข้าส่วนใหญ่สามารถใช้ความเร็วได้ค่อนข้างสูง อ้างอิงจากความเข้มของสีกราฟส่วนใหญ่ที่มีสีเข้ม และในช่วงเวลาตอนกลางคืนจะสามารถใช้ความเร็วได้มากกว่าในช่วงเวลากลางวัน อ้างอิงจากพื้นที่สีด้านล่างของแกน Y ที่มีความเข้มสีมากกว่าด้านบน ซึ่งใกล้เคียงกับกราฟที่ได้จากค่าความเร็วเฉลี่ย แต่กราฟของค่ามัธยฐานบ่งบอกว่าภายในช่วงเวลาเดียวกันในทุกหลักกิโลเมตรจะมีความเร็วที่ใกล้เคียงกัน อ้างอิงจากแกน X ในระนาบแกน Y เดียวกันจะมีสีใกล้เคียงกันเมื่ออ่านจากซ้ายไปขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

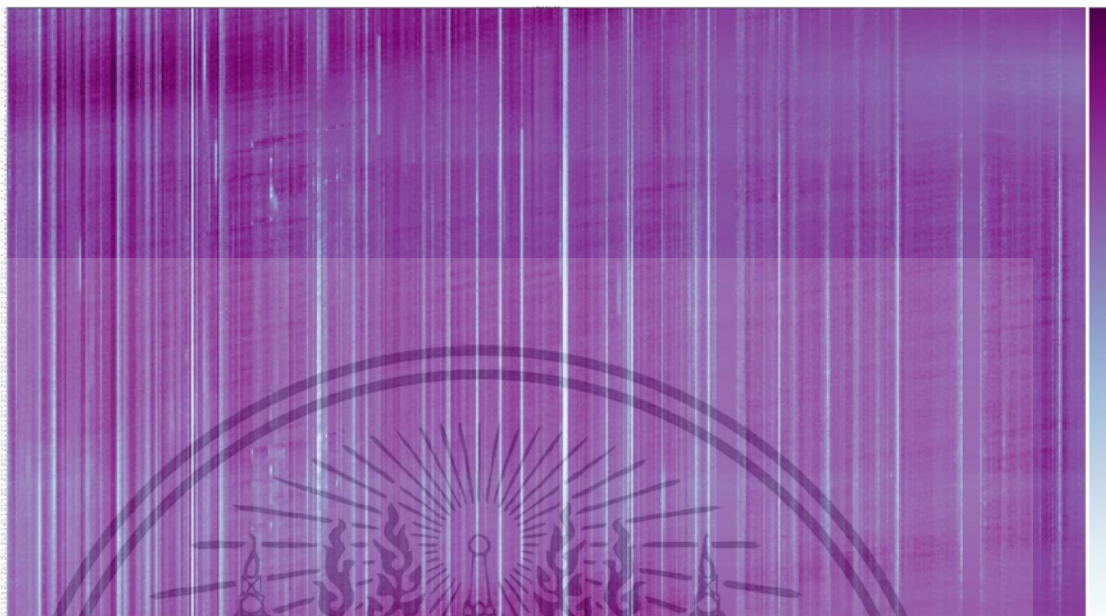


รูป 4.5 กราฟอีทแมพค่ามัธยฐานความเร็วของทางหลวงหมายเลข 1 ขาออก

จากรูปที่ 4.5 ซึ่งแสดงค่ามัธยฐานของถนนหมายเลข 1 ขาออกจะพบว่ารถภายในถนนหมายเลข 1 ขาออกส่วนใหญ่สามารถใช้ความเร็วได้ค่อนข้างสูง อ้างอิงจากความเข้มของสีกราฟส่วนใหญ่ที่มีสีเข้ม และในเวลาเช้าจะใช้ความเร็วได้มากที่สุด อ้างอิงจากกราฟของแกน Y ด้านบนซึ่งมีความเข้มของสีที่มากกว่าด้านล่าง ใกล้เคียงกับกราฟที่ได้จากค่าความเร็วเฉลี่ย แต่กราฟของค่ามัธยฐานบ่งบอกว่าภายในช่วงเวลาเดียวกันในทุกหลักกิโลเมตรจะมีความเร็วที่ใกล้เคียงกัน อ้างอิงจากแกน X ในระนาบแกน Y เดียวกันจะมีสีใกล้เคียงกันเมื่ออ่านจากซ้ายไปขวา

## 2) ทางหลวงหมายเลข 2

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณค่าความเร็วเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของถนนหมายเลข 2 มาแสดงผล โดยใช้แกน x เป็นหมายเลขหลักกิโลเมตร โดยเริ่มตั้งแต่กิโลเมตรที่ 0 (จังหวัดสระบุรี) ถึงกิโลเมตรที่ 509 (สะพานมิตรภาพจังหวัดหนองคาย) แกน Y เป็นระยะเวลา โดยเริ่มตั้งแต่ 00.00 น. จนถึง 23.55 น. และแสดงค่าความเร็วโดยใช้ค่าความเข้มของสี โดยสีที่มีความเข้มมากแสดงถึงความเร็วสูง สีที่มีความเข้มน้อยกว่าจะแสดงถึงความเร็วต่ำ ตามลำดับ



รูป 4.6 กราฟอัตราเร็วค่าเฉลี่ยของทางหลวงหมายเลข 2 ขาเข้า

จากรูปที่ 4.6 ซึ่งแสดงค่าความเร็วเฉลี่ยของถนนหมายเลข 2 ขาเข้าจะพบว่ากราฟมีความชันน้อยกว่าถนนหมายเลข 1 เนื่องจากถนนหมายเลข 2 มีความยาวของถนนที่น้อยกว่ารถภายในถนนหมายเลข 2 ขาเข้าโดยรวมสามารถใช้ความเร็วได้ปานกลาง อ้างอิงจากความเข้มของสีภายในกราฟที่มีพื้นที่เข้มและสีอ่อนจำนวนใกล้เคียงกัน มีบางช่วงของกราฟมีลักษณะเป็นเส้นสีขาวถึงสีเทาซึ่งพบว่าเป็นหลักกิโลเมตรที่ตรงกับทางแยกหรือมีลักษณะเป็นทางร่วม ซึ่งจะช่วยให้รถสามารถใช้ความเร็วได้ต่ำ



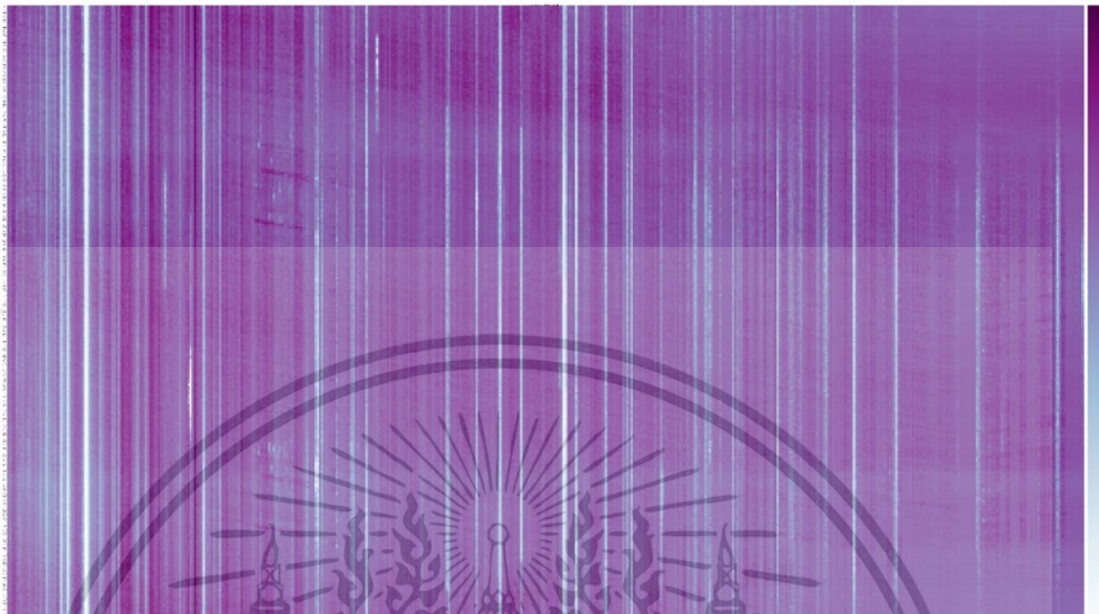
รูป 4.7 กราฟอีทแมพค่าเฉลี่ยความเร็วของทางหลวงหมายเลข 2 ขาออก

จากรูปที่ 4.7 ซึ่งแสดงค่าความเร็วเฉลี่ยของถนนหมายเลข 2 ขาออกจะพบว่า รถภายในถนนหมายเลข 2 ขาออกโดยรวมสามารถใช้ความเร็วได้ค่อนข้างต่ำ อ้างอิงจากบริเวณ พื้นที่สีอ่อนภายในกราฟมีปริมาณมากกว่าพื้นที่สีเข้ม มีบางช่วงของกราฟมีลักษณะเป็น เส้นสีขาวถึงสีเทาซึ่งพบที่เกิดจากเป็นหลักกิโลเมตรที่ตรงกับทางแยกหรือมีลักษณะเป็นทางร่วม ซึ่งจะทำให้รถสามารถใช้ความเร็วได้ต่ำ และภายในหลักกิโลเมตรเดียวกันจะมีความเร็วใกล้เคียงกัน ในทุกช่วงเวลา อ้างอิงจากภายในจุดแกน X เมื่อเทียบกับตลอดทั้งแกน Y แล้วมีความเข้ม ใกล้เคียงกัน



รูป 4.8 กราฟอิทธิพลค่ามัธยฐานความเร็วของทางหลวงหมายเลข 2 ขาเข้า

จากรูปที่ 4.8 ซึ่งแสดงค่ามัธยฐานของถนนหมายเลข 2 ขาเข้าจะพบว่ารถภายในถนนหมายเลข 2 ขาเข้าโดยรวมสามารถใช้ความเร็วได้ปานกลางจนถึงสูงอ้างอิงจาก มีพื้นที่สีที่มีความเข้มปานกลางเป็นส่วนใหญ่และมีพื้นที่ที่มีความเข้มมากเป็นบางช่วง ในช่วงเช้าและช่วงกลางคืนจะใช้ความเร็วได้สูงกว่าช่วงเวลากลางวัน อ้างอิงจากพื้นที่ด้านล่างสุดและบนสุดของแกน Y จะมีความเข้มของสีที่มากกว่า



รูป 4.9 กราฟอีทแมพค่ามัธยฐานความเร็วของทางหลวงหมายเลข 2 ขาออก

จากรูปที่ 4.9 ซึ่งแสดงผลค่ามัธยฐานของถนนหมายเลข 2 ขาออกจะพบว่า รถภายในถนนหมายเลข 2 ขาออกโดยรวมสามารถใช้ความเร็วได้ค่อนข้างต่ำ อ้างอิงจากบริเวณ พื้นที่สีอ่อนภายในกราฟมีปริมาณมากกว่าพื้นที่สีเข้ม ใกล้เคียงกับกราฟที่ได้จากค่าความเร็วเฉลี่ย ภายในช่วงเวลาเดียวกันในทุกหลักกิโลเมตรจะมีความเร็วที่ใกล้เคียงกัน อ้างอิงจากแกน X ในระนาบแกน Y เดียวกันจะมีสีใกล้เคียงกันเมื่ออ่านจากซ้ายไปขวา

### 3) ทางหลวงหมายเลข 7

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณค่าความเร็วเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของ ถนนหมายเลข 7 มาแสดงผลโดยใช้แกน X เป็นหมายเลขหลักกิโลเมตร โดยเริ่มตั้งแต่กิโลเมตรที่ 0 (กรุงเทพมหานคร) ถึงกิโลเมตรที่ 149 (พญากลาง จังหวัดชลบุรี) แกน Y เป็นระยะเวลา โดยเริ่ม ตั้งแต่ 00.00 น. จนถึง 23.55 น. และแสดงค่าความเร็ว โดยใช้ค่าความเข้มของสี โดยสีที่มีความเข้ม มากแสดงถึงความเร็วสูง สีที่มีความเข้มน้อยกว่าจะแสดงถึงความเร็วต่ำ ตามลำดับ



รูป 4.10 กราฟอีทแมพค่าเฉลี่ยความเร็วของทางหลวงหมายเลข 7 ขาเข้า

จากรูปที่ 4.10 ซึ่งแสดงผลค่าความเร็วเฉลี่ยของถนนหมายเลข 7 ขาเข้าจะพบว่า รถภายในถนนหมายเลข 7 ขาเข้าโดยรวมสามารถใช้ความเร็วได้ค่อนข้างต่ำ อ้างอิงจากพื้นที่สีอ่อน ในกราฟที่มีปริมาณมากกว่าพื้นที่สีเข้ม โดยพื้นที่ที่รถมีความเร็วสูงจะอยู่ภายในช่วงหลักกิโลเมตร แรกของถนน อ้างอิงจากช่วงเริ่มต้นของแกน X มีพื้นที่สีที่มีความเข้มมากกว่าพื้นที่ช่วงปลายของ แกน พื้นที่ที่รถมีความเร็วต่ำจะอยู่ภายในช่วงหลักกิโลเมตรหลังของถนน เนื่องจากมีความเข้มสีที่ อ่อนกว่า ซึ่งอาจเกิดจากช่วงหลักกิโลเมตรแรกของถนนอยู่ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีความเร่งรีบ และมีจำนวนรถเยอะกว่าช่วงหลักกิโลเมตรหลังที่อยู่ในจังหวัดชลบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.11 กราฟอัตราเร็วค่าเฉลี่ยความเร็วของทางหลวงหมายเลข 7 ขาออก

จากรูปที่ 4.11 ซึ่งแสดงผลค่าความเร็วเฉลี่ยของถนนหมายเลข 7 ขาออกจะพบว่ารถภายในถนนหมายเลข 7 ขาออกโดยรวมสามารถใช้ความเร็วได้ค่อนข้างต่ำ อ้างอิงจากพื้นที่สีอ่อนในกราฟที่มีปริมาณมากกว่าพื้นที่สีเข้ม และช่วงหลักกิโลเมตรแรกของถนนจะมีการใช้ความเร็วในช่วงเช้าและช่วงเวลากลางคืนสูงกว่าในช่วงเวลากลางวัน ช่วงหลักกิโลเมตรหลังจะมีความเร็วภายในหลักกิโลเมตรเดียวกันจะมีความเร็วใกล้เคียงกันในทุกช่วงเวลา อ้างอิงจากภายในจุดแกน X เมื่อเทียบกับตลอดทั้งแกน Y แล้วมีความเข้มใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.12 กราฟอีทแมพค่ามัธยฐานความเร็วของทางหลวงหมายเลข 7 ขาเข้า

จากรูปที่ 4.12 ซึ่งแสดงผลค่ามัธยฐานของถนนหมายเลข 7 ขาเข้าจะพบว่า รถภายในถนนหมายเลข 7 ขาเข้าโดยรวมสามารถใช้ความเร็วได้ปานกลาง อ้างอิงจากความเข้มของ สีภายในกราฟที่มีพื้นที่เข้มและสีอ่อนจำนวนใกล้เคียงกัน มีจุดสีขาวในบางช่วงของกราฟซึ่งเกิดจากการไม่มีรถวิ่งในช่วงเวลานั้น ๆ ทำให้ไม่มีความเร็วในจุดนั้น ซึ่งทำให้แสดงผลออกมาว่าไม่มีความเร็วในจุดดังกล่าว และภายในหลักกิโลเมตรเดียวกันจะมีความเร็วใกล้เคียงกันในทุกช่วงเวลา อ้างอิงจากภายในจุดแกน X เมื่อเทียบกับตลอดทั้งแกน Y แล้วมีความเข้มใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.13 กราฟอีทแมพค่ามัธยฐานความเร็วของทางหลวงหมายเลข 7 ขาออก

จากรูปที่ 4.13 ซึ่งแสดงผลค่ามัธยฐานของถนนหมายเลข 7 ขาออกจะพบว่า รถภายในถนนหมายเลข 7 ขาออกโดยรวมสามารถใช้ความเร็วได้ความเร็วได้ปานกลาง อ้างอิงจากความเข้มของสีภายในกราฟที่มีพื้นที่เข้มและสีอ่อนจำนวนใกล้เคียงกัน ซึ่งใกล้เคียงกับกราฟที่ได้จากค่ามัธยฐานของถนนหมายเลข 2 ขาเข้า ภายในหลักกิโลเมตรเดียวกันจะมีความเร็วใกล้เคียงกัน ในทุกช่วงเวลา อ้างอิงจากภายในจุดแกน X เมื่อเทียบกับตลอดทั้งแกน Y แล้วมีความเข้มใกล้เคียงกัน

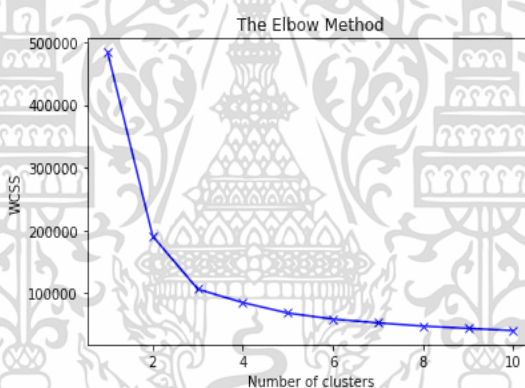
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.2 Traffic Clustering

ขั้นตอนในการสร้างโมเดลด้วยวิธีการ Clustering ประกอบด้วยกระบวนการทั้งหมด 6 ขั้นตอน ได้แก่ การหาจำนวนกลุ่มของข้อมูลที่เหมาะสม, การจัดกลุ่มของข้อมูลด้วย K-means Clustering, การวิเคราะห์ลักษณะของกลุ่มข้อมูล, การหากลุ่มตัวแทนของอุบัติเหตุ, การสร้างแบบจำลอง และ แบ่งชุดข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.3.2.1 การหาจำนวนกลุ่มของข้อมูลที่เหมาะสม

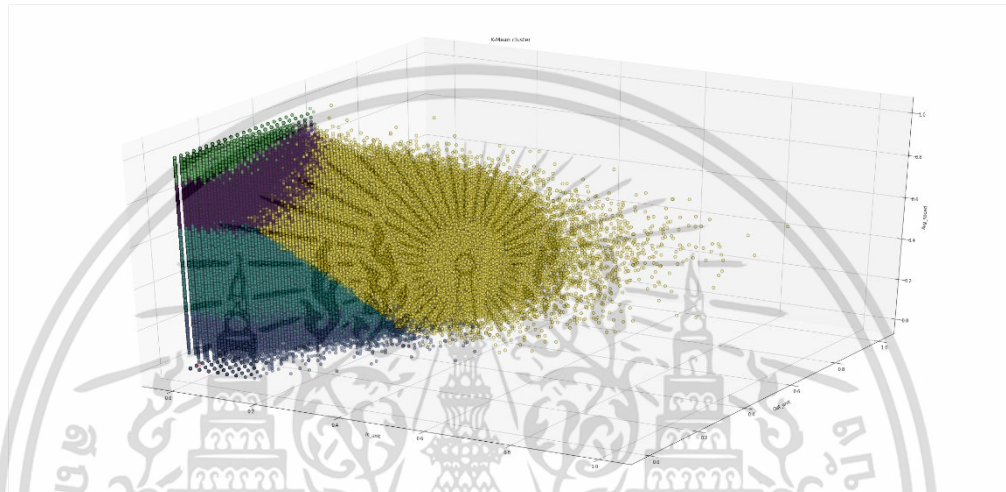
จากการใช้ Elbow Method เพื่อทำการคำนวณหาจุดของเส้นโค้งที่มีจำนวน Cluster ที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้วิธีลากเส้นตรงจากจุดเริ่มไปถึงปลายเส้น โคง จากนั้นหาระยะจากเส้นตรงตั้งฉากกับเส้น โคง ที่มีระยะห่างมากที่สุด ซึ่งทำได้จำนวนกลุ่มที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ Clustering ซึ่งจากรูปที่ 4.14 จะมีค่าใกล้เคียงกับ 5 กลุ่ม



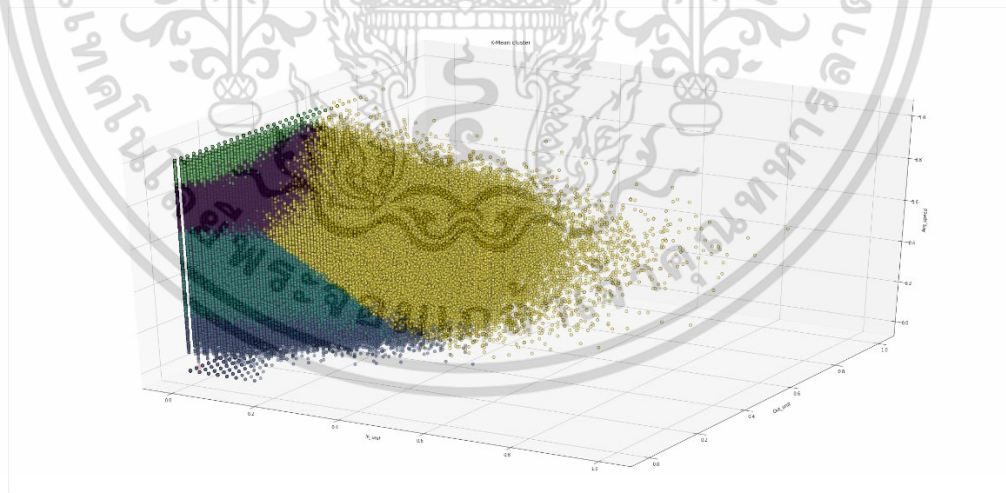
รูป 4.14 กราฟแสดงหาจำนวนกลุ่มของข้อมูลที่เหมาะสมด้วยวิธี Elbow Method

#### 4.3.2.2 การจัดกลุ่มของข้อมูลด้วย K-means Clustering

เมื่อทำการจัดกลุ่มของข้อมูลด้วย K-means Clustering จะทำให้เห็นข้อมูลของถนนในแต่ละสายมีแบ่งแยกออกเป็นกลุ่มอย่างชัดเจน ซึ่งการแบ่งกลุ่มของข้อมูลในถนนหมายเลข 1, หมายเลข 2 และหมายเลข 7 ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้



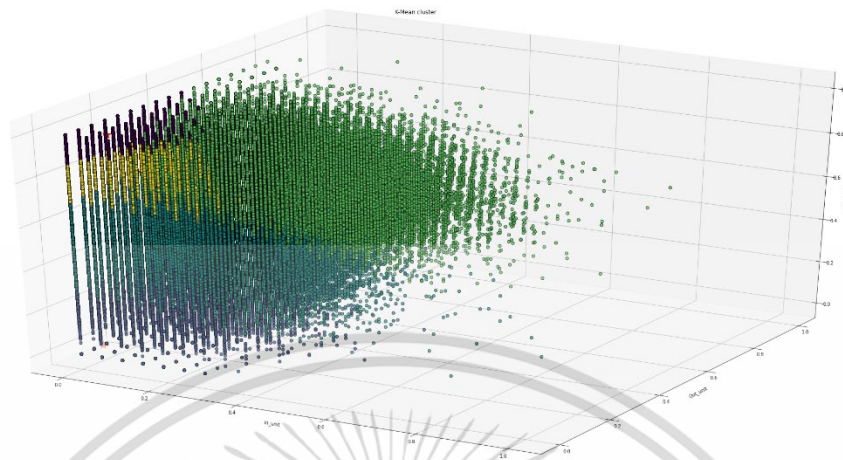
รูป 4.15 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มข้อมูลของทางหลวงหมายเลข 1 ขาเข้า



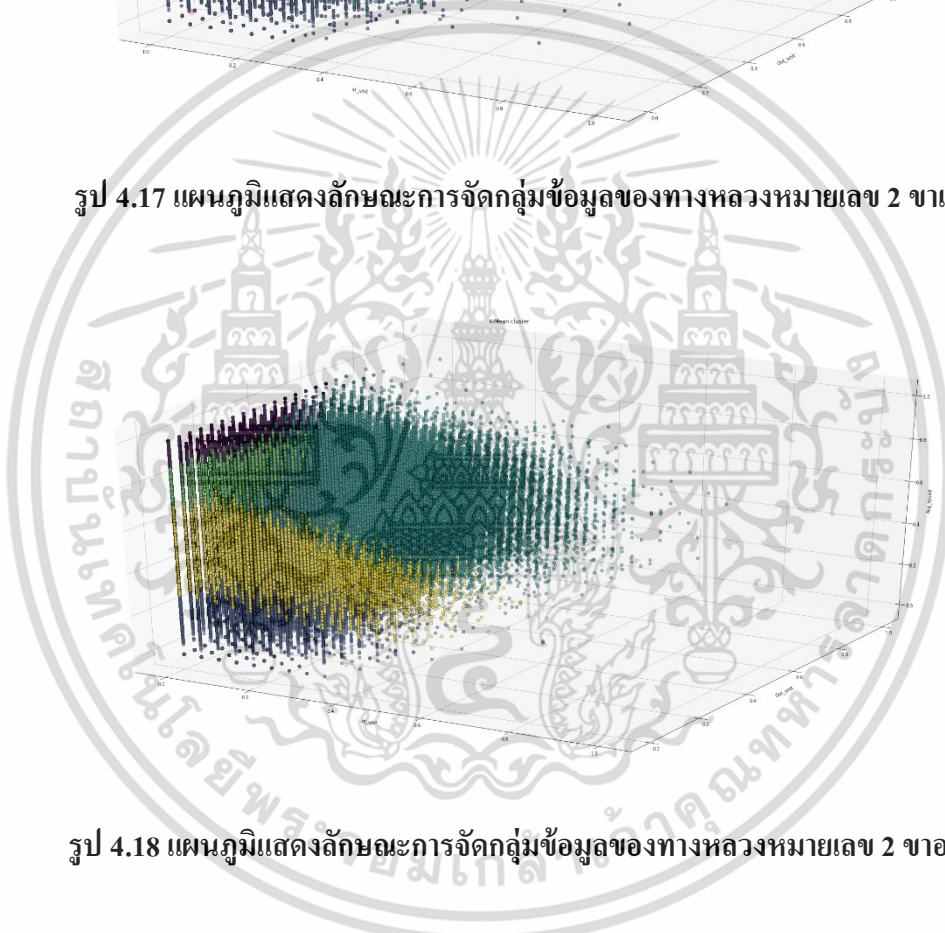
รูป 4.16 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มข้อมูลของทางหลวงหมายเลข 1 ขาออก

จากรูปที่ 4.15 และ 4.16 เมื่อนำข้อมูลของถนนหมายเลข 1 ที่จัดกลุ่มด้วยวิธี K-means Clustering ซึ่งมีค่าแกน X คือจำนวนรถที่เข้าหลักกิโลเมตร ค่าแกน Y คือจำนวนรถที่ออกจากกิโลเมตร และค่าแกน Z คือความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ จะเห็นว่าข้อมูลของถนนหมายเลข 1 ก่อนข้างมีความหนาแน่นของกลุ่มข้อมูลมาก และรถส่วนใหญ่ในภาพรวมมีความเร็วเฉลี่ยปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยูได้เห็นใบเซอร์เองนั้นด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



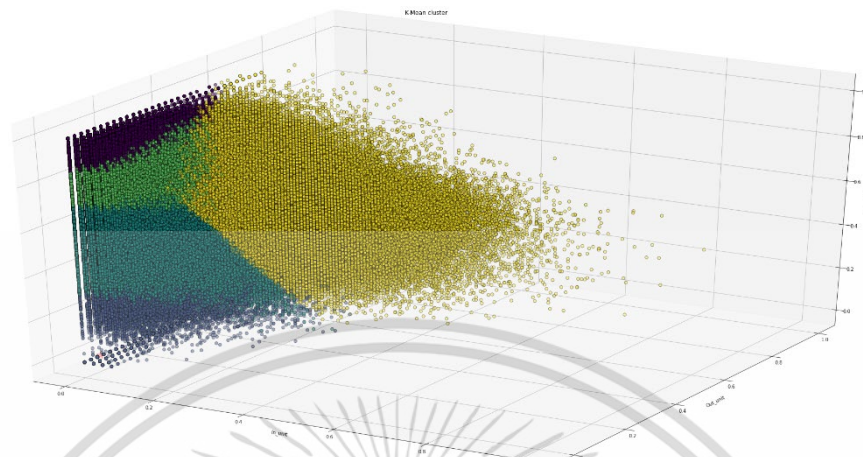
รูป 4.17 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มข้อมูลของทางหลวงหมายเลข 2 ขาเข้า



รูป 4.18 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มข้อมูลของทางหลวงหมายเลข 2 ขาออก

จากรูปที่ 4.17 และ 4.18 เมื่อนำข้อมูลของถนนหมายเลข 2 ที่จัดกลุ่มด้วยวิธี K-means Clustering มาแสดงผล โดยมีค่าแกน X คือจำนวนรถที่เข้าหลักกิโลเมตร ค่าแกน Y คือจำนวนรถที่ออกจากกิโลเมตร และค่าแกน Z คือความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ จากภาพจะเห็นว่าข้อมูลของถนนหมายเลข 2 มีการกระจายตัวของกลุ่มข้อมูลมากกว่าถนนหมายเลข 1 และรถส่วนใหญ่ในภาพรวมมีความเร็วเฉลี่ยสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.19 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มข้อมูลของทางหลวงหมายเลข 7 ขาเข้า



รูป 4.20 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มข้อมูลของทางหลวงหมายเลข 7 ขาออก

จากรูปที่ 4.19 และ 4.20 เมื่อนำข้อมูลของถนนหมายเลข 7 ที่จัดกลุ่มด้วยวิธี K-means Clustering มาแสดงผล โดยมีค่าแกน X คือจำนวนรถที่เข้าหลักกิโลเมตร ค่าแกน Y คือจำนวนรถที่ออกจากกิโลเมตร และค่าแกน Z คือความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ จากภาพจะเห็นว่าข้อมูลของถนนหมายเลข 7 มีความหนาแน่นของข้อมูลที่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.2.3 การวิเคราะห์ลักษณะของกลุ่มข้อมูล

จากการจัดกลุ่มของข้อมูลด้วย K-means Clustering ในขั้นตอนก่อนหน้า ทำให้กลุ่มของข้อมูลทั้งหมด 5 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีลักษณะดังนี้

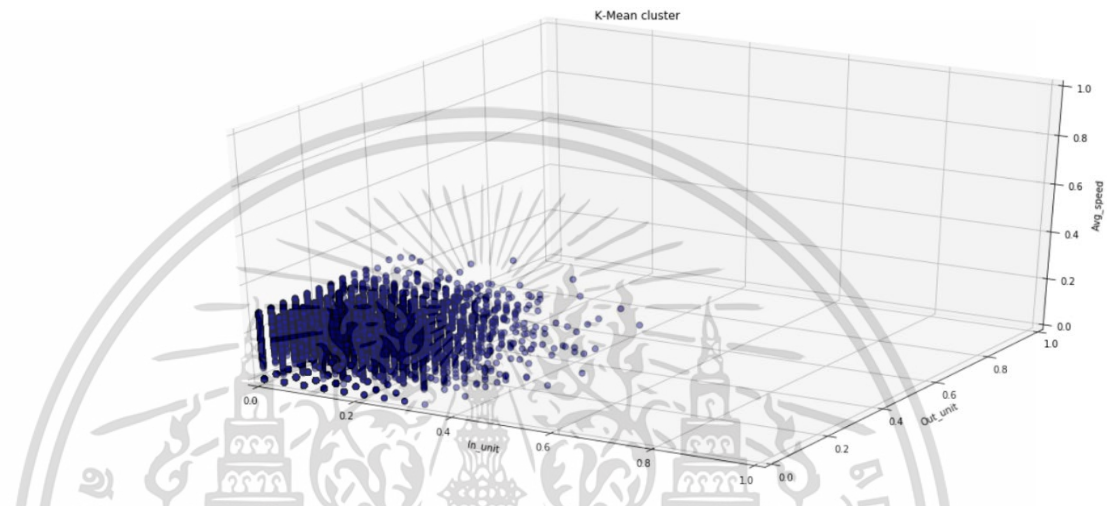
- 1) กลุ่มที่ 1 มีจำนวนรถเข้าหลักกิโลเมตรน้อยกว่าจำนวนรถที่ออกจากหลักกิโลเมตร รถภายในหลักกิโลเมตรส่วนใหญ่สามารถใช้ความเร็วได้สูง ดังรูปภาพที่ 4.21



รูป 4.21 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มของข้อมูลในกลุ่มที่ 1

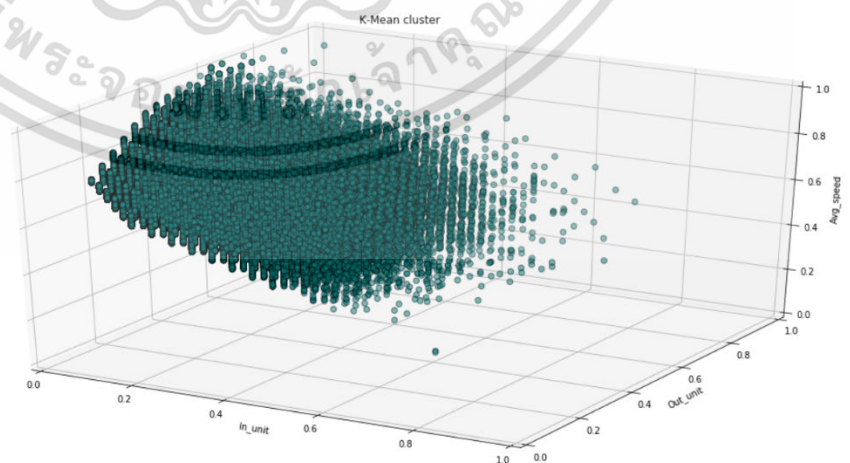
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) กลุ่มที่ 2 มีจำนวนรถเข้าหลักกิโลเมตรใกล้เคียงกับจำนวนรถที่ออกจากหลักกิโลเมตร รถภายในหลักกิโลเมตรส่วนใหญ่ใช้ความเร็วได้ต่ำ ดังรูปภาพที่ 4.22



รูป 4.22 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มของข้อมูลในกลุ่มที่ 2

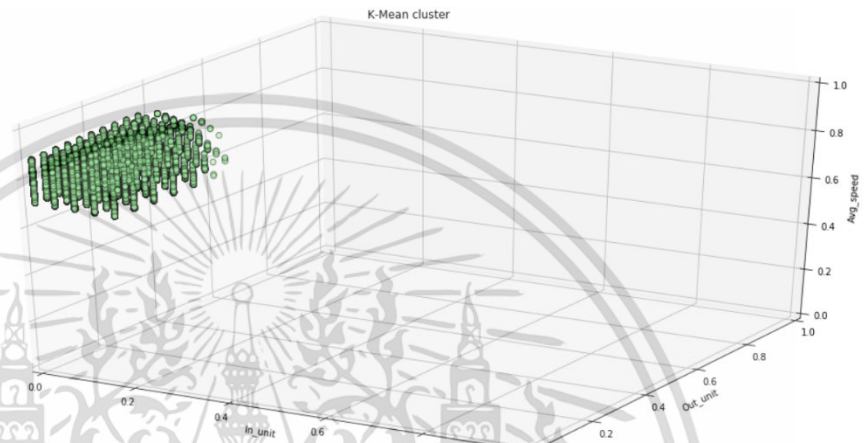
- 3) กลุ่มที่ 3 มีจำนวนรถมากเข้าหลักกิโลเมตรน้อยกว่าจำนวนรถออก รถภายในหลักกิโลเมตรใช้ความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วปานกลางจนถึงความเร็วสูง ดังรูปภาพที่ 4.23



รูป 4.23 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มของข้อมูลในกลุ่มที่ 3

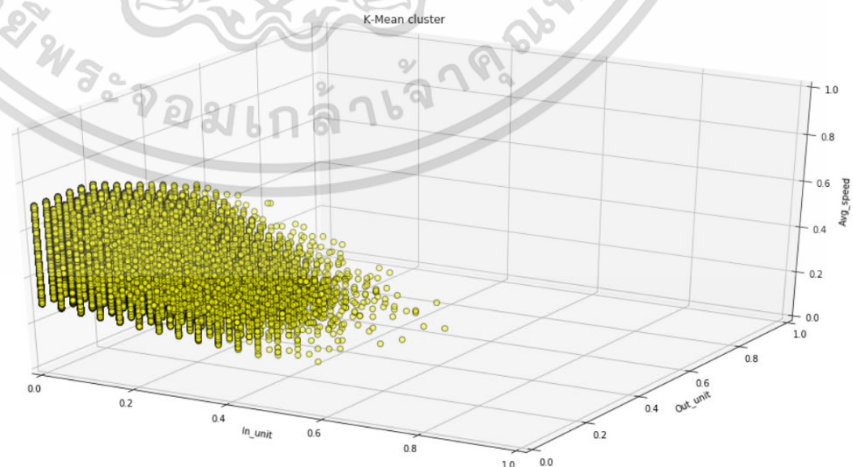
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4) กลุ่มที่ 4 มีจำนวนรถเข้าหลักกิโลเมตรน้อยกว่าจำนวนรถที่ออกจากหลักกิโลเมตร รถภายในหลักกิโลเมตรใช้ความเร็วได้ค่อนข้างสูง ดังรูปภาพที่ 4.24



รูป 4.24 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มของข้อมูลในกลุ่มที่ 4

- 5) กลุ่มที่ 5 มีจำนวนรถเข้าหลักกิโลเมตรมากกว่าจำนวนรถออกจากหลักกิโลเมตร รถภายในหลักกิโลเมตรใช้ความเร็วได้ความเร็วดำจนถึงความเร็วปานกลาง ดังรูปภาพที่ 4.25



รูป 4.25 แผนภูมิแสดงลักษณะการจัดกลุ่มของข้อมูลในกลุ่มที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.2.4 การหากลุ่มตัวแทนของอุบัติเหตุ

ในการหาว่าข้อมูลในกลุ่มใดเป็นอุบัติเหตุ นั้น ทำโดยการนำข้อมูลที่ได้จากการจัดแบ่งกลุ่มจาก K-means Clustering มาเปรียบเทียบกับข้อมูลอุบัติเหตุภายในเดือนกันยายน 2562 ของถนนแต่ละสายเพื่อใช้หาตัวแทนของกลุ่มข้อมูลที่เกิดเหตุการณ์ผิดปกติ ซึ่งจากการเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มของข้อมูลส่วนใหญ่ในถนนแต่ละสายที่พบว่าเกิดอุบัติเหตุมากที่สุดคือ กลุ่ม 2 ที่มีจำนวนรถเข้าหลักกิโลเมตรใกล้เคียงกับจำนวนรถที่ออกจากหลักกิโลเมตรแต่ใช้ความเร็วได้ต่ำ และกลุ่ม 5 ที่มีจำนวนรถเข้าหลักกิโลเมตรมากกว่าจำนวนรถออกจากหลักกิโลเมตร รถภายในหลักกิโลเมตร ใช้ความเร็วได้ความเร็วดำจนถึงความเร็วปานกลาง จึงเลือกทั้งสองกลุ่มเป็นตัวแทนของข้อมูลเมื่อมีอุบัติเหตุเพื่อนำไปสร้างแบบจำลอง

#### 4.3.2.5 การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองทำโดยการนำข้อมูลที่เป็นกลุ่มตัวแทนของอุบัติเหตุมาใช้เป็นค่าเป้าหมายในการสร้างแบบจำลอง และใช้อัลกอริทึม Decision Tree ในการสร้างแบบจำลอง โดยเลือก Feature ที่ใช้ในการเรียนรู้จากค่า Correlation ของ Feature นั้นเมื่อเทียบกับค่า Y หรือ ค่าของเป้าหมายที่ต้องการให้แบบจำลองทำนายผล ค่า Correlation ที่ตำแหน่งใดมีค่ามากแสดงให้เห็นว่าค่าของเป้าหมายที่ต้องการจะขึ้นอยู่กับ Feature นั้น

จากรูปที่ 4.26 พบว่ามี Feature ที่มีค่า Correlation สูงทั้งหมด 5 Feature ได้แก่ all\_units (จำนวนรถทั้งหมด), inflow\_units (จำนวนรถที่เข้ากิโลเมตร), samecell\_units (จำนวนรถที่อยู่กิโลเมตรเดิม), avg\_speed (ความเร็วเฉลี่ย) และ avg\_traveltime (เวลาที่ใช้ในกิโลเมตร เฉลี่ย) จึงได้ทำการเลือก Feature ทั้ง 5 Feature นี้ไปใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ตรวจจับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น



รูป 4.26 Correlation Matrix ของชุดข้อมูล Cell Data

#### 4.3.2.6 แบ่งชุดข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลอง

ในการสร้างแบบจำลอง ได้เลือกใช้วิธีการแบ่งชุดข้อมูลแบบ Cross-validation เพื่อเพิ่มความแม่นยำให้กับแบบจำลอง เนื่องจากอุบัติเหตุนั้นมีจำนวนน้อยมากในชุดข้อมูล จึงได้เลือกใช้วิธี K-Fold Cross Validation โดยจะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนๆ ซึ่งข้อมูลแต่ละส่วนจะประกอบไปด้วยข้อมูลสำหรับสอนและทดสอบซึ่งจะไม่เหมือนกัน ในที่นี้ได้เลือกใช้ 5-Fold ซึ่งจะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 5 ส่วน โดยข้อมูล 4 ส่วนจะถูกใช้สำหรับการสอนแบบจำลอง และอีก 1 ส่วนจะถูกใช้สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ซึ่งจะทำการซ้ำจนครบจำนวนที่แบ่งไว้

#### 4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล

ผลที่ได้จากการใช้ชุดทดสอบกับ โมเดลที่สร้างขึ้นมานั้นจะถูกแบ่งออกเป็นทั้งหมด 4 กลุ่ม ได้แก่

- 1) True Positive คือ กลุ่มที่โมเดลระบุว่า เป็นอุบัติเหตุ และข้อมูลทดสอบระบุว่า เป็นอุบัติเหตุ
- 2) True Negative คือ กลุ่มที่โมเดลระบุว่า ไม่เป็นอุบัติเหตุ และข้อมูลทดสอบระบุว่า ไม่เป็นอุบัติเหตุ
- 3) False Positive คือ กลุ่มที่โมเดลระบุว่า เป็นอุบัติเหตุ แต่ข้อมูลทดสอบระบุว่า ไม่เป็นอุบัติเหตุ
- 4) False Negative คือ กลุ่มที่โมเดลระบุว่า ไม่เป็นอุบัติเหตุ แต่ข้อมูลทดสอบระบุว่า เป็นอุบัติเหตุ

สำหรับการวัดประสิทธิภาพของ โมเดลนั้นจะใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของ โมเดล(Evaluation Metrics) ทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่

- 1) ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ซึ่งมีวิธีการคำนวณ คือ

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{True Positive} + \text{True Negative}}{\text{Positive} + \text{Negative}}$$

- 2) ค่าความเที่ยงตรง (Precision) ซึ่งมีวิธีการคำนวณ คือ

$$\text{Precision} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Positive}}$$

- 3) ค่าความครบถ้วน (Recall) ซึ่งมีวิธีการคำนวณ คือ

$$\text{Recall} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Negative}}$$

- 4) ค่า F1 Score ซึ่งมีวิธีการคำนวณ คือ

$$\text{F1 Score} = 2 \times \left( \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.1 Speed Model

จากการทดลองโดยการเปรียบเทียบด้วยการใช้เงื่อนไขระหว่างความเร็วของ Cell Data สำหรับทำการทดสอบกับความเร็วของ Speed Model จากนั้นจึงวัดความถูกต้องด้วยข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุ พบว่า Speed Model นั้นสามารถตรวจพบการเกิดอุบัติเหตุ โดยมีผลลัพธ์ตามตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตาราง 4.1 Confusion Matrix ของถนนแต่ละสายของ Speed Model

หมายเลขถนน	ทิศทาง	True Positive	True Negative	False Positive	False Negative	Total
1	ขาเข้า	125	1,299,740	589	56	1,300,510
1	ขาออก	29	1,180,740	319	65	1,181,153
2	ขาเข้า	45	1,336,153	185	11	1,336,394
2	ขาออก	22	1,289,227	133	39	1,289,421
7	ขาเข้า	107	691,433	519	63	692,152
7	ขาออก	84	699,935	163	59	700,241

ตาราง 4.2 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโมเดลของถนนแต่ละสายของ Speed Model

หมายเลขถนน	ทิศทาง	Accuracy	Precision	Recall	F1 Score
1	ขาเข้า	0.9995	0.1751	0.6906	0.2793
1	ขาออก	0.9997	0.0833	0.3085	0.1312
2	ขาเข้า	0.9999	0.1957	0.8036	0.3147
2	ขาออก	0.9999	0.1419	0.3607	0.2037
7	ขาเข้า	0.9992	0.1709	0.6294	0.2688
7	ขาออก	0.9997	0.3401	0.5874	0.4308

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.2 Traffic Clustering

จากการทดสอบ Traffic Clustering กับชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ พบว่า Traffic Clustering นั้นสามารถตรวจพบการเกิดอุบัติเหตุ โดยมีผลลัพธ์ตามตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตาราง 4.3 Confusion Matrix ของถนนแต่ละสายของ Traffic Clustering

หมายเลขถนน	ทิศทาง	True Positive	True Negative	False Positive	False Negative	Total
1	ขาเข้า	3,091,686	1,012,299	414,344	64,122	4,582,451
1	ขาออก	3,843,761	487,006	443,704	81,610	4,856,081
2	ขาเข้า	2,103,488	1,008,072	390,498	69,206	3,571,264
2	ขาออก	1,921,531	1,009,077	460,912	32,653	3,424,173
7	ขาเข้า	451,352	424,738	84,877	76,698	1,037,665
7	ขาออก	373,121	91,840	30,669	25,379	521,009

ตาราง 4.4 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโมเดลของถนนแต่ละสายของ Traffic Clustering

หมายเลขถนน	ทิศทาง	Accuracy	Precision	Recall	F1 Score
1	ขาเข้า	0.8956	0.8818	0.9797	0.9282
1	ขาออก	0.8918	0.8965	0.9792	0.9360
2	ขาเข้า	0.8713	0.8434	0.9681	0.9015
2	ขาออก	0.8559	0.8065	0.9833	0.8862
7	ขาเข้า	0.8443	0.8417	0.8548	0.8482
7	ขาออก	0.8924	0.9240	0.9363	0.9301

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุ

จากการทดสอบโมเดลด้วยข้อมูลของเดือนตุลาคม 2562 และวัดความถูกต้องด้วยข้อมูลอุบัติเหตุซึ่งรวบรวมจากข้อมูลข่าวและอุบัติเหตุจาก Twitter ของ จส.100 และ สวพ.91

จากการทดสอบข้อมูลอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 1 ขาเข้า ซึ่งมีรายการอุบัติเหตุทั้งหมด 16 รายการ พบว่า Speed Model สามารถตรวจพบอุบัติเหตุได้ทั้งหมด 7 รายการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 44 ของอุบัติเหตุทั้งหมด และ Traffic Clustering สามารถตรวจพบอุบัติเหตุได้ทั้งหมด 12 รายการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 75 ของอุบัติเหตุทั้งหมด โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 4.5

ตาราง 4.5 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 1 ขาเข้า

วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กม.	คำอธิบาย	Speed Model	Traffic Clustering
01/10/2019	14:51	5	หน้าฟิวเจอร์พาร์ก รังสิต ช่องทางด่วน เลนขวา มีอุบัติเหตุ	ไม่พบ	ไม่พบ
03/10/2019	4:59	53	รถบรรทุก ชนเกาะกลาง กีดขวางทุกช่องทาง	พบ	พบ
03/10/2019	5:27	71	รถเทรลเลอร์บรรทุกแบ็คโฮชนกับรถบรรทุก ขวางช่องทางด่วน	พบ	พบ
03/10/2019	7:25	52	รถบรรทุกปิ่นแท่งแบรีเออร์ ถนนพหลโยธิน ขาเข้า ช่วงทางเบี่ยงออก	พบ	พบ
03/10/2019	8:02	45	รถทัวร์ชนกับปิคอัพ แล้วปิคอัพพลิกตะแคง ขวาง 2 ช่องทางขวาของทางด่วน การจราจรเคลื่อนตัวช้า	พบ	พบ
03/10/2019	20:23	34	บริเวณก่อนถึงโรงพยาบาลเล็กน้อย มีรถเก๋งเสียหลักตกร่องกลางระหว่างช่องทางด่วนกับทางขนาน การจราจรเคลื่อนตัวได้	พบ	พบ
07/10/2019	5:10	46	ช่องทางด่วน อุบัติเหตุ รถนั่งส่วนบุคคล เสียหลักชนขอบทาง กีดขวางเลนขวา	ไม่พบ	พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.5 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 1 ขาเข้า (ต่อ)

วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กม.	คำอธิบาย	Speed Model	Traffic Clustering
07/10/2019	17:35	29	ถนนพหลโยธิน ขาเข้า ก่อนถึง ห้างเชียร์ รังสิต ประมาณ 500 เมตร ช่องทางด่วน รถนั่งส่วนบุคคล ชนกัน 3 คัน	ไม่พบ	พบ
11/10/2019	0:03	24	ชนกับรถนั่งส่วนบุคคล กีดขวางเลนกลาง	ไม่พบ	ไม่พบ
11/10/2019	8:56	46	รถชนกัน 3 คัน ขวางช่องทางขวา ช่องทาง ด่วน การจราจรติดขัด	พบ	พบ
15/10/2019	6:02	35	ที่ตรงข้ามไทวัสดุ รถเก๋งเสียหลัก ตกร่องกลางถนน	ไม่พบ	ไม่พบ
18/10/2019	14:33	35	หน้าไทวัสดุรถยนต์ส่วนบุคคลชนกัน 3 คัน ช่องทางขวาท้ายแถวยาวถึง ม.รังสิต	ไม่พบ	พบ
18/10/2019	16:13	37	รถเก๋งชนกับรถเอสยูวี ขวางช่องทางด่วน	ไม่พบ	พบ
19/10/2019	12:49	37	รถชนกัน 4 คัน ขวางช่องทางขวา ช่องทาง ด่วน การจราจรติดขัด	ไม่พบ	พบ
25/10/2019	16:46	80	กม.80+500 อ.หนองแค จ.สระบุรี รถบรรทุก 3 คันชนกัน	พบ	พบ
26/10/2019	15:58	71	รถบรรทุกตกร่องกลางถนนพลิกตะแคง	ไม่พบ	ไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบข้อมูลอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 1 ขาออก ซึ่งมีรายการอุบัติเหตุทั้งหมด 18 รายการ พบว่า Speed Model สามารถตรวจพบอุบัติเหตุได้ทั้งหมด 5 รายการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28 ของอุบัติเหตุทั้งหมด และ Traffic Clustering สามารถตรวจพบอุบัติเหตุได้ทั้งหมด 12 รายการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 67 ของอุบัติเหตุทั้งหมด โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 4.6

ตาราง 4.6 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 1 ขาออก

วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กม.	คำอธิบาย	Speed Model	Traffic Clustering
01/10/2019	7:47	32	ตรงข้ามเมเจอร์รังสิต รถแท็กซี่ ชนกับรถบรรทุก ในช่องทางคู่ขนาน กีดขวางเลนกลาง การจราจรติดขัดมาก	พบ	พบ
04/10/2019	7:48	30	บริเวณหน้าเม็คโครรังสิต รถเก๋ง ชนกับรถปิคอัพ ขวางช่องทางซ้าย ของทางด่วน การจราจรเคลื่อนตัวช้า	ไม่พบ	พบ
05/10/2019	4:25	34	ช่วงฟิวเจอร์พาร์ค รังสิต ไป คลองหลวง ที่ตรงข้ามโรงกษาปณ์ รถเก๋งชนกับรถปิคอัพ ขวางช่องทางด่วน	ไม่พบ	พบ
06/10/2019	4:07	52	ช่วงแยกตัดถ.กาญจนาภิเษก ไป ต่างระดับ บางปะอิน ที่ได้ต่างระดับบางปะอิน รถเก๋งชนกับรถจยย. มีผู้บาดเจ็บ 5 คน	ไม่พบ	ไม่พบ
06/10/2019	10:33	75	อุบัติเหตุ ถนนพหลโยธิน ขาออก ในช่องทางด่วน ช่วง กม.75+200 ก่อนถึงตลาดนัดทุ่งบัวชมพู รถกระบะ บรรทุกผลไม้ เสียหลัก พลิกตะแคง ขวางเลนกลาง	พบ	พบ
07/10/2019	1:59	41	อุบัติเหตุ รถจักรยานยนต์พลิกคว่ำ ถนนพหลโยธิน ขาออก ช่วงหน้า รพ.ธรรมศาสตร์ฯ ที่เกิดเหตุมีผู้เสียชีวิต 1 คน	ไม่พบ	ไม่พบ
11/10/2019	5:25	77	รถชนกัน 6 คัน ขวางช่องทางด่วน	ไม่พบ	พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.6 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 1 ขาออก (ต่อ)

วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กม.	คำอธิบาย	Speed Model	Traffic Clustering
11/10/2019	11:27	54	ก่อนถึงจุดตัดวงแหวนตะวันออก เล็กน้อย รถเก๋ง ชนกับ รถปิคอัพ ขวางช่องทางซ้าย ของทางด่วน การจราจรเคลื่อนตัวช้า	พบ	พบ
12/10/2019	9:35	35	ถนนพหลโยธิน ที่บนสะพานกลับรถตรงข้าม ม.กรุงเทพ รถบรรทุก เสียหลักพลิกตะแคง	พบ	พบ
12/10/2019	20:35	76	วังน้อย มุ่งหน้า จ.สระบุรี ก่อนถึงตลาดทุ่งบัวชม 1กม. หน้าข้าวแกงบ้านสวน 2 รถบัสรับส่งคนงาน 2คัน /รถเก๋ง/รถปิคอัพ ขวางช่องทางด่วน กีดขวางเลนกลาง	พบ	พบ
15/10/2019	22:56	41	อุบัติเหตุ รถชนกัน 3 คัน ถนนพหลโยธิน ขาออก ช่องทางด่วน เลย รพ.ธรรมศาสตร์ ประมาณ 1 กม. กีดขวางเลนกลาง มีคนเจ็บ การจราจรติดขัด	ไม่พบ	พบ
16/10/2019	4:39	42	อุบัติเหตุ รถชนกัน 3 คัน ถนนพหลโยธิน ขาออก ช่องทางด่วน เลย รพ.ธรรมศาสตร์ ประมาณ 1 กม. กีดขวางเลนกลาง	ไม่พบ	พบ
18/10/2019	7:36	32	ที่บริเวณตรงข้ามฟิวเจอร์รังสิต รถเก๋ง ชนกับ รถแท็กซี่ ขวางช่องทางซ้าย ของทางด่วน การจราจรเคลื่อนตัวช้า	ไม่พบ	ไม่พบ
19/10/2019	17:06	81	ช่วงอ.หนองแค จ.สระบุรี รถปิคอัพ 2 คัน ชนกัน ขวางช่องทางด่วน	ไม่พบ	ไม่พบ
23/10/2019	3:25	35	ช่วงต่างระดับรังสิต ไป มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ก่อนถึง โรงงานกูดเยียร์ 200 ม. รถเก๋งตกร่องกลางถนน ระหว่างขาเข้ากับขาออก	ไม่พบ	ไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.6 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 1 ขาออก (ต่อ)

วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กม.	คำอธิบาย	Speed Model	Traffic Clustering
25/10/2019	5:51	49	ช่วงหน้าตลาดประตูน้ำพระอินทร์ ช่องทางด่วน รถกระบะพลิกคว่ำ กีดขวาง 2 เลนซ้าย	ไม่พบ	พบ
26/10/2019	8:13	35	ถนนพหลโยธิน ขาออก ก่อนถึงไทวัสดุ รังสิต รถชนกันเลนซ้าย	ไม่พบ	พบ
29/10/2019	0:35	40	ไปต่างระดับคลองหลวง ก่อนถึงต่างระดับ คลองหลวงเล็กน้อย รถฟอร์จูนเนอร์เสีย หลักตกร่องกลาง จนท.กำลังดำเนินการ	ไม่พบ	ไม่พบ

จากการทดสอบข้อมูลอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 2 ขาเข้า ซึ่งมีรายการอุบัติเหตุทั้งหมด 3 รายการ พบว่า Speed Model สามารถตรวจพบอุบัติเหตุได้ทั้งหมด 2 รายการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 67 ของอุบัติเหตุทั้งหมด และ Traffic Clustering สามารถตรวจพบอุบัติเหตุได้ทั้งหมด 3 รายการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100 ของอุบัติเหตุทั้งหมด โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 4.7

ตาราง 4.7 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 2 ขาเข้า

วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กม.	คำอธิบาย	Speed Model	Traffic Clustering
13/10/2019	15:41	40	อุบัติเหตุ ถนนมิตรภาพ ขาเข้า กม.40 ต.กลางดง รถปิคอัพ 1 คัน และรถเก๋ง 2 คันชนกัน กีดขวางช่องทางขวาสุด ในที่ เกิดเหตุไม่มีผู้ได้รับบาดเจ็บ	พบ	พบ
14/10/2019	16:59	42	หน้าแผงผลไม้ของฝากกลางดง ต.กลางดง รถปิคอัพชนกัน 5 คัน กีดขวางเลนขวาสุด รถติดยาวเลย ขาเข้าตอนนี้ปริมาณรถมาก เคลื่อนตัวได้ช้าสลับหยุดนิ่ง	พบ	พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.7 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 2 ขาเข้า (ต่อ)

วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กม.	คำอธิบาย	Speed Model	Traffic Clustering
16/10/2019	0:39	49	หน้าโรงงานเคียววา ต.กลางดงครบทุก เล็ก 4 ล้อเสียหลักพลิกตะแคงด้วยตนเอง กีดขวางเลนซ้ายสุด ไม่มีผู้บาดเจ็บ	ไม่พบ	พบ

จากการทดสอบข้อมูลอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 2 ขาออก ซึ่งมีรายการอุบัติเหตุทั้งหมด 10 รายการ พบว่า Speed Model สามารถตรวจพบอุบัติเหตุได้ทั้งหมด 3 รายการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 ของอุบัติเหตุทั้งหมด และ Traffic Clustering สามารถตรวจพบอุบัติเหตุได้ทั้งหมด 9 รายการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 90 ของอุบัติเหตุทั้งหมด โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 4.8

ตาราง 4.8 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 2 ขาออก

วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กม.	คำอธิบาย	Speed Model	Traffic Clustering
08/10/2019	13:15	34	ตรงข้ามฟาร์มไทยเดนมาร์ก รถจยย. ชน กับ รถปิคอัพ ขวางช่องทางซ้าย บาดเจ็บ 1 คน การจราจรเคลื่อนตัวช้า	ไม่พบ	พบ
13/10/2019	10:54	37	รถปิคอัพ+รถเก๋ง ในที่เกิดเหตุไม่มี ผู้ได้รับบาดเจ็บ กีดขวางเลนกลางสองเลน ช่วงขึ้นเนินทำให้การจราจรติดขัด	ไม่พบ	พบ
14/10/2019	2:30	38	จ.นครราชสีมา ที่ กม.38 รถทัวร์เสียหลัก ลงข้างทาง ไม่มีผู้บาดเจ็บ	ไม่พบ	พบ
14/10/2019	12:00	40	ไถ่เลี้ยงร้านข้าวสามสี ต.กลางดง รถเก๋ง ชนกับรถปิคอัพ กีดขวางเลนขวาสุด ในที่เกิดเหตุมีผู้ได้รับบาดเจ็บเป็นหญิง 1 ราย	ไม่พบ	ไม่พบ
15/10/2019	17:21	40	สะพานลอย2กลางดง ต.กลางดง มีรถชน กัน 4 คัน กีดขวางเลนขวาสุด ไม่มี ผู้บาดเจ็บ การจราจรชะลอตัว	ไม่พบ	พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.8 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 2 ขาออก (ต่อ)

วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กม.	คำอธิบาย	Speed Model	Traffic Clustering
18/10/2019	12:38	22	ช่วงหน้าโรงปูนซีเมนต์นครหลวง อ.แก่งคอย จ.สระบุรี มีอุบัติเหตุ เจ้าหน้าที่กำลังไปตรวจสอบ รถติดมาก ท้ายแถวสะสมประมาณ 7 กม	พบ	พบ
18/10/2019	13:25	48	บ.รับสร้างบ้านดิบบี๊ต ทรานสปอร์ต ต.กลางดง จ.นครราชสีมา รถพ่วง เสียหลักพุ่งเข้าชนบ้านเรือนประชาชน เนื่องด้วยระบบเบรกมีปัญหา มีผู้ได้รับบาดเจ็บเล็กน้อย 1 คน	ไม่พบ	พบ
19/10/2019	22:22	28	ช่วงอ.ม่วงเหล็ก จ.สระบุรี รถบรรทุกชนกับรถเก๋ง การจราจรเคลื่อนตัวช้า	พบ	พบ
20/10/2019	5:37	42	ยูเทิร์นแฝงผลไม้กลางดง ต.กลางดง อุบัติเหตุรถปิคอัพเสียหลักพุ่งขึ้นชนเกาะกลางยูเทิร์น และเสาไฟส่องสว่าง ในที่เกิดเหตุมีผู้ได้รับบาดเจ็บ 4 ราย	ไม่พบ	พบ
26/10/2019	17:08	87	รถบรรทุกเกี่ยวข้าวชนกับรถบรรทุกน้ำมัน ทำให้มีน้ำมันรั่วไหล การจราจรติดขัด ท้ายแถวสะสม 6 กม	พบ	พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบข้อมูลอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 7 ขาเข้า ซึ่งมีรายการอุบัติเหตุทั้งหมด 16 รายการ พบว่า Speed Model สามารถตรวจพบอุบัติเหตุได้ทั้งหมด 10 รายการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 63 ของอุบัติเหตุทั้งหมด และ Traffic Clustering สามารถตรวจพบอุบัติเหตุได้ทั้งหมด 13 รายการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 81 ของอุบัติเหตุทั้งหมด โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 4.9

ตาราง 4.9 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 7 ขาเข้า

วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กม.	คำอธิบาย	Speed Model	Traffic Clustering
01/10/2019	11:21	5	รถเก๋ง 2 คัน ชนกัน ขวางช่องทางซ้าย การจราจรเคลื่อนตัวช้า	ไม่พบ	ไม่พบ
01/10/2019	20:00	10	รถชนกัน 6 คัน (รถยนต์อเนกประสงค์ 3 คัน , รถเก๋ง 2 คัน , รถแท็กซี่ 1 คัน) เลนขวา ไม่มีคนเจ็บ	พบ	ไม่พบ
04/10/2019	16:50	10	รถเก๋งชนกับรถบรรทุก ขวางช่องทางกลาง	พบ	พบ
05/10/2019	17:46	71	รถชนกัน 5 คัน กีดขวางช่องทางที่ 2 จากขวา การจราจรเคลื่อนตัวช้า	ไม่พบ	ไม่พบ
07/10/2019	12:45	36	มีอุบัติเหตุ กีดขวาง 2 ช่องทางขวา	พบ	พบ
09/10/2019	7:28	70	มีอุบัติเหตุ รถตกไหล่ทาง เจ้าหน้าที่ปิดการจราจร 1 ช่องทางซ้าย ตามหลังมา ผ่ากระมัดระวัง	ไม่พบ	พบ
11/10/2019	16:40	101	รถเก๋ง ชนกับ 6 ล้อ และปิกอัพ ช่องกลาง อันตรายมาก โป้รระวังด้วย	ไม่พบ	พบ
14/10/2019	12:47	44	มุ่งหน้ากรุงเทพ กม.44+300 กีดขวาง 2 ช่องทางขวา	พบ	พบ
14/10/2019	12:44	55	รถชน 4 คัน กม.55 รถติดเคลื่อนตัวช้า	พบ	พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.9 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 7 ขาเข้า (ต่อ)

วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กม.	คำอธิบาย	Speed Model	Traffic Clustering
14/10/2019	13:57	45	มีอุบัติเหตุ ชนกันหลายคัน การจราจรติดขัด ท้ายสะสม 9 กม. ผ่านจุดดังกล่าวไปแล้ว เคลื่อนตัวได้ ชะลอตัวอีกที ช่วงด้านลาดกระบัง	พบ	พบ
14/10/2019	17:12	76	บริเวณด่านเก็บเงินบางพระ มีรถยนต์ชนท้ายกัน ทำให้รถติด จนท.รอเคลื่อนย้าย	พบ	พบ
15/10/2019	11:52	82	รถชนกัน 3 คัน ขวางช่องทางขวา การจราจรเคลื่อนตัวช้า	ไม่พบ	พบ
19/10/2019	4:24	5	มีรถบรรทุกทำหางพ่วงหลุด ขวางช่องทางกลาง	ไม่พบ	พบ
21/10/2019	19:40	86	รถบรรทุก 2 คันชนกันแล้วเกิดเพลิงไหม้ 1 คัน ขวางช่องทางซ้าย	พบ	พบ
25/10/2019	15:26	27	เกิดอุบัติเหตุ มอเตอร์เวย์สาย 7 มุ่งหน้ากรุงเทพ กม.27+300 การจราจรติดขัด	พบ	พบ
28/10/2019	7:30	3	เก็งชนกับรถตู้ ขวางช่องทางขวา การจราจรเคลื่อนตัวช้า	พบ	พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบข้อมูลอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 7 ขาออก ซึ่งมีรายการอุบัติเหตุทั้งหมด 15 รายการ พบว่า Speed Model สามารถตรวจพบอุบัติเหตุได้ทั้งหมด 9 รายการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60 ของอุบัติเหตุทั้งหมด และ Traffic Clustering สามารถตรวจพบอุบัติเหตุได้ทั้งหมด 12 รายการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80 ของอุบัติเหตุทั้งหมด โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 4.10

ตาราง 4.10 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 7 ขาออก

วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กม.	คำอธิบาย	Speed Model	Traffic Clustering
02/10/2019	1:59	12	ถนนมอเตอร์เวย์ ช่วงต่างระดับร่มเกล้า ไป ต่างระดับเข้า ก่อนถึงต่างระดับ สนามบินสุวรรณภูมิเล็กน้อย รถเก็งชนกับ รถบรรทุก ขวางช่องทางกลาง	ไม่พบ	พบ
07/10/2019	11:25	7	ถนนมอเตอร์เวย์ ขาออก ช่วงใกล้กับต่างระดับทับช้าง รถชนกัน 3 คัน ขวางช่องทางกลาง การจราจรเคลื่อนตัวช้า	พบ	พบ
09/10/2019	7:33	1	ถนนมอเตอร์เวย์ ขาออก เลขต่างระดับศรีนครินทร์ เล็กน้อย รถเก็ง เสียหลักชนขอบทาง ขวางช่องทางซ้าย การจราจรเคลื่อนตัวช้า	ไม่พบ	พบ
14/10/2019	12:53	43	ถนนมอเตอร์เวย์ ขาออก มุ่งหน้าพัทยา กม. 43+100 ก็มีอุบัติเหตุ กีดขวาง 1 ช่องทางซ้าย การจราจรติดขัด	พบ	พบ
15/10/2019	6:08	8	ชนท้าย 3 คัน 2 ช่องทางขวา ถนนมอเตอร์เวย์ ขาออก กม.8 ขณะนี้อยู่ระหว่างประสานงานไม่มีผู้ได้รับบาดเจ็บ	พบ	พบ
15/10/2019	7:31	0	ถนนมอเตอร์เวย์ ขาออก ที่กม.0+200 รถคู่ชนกับ รถเก็ง ขวางช่องทางขวา การจราจรเคลื่อนตัวช้า	พบ	พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.10 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 7 ขาออก (ต่อ)

วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กม.	คำอธิบาย	Speed Model	Traffic Clustering
15/10/2019	14:04	79	อุบัติเหตุ รถพุ่งชนกับรถนั่งส่วนบุคคล อยู่บนถนนมอเตอร์เวย์ ทล.7 ขาออก กม. 79 กีดขวางเลนกลาง การจราจรติดขัดมาก	พบ	พบ
16/10/2019	3:31	5	ถนนมอเตอร์เวย์ สาย 7 ช่วงต่างระดับศรี นครินทร์ ไป ต่างระดับทับช้าง ที่กม.5 รถปิคอัพตู้ทับพลิกตะแคง ขวางช่อง ทางขวา	พบ	พบ
18/10/2019	3:35	5	ถนนมอเตอร์เวย์ (ทล.7) ขาออก กม.51 อุบัติเหตุ รถกระบะ เสียหลักหมุนแล้วชน ขอบทาง กีดขวางเลนซ้าย	ไม่พบ	ไม่พบ
19/10/2019	3:03	51	ถนนมอเตอร์เวย์ (ทล.7) ขาออก กม.51 อุบัติเหตุ รถกระบะ เสียหลักหมุนแล้วชน ขอบทาง กีดขวางเลนซ้าย	ไม่พบ	ไม่พบ
24/10/2019	3:53	9	เกิดอุบัติเหตุ มอเตอร์เวย์ (ทล.7) ขาออก มุ่งหน้าพัทยา กม.9+400 กีดขวาง การจราจร 2 ช่องทางขวา	ไม่พบ	พบ
26/10/2019	9:21	1	ถนนมอเตอร์เวย์ ขาออก ที่บริเวณกม. 1+300 รถชนกัน 4คัน ขวางช่องทางกลาง การจราจรเคลื่อนตัวช้า	พบ	พบ
28/10/2019	12:51	6	ห้องข่าวมอเตอร์เวย์ แจ้งเกิดอุบัติเหตุ ถนนมอเตอร์เวย์ สาย 7 ขาออก มุ่งหน้า พัทยา กม.6 กีดขวาง 2 ช่องทางขวา การจราจรติดขัดมาก	พบ	พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.10 ผลการตรวจสอบอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 7 ขาออก (ต่อ)

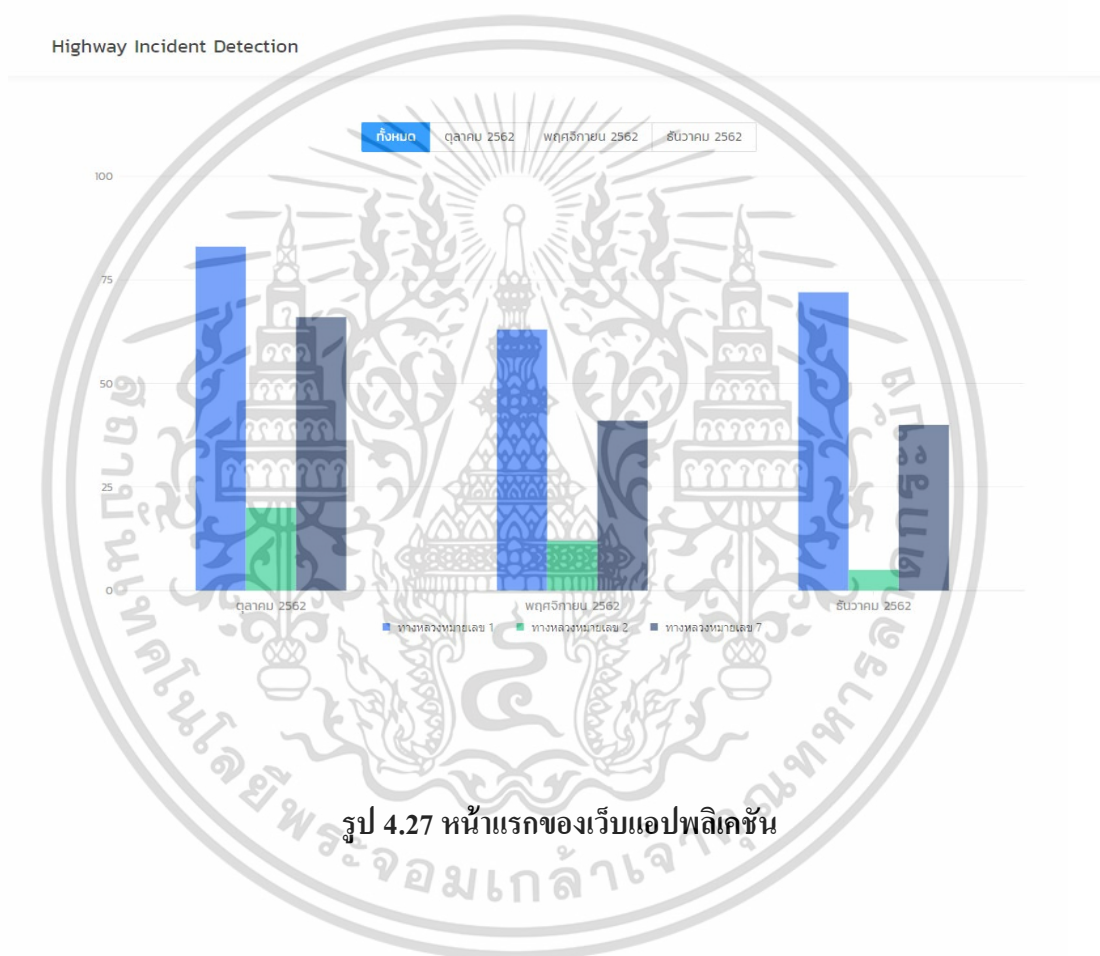
วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กม.	คำอธิบาย	Speed Model	Traffic Clustering
28/10/2019	14:22	59	อุบัติเหตุปิคอัพพลิกตะแคง #มอเตอร์เวย์ สาย7 มุ่งหน้าพัทยา ช่วง กม.59+500 ขวาง 1 ช่องทางกลาง การจราจรติดขัด ท้ายแถว 1 กม	พบ	พบ
30/10/2019	3:31	13	เกิดอุบัติเหตุ ถนนมอเตอร์เวย์ (ทล.7) ขาออก กม.13+700 มุ่งหน้าพัทยา กีดขวาง 2 ช่องทางซ้าย	ไม่พบ	ไม่พบ

#### 4.6 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองตรวจสอบอุบัติเหตุพบว่าแบบจำลองซึ่งสร้างจากวิธีการ Clustering มีความสามารถในการตรวจจับอุบัติเหตุได้ดีกว่าแบบจำลอง Speed Model เป็นอย่างมาก โดยแบบจำลอง Speed Model นั้นสามารถตรวจจับอุบัติเหตุได้อย่างถูกต้องเป็นจำนวนน้อย อีกทั้งยังให้ผล False Positive เป็นจำนวนมาก ซึ่งมากกว่าจำนวนอุบัติเหตุที่สามารถตรวจจับได้ถึงร้อยละ 50 ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากวิธีการของแบบจำลองที่ไม่ซับซ้อน ทำให้เกิดความไม่สมดุลของข้อมูล (Imbalanced Data) ระหว่างข้อมูลที่เป็นอุบัติเหตุและไม่เป็นอุบัติเหตุ จึงทำให้ค่าความแม่นยำ เข้าใกล้ 1 แต่ค่า Precision, Recall และ F1 Score ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ สำหรับแบบจำลองซึ่งสร้างจากวิธีการ Clustering นั้นสามารถตรวจจับอุบัติเหตุได้อย่างถูกต้องเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังมีค่าของตัวชี้วัดประสิทธิภาพของ โมเดล (Evaluation Metrics) ซึ่งได้แก่ ค่าความแม่นยำ (Accuracy), Precision, Recall และ F1 Score อยู่ในเกณฑ์ที่สูงทั้งหมด และเมื่อทดสอบกับชุดข้อมูลอุบัติเหตุที่รวบรวมจาก Twitter ของ จส.100 และ สวพ.91 พบว่ามีร้อยละของอุบัติเหตุที่ตรวจพบ อยู่ในเกณฑ์ที่สูง จึงถือว่าแบบจำลองนี้มีความแม่นยำสูง สามารถนำไปใช้งานได้จริง

#### 4.7 เว็บแอปพลิเคชันสำหรับแจ้งเตือนอุบัติเหตุ

เว็บแอปพลิเคชันเป็นส่วนสำหรับแสดงผลให้กับระบบตรวจสอบอุบัติเหตุ โดยในหน้าแรกจะเป็นหน้าที่แสดงสถิติการตรวจจับอุบัติเหตุของทางหลวงหมายเลข 1, 2 และ 7 ในแต่ละเดือนที่มีข้อมูล ดังรูปที่ 4.27 โดยสามารถเลือกดูข้อมูลรายการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละเดือนได้โดยใช้ปุ่มบริเวณแถบด้านบนของกราฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในหน้าแสดงข้อมูลรายเดือน จะแสดงข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดภายในเดือนนั้น โดยมีวันที่และเวลาที่เกิดเหตุ, กิโลเมตรที่เกิดเหตุ และทิศทางที่เกิดอุบัติเหตุ ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกดูข้อมูลเฉพาะถนนและทิศทางที่ผู้ใช้ต้องการได้ รวมไปถึงสามารถปรับจำนวนรายการที่แสดงต่อหน้าได้ ดังรูปที่ 4.28 โดยหากข้อมูลมีข้อมูลที่เป็น False Positive ระบบจะทำการแจ้งให้ผู้ใช้ทราบด้วยสีของสถานะสีเหลือง ดังรูปที่ 4.29

#### Highway Incident Detection

ถนน	วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กิโลเมตร	ทิศทาง	สถานะ
1	9/1/2019	3:25	40	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/2/2019	3:26	34	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/4/2019	13:35	18	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/4/2019	13:35	19	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/7/2019	6:04	65	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/7/2019	6:33	68	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/8/2019	9:55	109	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/10/2019	18:40	38	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/10/2019	15:27	18	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/20/2019	13:54	43	ขาเข้า	INCIDENT

รูป 4.28 หน้าแสดงรายการอุบัติเหตุทั้งหมดภายในเดือนที่เลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Highway Incident Detection

ถนน	วันที่เกิดเหตุ	เวลา	กิโลเมตร	ทิศทาง	สถานะ
1	9/1/2019	1:11	99	ขาเข้า	FALSE_ALARM
1	9/1/2019	3:25	40	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/2/2019	3:26	34	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/4/2019	13:35	18	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/4/2019	13:35	19	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/7/2019	6:04	65	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/7/2019	6:33	68	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/8/2019	9:55	109	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/10/2019	18:40	38	ขาเข้า	INCIDENT
1	9/10/2019	15:27	18	ขาเข้า	INCIDENT

รูป 4.29 แสดงรายการที่เป็น False Positive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทสรุปและข้อเสนอแนะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ สรุปการดำเนินงาน, ปัญหาและอุปสรรค และ แนวทางพัฒนาต่อ

#### 5.1 สรุปการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานในบทที่ 4 พบว่า Speed Model ไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง เนื่องจากมีความแม่นยำที่ต่ำมาก อีกทั้งยังมี False Positive ที่สูง แต่ Traffic Clustering นั้นยังไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในสถานการณ์จริงได้เท่าที่ควร เนื่องจากยังมี False Positive อยู่ในระดับหนึ่ง ซึ่งหากนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง อาจทำให้เกิดการแจ้งเตือนที่ผิดพลาด ซึ่งอาจนำไปสู่การสูญเสียทรัพยากรในการออกไปตรวจสอบในพื้นที่จริงโดยไม่จำเป็น อีกทั้งยังไม่สามารถตรวจจับอุบัติเหตุแบบ Realtime ได้ ณ ขณะนี้ เนื่องจาก Realtime ขาด Parameter ที่จำเป็นต้องใช้ในการประมวลผล จึงทำให้เว็บแอปพลิเคชันนั้นสามารถแสดงได้เพียงสถิติย้อนหลังของอุบัติเหตุที่ตรวจจับได้เท่านั้น ไม่สามารถแจ้งเตือนแบบ Realtime ได้

#### 5.2 ปัญหาและอุปสรรค

- 1) ขาดความเชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ต้องศึกษาและค้นคว้าเพิ่มเติมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้การดำเนินงานใช้เวลาค่อนข้างนาน
- 2) ข้อมูลแบบ Realtime ที่ได้รับมาขาด Parameter ที่จำเป็นต้องใช้ในการตรวจสอบอุบัติเหตุ จึงทำให้ไม่สามารถตรวจสอบอุบัติเหตุแบบ Realtime ได้
- 3) ตำแหน่งกิโลเมตรที่พบอุบัติเหตุกับตำแหน่งกิโลเมตรในข้อมูลอุบัติเหตุมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 2 กิโลเมตร จึงต้องปรับวิธีการประเมินผลการตรวจวัดให้รองรับความคลาดเคลื่อน
- 4) เนื่องจากคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงที่ใช้ในการประมวลผลเป็นของห้องปฏิบัติการ จึงทำให้มีผู้ใช้เป็นจำนวนมาก ซึ่งบางครั้งทรัพยากรภายในเครื่องถูกใช้จนหมดจนทำให้ไม่สามารถเข้าใช้งานเครื่องได้

### 5.3 แนวทางพัฒนาต่อ

- 1) เพิ่ม Parameter ใน Realtime Data เพื่อให้สามารถตรวจสอบอุบัติเหตุแบบ Realtime ได้
- 2) ปรับปรุงประสิทธิภาพของ Traffic Clustering ให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นและมี False Positive ลดลง
- 3) ประยุกต์ใช้วิธีข้างต้นกับถนนสายอื่น ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- lazlojuly. 2016. **What is a RESTful API?**. [Online]. Available:  
<https://medium.com/@lazlojuly/whatis-a-restful-api-fabb8dc2afeb>
- Glyn Lewington. 2018. **Everything You Need To Know About Socket.IO**. [Online]. Available:  
<https://www.ably.io/concepts/socketio>
- aofleejay. 2017. **สร้าง RESTful API ด้วย Express — Express 101**. [Online]. Available:  
<https://medium.com/@aofleejay/สร้าง-restful-api-ด้วย-express-express-101-ee37cc4952b4>
- Tananan Tangthanachai. 2017. **สวัสดิ์ครับ ผมมีชื่อว่า “React”**. [Online]. Available:  
<https://microbenz.in.th/สวัสดิ์ครับ-ผมมีชื่อว่า-react-3e8fd72ccdbb>
- Sakul Montha. 2018. **PostgreSQL VS MySQL**. [Online]. Available:  
<https://medium.com/@iamgique/postgresql-vs-mysql-13043e4ed2a2>
- Neng Liangpornrattana. 2018. **Apache Kafka ฉบับผู้เริ่มต้น #1: Hello Apache Kafka**. [Online]. Available: <https://medium.com/linedevth/apache-kafka-ฉบับผู้เริ่มต้น-1-hello-apache-kafka-242788d4f3c6>
- Satawat Keereewan. 2019. **Scikit Learn คุณค่าที่คุณควร สำหรับคนที่คิดจะทำ Python Machine Learning**. [Online]. Available: <https://www.enterpriselab.co/single-post/2019/03/18/Scikit-Learn-Python-Machine-Learning>
- Somkiat Puisungnoen. 2017. **[Python] สรุป library เกี่ยวกับ Data Analysis สำหรับผู้เริ่มต้นไว้ นิดหน่อย**. [Online]. Available: <http://www.somkiat.cc/python-library-for-data-analysis/>
- CORALINE CO. LTD. 2017. **สถิติเบื้องต้นง่ายๆ ที่จะช่วยให้คุณเข้าใจการวิเคราะห์มากขึ้น (ตอนที่ 2)**. [Online]. Available: [https://medium.com/@info\\_46914/สถิติเบื้องต้นง่ายๆ-ที่จะ-ทำให้-คุณ-เข้าใจ-การ-วิเคราะห์-มากขึ้น-ตอนที่-2-1f94b6664ede](https://medium.com/@info_46914/สถิติเบื้องต้นง่ายๆ-ที่จะ-ทำให้-คุณ-เข้าใจ-การ-วิเคราะห์-มากขึ้น-ตอนที่-2-1f94b6664ede)
- Alvira Swalin. 2018. **How to Handle Missing Data**. [Online]. Available:  
<https://towardsdatascience.com/how-to-handle-missing-data-8646b18db0d4>
- Maximilian Christ. 2019. **MaxBenChrist/awesome\_time\_series\_in\_python**. [Online]. Available: [https://github.com/MaxBenChrist/awesome\\_time\\_series\\_in\\_python](https://github.com/MaxBenChrist/awesome_time_series_in_python)
- ระบบสารสนเทศคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. 2017. **การทำ Clustering ด้วย k-means, k-means++ และ k-means|| (ตอนที่ 1)**. [Online]. Available:  
<https://iscite.wordpress.com/2017/06/04/k-means/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHAKRIT.2017. ว่าด้วย K-means และการประยุกต์ใช้. [Online]. Available:

<https://www.softnix.co.th/2018/09/06/ว่าด้วย-k-means-และการประยุกต์/>

Pimporn Pimpim.2019. **04.2 Classification using Decision Tree**. [Online]. Available:

<https://medium.com/@doohpim/04-2-classification-using-decision-tree-fc2a7108fe26>

pingloaf.2019. **Decision Tree** ใครเป็นเบาหวานอธิบายง่าย : **Machine Learning 101**.

[Online]. Available: <https://medium.com/mmp-li/decision-tree-ใครเป็นเบาหวานอธิบายง่ายง่าย-machine-learning-101-450e15963c62>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้