

การพัฒนาวัตกรรมการวิเคราะห์กิจกรรมของรถบรรทุกขนาดใหญ่ด้วยข้อมูลระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก

Truck Activity Analytics Using GPS Data

ลิขิต สุทธิ¹ ภูริยศ ชื่นวรกิตติพล² สิริวิทย์ บุญแสง³ และ พงษ์พันธ์ บัณฑิตสกุลชัย⁴

^{1,2,3,4} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ของรถบรรทุก เพื่อคาดการณ์ประเภทของสินค้าที่ทำการขนส่งโดยไม่ต้องอาศัยข้อมูลจากระบบติดตามสินค้าแบบดั้งเดิม ซึ่งมีข้อจำกัดในด้านต้นทุนและการเข้าถึงข้อมูล โครงการนำเสนอแนวทางวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทางของรถบรรทุกจากข้อมูล GPS เช่น จุดเริ่มต้น-สิ้นสุดการเดินทาง และตำแหน่งที่มีการจอดพักรถ เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการจำแนกประเภทของสินค้า ในการศึกษาได้เลือกใช้ "อ้อย" เป็นกรณีศึกษาเบื้องต้น โดยพัฒนาเครื่องมือสำหรับระบุจุดต้นทาง-ปลายทางของการเดินทาง ทำการจัดกลุ่มจุดจอดด้วยเทคนิค DBSCAN และสร้างโครงสร้างกราฟของจุดจอด เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเชื่อมโยงกับพื้นที่เพาะปลูกอ้อยผ่านระบบภูมิสารสนเทศ (API จาก GISTDA) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าข้อมูลพิกัด GPS มีศักยภาพในการใช้จำแนกสินค้าระดับเบื้องต้นได้ โดยเฉพาะในกรณีที่พฤติกรรมการเดินทางของรถและแหล่งต้นทางของสินค้ามีลักษณะเฉพาะทางพื้นที่ แนวทางนี้สามารถต่อยอดสู่การพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์สำหรับสนับสนุนการบริหารจัดการโลจิสติกส์และการวางแผนเชิงนโยบายในอนาคตได้

คำสำคัญ: ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS), การวิเคราะห์พฤติกรรมการขนส่ง, การจำแนกประเภทสินค้า, ข้อมูลภูมิสารสนเทศ (GIS), การประยุกต์ใช้แมชชีนเลิร์นนิงในโลจิสติกส์

"Abstract" ให้ตัดไปขึ้นคอลัมน์ด้านขวา โดยเลือก Layout > Breaks > Column break

Abstract

This project aims to explore the feasibility of utilizing Global Positioning System (GPS) data from freight trucks to infer the type of cargo being transported, without relying on conventional logistics documentation or tracking systems. Such an approach could reduce operational costs and increase the flexibility of logistics systems by making use of widely available GPS data. The study analyzes truck movement behavior—including trip origins and destinations, and frequent stop locations—as input features for classifying transported goods. To evaluate the proposed concept, sugarcane is used as a case study due to its high transport volume, spatial traceability, and well-defined cultivation areas. The project involves identifying origin-destination (OD) points, clustering frequent stops using the DBSCAN algorithm, and constructing a graph-based structure to represent delivery networks. Spatial correlation between origin points and sugarcane cultivation zones is analyzed using external geospatial data obtained from a national API (GISTDA). The results demonstrate that GPS-derived behavioral patterns have potential as a proxy for basic cargo classification, especially in cases where transport behavior is strongly associated with specific spatial origins. This approach provides a foundation for developing advanced analytics tools to support logistics decision-making and national planning strategies.

Keywords: Global Positioning System (GPS), Freight Behavior Analysis, Cargo Classification, Geographic Information System (GIS), Machine Learning Applications in Logistics

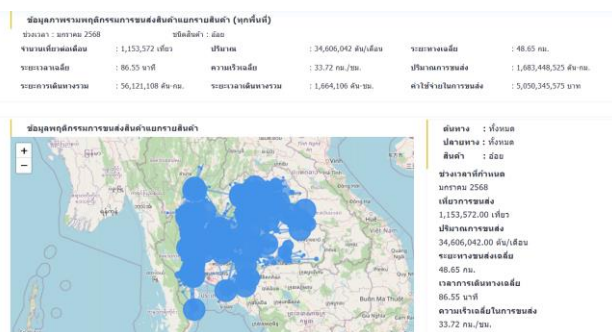
1 บทนำ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ของรถบรรทุก เพื่อทดแทนการใช้เอกสารกำกับสินค้าหรือระบบติดตามสินค้าในการระบุประเภทของสินค้า และใช้ข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของรถบรรทุกเป็นตัวแทนสำหรับการวิเคราะห์ประเภทสินค้า โครงการนี้มุ่งเน้นเสนอแนวทางที่ยืดหยุ่นและสามารถพัฒนาให้สอดคล้องกับความหลากหลายของข้อมูล GPS ที่มีอยู่ในระบบจริง เช่น พิกัดต้นทาง-ปลายทาง พฤติกรรมการจอดรอ และลักษณะของเส้นทางที่เลือกใช้

ในการทดลองนี้ ใช้ "อ้อย" เป็นกรณีศึกษาสินค้าตัวอย่าง โดยพิจารณาจากความเหมาะสมด้านการกระจายพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ของแปลงเพาะปลูกและลักษณะการเดินทางเฉพาะตัว จากการจัดกลุ่มจุดจอดด้วยเทคนิค DBSCAN และการวิเคราะห์จุดต้นทางของรถบรรทุกที่มีความถี่สูงเพื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งพื้นที่เพาะปลูกอ้อยซึ่งได้จากระบบภูมิสารสนเทศ (API จาก GISTDA) เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้พิกัด GPS ร่วมกับพฤติกรรมการเดินทางในการประเมินลักษณะของสินค้า

สินค้าหลักที่ใช้งานเกี่ยวกับการขนส่ง 3 อันดับแรก				รายชื่อโรงงานหรือบริษัทที่มีการเดินทางเพื่อขนส่งสินค้าออกในแต่ละภาค		
อันดับ 1	อันดับ 2	อันดับ 3	อันดับ 4	ภาค	รายชื่อโรงงาน/บริษัท	ปริมาณการขนส่ง (ตัน)
ข้าวเปลือก (ตัน)	1,153,572	361,190	262,743	เหนือ	โรงงานผลิตข้าวเจ้า-ลำปาง	36,163
				ใต้	โรงงานผลิตยางพารา-สงขลา	49,201
				อีสาน	โรงงานผลิตอ้อย-สุรินทร์	72,346
รายชื่อจังหวัดที่มีการขนส่งสินค้าเข้าและออกที่สูงสุด 3 อันดับแรก				ภาคกลาง	โรงงานน้ำตาล-สุพรรณบุรี	65,022
อันดับ 1	อันดับ 2	อันดับ 3	อันดับ 4	หมายเหตุ: การวิเคราะห์ข้อมูลครอบคลุมระยะเวลา 15 วันของรถบรรทุกที่ขนส่งสินค้าจากสวนอ้อยในภาคเหนือ		
อันดับ 1	อันดับ 2	อันดับ 3	อันดับ 4	จังหวัด	จังหวัด	จังหวัด
อันดับ 1	อันดับ 2	อันดับ 3	อันดับ 4	จังหวัด	จังหวัด	จังหวัด
อันดับ 1	อันดับ 2	อันดับ 3	อันดับ 4	จังหวัด	จังหวัด	จังหวัด

รูปที่ 1-1 ภาพรวมของการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกโดยใช้ข้อมูลจาก GPS ประจำเดือน มกราคม 2568



รูปที่ 1-2 ภาพรวมของพฤติกรรมรถขนส่งสินค้ารายวันด้วยรถบรรทุกโดยใช้ข้อมูลจาก GPS ประจำเดือนมกราคม 2568

GPS มีศักยภาพในการปรับชี้และแยกแยะเกี่ยวกับการขนส่งได้ในระดับหนึ่ง โครงการนี้นำผลการจับคู่ระหว่างพฤติกรรมรถขนส่งของรถบรรทุกกับตำแหน่งของแปลงเกษตรกรรมมาเป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ต้นแบบระบบการจำแนกสินค้าเบื้องต้น พร้อมทั้งสามารถประยุกต์สู่การพัฒนาเครือข่ายโครงข่าย OD เพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์และวางแผนในระดับหน่วยงานหรือประเทศต่อไป

2 ระเบียบการวิจัย

โครงการนี้มีเป้าหมายหลักในการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์พฤติกรรมรถขนส่งของรถบรรทุกโดยใช้ข้อมูลจากระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) ซึ่งในปัจจุบันเป็นข้อมูลที่มีการจัดเก็บอย่างต่อเนื่องจากการใช้งานที่แพร่หลายในระบบขนส่งสินค้าของประเทศไทย การศึกษาครั้งนี้จึงให้ความสำคัญกับการประยุกต์ใช้ข้อมูล GPS ดังกล่าวให้เกิดประโยชน์ในด้านการจำแนกประเภทของสินค้าที่ถูกขนส่ง โดยไม่ต้องอาศัยข้อมูลจากเอกสารกำกับสินค้าหรือระบบติดตามสินค้าแบบดั้งเดิม ซึ่งมักมีข้อจำกัดในการจัดเก็บ การบันทึกข้อมูล และความน่าเชื่อถือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่สินค้าเป็นสินค้าเกษตรที่มีลักษณะการขนส่งชัดเจนในเชิงพื้นที่ เช่น อ้อย

เพื่อให้การศึกษาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถนำผลการวิเคราะห์ไปประยุกต์ใช้ได้จริง กระบวนการวิเคราะห์จึงถูกออกแบบให้มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน เริ่มจากการจัดเตรียมและทำความสะอาดข้อมูล การแยกแยะการเดินทางของรถบรรทุกแต่ละคัน การจัดกลุ่มตำแหน่งที่มี

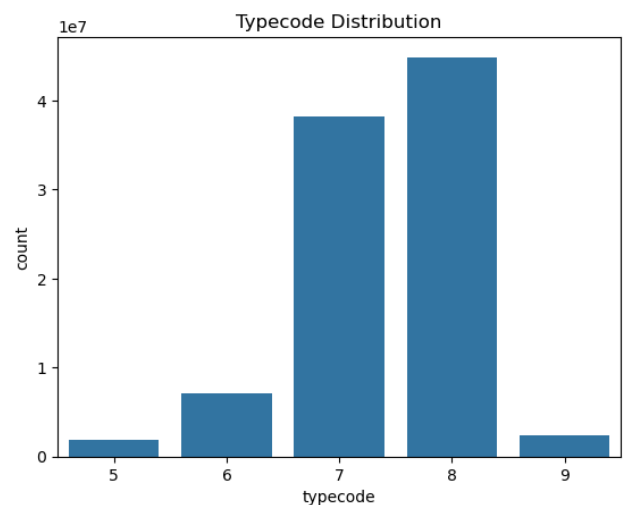
การจอดขั้วบ่อยครั้งซึ่งอาจเป็นจุดรวบรวมหรือกระจายสินค้า การตรวจสอบความเชื่อมโยงของจุดเหล่านี้กับพื้นที่เพาะปลูกที่มีภาระปลูกไว้โดยใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ และสุดท้ายเป็นการสร้างโครงข่ายต้นทาง-ปลายทางของการขนส่งสินค้าเพื่อให้เห็นภาพรวมของการเดินทางและสามารถจำแนกรูปแบบการขนส่งได้อย่างเป็นระบบ ขั้นตอนเหล่านี้ถูกนำเสนอรายละเอียดในหัวข้อถัดไป เพื่อให้เห็นถึงการดำเนินงานที่ชัดเจนและสามารถนำไปใช้เป็นกรอบอ้างอิงในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่จาก GPS เพื่อการบริหารจัดการโลจิสติกส์ในอนาคตต่อไป

2.1 การจัดเตรียมและทำความสะอาดข้อมูล (Data Preparation and Cleaning)

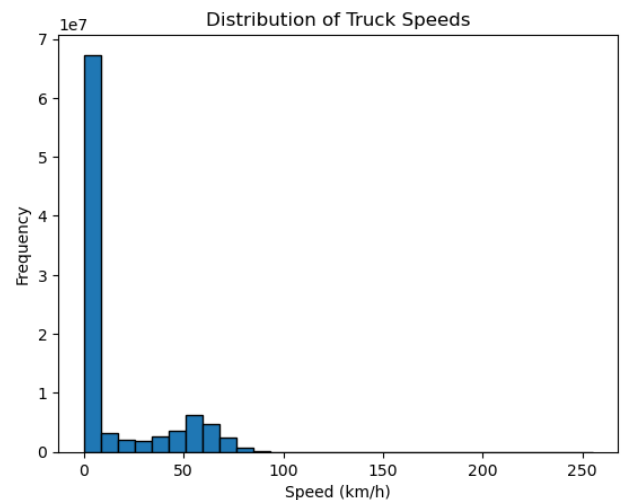
ข้อมูล GPS ดิบที่ได้รับจากผู้ให้บริการระบบ GPS ครอบคลุมข้อมูลรถบรรทุกจำนวนมากกว่า 360 ล้านแถว ซึ่งมีข้อมูลเกี่ยวกับพิกัดตำแหน่ง (Latitude, Longitude), เวลาบันทึก (Timestamp), ความเร็ว (Speed), หมายเลขประจำรถบรรทุก (Unit ID) และประเภทสินค้า (Typecode) เพื่อความสะดวกในการจัดการข้อมูลจำนวนมาก ข้อมูลดิบนี้ถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ Parquet ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าและรองรับการประมวลผลแบบขนาน (Parallel Processing)

กระบวนการทำความสะอาดข้อมูลประกอบด้วย

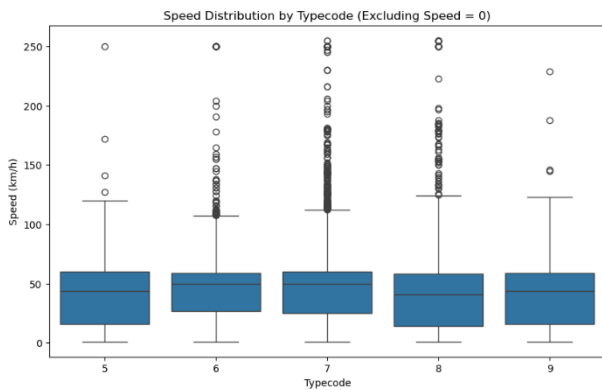
- การตรวจสอบขนาดและโครงสร้างข้อมูล (Data Overview) เพื่อตรวจสอบประเภทและความสมบูรณ์ของข้อมูล
- การจัดเรียงข้อมูลตามลำดับเวลา (Timestamp) และหมายเลขประจำรถ (Unit ID)
- การจัดการข้อมูลผิดปกติ (Outliers) เช่น พิกัดตำแหน่งผิดปกติและความเร็วเกินจริง
- การลบข้อมูลซ้ำซ้อนหรือข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงพิกัดในระยะเวลาอันเกินสมควร



รูปที่ 2-1 ภาพแสดงการกระจายตัวของประเภทรถบรรทุก



รูปที่ 2-2 ภาพแสดงการกระจายตัวของความเร็วรถบรรทุก



รูปที่ 2-3 ภาพแสดงการกระจายตัวของความเร็วรถบรรทุก โดยแยกประเภทไม่รวมรถที่หยุดนิ่ง

2.2 การแยกเที่ยวการเดินทาง (Trip Segmentation)

การแยกเที่ยวการเดินทางเป็นการแบ่งข้อมูล GPS ออกเป็นเที่ยวเดินทาง (Trips) โดยมีเกณฑ์การหยุดนิ่งและการเคลื่อนที่ของรถดังนี้:

- เมื่อรถหยุดนิ่งต่อเนื่องเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 10 นาที จุดดังกล่าวจะถูกกำหนดเป็นจุด "ปลายทาง" ของเที่ยวการเดินทาง
- หากรถเริ่มเคลื่อนที่ต่อเนื่องอีกครั้งอย่างน้อย 5 นาที จุดนั้นจะถูกกำหนดเป็นจุด "ต้นทาง" ของเที่ยวใหม่

ข้อมูลที่ถูกแบ่งเที่ยวการเดินทางจะนำไปสู่การวิเคราะห์จุดจอดและการจัดกลุ่มในขั้นตอนถัดไป

2.3 การจัดกลุ่มจุดจอดด้วยวิธี DBSCAN (DBSCAN Clustering)

เทคนิคการจัดกลุ่มจุดจอดใช้วิธี Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) ซึ่งเหมาะสมกับข้อมูลตำแหน่งที่มีลักษณะกระจุกตัว โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ดังนี้:

- ค่าระยะทางสูงสุดในการจัดกลุ่ม (Epsilon; eps) เท่ากับ 0.005 (ประมาณ 500 เมตร)
- จำนวนข้อมูลขั้นต่ำในกลุ่ม (Min Samples) เท่ากับ 5 จุด

วิธีนี้ช่วยในการแยกจุดจอดที่เป็นศูนย์กลางของกิจกรรมการขนส่ง เช่น บริเวณโรงงานหรือจุดรวบรวมสินค้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลหลักในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับสินค้าอ้อยต่อไป

2.4 การตรวจสอบพื้นที่เพาะปลูกอ้อย (Crop Field Verification)

เพื่อให้สามารถประเมินได้ว่าแต่ละเที่ยวการเดินทางมีต้นทางอยู่ในพื้นที่ปลูกอ้อยหรือไม่ พิกัดของจุดต้นทางถูกนำไปตรวจสอบกับข้อมูลแปลงเพาะปลูกจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) โดยใช้ระบบ Crop Classification API ที่สามารถตรวจสอบพื้นที่ปลูกได้ในแต่ละพื้นที่ โดยผลลัพธ์จาก API จะถูกจัดเก็บในลักษณะ Boolean (True/False) เพื่อแยกเที่ยวที่มีแนวโน้มขนส่งอ้อยออกจากเที่ยวอื่นๆ

2.5 การสร้างโครงข่ายต้นทาง-ปลายทาง (Origin-Destination Network)

ผลลัพธ์จากขั้นตอนก่อนหน้า ทั้งการจัดกลุ่มจุดจอดและการตรวจสอบพื้นที่ปลูกอ้อย จะถูกนำมาสร้างโครงข่ายต้นทาง-ปลายทาง โดย:

- กำหนดให้แต่ละคลัสเตอร์ที่ได้จาก DBSCAN เป็นโหนด (Node) ของโครงข่าย
- การเดินทางระหว่างคลัสเตอร์เป็นขอบ (Edge) ของโครงข่าย
- น้ำหนักของแต่ละขอบ คือจำนวนเที่ยวการเดินทางระหว่างจุดทั้งสอง

โครงข่ายที่ได้ถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ภาพรวมของการขนส่งสินค้า และสามารถต่อยอดไปสู่การพัฒนาโมเดลเพื่อจำแนกประเภทสินค้าด้วยเทคนิค Machine Learning หรือเทคนิคทางด้านเครือข่ายกราฟในอนาคต

3 ผลการดำเนินงานวิจัย

โครงการนี้มีการดำเนินงานวิเคราะห์ข้อมูลจากระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ของรถบรรทุก เพื่อจำแนกประเภทสินค้าที่ทำการขนส่ง โดยเฉพาะการศึกษาการขนส่งอ้อยในประเทศไทย กระบวนการวิเคราะห์สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

3.1 การจัดเตรียมและทำความสะอาดข้อมูล (Data Preparation)

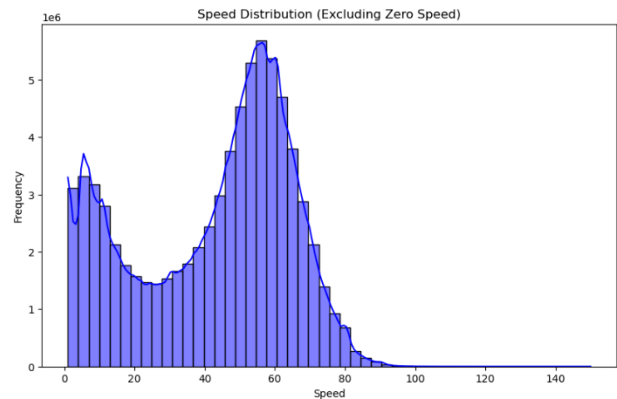
ขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์คือการนำข้อมูล GPS ดิบซึ่งมีจำนวนมากกว่า 360 ล้านรายการ มาจัดเตรียมและทำความสะอาดข้อมูลเพื่อให้พร้อมสำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม (Data Conversion) ข้อมูลดิบที่ได้รับถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ Parquet เพื่อให้เหมาะกับการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ ลดเวลาในการโหลดข้อมูล และรองรับการประมวลผลแบบขนาน (Parallel Processing)
- ตรวจสอบและจัดการข้อมูลที่ผิดปกติ (Outlier Detection and Removal) ดำเนินการกรองข้อมูลที่ผิดปกติ เช่น พิกัดตำแหน่งอยู่นอกเขตประเทศไทย หรือ

ความเร็วที่เกินกว่าข้อจำกัด เช่น มากกว่า 150 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อไม่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

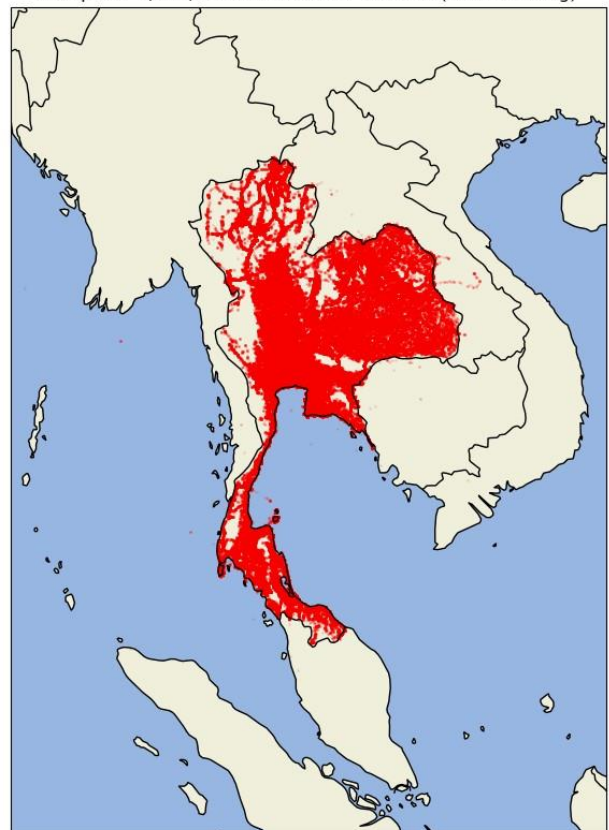
- จัดการข้อมูลสูญหายและข้อมูลซ้ำซ้อน (Missing Values and Duplicate Removal) ทำการคัดกรองแถวข้อมูลที่มีข้อมูลสูญหาย (missing data) หรือมีข้อมูลซ้ำซ้อน (duplicates) ออกจากชุดข้อมูล
- การจัดเรียงข้อมูลตามเวลาและหมายเลขรถ (Data Sorting) เพื่อให้ข้อมูลพร้อมสำหรับการวิเคราะห์เชิงเวลา ข้อมูลถูกเรียงลำดับตามหมายเลขรถ (Unit ID) และเวลาที่บันทึก (Timestamp) อย่างเป็นระบบ

จากกระบวนการข้างต้น ทำให้ได้ข้อมูลที่พร้อมสำหรับการวิเคราะห์ขั้นต่อไปประมาณ 245 ล้านรายการ ครอบคลุมรถบรรทุกทั้งหมด 298,945 คัน โดยข้อมูลที่ผ่านมาการมีคุณภาพสูง มีอัตราข้อมูลสูญหายน้อยกว่า 1% เหมาะสมสำหรับการนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3-1 ภาพแสดงการกระจายตัวของความเร็วรถบรรทุกหลังจากการทำความสะอาดข้อมูลแล้ว

Sample of 1,000,000 GPS Points in Thailand (Post-Cleaning)



รูปที่ 3-2 ภาพแสดงการกระจายตัวพิกัดของข้อมูลหลังจากการทำความสะอาดข้อมูลแล้ว

3.2 การระบุจุดต้นทางและปลายทางของการเดินทาง (Origin-Destination Identification)

หลังจากได้ข้อมูลที่พร้อมใช้งานแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการระบุจุดต้นทางและปลายทาง (Origin-Destination: OD) ของแต่ละเที่ยวการขนส่ง โดยมีการกำหนดเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- จุดที่มีการหยุดนิ่งต่อเนื่องมากกว่า 10 นาที และก่อนหน้านั้นมีการวิ่งต่อเนื่องมากกว่า 5 นาที ถูกพิจารณาว่าเป็นจุดปลายทาง (Destination)
- จุดที่มีการเริ่มเคลื่อนที่ต่อเนื่องเกินกว่า 5 นาที หลังจากการหยุดนิ่งมากกว่า 10 นาที จะถือว่าเป็นจุดต้นทาง (Origin)

ผลจากการแบ่งเที่ยวการเดินทางนี้ทำให้ได้จุดต้นทางจำนวน 7,945 จุด และจุดปลายทางจำนวน 5,319 จุด ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้

First few rows with OD labels:

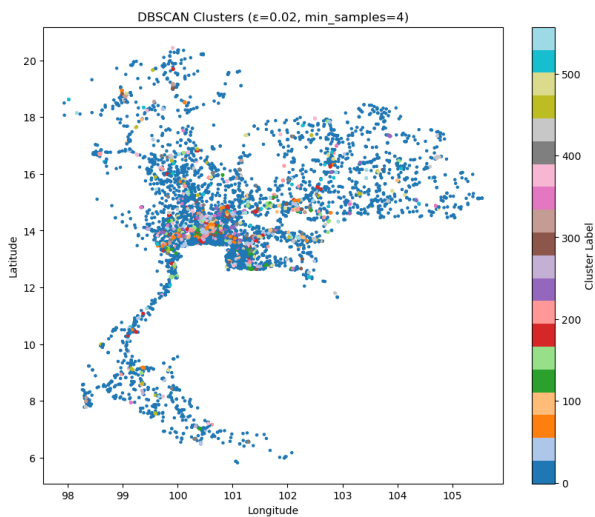
	unitid	utc_ts	lat	lon	speed	typecode	OD_Label
5018139	00100050000000151640101827	2024-11-01 12:21:38	14.842190	101.620030	0	7	Origin
59412149	001000600000010042500000040	2024-11-01 16:25:44	13.693413	100.862750	0	6	Origin
38735969	001000600000010042500001311	2024-11-01 14:52:42	16.305437	102.795685	0	6	Origin
56645204	00100080000000115800144428	2024-11-01 16:16:24	13.117849	100.969690	0	7	Destination
69251930	00100080000000130950128029	2024-11-01 17:19:09	14.678505	100.940380	0	7	Destination

รูปที่ 3-3 OD Labeled

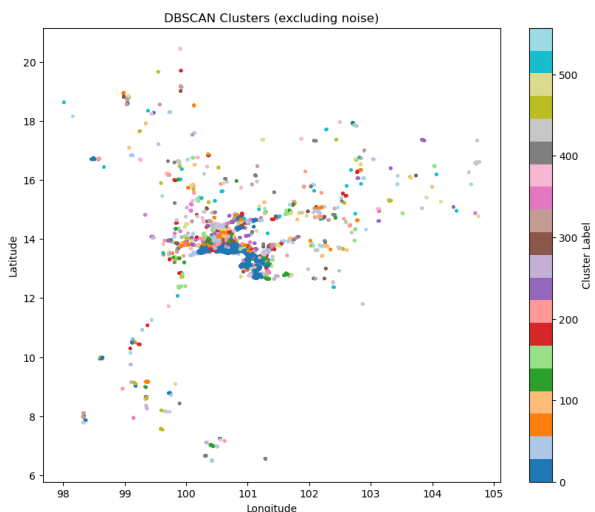
3.3 การจับกลุ่มจุดจอดด้วยเทคนิค DBSCAN Clustering

เพื่อนำจุดจอดที่มีการหยุดชั่วบครั่งมาจัดกลุ่ม ดำเนินการโดยใช้เทคนิค DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- เลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ได้แก่ ค่า epsilon = 0.02 และ min_samples = 4
- นำข้อมูลจุดจอดทั้งหมดมาจัดกลุ่มเพื่อหาจุดจอดที่มีความหนาแน่นสูง จากผลการจัดกลุ่มด้วย DBSCAN ได้ทั้งหมด 558 คลัสเตอร์ ซึ่งจะนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่กับตำแหน่งสำคัญต่าง ๆ เช่น โรงงานน้ำตาล และพื้นที่เพาะปลูกอ้อยต่อไป



รูปที่ 3-4 DBSCAN Clustering

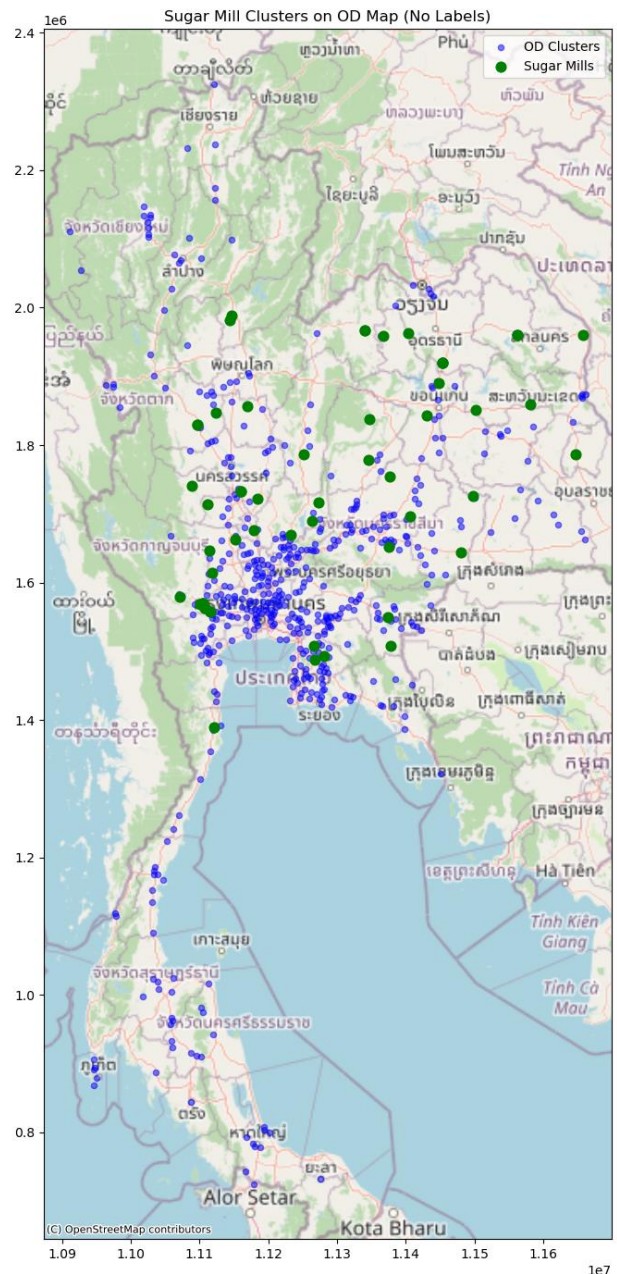


รูปที่ 3-5 DBSCAN Clustering without noise

3.4 การผูกพิกัดคลัสเตอร์ปลายทางกับตำแหน่งโรงงานน้ำตาล

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุว่าจุดจอดแต่ละจุด (คลัสเตอร์) มีความสัมพันธ์กับโรงงานน้ำตาล โดยดำเนินการเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการต่อไปนี้

- นำพิกัดตำแหน่งของโรงงานน้ำตาลที่มีข้อมูลอยู่ มาจับคู่กับตำแหน่งของแต่ละคลัสเตอร์ โดยใช้หลักการคำนวณระยะทางเชิงพื้นที่ (Haversine Distance)
- ระบุให้คลัสเตอร์ปลายทางที่มีความสัมพันธ์กับโรงงานน้ำตาลเป็นคลัสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งอ้อยอย่างมีนัยสำคัญ



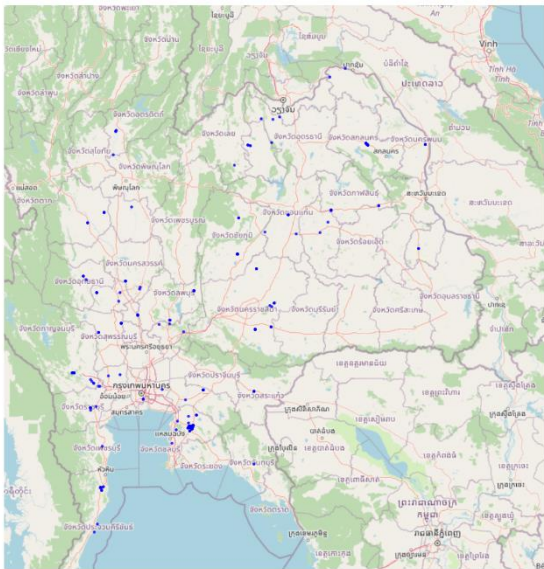
รูปที่ 3-6 Sugar mill clusters on OD map

3.5 การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างจุดต้นทางกับพื้นที่เพาะปลูกอ้อย

เพื่อยืนยันว่าจุดต้นทางแต่ละจุดนั้นเป็นจุดที่มีการขนส่งอ้อยจริงหรือไม่ ดำเนินการตรวจสอบดังนี้

- ใช้ข้อมูลจุดต้นทางทั้งหมดที่มีปลายทางคือโรงงานน้ำตาล นำมาตรวจสอบกับฐานข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกอ้อยผ่านระบบบริการ API ของ GISTDA (Crop Info API)
- พิกัดจุดต้นทางที่ตรงกับฐานข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อยจะถูกยืนยันเป็นจุดต้นทางที่มีการขนส่งอ้อยจริง

จากกระบวนการดังกล่าว สามารถระบุจุดต้นทางที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่เพาะปลูกอ้อยได้ และนำข้อมูลนี้ไปสร้างชุดข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 3-7 Origins validated as sugar field

3.6 การสร้างโครงข่ายต้นทาง-ปลายทาง (Origin-Destination Network)

นำข้อมูลจุดต้นทาง-ปลายทางและผลจากคลัสเตอร์ที่ได้ มาสร้างเป็นโครงข่าย OD Network เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์และปริมาณการขนส่งที่เกิดขึ้นระหว่างจุดต่าง ๆ ซึ่งข้อมูลนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดสำหรับการวางแผนเชิงกลยุทธ์ได้ในอนาคต



รูปที่ 3-8 ภาพแสดงผลการประมวลผล เพื่อตรวจสอบพิกัดพื้นที่เพาะปลูกแบบที่ 1

	id	lat	lon	speed	typecode	OD Label	Cluster	apt_sugar_flag_direct	apt_sugar_flag_nearby	sugar_flag_combined
0	000									

รูปที่ 3-9 ภาพแสดงผลการประมวลผล เพื่อตรวจสอบพิกัดพื้นที่เพาะปลูกแบบที่ 2

3.7 การสร้าง OD Matrix และการวิเคราะห์เส้นทาง (OD Matrix Creation and Route Analysis)

ขั้นตอนนี้ดำเนินการสร้างโครงข่ายต้นทาง-ปลายทาง (Origin-Destination Matrix: OD Matrix) เพื่อแสดงจำนวนเที่ยวขนส่งที่เดินทางระหว่างจุดต้นทางและปลายทางแต่ละแห่ง และเพื่อวิเคราะห์เส้นทางการเดินทางของรถบรรทุกที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการขนส่งอ้อยโดยเฉพาะ โดยดำเนินการจากจุดต้นทางที่ได้จากผลการจัดกลุ่มและจุดปลายทางที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของโรงงานน้ำตาลที่ได้รับใบแล้ว

ผลลัพธ์จากการสร้าง OD Matrix และการวิเคราะห์เส้นทางที่สำคัญมีดังนี้

- จำนวนเที่ยวที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการขนส่งอ้อยทั้งหมด: 47,937 เที่ยว
- จำนวนคู่ต้นทาง-ปลายทางทั้งหมดใน OD Matrix: 2,223 คู่

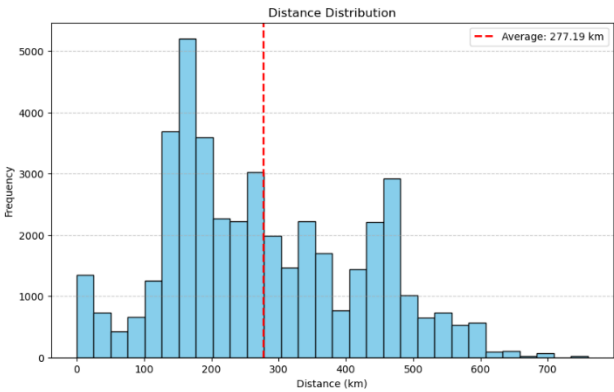
ข้อมูลจาก OD Matrix ที่สร้างขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพิ่มเติม เช่น การหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างพื้นที่ปลูกอ้อยและโรงงานน้ำตาลที่สำคัญ และสามารถนำไปต่อยอดเพื่อวางแผนเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพมากขึ้นในอนาคตได้

origin_cluster	destination_mill	trip_count
0	14 โรงงานน้ำตาลทิพย์สุโขทัย	1
1	24 โรงงานน้ำตาลทิพย์สุโขทัย	41
2	26 โรงงานน้ำตาลทิพย์สุโขทัย	1
3	84 โรงงานน้ำตาลทิพย์สุโขทัย	8
4	125 โรงงานน้ำตาลทิพย์สุโขทัย	3

รูปที่ 3-10 ภาพแสดงผลคู่เส้นทางและจำนวนเที่ยวจากไร่อ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล

	destination_mill	destination_cluster	origin_cluster	trip_count	origin_lat	origin_lon	dest_lat	dest_lon	distance_km
3406	โรงงานน้ำตาลทิพย์สุโขทัย	361.0	14	1	14.760436	100.875730	17.528652	100.102959	317.288177
3407	โรงงานน้ำตาลทิพย์สุโขทัย	361.0	14	1	14.752283	100.904883	17.528652	100.102959	318.983709
3408	โรงงานน้ำตาลทิพย์สุโขทัย	361.0	14	1	14.752250	100.904867	17.528652	100.102959	318.986784
3409	โรงงานน้ำตาลทิพย์สุโขทัย	361.0	14	1	14.752183	100.904867	17.528652	100.102959	318.993893
3410	โรงงานน้ำตาลทิพย์สุโขทัย	361.0	14	1	14.753333	100.884576	17.528652	100.102959	318.294546

รูปที่ 3-11 ภาพแสดงผลการเส้นทางจากไร่อ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล พร้อมระบุระยะทางและพิกัด



รูปที่ 3-12 ภาพแสดงการกระจายตัวของระยะทางระหว่างไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาล

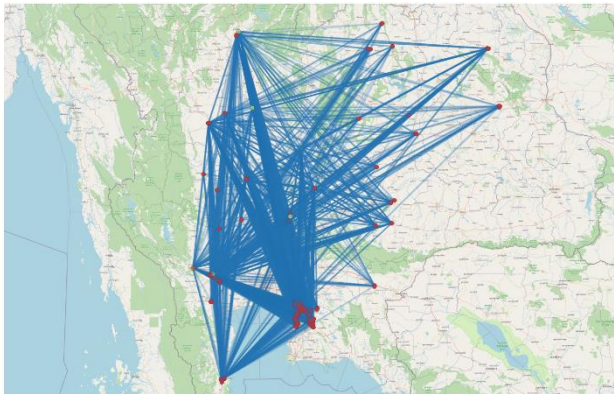
3.8 การแสดงภาพเส้นทางการขนส่งจากพื้นที่ปลูกอ้อยสู่โรงงานน้ำตาล (Visualization of Sugarcane Origin-Destination Routes)

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ทำให้อาจระบุจุดต้นทางที่อยู่ในพื้นที่เพาะปลูกอ้อย และปลายทางที่เชื่อมโยกับโรงงานน้ำตาลได้อย่างแม่นยำ เพื่อแสดงผลเชิงพื้นที่ในภาพรวมของเส้นทางการขนส่ง จึงได้ทำการสร้างแผนที่แสดงเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกจากต้นทางสู่ปลายทางในรูปแบบของเครือข่ายเส้นทาง (network path)

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์พบว่า เส้นทางการขนส่งมีการกระจุกตัวสูงในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือตอนล่าง โดยเฉพาะในจังหวัดลพบุรี สุพรรณบุรี ขอนแก่น และอุบลราชธานี ซึ่งเป็นพื้นที่เพาะปลูกอ้อยขนาดใหญ่ของประเทศ

ข้อมูลนี้มีความสำคัญในการนำไปใช้สนับสนุนการวางแผนเส้นทางการขนส่งอ้อยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาโมเดลการจัดการทรัพยากรหรือวางแผนโลจิสติกส์ในระดับภูมิภาคและระดับประเทศ

Sugar Field to Sugar Mill Origin Destination Trip



รูปที่ 3-13 ภาพแสดงผลการจำนวนเที่ยวการเดินทางของไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาล ในรูปแบบของกราฟ

4 ผลการวิจัย

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำข้อมูลจากระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ของรถบรรทุกมาประยุกต์ใช้เพื่อจำแนกประเภทของสินค้าที่ทำการขนส่ง โดยไม่ต้องพึ่งพารายการข้อมูลสินค้าแบบดั้งเดิม ทั้งนี้ได้เลือก "อ้อย" เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นสินค้าที่มีแหล่งผลิตชัดเจนเชิงพื้นที่ และมีลักษณะการขนส่งเฉพาะทาง ผลการดำเนินงานสามารถสรุปได้เป็นลำดับดังนี้:

4.1 การจัดเตรียมและทำความสะอาดข้อมูล

จากข้อมูล GPS คัดจำนวนมากกว่า 360 ล้านรายการ หลังผ่านการจัดเรียง ล้างข้อมูล และแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม ได้ข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์จำนวน 245 ล้านรายการ จากการบรรทุกทั้งหมด 298,945 คัน

4.2 การแยกเที่ยวการเดินทางและการระบุ OD Point

สามารถระบุเที่ยวการเดินทางได้ทั้งหมด 127,534 เที่ยว โดยมีจุดต้นทางจำนวน 7,945 จุด และจุดปลายทางจำนวน 5,319 จุด

4.3 การจัดกลุ่มจุดจอดด้วย DBSCAN

ทำให้สามารถระบุคลัสเตอร์ของจุดจอดได้ 558 คลัสเตอร์ ซึ่งเป็นกลุ่มที่แสดงความถี่ของการจอดในพื้นที่เฉพาะ เช่น โรงงานน้ำตาล หรือศูนย์รวมอ้อย

4.4 การตรวจสอบความสัมพันธ์กับโรงงานน้ำตาลและพื้นที่เพาะปลูกอ้อย

จากการผูกคลัสเตอร์ปลายทางกับตำแหน่งโรงงานน้ำตาล สามารถระบุปลายทางที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งอ้อยได้และเมื่อนำจุดต้นทางที่ตรงกับปลายทางเหล่านั้นมาตรวจสอบกับแผนที่พื้นที่เพาะปลูกอ้อยของ GISTDA พบว่าในจำนวน 207 จุดที่สุ่มตรวจสอบ มีจำนวน 134 จุด (64.7%) อยู่ในพื้นที่ปลูกอ้อยจริง และคิดเป็น 12.6% ของจุดต้นทางทั้งหมด

4.5 การสร้าง OD Matrix และวิเคราะห์เส้นทาง

ได้คู่ OD ทั้งหมด 2,223 คู่ จากเที่ยวขนส่งที่เกี่ยวข้องกับอ้อยจำนวน 47,937 เที่ยว ซึ่งสะท้อนถึงพฤติกรรมขนส่งที่สม่ำเสมอและสามารถจำแนกจากข้อมูล GPS ได้

4.6 การสร้างกราฟแสดงเส้นทางการขนส่ง

ได้เครือข่ายการเดินทางที่แสดงเส้นทางจากพื้นที่เพาะปลูกอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลอย่างชัดเจน โดยเส้นทางที่มีปริมาณเที่ยวมากที่สุดอยู่ในจังหวัดพุนบุรี สุพรรณบุรี และขอนแก่น

จากผลการศึกษาทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูล GPS มีศักยภาพในการนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมขนส่งและสามารถใช้เป็นเครื่องมือเบื้องต้นในการจำแนกประเภทของสินค้าที่ทำการขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของสินค้าเกษตรที่มีลักษณะการผลิตเฉพาะพื้นที่ เช่น อ้อย ซึ่งสามารถใช้ข้อมูลนี้มาร่วมกับการวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทางเพื่อสร้างแบบจำลองที่มีความแม่นยำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์และการสนับสนุนจากหลายฝ่ายคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์สันต์ บัณฑิตสกุลชัยอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้กรุณาให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิดให้แนวทางและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธาและวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยสำหรับการสนับสนุนด้านวิชาการทรัพยากรและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนาโครงการนี้ นอกจากนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณหน่วยงานที่ให้ข้อมูล GPS ของรถบรรทุกซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิเคราะห์และการทดลองที่ปรากฏในโครงการฉบับนี้ สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อม ที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการ จนสามารถดำเนินการให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Hernandez *et al.*, "Truck activity analysis using GPS data," 2019.
- [2] American Transportation Research Institute. "About ATRI," 2012. [Online]. Available: truckingresearch.org/about-atri
- [3] C. Jones, D. Murray, and J. Short, "Methods of travel time measurement in freight significant corridors," American Transportation Research Institute. [Online]. Available: <http://www.atrionline.org/research/results/Freight%20Performance%20Measures%20TRB%20for%20atri-online.pdf>
- [4] L. Giovannini, "A novel map-matching procedure for low-sampling GPS data with applications to traffic flow analysis," 2011.
- [5] M. Quddus and S. Washington, "Shortest path and vehicle trajectory aided map-matching for low frequency GPS data," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 55, pp. 328–339, 2015.
- [6] A.R. Pinjari *et al.*, "Using truck fleet data in combination with other data sources for freight modeling and planning," Final Report for the FDOT, Report BDK84-977-20, 2014.
- [7] P. Camargo, S. Hong, and V. Livshits, "Expanding the uses of truck GPS data in freight modeling and planning activities," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, no. 2646, pp. 68–76, 2017.
- [8] V.L. Bernardin *et al.*, "Using large sample GPS data to develop an improved truck trip table for the Indiana statewide model," Proc. 4th Transp. Research Board Conf. on Innovations in Travel Modeling, 2011.
- [9] M. Golias, J. Dobbins, J. Short, and Z. Johnson, "GPS/GIS analysis of Tennessee truck trips," Final Report, University of Memphis, 2012.

- [10] Florida Department of Transportation (FDOT), "2015 Multimodal Mobility Performance Measures Source Book." [Online]. Available: <http://www.dot.state.fl.us/planning/statistics/sourcebook/>
- [11] R. Chawuthai, N. Ainthong, S. Intarawart, N. Boonyanaet, and A. Sumalee, "Travel time prediction on long-distance road segments in Thailand," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 21, p. 5681, 2021.
- [12] R. Chawuthai, K. Kawachakai, K. Boonrod, and T. Threepak, "Route prediction from GPS trajectory and road data," in *15th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE)*, IEEE, 2023.
- [13] R. Chawuthai, N. Chankaew, and T. Threepak, "A hybrid method for predicting a potential next rest stop of commercial vehicles," in *Proc. International Symposium of Transport Simulation and the International Workshop on Traffic Data Collection and its Standardisation (ISTS and IWTDCS)*, Elsevier, 2018.
- [14] R. Chawuthai, K. Pruekwangkhaeo, and T. Threepak, "Spatial-temporal traffic speed prediction on Thailand roads," in *2021 International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST)*, IEEE, 2021.