



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย “เทคนิคการนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับ
การวัดความเร็วอินเทอร์เน็ตบรอดแบนด์”

Appropriate Data Visualization Technique for Broadband Speed Test

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อติตา อ่อนเอื้อน หัวหน้าโครงการวิจัย

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณรายได้

คณะวิทยาการสารสนเทศ

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

มหาวิทยาลัยบูรพา

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

“เทคนิคการนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการวัดความเร็วอินเทอร์เน็ตบรอดแบนด์”

Appropriate Data Visualization Technique for Broadband Speed Test

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อริตา อ่อนเอื้อน หัวหน้าโครงการวิจัย

คณะวิทยาการสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยบูรพา

พฤษภาคม พ.ศ. 2567

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทเงินรายได้ คณะวิทยาการสารสนเทศ ประจำปี
งบประมาณ พ.ศ. 2567 เลขที่สัญญา 2/2567

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ให้โอกาสในการทำวิจัย รวมถึงเงินทุน
เพื่อส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพนักวิจัย มา ณ โอกาสนี้

อติตา อ่อนเอื้อน

พฤศจิกายน 2567

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสม และแนะนำการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการของผู้ให้บริการแต่ละเครือข่าย ซึ่งเป็นการพัฒนาและออกแบบแดชบอร์ดการทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ตบอร์ดแบนด์ที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสม โดยมุ่งเน้นการนำเสนอข้อมูลทางสถิติ แดชบอร์ดที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการกรองข้อมูลและแสดงผลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนภูมิ แผนที่โต้ตอบ และแผนที่ความร้อน (Heat Map) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบและติดตามความเร็วอินเทอร์เน็ตในพื้นที่เฉพาะ และช่วงเวลาต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย การศึกษาได้รวบรวมข้อมูลจาก 7 จังหวัดในภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยแบ่งตามผู้ให้บริการเครือข่ายหลัก 4 ราย ผลการวิเคราะห์พบว่าเครือข่าย A และ C มีประสิทธิภาพสูงกว่าผู้ให้บริการเครือข่าย B และ D ข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตในแต่ละพื้นที่และช่วงเวลา

นอกจากนี้ งานวิจัยยังได้ระบุดังค์ประกอบการออกแบบทั่วไปสำหรับแดชบอร์ด การวิเคราะห์ข้อมูลและรูปแบบการจัดหมวดหมู่ตามความเร็วเฉลี่ยเพื่อช่วยให้การนำเสนอข้อมูลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยนี้มีความสำคัญต่อการปรับปรุงการให้บริการอินเทอร์เน็ตในประเทศไทยและสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการศึกษาและการวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต

คำสำคัญ: ความเร็วอินเทอร์เน็ตบอร์ดแบนด์, การนำเสนอข้อมูล, การทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ต, ประสิทธิภาพการให้บริการอินเทอร์เน็ต

Abstract

This study aims to design an appropriate data presentation method and recommend improvements in the service efficiency of each network provider. The development and design of an effective and suitable broadband internet speed test dashboard focus on presenting statistical information. The developed dashboard can filter data and display it in various formats, such as charts, interactive maps, and heat maps (Heat Maps). This allows users to clearly and easily monitor internet speeds in specific areas and periods. The study collected data from seven provinces in eastern Thailand, categorized by four major network providers. The analysis found that networks A and C are more efficient than networks B and D. This information can be used to improve the service efficiency of internet providers in different areas and periods.

Additionally, the research identified common design elements for data analysis dashboards and categorization schemes based on average speed to ensure efficient data presentation. The findings of this study are significant for improving internet service in Thailand. They can serve as a reference for further studies and research in the future.

Keywords: broadband internet speed, data presentation, internet speed test, internet service efficiency

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ	4
2.2 ทฤษฎีการวัดความเร็วอินเทอร์เน็ต	5
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วอินเทอร์เน็ต.....	8
2.4 เทคนิคการนำเสนอข้อมูลโดยใช้แดชบอร์ด	9
2.5 การแบ่งภาคในประเทศไทย	14
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	19
3.1 การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)	19
3.2 การออกแบบการรวบรวมข้อมูล (Collection Data Design)	20
3.3 การออกแบบแดชบอร์ด (Dashboard Design)	22
3.4 ฟังก์ชันการทำงานของแดชบอร์ด (Dashboard Functionality)	25
3.5 จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	25
บทที่ 4 ผลการศึกษา	26
4.1 กรณีศึกษาภาคตะวันออกของประเทศไทย.....	26
4.2 สรุปผลการศึกษาทั้งหมด	40

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินการวิจัย	43
5.1 สรุปและอภิปรายผล	43
5.2 บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์	43
บรรณานุกรม	50
ประวัติผู้วิจัย	51

สารบัญภาพ

	หน้าที่
ภาพที่ 2.1 Strategic Dashboard	10
ภาพที่ 2.2 Operational Dashboard	11
ภาพที่ 2.3 Analytical Dashboard	12
ภาพที่ 2.4 Tableau logo	12
ภาพที่ 2.5 PowerBI logo	13
ภาพที่ 2.6 Metabase logo	13
ภาพที่ 2.7 Metabase logo	14
ภาพที่ 2.8 การแบ่งภาคในประเทศไทย	15
ภาพที่ 4.1 Dashboard	27
ภาพที่ 4.2 Map หรือแผนที่โต้ตอบ (Interactive Map) โดยมีลักษณะกล่องโต้ตอบทางด้านขวาแสดง ตัวเลือกการกรองสำหรับการค้นหาตามสถานที่และตัวแปรต่าง ๆ เช่น จังหวัด อำเภอ ช่วงวันที่ และประเภท นอกจากนี้ยังสามารถจัดกลุ่มตามความเร็วเฉลี่ยของแต่ละเขต เป็น 5 กลุ่ม.....	29
ภาพที่ 4.3 Analytics	30
ภาพที่ 4.4 ความเร็วในการดาวน์โหลด	31
ภาพที่ 4.5 ความเร็วในการอัปโหลด	32
ภาพที่ 4.6 จำนวนชุดข้อมูลคุณภาพอินเทอร์เน็ตที่วัดได้	33
ภาพที่ 4.7 จำนวนผู้เข้าร่วมทดสอบในแต่ละจังหวัด.....	34
ภาพที่ 4.8 กลุ่มผู้ทดสอบเมื่อแบ่งกลุ่มตามพื้นที่ทดสอบ (Cluster)	35
ภาพที่ 4.9 แผนภาพความร้อน (Heat Map) ของค่าความเร็วการดาวน์โหลดโดยเฉลี่ย	36
ภาพที่ 4.10 แผนภาพความร้อน (Heat Map) ของค่าความเร็วการอัปโหลดโดยเฉลี่ย	37
ภาพที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยความเร็วอัปโหลด (UPA)	38
ภาพที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยความเร็วดาวน์โหลด (DPA)	38
ภาพที่ 4.13 ความเร็วในการดาวน์โหลดของอุปกรณ์	39
ภาพที่ 4.14 ความเร็วในการอัปโหลดของอุปกรณ์	40

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในยุคที่เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเติบโตอย่างรวดเร็ว อินเทอร์เน็ตกลายเป็นส่วนสำคัญของชีวิตประจำวัน โดยมีบทบาทสำคัญในการสื่อสาร ความบันเทิง การศึกษา การทำงาน และกิจกรรมอื่น ๆ อีกมากมาย และจากพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตบรอดแบนด์ (ADSL) หรืออินเทอร์เน็ตบ้านที่เปลี่ยนแปลงไป การสำรวจข้อมูลโครงการ Thailand Digital Outlook ซึ่งเป็นโครงการภายใต้สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สดช.) กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (2564) พบว่า คนไทยเข้าถึงบริการอินเทอร์เน็ตถึงร้อยละ 85.1 และมีการใช้อินเทอร์เน็ตจากที่พิกมากที่สุด ร้อยละ 70.2 และใช้เวลา 6-10 ชั่วโมงต่อวันในการใช้งานอินเทอร์เน็ต จะเห็นว่าการใช้งานอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง หรือบรอดแบนด์มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการดำเนินชีวิตและการทำงานของผู้คน อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตยังคงมีความแตกต่างกันไปตามพื้นที่และผู้ให้บริการเครือข่าย นอกจากนี้ ปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความหนาแน่นของผู้ใช้งานในพื้นที่ การติดตั้งโครงสร้างพื้นฐาน และการจัดการเครือข่ายของผู้ให้บริการมีผลต่อความเร็วและความเสถียรของการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

การนำเสนอข้อมูลความเร็วอินเทอร์เน็ตเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการตีความ และการสื่อสารข้อมูลที่มีความซับซ้อน (Gehlenborg et al., 2010; Pavlopoulos et al., 2011) ให้กับผู้ใช้ทั่วไปและผู้ที่เกี่ยวข้อง การใช้เครื่องมือที่ผสมผสานระหว่างการวิเคราะห์ข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล (Adams et al., 2020) เช่น แดชบอร์ดและกราฟ สามารถช่วยให้การเข้าใจข้อมูลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วขึ้น แต่การนำเสนอข้อมูลมักไม่ได้ถูกจัดเป็นลำดับต้น ๆ ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลที่ดีจะช่วยให้การปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตในแต่ละพื้นที่

จากเหตุผลดังกล่าว การศึกษานี้จึงเน้นการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับความเร็วอินเทอร์เน็ตอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การเปรียบเทียบผู้ให้บริการและพื้นที่ที่แตกต่างกัน โดยนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งสามารถสร้างความเข้าใจเพื่อประกอบการตัดสินใจ โดยใช้สื่ออินเทอร์เน็ตแอดคทีฟเพื่อสื่อสารข้อมูลได้ครบถ้วนและมีประสิทธิภาพ ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลนี้ไปใช้ประกอบการพิจารณาในการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการในแต่ละช่วงเวลาและแต่ละพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลความเร็วอินเทอร์เน็ตบอร์ดแบนด์ที่เหมาะสม
- 2) เพื่อแนะนำการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตในแต่ละเครือข่าย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1) การศึกษานี้มุ่งเน้นการพรรณนาข้อมูล เช่น ขนาดตัวอย่าง อัตราการดาวน์โหลด อัปโหลดข้อมูล เทียบกับแพ็คเกจ ค่าเฉลี่ย Ping และค่าเฉลี่ย Jitter เป็นต้น
- 2) ขอบเขตของงานวิจัยเก็บข้อมูลใน 7 จังหวัดในภาคตะวันออก ได้แก่ จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ตราด ปราจีนบุรี ระยอง และสระแก้ว
- 3) ศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการให้บริการของแต่ละเครือข่าย จำแนกตามจังหวัด และเวลา

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบวิธีการนำเสนอที่เหมาะสม และเพื่อแนะนำการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตในแต่ละเครือข่าย โดยการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย

1) การเก็บรวบรวมข้อมูล ความเร็วอินเทอร์เน็ตถูกรวบรวมจากอุปกรณ์ทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ตจำนวน 30 เครื่อง และอาสาสมัครจำนวน 200 คนในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย ครอบคลุม 7 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา และสระแก้ว ดำเนินการระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 สิงหาคม 2566

- 2) การประเมินคุณภาพอินเทอร์เน็ต ประกอบด้วย 4 ตัวหลักได้แก่
 - DPA (Download Percentage Average): ค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดเทียบกับแพ็คเกจที่สมัคร
 - UPA (Upload Percentage Average): ค่าเฉลี่ยความเร็วในการอัปโหลดเทียบกับแพ็คเกจที่สมัคร
 - Ping: เวลาการตอบสนองของเครือข่าย
 - Jitter: ความผันผวนของเวลาการส่งข้อมูล
- 3) การจัดเตรียมข้อมูล
- 4) การออกแบบแดชบอร์ด
- 5) การวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูล
- 6) การสรุปผล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตสามารถใช้ข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพการให้บริการในแต่ละพื้นที่ และสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการปรับปรุงการให้บริการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานได้รับประสบการณ์ที่ดียิ่งขึ้น
- 2) ผู้ให้บริการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถใช้ข้อมูลจากงานวิจัยนี้เพื่อประกอบการตัดสินใจในการวางแผนและปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานอินเทอร์เน็ต รวมถึงการกำหนดนโยบายและมาตรการต่าง ๆ เพื่อยกระดับการให้บริการอินเทอร์เน็ตในประเทศ
- 3) ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการศึกษาและการวิจัยเพิ่มเติมในด้านการวิเคราะห์และปรับปรุงการให้บริการอินเทอร์เน็ต รวมถึงการพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการนำเสนอข้อมูล

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากโครงการวิจัยเรื่อง “เทคนิคการนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการวัดความเร็วอินเทอร์เน็ตบอร์ด์แบนด์” คณะผู้วิจัยได้ออกแบบการทำงาน และพบทวนวรรณกรรมในหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ

2.1.1) Server และหน้าที่

1) ที่ตั้งของ Server ข้อมูลการทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ตถูกส่งไปยังฐานข้อมูล PostgreSQL ที่อยู่บน Docker Server ซึ่งมีการตั้งค่าให้รองรับการอัปเดตข้อมูลอย่างต่อเนื่องจากอุปกรณ์ทดสอบและผู้ใช้งานในพื้นที่การเก็บข้อมูล 7 จังหวัดในภาคตะวันออก ได้แก่ ชลบุรี, ระยอง, ฉะเชิงเทรา, ปราจีนบุรี, จันทบุรี, ตราด, และสระแก้ว

2) หน้าที่ของ Server

- ทำหน้าที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์ทดสอบ เช่น ความเร็วในการดาวน์โหลด, อัปโหลด, ค่า Ping และ Jitter
- เก็บข้อมูลในรูปแบบที่รองรับการค้นหา (Structured Data) และการวิเคราะห์ผ่านแดชบอร์ด
- ใช้เทคโนโลยีฐานข้อมูล PostgreSQL ที่มีความยืดหยุ่นในการจัดเก็บข้อมูลและค้นหา

2.1.2) การเข้าใช้งานของผู้ทดสอบ

1) การเข้าถึงข้อมูลโดยผู้ใช้งาน

- ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงแดชบอร์ดที่ออกแบบมาให้แสดงผลข้อมูลความเร็วอินเทอร์เน็ตในรูปแบบกราฟ, แผนที่เชิงโต้ตอบ (Interactive Map), และแผนที่ความร้อน (Heat Map)
- แดชบอร์ดรองรับการกรองข้อมูล เช่น จังหวัด, ช่วงเวลา, และผู้ให้บริการ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถค้นหาข้อมูลได้ตามความต้องการ

2) ข้อมูลที่ส่งจากอุปกรณ์ทดสอบ

- อุปกรณ์ทดสอบส่งข้อมูลไปยัง Server ทุก 1-2 นาที เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลได้รับการอัปเดตเรียลไทม์

- ข้อมูลประกอบด้วยค่าที่สำคัญ เช่น Device ID, Timestamp, พิกัด (Longitude/Latitude), ความเร็วที่โฆษณา และความเร็วที่ใช้งานจริง (Download/Upload Speed)

2.1.3) ข้อจำกัดการเข้าถึง

- Firewall โดย Server มีการตั้งค่าให้อนุญาตเฉพาะคำขอจากพอร์ตที่กำหนด เช่น พอร์ตที่ใช้สำหรับ PostgreSQL (5432) และการเชื่อมต่อ API และมีการป้องกันการโจมตี เช่น การควบคุมการเข้าถึงจาก **IP Address** ที่ไม่ได้รับอนุญาต
- Policy การเข้าถึง มีการจำกัดสิทธิ์การเข้าถึงเฉพาะผู้ที่มีชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านในระบบ และผู้ใช้งานทั่วไปสามารถดูข้อมูลการทดสอบของตนเองได้เท่านั้น ส่วนผู้ดูแลระบบสามารถเข้าถึงและจัดการข้อมูลในแดชบอร์ดได้ทั้งหมด

2.1.4) ข้อจำกัดอื่นๆ

- การใช้งาน Server อาจมีข้อจำกัดในกรณีที่มีการเชื่อมต่อพร้อมกันจำนวนมาก ซึ่งอาจส่งผลต่อ Latency ในบางพื้นที่

2.2 ทฤษฎีการวัดความเร็วอินเทอร์เน็ต

การวัดความเร็วอินเทอร์เน็ตเป็นกระบวนการที่สำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของบริการอินเทอร์เน็ต โดยมีทฤษฎีและหลักการหลายประการที่ใช้ในการวัดและวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วอินเทอร์เน็ต ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นหลายส่วน คือ 1) Throughput (ความเร็วในการดาวน์โหลด (download speed) ความเร็วในการอัปโหลด (upload speed)) 2) Ping 3) Jitter 4) Download Percentage Average (DPA) และ Upload Percentage Average (UPA)

2.2.1) Throughput (ความเร็วในการดาวน์โหลด (download speed) ความเร็วในการอัปโหลด (upload speed))

Throughput คือปริมาณข้อมูลที่สามารถส่งผ่านเครือข่ายในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งวัดเป็นเมกะบิตต่อวินาที (Mbps) เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญสำหรับการประเมินความสามารถของเครือข่ายในการรองรับการใช้งาน เช่น การดาวน์โหลดไฟล์ขนาดใหญ่หรือการสตรีมวิดีโอความละเอียดสูง ตัวอย่างเช่น หากเครือข่ายมีความเร็วในการดาวน์โหลด

100 Mbps และความเร็วในการอัปโหลด 50 Mbps หมายความว่าผู้ใช้งานสามารถดาวน์โหลดข้อมูลขนาด 100 เมกะบิตในหนึ่งวินาที และอัปโหลดข้อมูลขนาด 50 เมกะบิตในหนึ่งวินาที Throughput ประกอบด้วย

1) ความเร็วในการดาวน์โหลด (Download Speed)

ความเร็วในการดาวน์โหลดหมายถึงอัตราที่ข้อมูลถูกส่งจากอินเทอร์เน็ตมายังอุปกรณ์ของผู้ใช้งาน เช่น คอมพิวเตอร์, สมาร์ทโฟน, หรือแท็บเล็ต ข้อมูลเหล่านี้อาจประกอบด้วยเว็บเพจ, วิดีโอ, เพลง, หรือไฟล์ต่างๆ ที่ผู้ใช้งานต้องการดาวน์โหลด ซึ่งมีหน่วยวัดเป็น เมกะบิตต่อวินาที (Mbps) ทั้งนี้ค่าที่สูง หมายถึง การดาวน์โหลดข้อมูลที่เร็วขึ้น

การทดสอบ ใช้เซิร์ฟเวอร์ที่มีไฟล์ขนาดใหญ่ เพื่อส่งข้อมูลมายังอุปกรณ์ของผู้ใช้งาน และวัดเวลาที่ใช้ในการรับข้อมูลนั้น จากนั้นคำนวณความเร็วในการดาวน์โหลดโดยใช้สูตร

$$\text{ความเร็วในการดาวน์โหลด (Mbps)} = \frac{\text{ขนาดไฟล์ (เมกะบิต)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลด (วินาที)}}$$

2) ความเร็วในการอัปโหลด (Upload Speed)

ความเร็วในการอัปโหลดหมายถึงอัตราที่ข้อมูลถูกส่งจากอุปกรณ์ของผู้ใช้งานไปยังอินเทอร์เน็ต เช่น การอัปโหลดไฟล์, การส่งอีเมลที่มีไฟล์แนบ, การส่งวิดีโอไลฟ์สดริม หรือการอัปโหลดรูปภาพไปยังโซเชียลมีเดีย ซึ่งมีหน่วยวัดเป็นเมกะบิตต่อวินาที (Mbps) ทั้งนี้ค่าที่สูง หมายถึง การอัปโหลดข้อมูลที่เร็วขึ้น

การทดสอบ ใช้เซิร์ฟเวอร์เพื่อรับไฟล์ขนาดใหญ่จากอุปกรณ์ของผู้ใช้งาน และวัดเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลนั้น จากนั้นคำนวณความเร็วในการอัปโหลดโดยใช้สูตร

$$\text{ความเร็วในการอัปโหลด (Mbps)} = \frac{\text{ขนาดไฟล์ (เมกะบิต)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการอัปโหลด (วินาที)}}$$

2.2.2) Ping

Ping หรือ Latency ใช้ในการประเมินความเร็วในการตอบสนองของเครือข่าย หากค่า Ping ต่ำแสดงว่าเครือข่ายมีความเร็วในการตอบสนองสูง ซึ่งเหมาะสำหรับการทำงานที่ต้องการการตอบสนองรวดเร็ว เช่น การเล่นเกมออนไลน์ หรือกล่าวได้ว่า Ping คือเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางและกลับมาอีกครั้ง ซึ่งวัดเป็นมิลลิวินาที (ms) ยกตัวอย่างเช่น หากค่า Ping อยู่ที่ 20 ms แสดงว่าผู้ใช้งานสามารถส่งคำสั่งหรือข้อมูลไปยัง

เซิร์ฟเวอร์และได้รับคำตอบกลับในเวลาเพียง 20 มิลลิวินาที ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานแบบเรียลไทม์ ในทางตรงกันข้าม ค่า Ping ที่สูงกว่า 200 ms อาจทำให้เกิดความล่าช้า (lag) ในการใช้งาน

2.2.3) Jitter

Jitter คือความผันผวนของเวลาในการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ซึ่งวัดเป็นมิลลิวินาที (ms) โดยค่า Jitter สูงแสดงถึงความไม่เสถียรของเครือข่าย ซึ่งอาจทำให้การสื่อสารผ่านเครือข่ายมีปัญหา เช่น การพูดคุยผ่านวิดีโอคอลหรือการสตรีมวิดีโอที่ไม่ราบรื่น ยกตัวอย่างเช่น หากค่า Jitter อยู่ที่ 5 ms หมายถึงความผันผวนระหว่างค่าความหน่วงแต่ละครั้งของการส่งข้อมูลอยู่ในช่วง 5 มิลลิวินาที ซึ่งถือว่ามีความเสถียร แต่หากค่า Jitter สูงถึง 50 ms อาจทำให้การสนทนาผ่าน VoIP มีการขาดหายของเสียง เป็นต้น

2.2.4) Download Percentage Average (DPA) และ Upload Percentage Average (UPA)

DPA และ UPA ช่วยให้ผู้ใช้บริการอินเทอร์เน็ตสามารถตรวจสอบและประเมินคุณภาพของบริการที่ให้แกผู้ใช้ได้อย่างแม่นยำ และช่วยให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบความถูกต้องของบริการที่ได้รับว่าตรงตามที่โฆษณาหรือไม่ โดยการใช้เปอร์เซ็นต์เหล่านี้เป็นตัวชี้วัด

1) DPA คือค่าเฉลี่ยของความเร็วในการดาวน์โหลดที่เทียบกับความเร็วที่โฆษณาในแพ็คเกจ ซึ่งแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ดังสูตร

$$DPA = \frac{\text{ความเร็วในการดาวน์โหลดเฉลี่ยที่ทดสอบได้}}{\text{ความเร็วในการดาวน์โหลดที่โฆษณาในแพ็คเกจ}} \times 100$$

การมีค่า DPA สูงหมายถึงผู้ใช้ได้รับบริการที่มีคุณภาพและตรงตามที่ผู้ให้บริการโฆษณาไว้ ในทางกลับกัน หากค่า DPA ต่ำแสดงว่าผู้ใช้ไม่ได้รับความเร็วตามที่โฆษณาไว้

2) UPA คือค่าเฉลี่ยของความเร็วในการอัปโหลดที่เทียบกับความเร็วที่โฆษณาในแพ็คเกจ ซึ่งแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

$$UPA = \frac{\text{ความเร็วในการอัปโหลดเฉลี่ยที่ทดสอบได้}}{\text{ความเร็วในการอัปโหลดที่โฆษณาในแพ็คเกจ}} \times 100$$

การมีค่า UPA สูงหมายถึงผู้ใช้ได้รับบริการที่มีคุณภาพและตรงตามที่ผู้ให้บริการโฆษณาไว้ ในทางกลับกัน หากค่า UPA ต่ำแสดงว่าผู้ใช้ไม่ได้รับความเร็วตามที่โฆษณาไว้

สรุปทฤษฎีการวัดความเร็วอินเทอร์เน็ตประกอบด้วย Throughput (ความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลด), Ping (Latency), Jitter, และ Download Percentage Average (DPA) กับ Upload Percentage Average (UPA) โดย Throughput วัดความเร็วในการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย, Ping วัดความเร็วในการตอบสนองของเครือข่าย, Jitter วัดความผันผวนของเวลาในการส่งข้อมูล, และ DPA กับ UPA ใช้ในการเปรียบเทียบความเร็วที่ผู้ใช้ได้รับจริงกับความเร็วที่โฆษณาไว้ ค่าเหล่านี้ช่วยในการประเมินและปรับปรุงคุณภาพของบริการอินเทอร์เน็ตได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ ซึ่งโครงการนี้คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ Features ดังกล่าวข้างต้น

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วอินเทอร์เน็ต

2.3.1) จำนวนผู้ใช้งาน

จำนวนผู้ใช้งานที่ใช้อินเทอร์เน็ตพร้อมกันในเครือข่ายเดียวกันสามารถส่งผลกระทบต่อความเร็วในการเชื่อมต่อได้อย่างมาก เช่น ช่วงที่มีการใช้งานสูง ช่วงเย็น หรือวันหยุดสุดสัปดาห์ความเร็วอินเทอร์เน็ตจะลดลงเนื่องจากผู้ใช้งานทำให้เกิดการแย่งแบนด์วิดท์ ส่งผลให้ความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลดลดลง

2.3.2) ระยะทาง

ระยะทางระหว่างผู้ใช้งานกับเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ทดสอบมีผลต่อความเร็วอินเทอร์เน็ต เช่น ผู้ใช้งานอยู่ห่างไกลจากเซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการ การรับส่งข้อมูลต้องผ่านเส้นทางที่ยาวกว่า ซึ่งอาจมีการหน่วงเวลาและการสูญเสียข้อมูลมากขึ้น

2.3.3) คุณภาพของอุปกรณ์

คุณภาพและสภาพของอุปกรณ์เชื่อมต่อ เช่น โมเด็ม, เราเตอร์ และสายเคเบิลมีผลต่อความเร็วอินเทอร์เน็ต

2.3.4) สภาพแวดล้อม

สัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์อื่น ๆ และสิ่งกีดขวางทางธรรมชาติรอบข้างมีผลต่อความเร็วอินเทอร์เน็ต เช่น ผนัง, เฟอร์นิเจอร์, หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ เช่น ไมโครเวฟ หรือโทรศัพท์ไร้สาย สามารถรบกวนสัญญาณ Wi-Fi ได้

สรุป ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วของอินเทอร์เน็ตประกอบด้วยหลายปัจจัย ได้แก่ จำนวนผู้ใช้งานที่ใช้อินเทอร์เน็ตพร้อมกันในเครือข่ายเดียวกัน ซึ่งสามารถทำให้ความเร็วลดลง, ระยะทางระหว่างผู้ใช้งานกับเซิร์ฟเวอร์

ที่ส่งผลให้เกิดการหน่วงเวลาและการสูญเสียข้อมูล, คุณภาพของอุปกรณ์เชื่อมต่อ เช่น โมเด็มและเราเตอร์, และสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์อื่น ๆ

2.4 เทคนิคการนำเสนอข้อมูลโดยใช้แดชบอร์ด

แดชบอร์ดเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการจัดการกับข้อมูลรูปแบบหนึ่ง ที่ติดตาม วิเคราะห์ โดยรวมตัวชี้วัดความสำเร็จของงาน (KPIs หรือ Key performance indicators) หรือดัชนีชี้วัดอื่น ๆ และนำเสนอในรูปแบบที่สนใจ เข้าใจง่าย และนำเสนอข้อมูลแบบทันที (real time) เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ (DATATH, 2023)

2.4.1) รูปแบบของ Dashboard

Dashboard มีหลายรูปแบบ โดยแบ่งตามวัตถุประสงค์การใช้งาน แบ่งเป็น 3 รูปแบบหลักดังนี้

1) Strategic Dashboard สำหรับ C-level

Strategic Dashboard สำหรับ C-level เป็น Dashboard สำหรับวางแผนกลยุทธ์ ช่วยในการตัดสินใจของผู้จัดการทุกระดับ เน้นแสดงตัวชี้วัดที่สำคัญของบริษัท หรือ KPIs เข้าใจง่าย สามารถเห็นภาพรวมของธุรกิจ และมุมมองเชิงเปรียบเทียบของบริษัทและบริษัทอื่น ได้ ดังภาพที่ 2.1

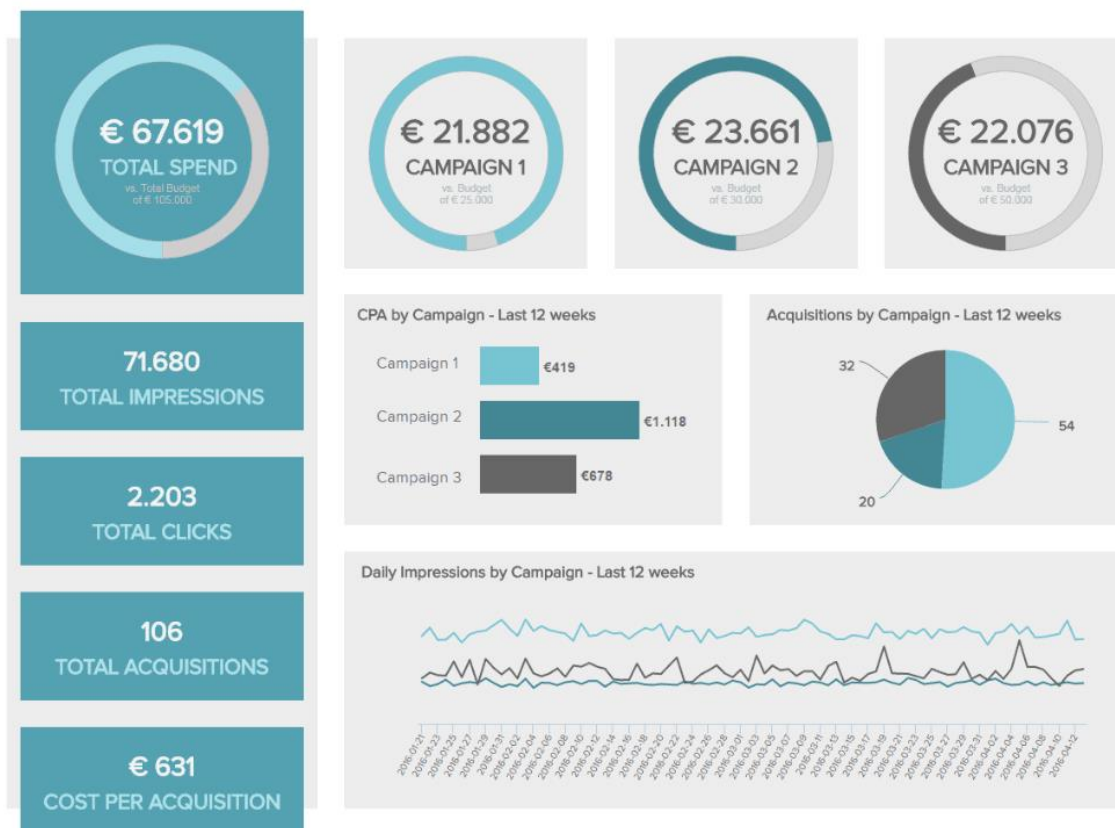
Revenue and Customer Overview - Q1 2016



ภาพที่ 2.1 Strategic Dashboard (DATATH, 2023)

2) Operational Dashboard สำหรับ Management & Team Lead level

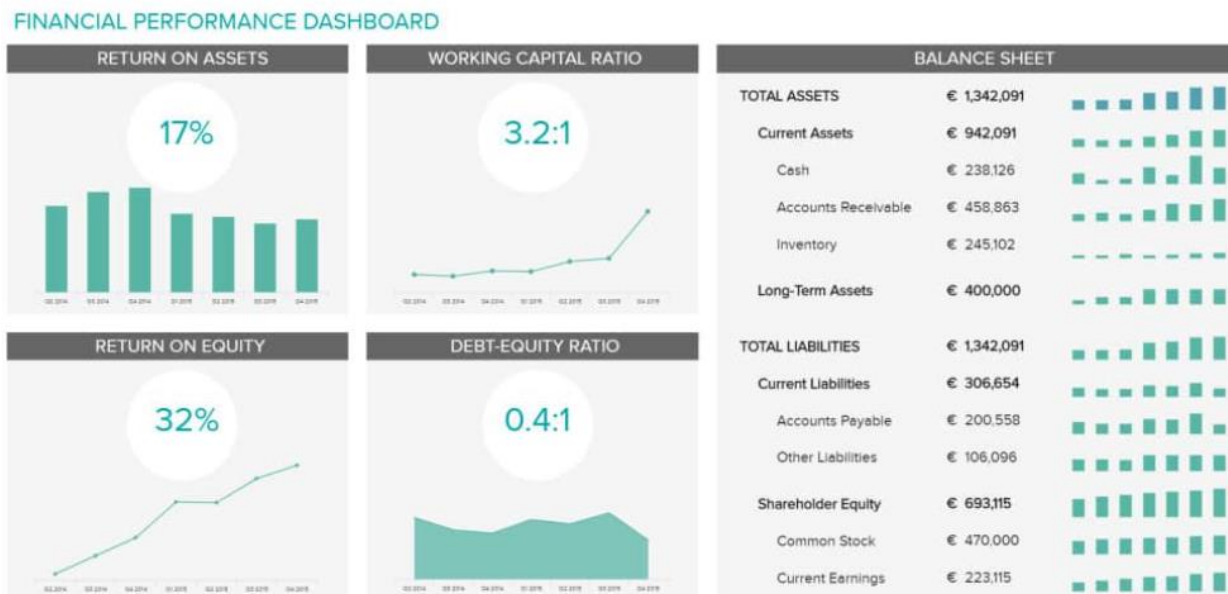
Operational Dashboard สำหรับ Management & Team Lead level เป็น Dashboard ที่ไว้ตรวจสอบและควบคุมความคืบหน้าของงาน แสดงภาพรวม ณ ปัจจุบันของสาขา แผนก หรือสายผลิตภัณฑ์ และแสดงผลเมื่อเกิดปัญหาได้แบบทันที (real-time) ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 Operational Dashboard (DATATH, 2023)

3) Analytical Dashboard สำหรับ Data Analyst (นักวิเคราะห์ข้อมูล)

Analytical Dashboard สำหรับ Data Analyst เป็น Dashboard สำหรับการวิเคราะห์ นำเสนอข้อมูลหลายแง่มุม มักไม่รวมตัวชี้วัด มีข้อมูลหลากหลาย เช่น ข้อมูลย้อนหลังที่สามารถเปรียบเทียบ และมองหา insight ได้ เน้นมุมมองที่ได้จากการวิเคราะห์ ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 Analytical Dashboard (DATATH, 2023)

2.3.2) Technology for Dashboard

เครื่องมือในการสร้าง Dashboard โดยหลักๆ มีดังนี้

1) Tableau

เป็นซอฟต์แวร์ที่ได้รับความนิยม ใช้ในบริษัท Corporate หรือบริษัทที่มีงบประมาณค่อนข้างสูง ประกอบไปด้วยเวอร์ชันที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย แต่มีข้อจำกัดในการใช้งาน และเวอร์ชันที่ใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ โดย Tableau logo มีสัญลักษณ์ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 Tableau logo (DATATH, 2023)

2) PowerBI (Power Business Intelligence)

เป็นซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลทางธุรกิจ เป็นหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้ที่ใช้ผลิตภัณฑ์ Microsoft อย่าง Azure, Office 365, และ Excel อยู่แล้ว เนื่องจากสามารถนำเข้าไฟล์ Excel, CSV ได้ โดย PowerBI logo มีสัญลักษณ์ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 PowerBI logo (DATATH, 2023)

3) Metabase

เป็นซอฟต์แวร์ในการสร้าง Dashboard และ Ad hoc Query โดยการลากวาง หรือใช้ SQL ซึ่งจะเห็นรายละเอียดข้อมูลได้ โดย Metabase มีสัญลักษณ์ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 Metabase logo (DATATH, 2023)

4) Redash

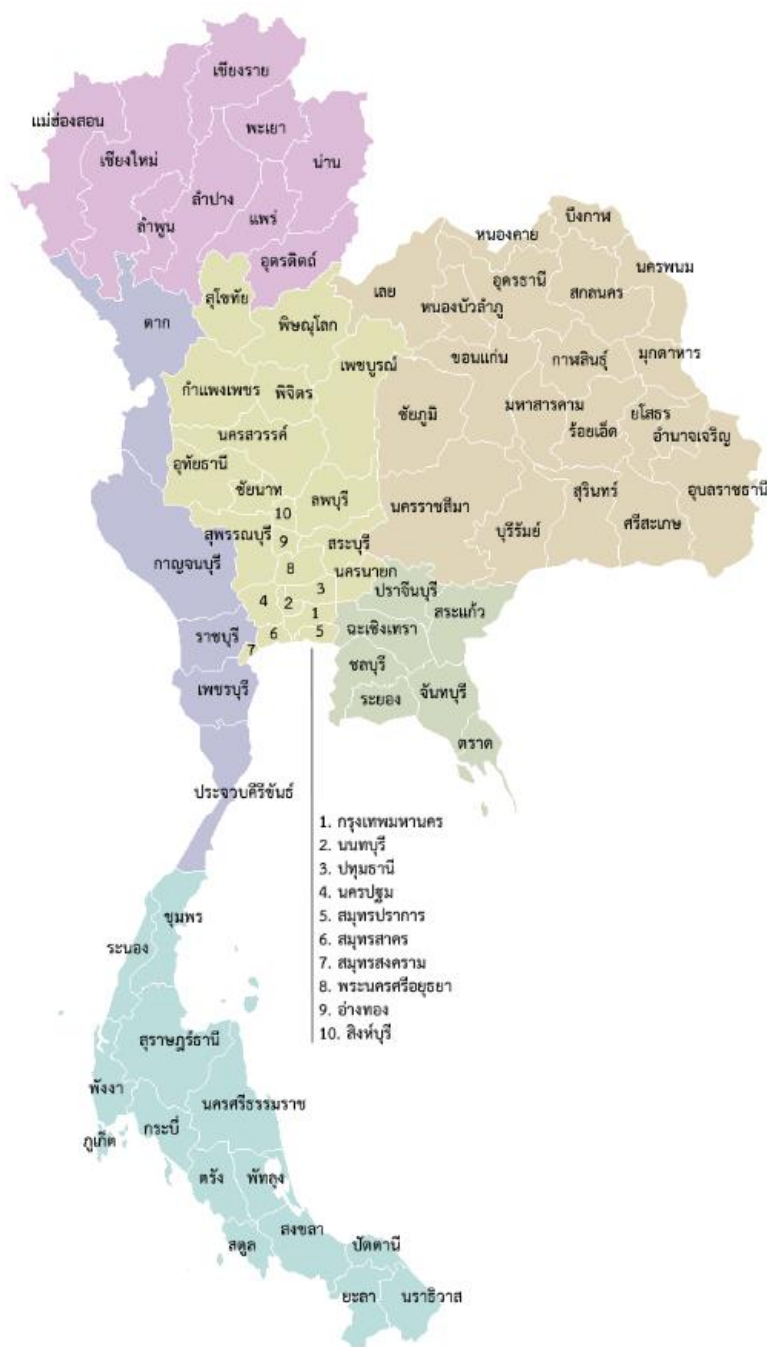
เป็นซอฟต์แวร์ในการสร้าง Dashboard ที่ทำให้เราเชื่อมต่อกับข้อมูลและดึงข้อมูลจากหลายแหล่งพร้อมกัน เช่น SQL, NoSQL หรือ API โดย Redash มีสัญลักษณ์ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 Metabase logo (DATATH, 2023)

2.5 การแบ่งภาคในประเทศไทย

การแบ่งภาค ส่วนใหญ่จะยึดตามหลักมาตรฐานของราชบัณฑิตยสถานที่มีการแบ่งภูมิภาคทางภูมิศาสตร์ของคณะกรรมการภูมิศาสตร์แห่งชาติ จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ได้เสนอกับคณะรัฐมนตรีเมื่อ พ.ศ. 2520 โดยมีการแบ่งตามลักษณะภูมิประเทศเป็นสำคัญรวมไปถึงภูมิอากาศ วัฒนธรรมด้านเชื้อชาติ ภาษา และการเป็นอยู่ในท้องถิ่นของผู้คนมาใช้ด้วย ดังนั้นจึงแบ่งเป็น 6 ภาค ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 การแบ่งภาคในประเทศไทย

เมื่อแบ่งภาคย่อยลงไปอีกเป็นจังหวัดตามแต่ละภาค ทั้งหมด 77 จังหวัด มีรายละเอียดดังนี้

- 1) ภาคเหนือ มีทั้งหมด 9 จังหวัดคือ เชียงราย, เชียงใหม่, น่าน, พะเยา, แม่ฮ่องสอน, ลำปาง, แพร่, ลำพูน, อุตรดิตถ์
- 2) ภาคกลาง มีจังหวัด กรุงเทพมหานคร เป็นหลัก และมีอีก 21 จังหวัดคือ พิษณุโลก, สุโขทัย, เพชรบูรณ์,

พิจิตร, กำแพงเพชร, นครสวรรค์, ลพบุรี, อุทัยธานี, ชัยนาท, สิงห์บุรี, อ่างทอง, สระบุรี, พระนครศรีอยุธยา, สุพรรณบุรี, นครนายก, ปทุมธานี, นนทบุรี, นครปฐม, สมุทรปราการ, สมุทรสาคร, สมุทรสงคราม โดยจังหวัดที่อยู่รอบกรุงเทพมหานคร จะเรียกว่าปริมณฑลประกอบด้วย นนทบุรี, สมุทรปราการ, นครปฐม (บางส่วน), ปทุมธานี (บางส่วน) และสมุทรสาคร (บางส่วน)

3) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อีสาน) มีทั้งหมด 20 จังหวัดคือ บึงกาฬ, หนองคาย, นครพนม, สกลนคร, อุดรธานี, หนองบัวลำภู, เลย, มุกดาหาร, กาฬสินธุ์, ขอนแก่น, อำนาจเจริญ, ยโสธร, ร้อยเอ็ด, มหาสารคาม, ชัยภูมิ, นครราชสีมา, บุรีรัมย์, สุรินทร์, ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี

4) ภาคตะวันออก มีทั้งหมด 7 จังหวัด คือ สระแก้ว, ปราจีนบุรี, ฉะเชิงเทรา, ชลบุรี, ระยอง, จันทบุรี และตราด

5) ภาคตะวันตก มีทั้งหมด 5 จังหวัด คือ ตาก, กาญจนบุรี, ราชบุรี, เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์

6) ภาคใต้ มีทั้งหมด 14 จังหวัด คือ ชุมพร, ระนอง, สุราษฎร์ธานี, นครศรีธรรมราช, กระบี่, พังงา, ภูเก็ต, พัทลุง, ตรัง, ปัตตานี, สงขลา, สตูล, นราธิวาส และยะลา

ในโครงการวิจัยนี้เลือกศึกษาในพื้นที่ภาคตะวันออก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีทั้งภูเขาและติดทะเล ถึงแม้จะมีแค่ 7 จังหวัดแต่ก็เต็มไปด้วยแหล่งท่องเที่ยวสำคัญที่นักท่องเที่ยวทั้งไทย และต่างประเทศอย่างมาท่องเที่ยว ไม่ว่าจะเป็น พัทยา บางแสน เกาะเสม็ด เกาะช้าง เกาะหมาก เกาะลันตา เกาะสีชัง เกาะกูด และที่อื่นๆ ที่มีนักท่องเที่ยวตลอดทั้งปี

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jing et al. (2019) ทำวิจัยเรื่องแดชบอร์ดภูมิสารสนเทศสำหรับการติดตามประสิทธิภาพของเมืองอัจฉริยะ โดยบทความนี้ได้ทำการทบทวนเชิงวิพากษ์เกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนาของแดชบอร์ดภูมิสารสนเทศ รวมถึงการบูรณาการแผนที่ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ และการแสดงภาพทางภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและการติดตามประสิทธิภาพของเมืองอัจฉริยะแบบเรียลไทม์ การวิจัยเกี่ยวกับระบบประเภทนี้มุ่งเน้นไปที่ตัวชี้วัด โมเดลข้อมูล (ทั้งโมเดลทางสถิติและโมเดลเชิงภูมิสารสนเทศ) และประเด็นที่เกี่ยวข้องอื่นๆ บทความนี้นำเสนอภาพรวมของประวัติศาสตร์ของแดชบอร์ดและเทคโนโลยีและการใช้งานหลักในเมืองอัจฉริยะ สรุปความก้าวหน้าของการวิจัยที่สำคัญและการพัฒนาที่เป็นตัวแทน โดยการวิเคราะห์ประเด็นทางเทคนิคที่สำคัญ จากการทบทวนนี้ มีการอภิปรายเกี่ยวกับโมเดลการแสดงผลและความถูกต้องของโมเดลสำหรับการสนับสนุนการตัดสินใจและการติดตามแบบเรียลไทม์ที่ยังต้องการการวิจัยเพิ่มเติม และแนะนำทิศทางการวิจัยในอนาคต

Paschalides et al. (2020) ทำวิจัยเรื่อง MANDOLA: แพลตฟอร์มการประมวลผลและแสดงผลข้อมูลขนาดใหญ่สำหรับการเฝ้าระวังและตรวจจับภัยคุกคามภัยพิบัติออนไลน์ ซึ่งเป็นระบบประมวลผลข้อมูล

ขนาดใหญ่ (Big Data) ที่ออกแบบมาเพื่อตรวจสอบ ตรวจสอบ แสดงผล และรายงานการแพร่กระจายของ ถ้อยคำ สร้างความเกลียดชังออนไลน์ ผ่านการทำงานร่วมกันของ 6 ส่วนหลัก เช่น การรวบรวมข้อมูล ประมวลผล จัดเก็บ แสดงผล และรายงานข้อมูล โดยใช้อัลกอริธึมแบบรวม (ensemble-based) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจสอบ ระบบนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการใช้งานจริงผ่านกรณีศึกษา ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจการแพร่กระจายของ ถ้อยคำสร้างความเกลียดชังได้อย่างชัดเจน พร้อมเป็นเครื่องมือสำคัญในการ เฝ้าระวังและจัดการ ปัญหานี้อย่างมีประสิทธิภาพ

Saengsai et al. (2024) ทำวิจัยเรื่องแดชบอร์ดเมืองไทรแองกูล์ม: แพลตฟอร์มการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงโต้ตอบสำหรับการแสดงผลประสิทธิภาพของเมืองอัจฉริยะ โดยงานวิจัยนี้เสนอชุดเครื่องมือการแสดงผลข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงโต้ตอบที่สนับสนุนโดยเครื่องมือการรวบรวมข้อมูลขนาดใหญ่ ระบบต้นแบบบนคลาวด์นี้สามารถแสดงผลและติดตามแนวโน้มของเมืองแบบเรียลไทม์ รวมทั้งประมวลผลและแสดงชุดข้อมูลขนาดใหญ่บนเว็บเบราว์เซอร์มาตรฐาน แพลตฟอร์มนี้ยังสามารถสนับสนุนการวิเคราะห์ออนไลน์โดยการตอบคำถามเชิงวิเคราะห์และผลิตรายการจากแหล่งข้อมูลหลายแหล่ง เป้าหมายหลักของแพลตฟอร์มคือการปรับปรุงการสื่อสารระหว่างผู้ใช้และผู้ให้บริการของเมือง และให้ประชาชนมีภาพรวมของสภาพเมือง นอกจากนี้ยังได้สำรวจโครงสร้างเชิงแนวคิดและสถาปัตยกรรมของแพลตฟอร์ม เน้นถึงความท้าทายในการออกแบบและให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ และแนะนำผลลัพธ์และการวิเคราะห์ทางสถิติที่สำคัญของบริการเมืองที่ระบบนำเสนอ สุดท้ายได้กล่าวถึงความท้าทายและโอกาสที่ระบุผ่านการพัฒนาแพลตฟอร์มข้อมูลของเมือง

Sedrakyen et al. (2019) ได้อธิบายว่าแดชบอร์ดการเรียนรู้มีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงการตัดสินใจ โดยการแสดงภาพกระบวนการเรียนรู้และช่วยติดตามความก้าวหน้าและปัญหาที่อาจเกิดขึ้น แม้ว่าแดชบอร์ดเหล่านี้จะได้รับความนิยม แต่ยังขาดความรู้เชิงทฤษฎีเกี่ยวกับหลักการออกแบบอย่างชัดเจน งานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ระบุช่องว่างระหว่างการออกแบบแดชบอร์ดกับแนวคิดด้านวิทยาศาสตร์การเรียนรู้ และได้เสนอโมเดลเชิงแนวคิดที่เชื่อมโยงหลักการออกแบบแดชบอร์ดกับกระบวนการเรียนรู้และการให้ข้อเสนอแนะ บทความนี้ขยายจากงานวิจัยก่อนหน้านี้โดยการสร้างแผนที่ระหว่างหลักการออกแบบแดชบอร์ดและแนวคิดการแสดงผลข้อมูล/สารสนเทศ โดยอ้างอิงจากการวิเคราะห์เชิงแนวคิดและหลักฐานเชิงประจักษ์จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ มีการเสนอข้อแนะนำเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกการแสดงผลข้อมูลในแดชบอร์ดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับประเภทของข้อเสนอแนะที่ตั้งใจให้เกิดขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรม สรุปได้ว่า แดชบอร์ดภูมิสารสนเทศและแดชบอร์ดการเรียนรู้มีบทบาทสำคัญในการติดตามประสิทธิภาพและสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับเมืองอัจฉริยะ ยกตัวอย่างเช่น Jing et al. (2019) ได้ทบทวนการวิจัยและพัฒนาของแดชบอร์ดภูมิสารสนเทศเพื่อการบูรณาการแผนที่ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่

และการแสดงภาพทางภูมิศาสตร์ ขณะที่ Saengsai et al. (2024) เสนอระบบแดชบอร์ดเมืองไทรแองกูล์มที่สนับสนุนการแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์บนคลาวด์ ส่วน Sedrakyan et al. (2019) ได้เสนอแผนที่เชื่อมโยงหลักการออกแบบแดชบอร์ดกับแนวคิดการแสดงผลข้อมูลและการให้ข้อเสนอแนะ ทั้งหมดนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาแดชบอร์ดที่มีประสิทธิภาพสำหรับการปรับปรุงการตัดสินใจและการมีส่วนร่วมของประชาชนในเมืองอัจฉริยะ

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

โครงการวิจัย “เทคนิคการนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการวัดความเร็วอินเทอร์เน็ตบอร์ดแบนด์” มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลความเร็วอินเทอร์เน็ตบอร์ดแบนด์ที่เหมาะสม 2) เพื่อแนะนำการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตในแต่ละเครือข่าย โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

3.1.1) การรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้มาจากการทดสอบคุณภาพสัญญาณอินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์ทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ต ครอบคลุม 7 จังหวัดในภาคตะวันออก ได้แก่ ชลบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี จันทบุรี ตราด และสระแก้ว และดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 สิงหาคม 2566

3.1.2) การส่งข้อมูล (Data Transmission)

ผลการทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ตจากอาสาสมัครถูกส่งไปยังฐานข้อมูล PostgreSQL บนเซิร์ฟเวอร์ docker ทุก 1-2 นาทีเพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลได้รับการอัปเดตอย่างต่อเนื่อง

3.1.3) การแบ่งกลุ่มอาสาสมัคร (Volunteer Clustering)

อาสาสมัครถูกแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม โดยใช้วิธีการแบ่งกลุ่มแบบ hybrid partition clustering ซึ่งประกอบด้วยสามเทคนิค: partitional clustering, proportional allocation, และ center-of-gravity

3.1.4) การกรองและทำความสะอาดข้อมูล (Data Filtering and Cleaning)

ข้อมูลดิบที่ได้อาจมีค่าผิดปกติ ดังนั้นจึงต้องมีการกรองและทำความสะอาดข้อมูลเบื้องต้น รวมถึงการทำความสะอาดข้อมูลนี้ประกอบด้วยการลบค่าผิดปกติออก เพื่อให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มีความถูกต้องและเชื่อถือได้

3.1.5) การจัดเก็บข้อมูล (Data Storage)

ข้อมูลที่ได้รับการทำความสะอาดแล้วจะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูล PostgreSQL ซึ่งรองรับการค้นหาข้อมูลประเภท NoSQL และ text search types เพื่อความสะดวกในการค้นหาข้อมูล

3.1.6) การประมวลผลข้อมูล (Data Processing)

- ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ตจะถูกประมวลผลเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์และแสดงผลบนแดชบอร์ดได้
- ข้อมูลความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลดจะถูกคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยรายวัน หรือค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และเปรียบเทียบกับความเร็วที่ผู้ใช้งานสมัครไว้ ผลลัพธ์จะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วเฉลี่ยเมื่อเทียบกับความเร็วที่ผู้ใช้งานสมัครไว้

3.1.7) การเตรียมข้อมูลสำหรับการแสดงผล (Data Preparation for Visualization)

- ข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลแล้วจะถูกแปลงสภาพและจัดเตรียมเพื่อให้สามารถแสดงผลบนแดชบอร์ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- แดชบอร์ดถูกออกแบบให้สามารถแสดงผลข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนที่เชิงโต้ตอบ (Interactive Map) และแผนที่ความร้อน (Heat Map) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจข้อมูลได้อย่างง่ายดาย

3.1.8) การเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล (Database Connectivity)

ระบบแดชบอร์ดถูกออกแบบให้เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล PostgreSQL เพื่อดึงข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลแล้วมาแสดงผลในรูปแบบที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจและนำไปใช้ประโยชน์ได้

3.2 การออกแบบการรวบรวมข้อมูล (Collection Data Design)

3.2.1) การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design)

- ฐานข้อมูลถูกออกแบบมาเพื่อจัดเก็บข้อมูลการทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ตจากอุปกรณ์ทดสอบ และข้อมูลจากอาสาสมัคร

- ฐานข้อมูลประกอบด้วยสองส่วนหลักคือ ข้อมูลอุปกรณ์ทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ต และข้อมูลอาสาสมัคร

3.2.2) การออกแบบการรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ต

ข้อมูล que เก็บรวบรวมจากอุปกรณ์ทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ตประกอบด้วย

- Device ID: หมายเลขประจำอุปกรณ์
- Timestamp: เวลาที่ทำการทดสอบ
- Operator Name: ชื่อผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต
- Server Name: ชื่อเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ในการทดสอบ
- Location: ตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ (เขต จังหวัด)
- Longitude/Latitude: พิกัดตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์
- Download/Upload Speed Package: ความเร็วในการดาวน์โหลด/อัปโหลดที่สมัครใช้บริการ
- Download/Upload Actual Speed: ความเร็วในการดาวน์โหลด/อัปโหลดจริง
- Ping: ค่าความหน่วงเวลาในการส่งข้อมูล
- Jitter: ความไม่เสถียรของสัญญาณ

3.2.3) การออกแบบการรวบรวมข้อมูลจากอาสาสมัคร

ข้อมูล que เก็บรวบรวมจากอาสาสมัครประกอบด้วย

- Name: ชื่ออาสาสมัคร
- Telephone Number: หมายเลขโทรศัพท์
- Address: ที่อยู่
- Longitude/Latitude: พิกัดตำแหน่งที่ตั้งของบ้านหรือสถานที่ที่ทำการทดสอบ
- Connection Type: ประเภทการเชื่อมต่อ (WIFI/Cable)
- Provider Name: ชื่อผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต
- Download/Upload Speed Package: ความเร็วในการดาวน์โหลด/อัปโหลดที่สมัครใช้บริการ
- Timestamp: เวลาที่ทำการทดสอบ

- Download/Upload Actual Speed: ความเร็วในการดาวน์โหลด/อัปโหลดจริง
- Ping: ค่าความหน่วงเวลาในการส่งข้อมูล
- Jitter: ความไม่เสถียรของสัญญาณ

3.2.4) การออกแบบการแสดงผลบนแดชบอร์ด (Dashboard Design)

- แดชบอร์ดถูกออกแบบมาเพื่อแสดงข้อมูลการทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ตในรูปแบบที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้ง่ายและนำไปใช้ประโยชน์ได้
- แดชบอร์ดมีฟังก์ชันการกรองข้อมูลตามความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น การเลือกจังหวัด อำเภอ ช่วงวันที่ ผู้ให้บริการ และประเภทการเชื่อมต่อ
- แดชบอร์ดมีการแสดงผลในรูปแบบกราฟและแผนที่เชิงโต้ตอบ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเปรียบเทียบข้อมูลและวิเคราะห์ได้อย่างง่ายดาย

3.2.5) การเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล (Data Storage)

- ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูล PostgreSQL ซึ่งรองรับการค้นหาข้อมูลที่มีโครงสร้างและไม่มีโครงสร้าง (NoSQL) และการค้นหาข้อความ (text search)
- การจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลนี้ทำให้สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์และแสดงผลบนแดชบอร์ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3 การออกแบบแดชบอร์ด (Dashboard Design)

3.3.1) การกำหนดวัตถุประสงค์ของแดชบอร์ด (Dashboard Objectives)

- กำหนดวัตถุประสงค์หลักของแดชบอร์ดเพื่อแสดงผลการทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ตจากอุปกรณ์และอาสาสมัคร เพื่อให้ผู้ใช้สามารถดูและวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว
- แดชบอร์ดต้องสามารถแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ รวมถึงข้อมูลย้อนหลัง และสามารถกรองข้อมูลตามความต้องการของผู้ใช้

3.3.2) การออกแบบโครงสร้างแดชบอร์ด (Dashboard Structure)

แดชบอร์ดถูกแบ่งออกเป็นสามมุมมองหลัก: มุมมองผู้ดูแลระบบ (Admin View), มุมมองผู้ให้บริการ (Provider View), และมุมมองผู้ใช้ (User View)

1) การออกแบบมุมมองผู้ดูแลระบบ (Admin View)

- มุมมองอุปกรณ์ (Device View): แสดงข้อมูลของอุปกรณ์ทดสอบ เช่น จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้, สัดส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้งานจากผู้ให้บริการต่าง ๆ, ความเร็วเฉลี่ยในการดาวน์โหลด/อัปโหลดตามแพ็คเกจที่โฆษณา
- มุมมองผู้ใช้ (User View): แสดงข้อมูลของผู้ใช้ เช่น จำนวนผู้ใช้, ความเร็วเฉลี่ยในการดาวน์โหลด/อัปโหลดตามพื้นที่และช่วงเวลา, การเปรียบเทียบความเร็วในพื้นที่ต่าง ๆ
- กราฟแสดงข้อมูล: แสดงกราฟต่าง ๆ เช่น ความเร็วเฉลี่ย, ความเร็วสูงสุด, ความเร็วต่ำสุดของการดาวน์โหลดและอัปโหลด, ping, และ jitter ในแต่ละพื้นที่และช่วงเวลา
- แผนที่เชิงโต้ตอบ (Interactive Map): แสดงผลการทดสอบล่าสุดตามพิกัดละติจูดและลองจิจูดของอุปกรณ์และผู้ใช้

2) การออกแบบมุมมองผู้ให้บริการ (Provider View)

- มุมมองนี้เข้าถึงได้เฉพาะผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต แสดงข้อมูลการทดสอบความเร็วของผู้ใช้ในรูปแบบของกราฟและแผนที่
- ข้อมูลเฉลี่ยการดาวน์โหลด/อัปโหลด, ping, และ jitter: แสดงข้อมูลแยกตามสถานที่และช่วงเวลา
- แผนที่ผู้ใช้ (User Map): แสดงรายละเอียดของผู้ใช้ตามพิกัดละติจูดและลองจิจูด เพื่อให้ผู้ให้บริการสามารถตรวจสอบและวางแผนปรับปรุงคุณภาพบริการในพื้นที่ต่าง ๆ ได้

3) การออกแบบมุมมองผู้ใช้ (User View)

- ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลการทดสอบอินเทอร์เน็ตและประวัติส่วนตัวของตนเองโดยการเข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านที่ลงทะเบียน
- ค้นหาผลการทดสอบล่าสุดหรือประวัติ: แสดงผลในรูปแบบแผนที่และตาราง โดยสามารถกรองข้อมูลตามช่วงเวลาและประเภทการเชื่อมต่อ

- การแสดงผลการทดสอบ: แสดงข้อมูลการดาวน์โหลดและอัปโหลด, ping, และ jitter ในช่วงเวลาต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถติดตามและเข้าใจประสิทธิภาพของอินเทอร์เน็ตได้ง่ายขึ้น

3.3.3) การออกแบบฟังก์ชันการกรองข้อมูล (Data Filtering)

- แดชบอร์ดต้องมีฟังก์ชันการกรองข้อมูลที่ยืดหยุ่น เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกดูข้อมูลตามความต้องการ
- ตัวกรองข้อมูล: เช่น จังหวัด อำเภอ ช่วงวันที่ ผู้ให้บริการ ประเภทการเชื่อมต่อ และแพ็คเกจความเร็วที่โฆษณา
- ฟังก์ชันการกรองเพิ่มเติม: เช่น การแสดงข้อมูลเฉลี่ยในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน (เช้า, บ่าย, เย็น), การเปรียบเทียบความเร็วในพื้นที่ต่าง ๆ และผู้ให้บริการต่าง ๆ

3.3.4) การออกแบบแผนที่เชิงโต้ตอบ (Interactive Map)

- แผนที่เชิงโต้ตอบเป็นเครื่องมือสำคัญในการแสดงผลข้อมูลการทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ต
- ฟังก์ชันการซูมเข้า-ออก: ผู้ใช้สามารถซูมเข้า-ออกในแผนที่เพื่อดูข้อมูลที่ละเอียดขึ้น
- การแสดงข้อมูลเพิ่มเติม: เมื่อผู้ใช้คลิกที่จุดบนแผนที่จะมีหน้าต่างป๊อปอัพแสดงข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ชื่อผู้ใช้ แพ็คเกจที่สมัครใช้บริการ และค่าความเร็วที่ทดสอบได้

3.3.5) การออกแบบแผนที่ความร้อน (Heat Map)

- แผนที่ความร้อนใช้สีเพื่อแสดงความแตกต่างของความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลดในพื้นที่ต่าง ๆ
- ฟังก์ชันการกรองข้อมูล: ผู้ใช้สามารถเลือกดูข้อมูลเฉพาะช่วงเวลาที่ต้องการ เพื่อให้เห็นภาพรวมของประสิทธิภาพอินเทอร์เน็ตในช่วงเวลานั้น ๆ

3.3.6) การออกแบบแผนภูมิและกราฟ (Charts and Graphs)

- แดชบอร์ดต้องมีการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบแผนภูมิและกราฟ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่าย

- แผนภูมิแท่ง (Bar Charts): แสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วในการดาวน์โหลด/อัปโหลด ping และ jitter ในแต่ละช่วงเวลาของวัน
- แผนภูมิความถี่ (Frequency Charts): แสดงการกระจายตัวของความเร็วอินเทอร์เน็ตในพื้นที่ต่าง ๆ

3.4 ฟังก์ชันการทำงานของแดชบอร์ด (Dashboard Functionality)

3.4.1) การทำความสะอาด

ข้อมูลที่แสดงในแดชบอร์ดได้รับการทำความสะอาด โดยแบ่งแพ็คเกจความเร็วที่โฆษณาออกเป็น 4 กลุ่มตามความเร็วในการดาวน์โหลด/อัปโหลด: ต่ำกว่า 250 Mbps, 250 - 500 Mbps, 501 - 750 Mbps, และมากกว่า 750 Mbps

3.4.2) การเลือกดูข้อมูล

ผู้ใช้สามารถเลือกดูข้อมูลตามเดือน โดยแสดงผลสรุปในแต่ละเดือน

3.4.3) การเปรียบเทียบความเร็วความเร็วในการดาวน์โหลด/อัปโหลด

เปรียบเทียบความเร็วในการดาวน์โหลด/อัปโหลดตามผู้ให้บริการและจังหวัด โดยสามารถแสดงค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลด/อัปโหลดตามช่วงเวลาในแต่ละวัน

3.5 จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

การวิจัยนี้ได้ดำเนินการตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยได้ดำเนินการขอการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา รหัสโครงการ HS066/2565(E2)

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลการทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ตจากอุปกรณ์ทดสอบที่ติดตั้งในอุปกรณ์ของอาสาสมัครจำนวน 200 คน ในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย ครอบคลุม 7 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี จันทบุรี ตราด และสระแก้ว ครอบคลุมทั้งหมด 30 อำเภอ ข้อมูลที่รวบรวมได้มีจำนวนทั้งสิ้น 17,125 ชุด โดยจังหวัดชลบุรีมีส่วนมากที่สุดที่ 53.08% รองลงมาคือระยองที่ 19.97% และฉะเชิงเทราที่ 7.05% และดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 สิงหาคม 2566

4.1 กรณีศึกษาภาคตะวันออกของประเทศไทย

4.1.1) ภาพรวมของ Dashboard ทั้งหมด

ภาพรวมของ Dashboard ทั้งหมด มีการนำเสนอในรูปของ Dashboard, Map, Users, Devices และ Analytics

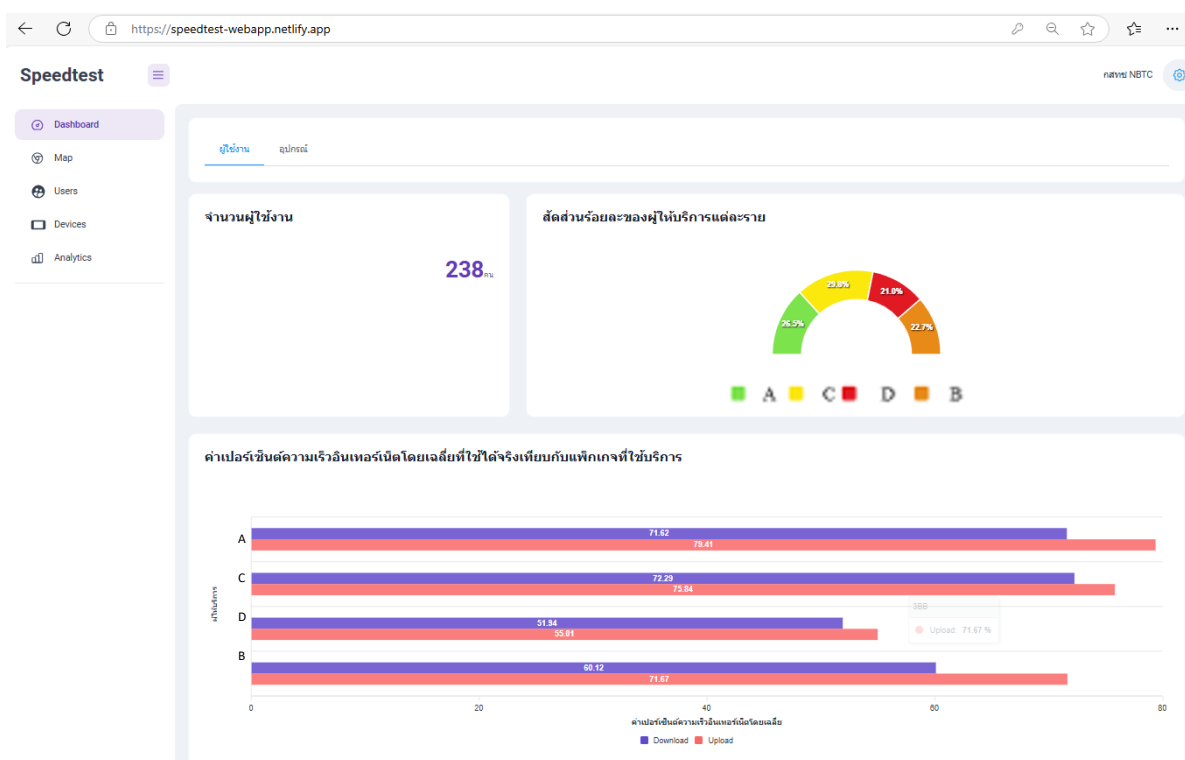
1) Dashboard

จากภาพที่ 4.1 อธิบายถึงสัดส่วนร้อยละของผู้ให้บริการแต่ละเครือข่าย โดยเครือข่าย C มีสัดส่วนผู้ให้บริการมากที่สุด 26.5% รองลงมาคือเครือข่าย A มีสัดส่วนผู้ให้บริการ 26.5% และเครือข่าย B มีผู้ให้บริการ 22.7% ตามลำดับ

การวิจัยนี้มุ่งเน้นที่ผู้ให้บริการเครือข่าย 4 ราย ค่าเปอร์เซ็นต์ของความเร็วอินเทอร์เน็ตเฉลี่ยในการดาวน์โหลดและอัปโหลดของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ได้แก่เครือข่าย A, B, C, และ D โดยเปรียบเทียบความเร็วที่ใช้ได้จริงกับแพ็คเกจที่ผู้ให้บริการเลือกใช้งาน ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าเครือข่าย C มีความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลดสูงที่สุดในกลุ่ม โดยมีค่าเฉลี่ยในการดาวน์โหลด 72.29 Mbps และอัปโหลด 75.84 Mbps รองลงมาคือเครือข่าย A ส่วนเครือข่าย D มีความเร็วต่ำสุด ทั้งนี้เครือข่าย B มีค่าเฉลี่ยการดาวน์โหลดอยู่ในระดับกลาง ทำให้ทราบว่าผู้ให้บริการรายใดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเร็วอินเทอร์เน็ตโดยเฉลี่ยที่ใช้จริงเทียบกับแพ็คเกจที่ให้บริการแตกต่างกันเล็กน้อยเพียงใด

เปอร์เซ็นต์ความเร็วอินเทอร์เน็ตเฉลี่ยในแต่ละจังหวัดถูกจัดประเภทตามเครือข่าย แดชบอร์ดสามารถกรองคุณสมบัติได้ 4 อย่าง ได้แก่ การดาวน์โหลด การอัปโหลด Ping และ Jitter พบว่าเครือข่าย D ในจังหวัดฉะเชิงเทรา สระแก้ว และจันทบุรี มีเปอร์เซ็นต์ความเร็วอินเทอร์เน็ตเฉลี่ยต่ำกว่า 30% แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ค่อนข้างต่ำ

กราฟแท่งแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความเร็วอินเทอร์เน็ตเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาภายในวัน โดยจำแนกตามเครือข่าย แสดงดังภาพที่ 4.1 แดชบอร์ดนี้มีฟีเจอร์กรองสีแบบ ได้แก่ การดาวน์โหลด การอัปโหลด Ping และ Jitter สีของกราฟแท่งแต่ละอันแทนผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (ISP) แกน x แสดงช่วงเวลาภายในวัน และแกน y แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความเร็วอินเทอร์เน็ตเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุด แบ่งตามผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต



ภาพที่ 4.1 Dashboard



ภาพที่ 4.1 Dashboard (ต่อ)

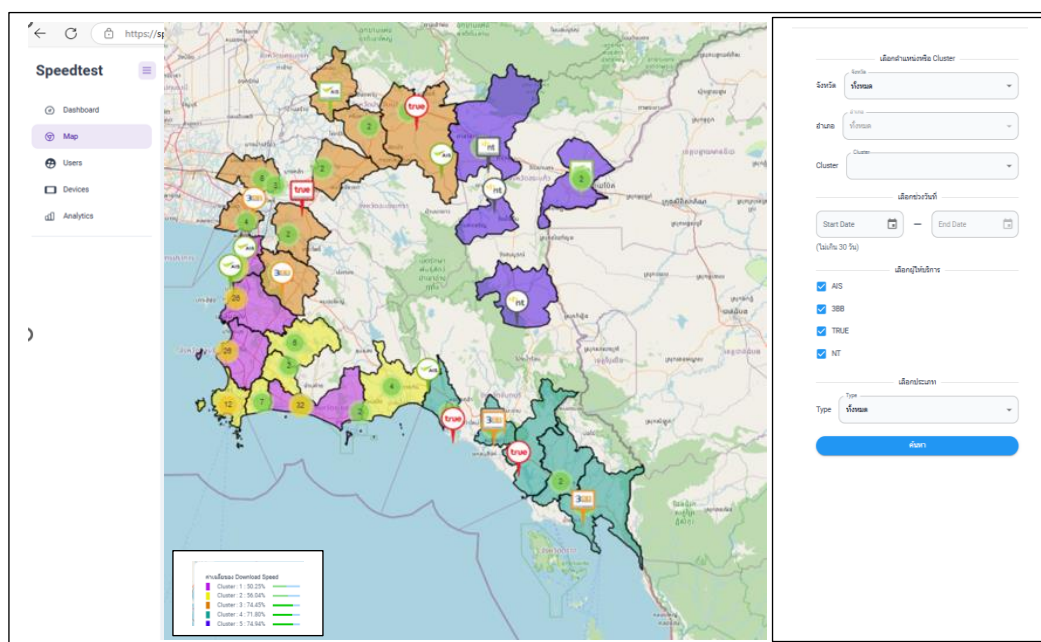
2) Map หรือแผนที่โต้ตอบ (Interactive Map)

จากภาพที่ 4.2 มีการใช้แผนที่แบบโต้ตอบที่ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ ผู้ใช้สามารถซูมเข้า ซูมออก คลิก และดับเบิลคลิกบนแผนที่ได้ ผู้ใช้สามารถเลือกพื้นที่ที่สนใจได้ตามต้องการ ข้อมูลของผู้ใช้แต่ละรายจะแสดงในกล่องข้อความป๊อปอัพที่ใช้แสดงข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับหัวข้อที่ระบุ เช่น ชื่อ แพ็กเกจ และค่าความเร็ว ตัวอย่างเช่น เมื่อผู้ใช้คลิกเมาส์เพื่อซูมเข้า แดชบอร์ดจะแสดงวงกลมและจำนวนผู้ใช้ที่อยู่ในพื้นที่นั้น วงกลมจะแยกออกและจำนวนจะลดลงเมื่อผู้ใช้ซูมเข้าไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งวงกลมแสดงเป็นสัญลักษณ์หรือโลโก้ของบริษัทที่แสดงตำแหน่งข้อมูลการทดสอบความเร็วจริง ข้อมูลในกล่องป๊อปอัพแสดงข้อมูลเรียลไทม์ เช่น สถานที่ พิกัด ที่อยู่ IP การอัปโหลด การดาวน์โหลด Ping Jitter และข้อมูลการทดสอบล่าสุด

นอกเหนือจากการแสดงผลทางภูมิศาสตร์ที่มีอยู่ในแดชบอร์ดแล้ว แดชบอร์ดยังมีฟังก์ชันที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถปรับการนำเสนอข้อมูลได้โดยใช้ตัวกรองต่าง ๆ ตัวกรองเหล่านี้ครอบคลุมพารามิเตอร์ เช่น จังหวัด อำเภอ ช่วงวันที่ ผู้ให้บริการ และการจัดประเภทตามประเภท (เช่น ผู้ใช้หรืออุปกรณ์) นอกจากนี้ แดชบอร์ดยังใช้

รูปแบบการจัดหมวดหมู่ตามความเร็วเฉลี่ย โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นห้ากลุ่มที่แตกต่างกัน การจัดหมวดหมู่นี้ถูกแสดงเพื่อความชัดเจนและเป็นข้อมูลอ้างอิง

แผนที่นี้แสดงการแบ่งโซนพื้นที่ตามระดับความเร็วอินเทอร์เน็ตช่วยให้ผู้ให้บริการสามารถระบุตำแหน่งที่มีคุณภาพต่ำและวิเคราะห์การกระจายความเร็วในพื้นที่ต่าง ๆ ทำให้สามารถวางแผนการจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ติดตามผลกระทบจากการปรับปรุงเครือข่าย และเข้าใจความต้องการของผู้ใช้ในแต่ละพื้นที่ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการและตอบสนองต่อปัญหาของลูกค้าได้อย่างตรงจุด



ภาพที่ 4.2 Map หรือแผนที่โต้ตอบ (Interactive Map) โดยมีลักษณะกล่องโต้ตอบทางด้านขวาแสดงตัวเลือกการกรองสำหรับการค้นหาตามสถานที่และตัวแปรต่าง ๆ เช่น จังหวัด อำเภอ ช่วงวันที่ และประเภท นอกจากนี้ยังสามารถจัดกลุ่มตามความเร็วเฉลี่ยของแดชบอร์ดเป็น 5 กลุ่ม

3) Users

ส่วนนี้จะเก็บข้อมูลส่วนบุคคลของอาสาสมัครทั้งหมด

4) Devices

ส่วนนี้จะมีการเก็บชื่ออุปกรณ์ รหัสอุปกรณ์ เครือข่ายการใช้งาน จังหวัด เป็นต้น

5) Analytics

ส่วนนี้จะมีการวิเคราะห์ข้อมูล ให้ภาพรวมของตัวชี้วัดคุณภาพอินเทอร์เน็ต โดยเน้นการเปรียบเทียบความเร็วในการดาวน์โหลด/อัปโหลด จำนวนชุดข้อมูลคุณภาพอินเทอร์เน็ตที่วัดได้ และการกระจายทางภูมิศาสตร์ตาม

จังหวัดและกลุ่มผู้ทดสอบ แผนภูมิความร้อนค่าเฉลี่ยอัตราการดาวน์โหลด ฯลฯ การจัดเรียงนี้ออกแบบมาเพื่อให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับประสิทธิภาพของอินเทอร์เน็ตในกลุ่มผู้ใช้และอุปกรณ์ต่าง ๆ ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกดูข้อมูลที่น่าสนใจเป็นรายด้านและเปรียบเทียบคุณภาพอินเทอร์เน็ตในกลุ่มผู้ใช้งานที่แตกต่างกันได้ ดังภาพที่ 4.3 ทั้งนี้ ในหน้าหลักของ Analytics แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) เปรียบเทียบคุณภาพตามผู้ใช้งาน 2) เปรียบเทียบคุณภาพตามอุปกรณ์

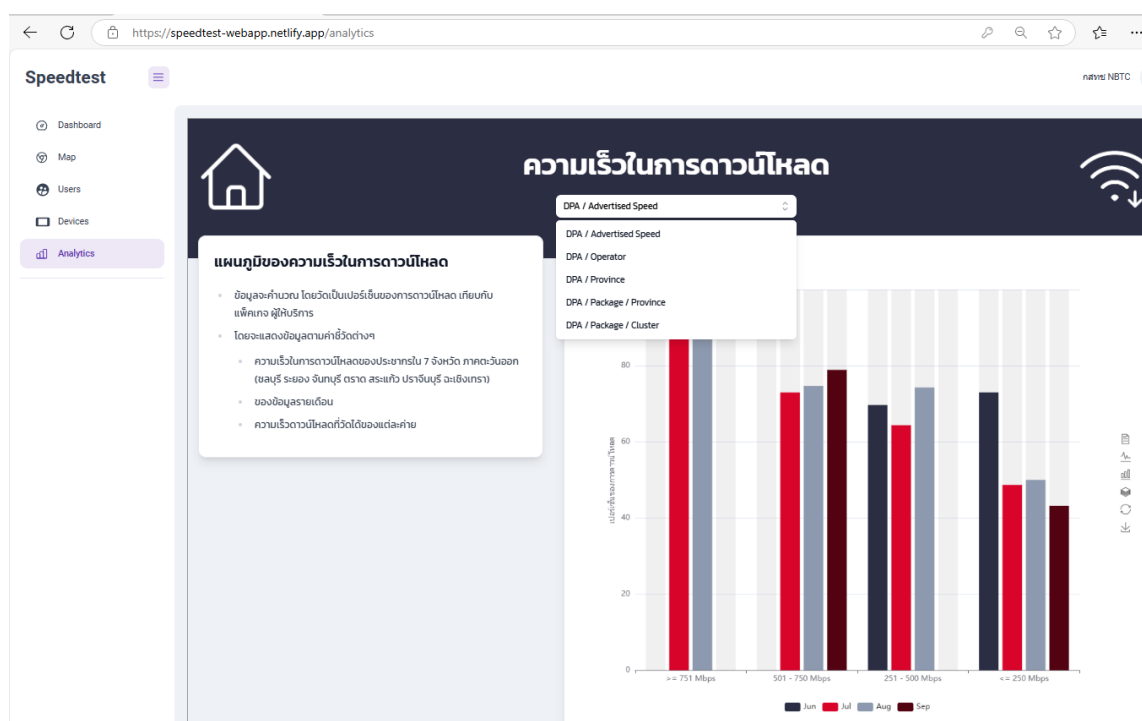


ภาพที่ 4.3 Analytics

- เปรียบเทียบคุณภาพตามผู้ใช้งาน

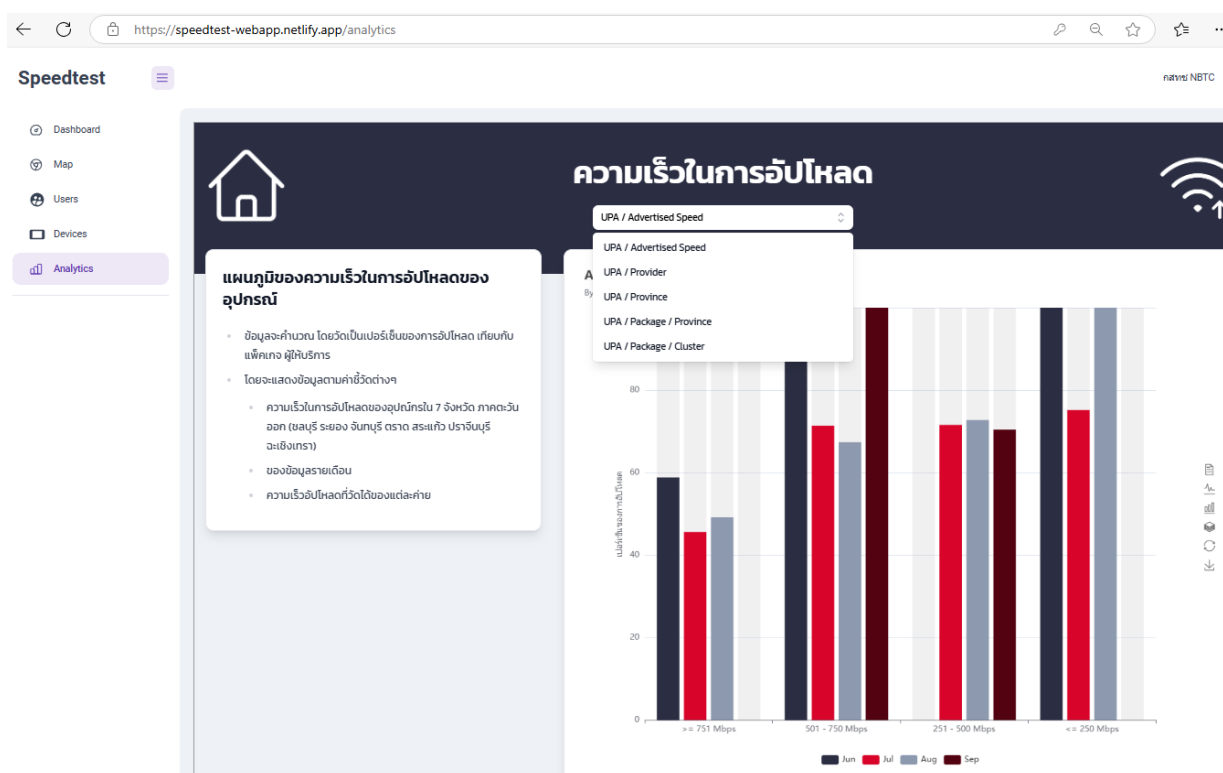
ภาพที่ 4.4-4.12 เป็นการอธิบายคุณภาพอินเทอร์เน็ตทั้งในแง่ของความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลด การกระจายตัวของผู้ใช้งานและพื้นที่ที่ต้องการการปรับปรุง โดยให้ข้อมูลที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์และพัฒนาบริการอินเทอร์เน็ต

ภาพที่ 4.4 กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบความเร็วในการดาวน์โหลดระหว่างกลุ่มผู้ใช้ต่าง ๆ โดยมีเมนูแบบเลื่อน (Dropdown) เพื่อกรองข้อมูลตามหมวดหมู่เฉพาะ เช่น DPA / Advertised Speed - ความเร็วที่โฆษณาไว้ (DPA), DPA / Operator - ผู้ให้บริการ (DPA), DPA / Province - จังหวัด (DPA), DPA / Package / Province - แพคเกจ / จังหวัด (DPA), DPA / Package / Cluster - แพคเกจ / กลุ่ม (DPA) เป็นต้น เป็นการเปรียบเทียบนี้ทำให้เห็นความแตกต่างในความเร็วของอินเทอร์เน็ตตามกลุ่มผู้ใช้ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ต่าง ๆ หรือใช้อุปกรณ์ต่างชนิดกัน



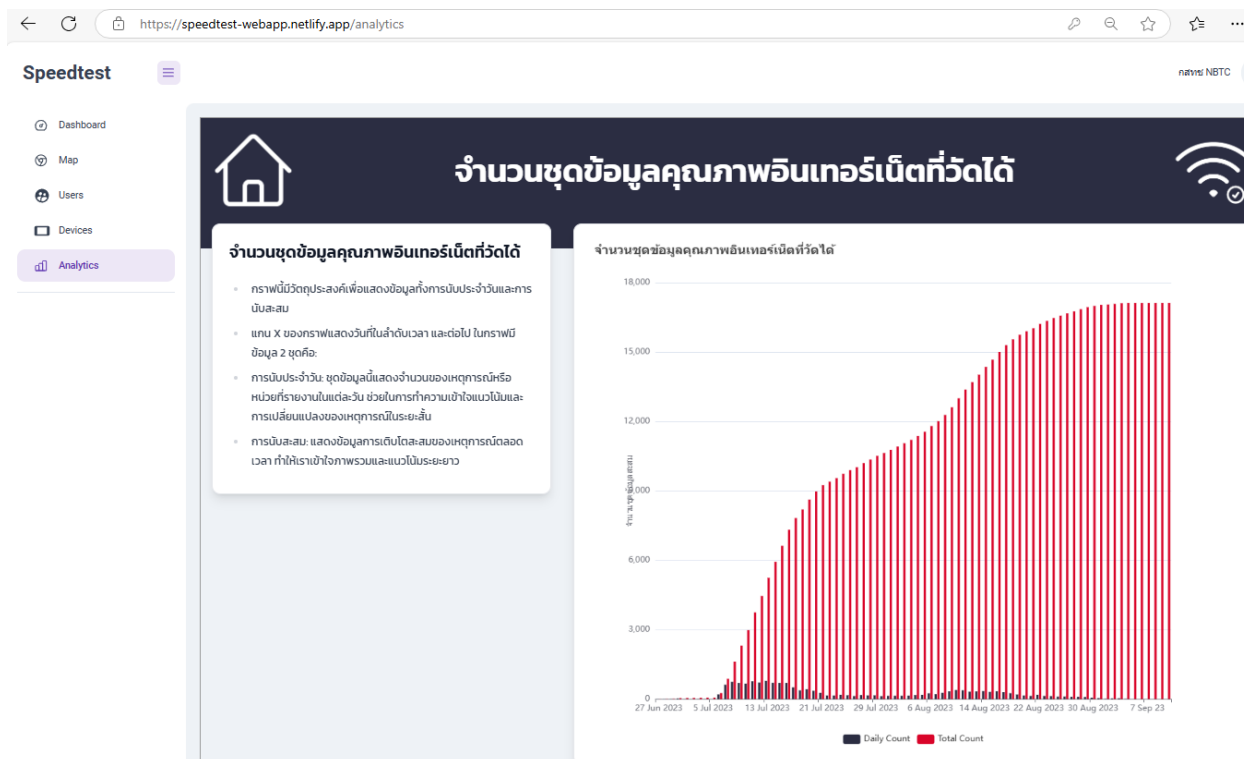
ภาพที่ 4.4 ความเร็วในการดาวน์โหลด

ภาพที่ 4.5 คล้ายกับภาพที่ 4.4 แต่ข้อมูลในกราฟนี้เน้นไปที่ความเร็วในการอัปโหลด ช่วยให้ผู้ใช้งานเห็นข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพการอัปโหลดระหว่างกลุ่มผู้ใช้งานที่แตกต่างกัน โดยสามารถกรองข้อมูลเพื่อดูผลลัพธ์ตามพื้นที่หรือประเภทอุปกรณ์ได้ ภาพนี้เป็นประโยชน์ในการระบุพื้นที่หรือกลุ่มผู้ใช้ที่ต้องการการปรับปรุงด้านความเร็วในการอัปโหลด



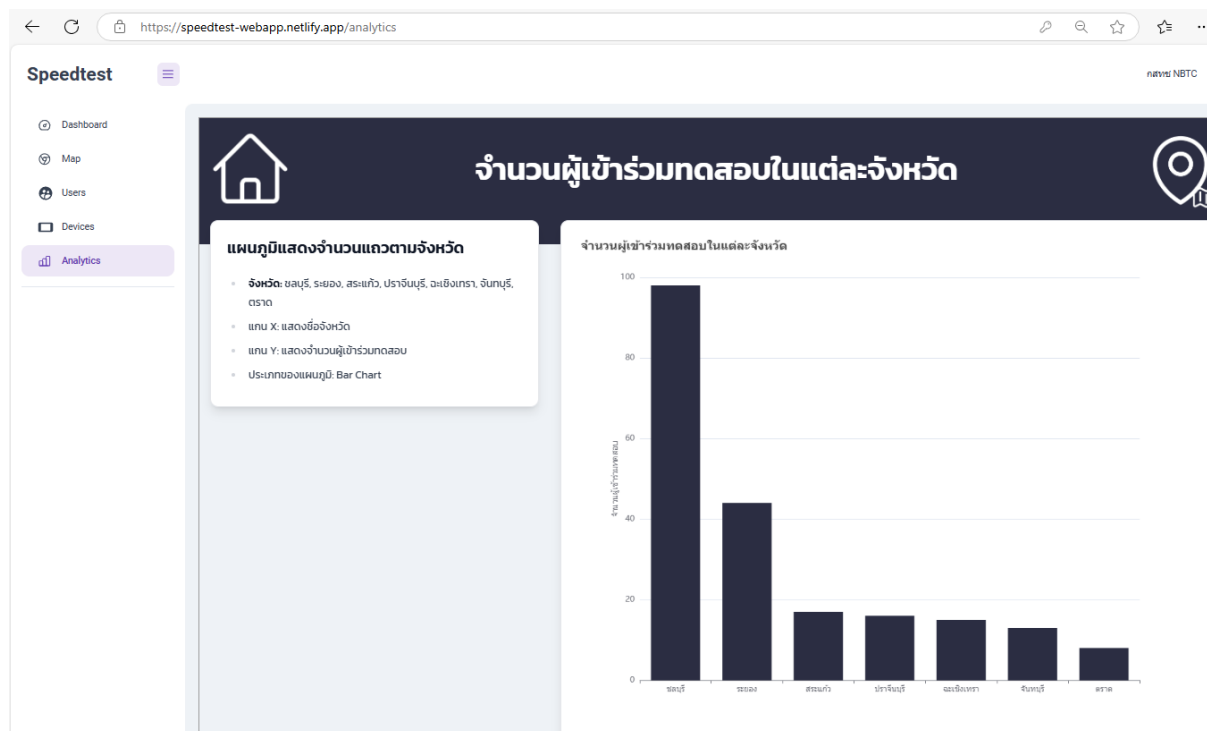
ภาพที่ 4.5 ความเร็วในการอัปโหลด

ภาพที่ 4.6 แสดงข้อมูลสะสมของจำนวนชุดข้อมูลคุณภาพอินเทอร์เน็ตที่เก็บรวบรวมได้เป็นกราฟเส้นแสดงการเพิ่มขึ้นของข้อมูลตามช่วงเวลา ภาพนี้แสดงการสะสมข้อมูลนี้ช่วยให้เห็นปริมาณข้อมูลที่มีความพร้อมและสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้ ช่วยให้ผู้ใช้ให้บริการสามารถติดตามความถี่ในการเก็บข้อมูล ประเมินแนวโน้มคุณภาพเครือข่ายในระยะยาว ช่วยในการประเมินว่ามีข้อมูลเพียงพอหรือไม่สำหรับการทำการวิเคราะห์ในอนาคต



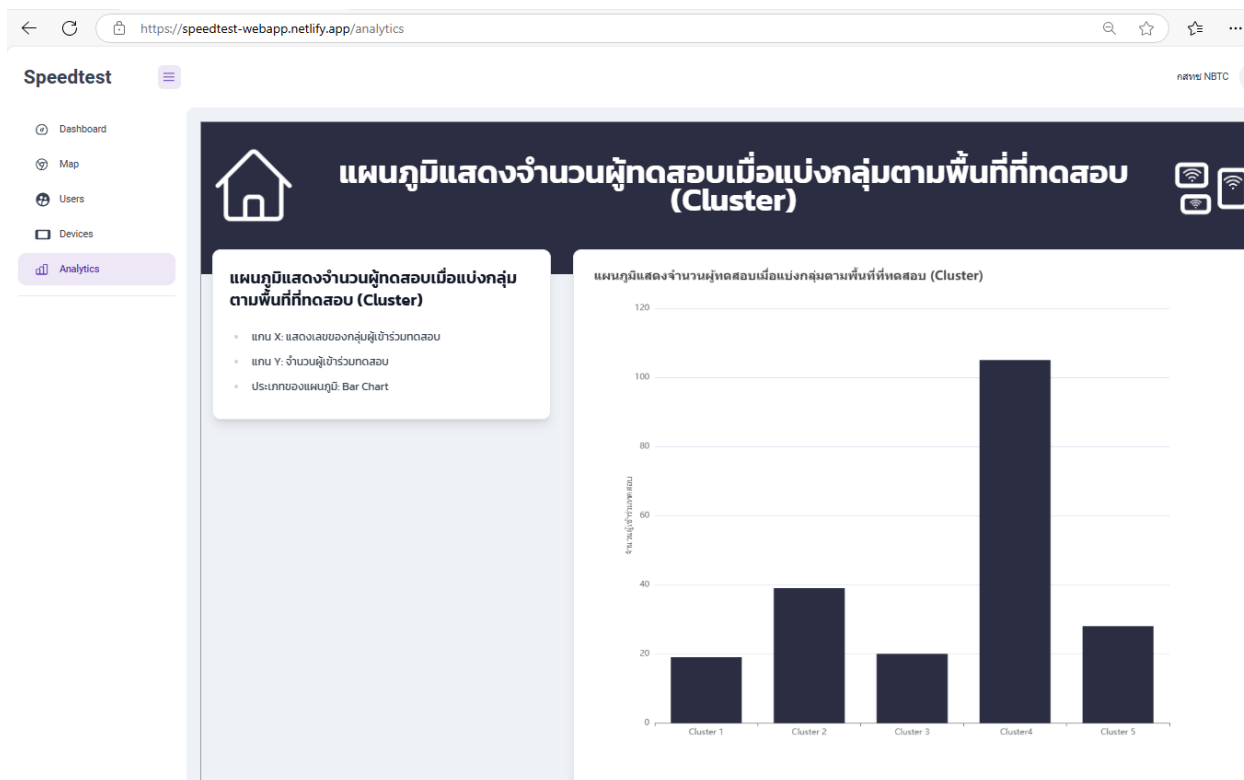
ภาพที่ 4.6 จำนวนชุดข้อมูลคุณภาพอินเทอร์เน็ตที่วัดได้

ภาพที่ 4.7 กราฟแท่งที่แสดงจำนวนผู้เข้าร่วมทดสอบตามจังหวัด ช่วยให้เห็นการกระจายตัวของผู้ใช้งานที่ทำการทดสอบในพื้นที่ต่าง ๆ ข้อมูลนี้ช่วยระบุพื้นที่ที่มีการทดสอบสูงและสามารถใช้ประเมินความต้องการบริการอินเทอร์เน็ตในแต่ละจังหวัดได้



ภาพที่ 4.7 จำนวนผู้เข้าร่วมทดสอบในแต่ละจังหวัด

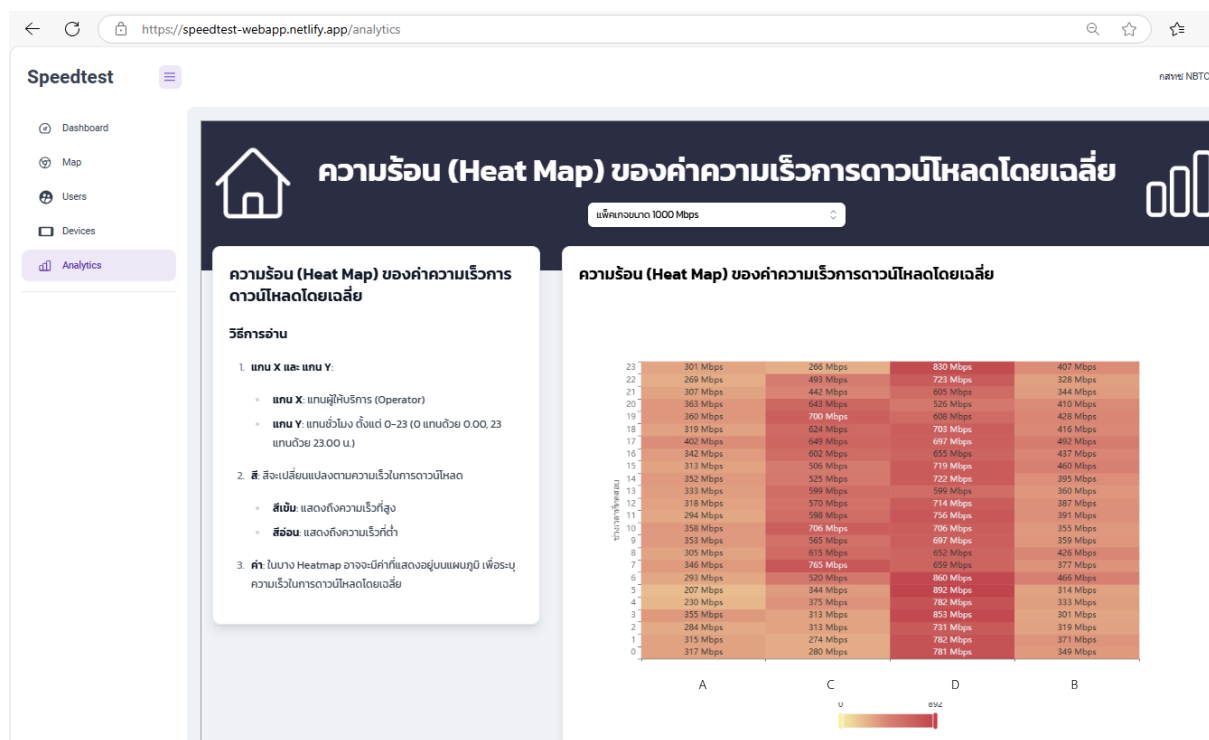
ภาพที่ 4.8 แสดงการกระจายของกลุ่มผู้ทดสอบตามกลุ่มพื้นที่ (Cluster) ที่กำหนด ช่วยให้
เห็นข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับคุณภาพอินเทอร์เน็ตในแต่ละกลุ่มพื้นที่ เป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์คุณภาพ
อินเทอร์เน็ตในแต่ละพื้นที่ที่มีการจัดกลุ่มไว้



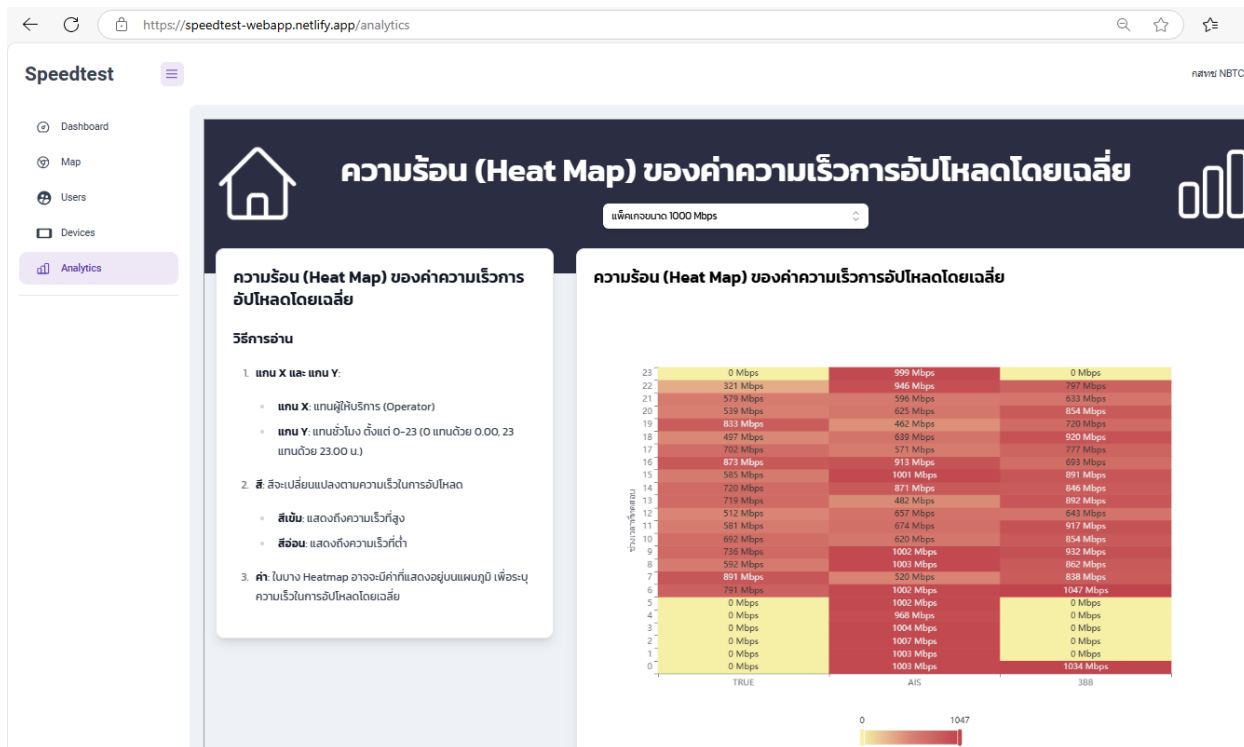
ภาพที่ 4.8 กลุ่มผู้ทดสอบเมื่อแบ่งกลุ่มตามพื้นที่ทดสอบ (Cluster)

ภาพที่ 4.9 – 4.10 แผนที่ความร้อน (Heat Map) แสดงข้อมูลความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลดเฉลี่ยตามภูมิภาคต่าง ๆ โดยใช้สีเพื่อแสดงความหนาแน่นของความเร็ว ช่วยให้เห็นพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพสูง และพื้นที่ที่ต้องการการปรับปรุง เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์และปรับปรุงคุณภาพอินเทอร์เน็ตในพื้นที่ที่มีความเร็วต่ำ โดยมีรายละเอียดคือ ความเร็วในการดาวน์โหลดเฉลี่ยเผยให้เห็นว่า ISP เครือข่าย A รักษาระดับความเร็วที่ดีเกือบทุกช่วงเวลา เครือข่าย C มีความเร็วที่น่าพอใจในช่วงเวลา 7:00 น. ถึง 23:00 น. ในขณะที่เครือข่าย D และ B แสดงความเร็วที่ต่ำว่ามากเมื่อเทียบกับเครือข่ายอื่น ๆ ชุดข้อมูลนี้เป็นข้อมูลที่มีค่าสำหรับผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (ISP) แต่ละรายในการปรับกลยุทธ์ โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีความเร็วในการดาวน์โหลดต่ำ

ข้อมูลนี้ช่วยให้ผู้ให้บริการปรับปรุงคุณภาพของการบริการได้โดยการระบุช่วงเวลาที่ความเร็วต่ำสุดและตำแหน่งผู้ให้บริการที่มีปัญหา ซึ่งช่วยให้สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างตรงจุดและทันเวลา นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการวางแผนการปรับปรุงโครงข่ายในช่วงเวลาที่มีการใช้งานสูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของบริการในช่วงเวลาที่มีความต้องการสูง



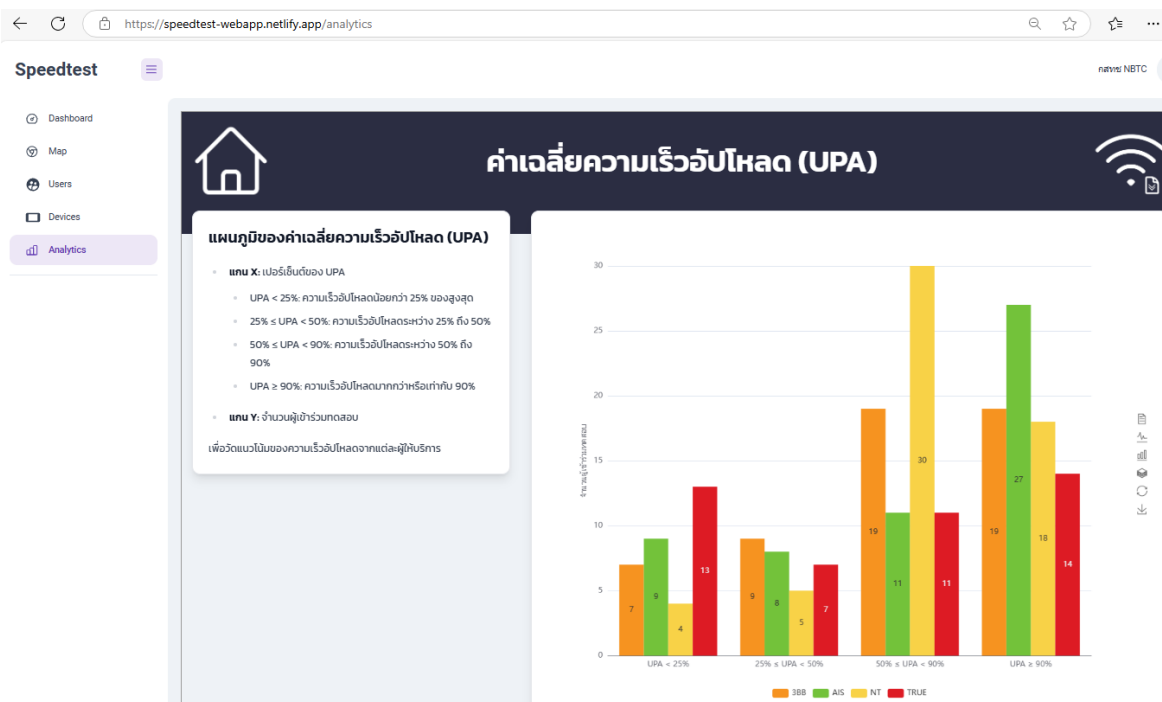
ภาพที่ 4.9 ความร้อน (Heat Map) ของค่าความเร็วการดาวน์โหลดโดยเฉลี่ย



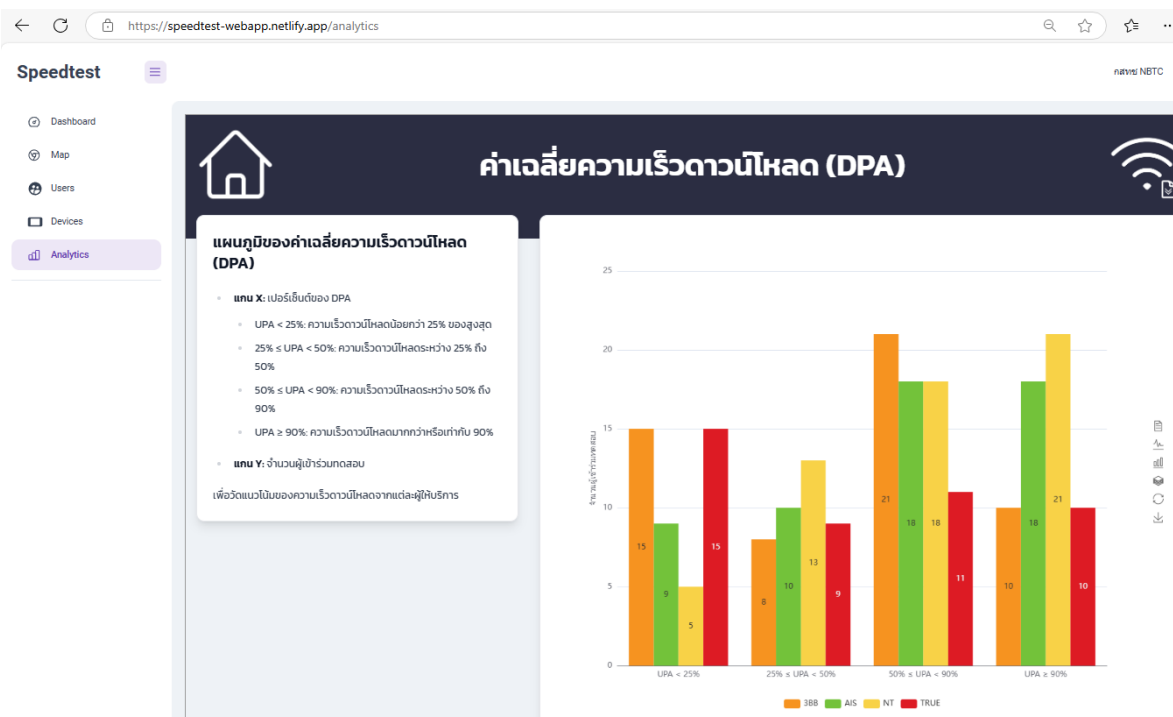
ภาพที่ 4.10 ความร้อน (Heat Map) ของค่าความเร็วการอัปโหลดโดยเฉลี่ย

ภาพที่ 4.11-4.12 ภาพนี้แสดงกราฟค่าเฉลี่ยความเร็วอัปโหลด (UPA) แบ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ของ UPA ในระดับต่าง ๆ (เช่น < 25%, 25-50%, 50-90%, และ > 90%) พร้อมการเปรียบเทียบระหว่างผู้ให้บริการแต่ละราย ข้อมูลนี้สามารถช่วยผู้ให้บริการในการปรับปรุงคุณภาพบริการได้โดยการระบุประสิทธิภาพการอัปโหลดของแต่ละผู้ให้บริการในช่วงเปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ ทำให้สามารถระบุจุดที่ควรพัฒนาให้ตรงจุดได้ เช่น การปรับปรุงความเร็วในช่วงเปอร์เซ็นต์ที่มีค่าต่ำ เพื่อเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า อีกทั้งยังช่วยให้ผู้ให้บริการสามารถตรวจสอบและวางแผนการอัปเกรดโครงข่ายได้ในสิ่งที่จำเป็น

แสดงกราฟค่าเฉลี่ยความเร็วดาวน์โหลด (DPA) โดยแบ่งเปอร์เซ็นต์ของค่า DPA ในระดับต่าง ๆ (< 25%, 25-50%, 50-90%, และ > 90%) และเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างผู้ให้บริการแต่ละราย ข้อมูลนี้สามารถช่วยผู้ให้บริการปรับปรุงคุณภาพบริการได้โดยการระบุช่วงที่ความเร็วการดาวน์โหลดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่สอดคล้องกับความคาดหวังของลูกค้า ทำให้สามารถพิจารณาปรับปรุงบริการให้เหมาะสมกับกลุ่มลูกค้าที่ต้องการความเร็วสูง นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้ให้บริการสามารถวางแผนการพัฒนาโครงข่ายในพื้นที่หรือช่วงเวลาที่มีการใช้งานสูง เพื่อให้บริการที่ดีขึ้นแก่ผู้ใช้



ภาพที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยความเร็วอัปโหลด (UPA)

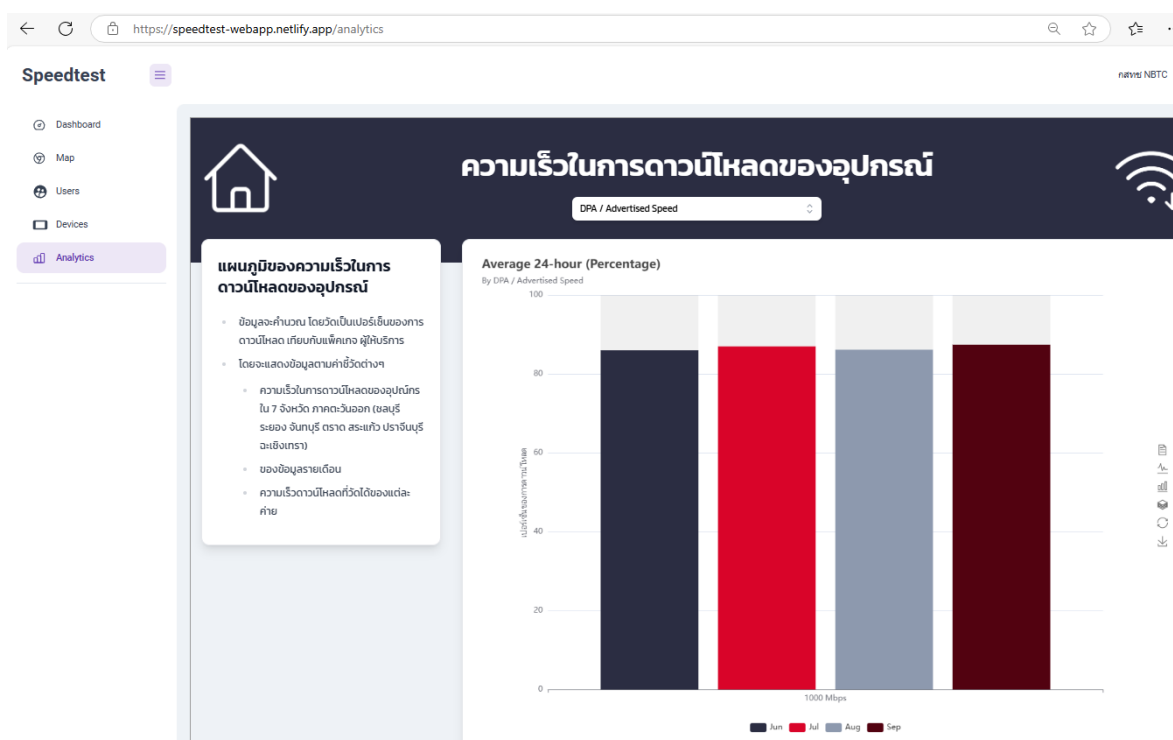


ภาพที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยความเร็วดาวน์โหลด (DPA)

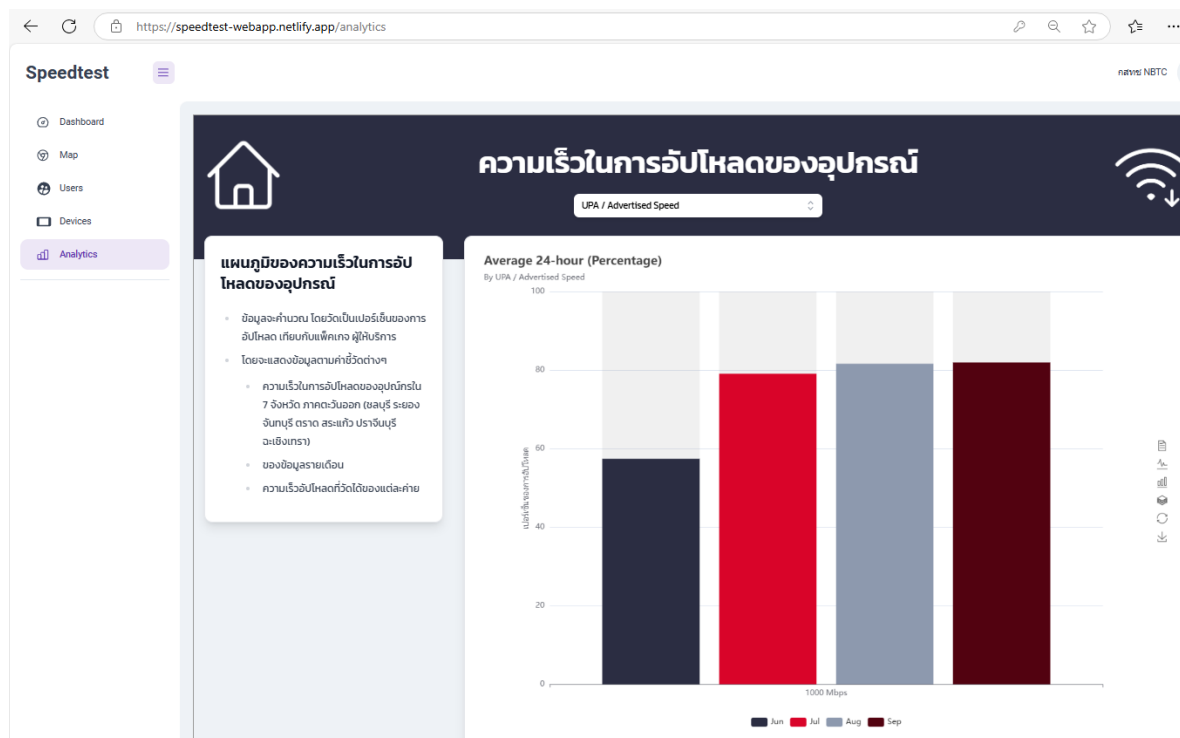
- เปรียบเทียบคุณภาพตามอุปกรณ์ มีรายละเอียดดังนี้

ภาพที่ 4.13-4.14 กราฟแท่งแสดงความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลดของอุปกรณ์ต่าง ๆ

โดยมีการแบ่งแยกตามช่วงเวลาเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ช่วยให้เห็นถึงประสิทธิภาพการดาวน์โหลดของอุปกรณ์แต่ละชนิด ซึ่งสามารถใช้เปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงคุณภาพอินเทอร์เน็ตให้สอดคล้องกับประเภทของอุปกรณ์ นอกจากนี้ทำให้สามารถมองเห็นความแตกต่างในการอัปโหลดตามประเภทอุปกรณ์และระบุถึงอุปกรณ์ที่ต้องการการปรับปรุงประสิทธิภาพ



ภาพที่ 4.13 ความเร็วในการดาวน์โหลดของอุปกรณ์



ภาพที่ 4.14 ความเร็วในการอัปโหลดของอุปกรณ์

4.2 สรุปผลการศึกษาทั้งหมด

การศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นการพัฒนาแดชบอร์ดสำหรับตรวจสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการอินเทอร์เน็ตบนดินในประเทศไทย ซึ่งมีการสรุปผลการศึกษาดังนี้

4.2.1 สรุปเป็นภาพรวมของ Dashboard ทั้งหมด

Dashboard นี้มีการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ Dashboard, Map, Users, Devices และ Analytics โดยแสดงผลสถิติเพื่อการวิเคราะห์คุณภาพอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ซึ่งสามารถช่วยผู้ให้บริการปรับปรุงคุณภาพบริการได้ในหลายด้านดังนี้

1) Dashboard

แสดงข้อมูลสัดส่วนร้อยละของผู้ให้บริการเครือข่าย ซึ่งเครือข่าย C มีผู้ให้บริการสูงสุดที่ 26.5% รองลงมาคือเครือข่าย A และ B ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงค่าเฉลี่ยความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลดของแต่ละเครือข่าย ช่วยให้ทราบถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงของแพ็คเกจบริการในแต่ละเครือข่าย ข้อมูลเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อผู้ให้บริการในการปรับปรุงความเร็วให้สอดคล้องกับแพ็คเกจและความคาดหวังของผู้ใช้บริการ

2) Map หรือแผนที่โต้ตอบ (Interactive Map)

แสดงแผนที่โต้ตอบที่ผู้ใช้สามารถซูมเข้า-ออกเพื่อดูข้อมูลการกระจายของผู้ใช้ในแต่ละพื้นที่ แสดงข้อมูลเชิงลึกของแต่ละจังหวัดผ่านตัวกรองต่าง ๆ เช่น จังหวัด อำเภอ และช่วงเวลา ข้อมูลนี้ช่วยให้ผู้ให้บริการสามารถระบุและปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการในพื้นที่ที่มีความต้องการสูงได้อย่างตรงจุด

3) Users

ส่วนนี้เก็บข้อมูลส่วนบุคคลของอาสาสมัครที่เข้าร่วมการทดสอบ ช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมและความต้องการของผู้ใช้ในแต่ละกลุ่ม

4) Devices

บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับชื่อและรหัสของอุปกรณ์ที่ใช้ รวมถึงข้อมูลเครือข่ายการใช้งานและจังหวัด ทำให้ผู้ให้บริการสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้

5) Analytics

ส่วนนี้แสดงการวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับคุณภาพอินเทอร์เน็ต รวมถึงการเปรียบเทียบความเร็วการดาวน์โหลดและอัปโหลด ระดับคุณภาพในแต่ละจังหวัด การกระจายผู้ใช้ตามพื้นที่และกลุ่มอุปกรณ์ เช่น แผนที่ความร้อน (Heat Map) แสดงความเร็วเฉลี่ยในการดาวน์โหลดและอัปโหลด ช่วยให้เห็นภาพรวมคุณภาพของการบริการและระบุพื้นที่ที่ต้องการการปรับปรุง รวมถึงการแสดงผลตามช่วงเวลาที่มีความเร็วต่ำสุดและสูงสุด เพื่อช่วยให้ผู้ให้บริการวางแผนการปรับปรุงเครือข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2.2 จิงสรุปผลการศึกษาตามหัวข้อของวัตถุประสงค์ในการวิจัยดังนี้

1) เพื่อออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลความเร็วอินเทอร์เน็ตบอร์ดแบนด์ที่เหมาะสม

จากการศึกษานี้ เราได้ออกแบบและพัฒนาแดชบอร์ดที่สามารถนำเสนอข้อมูลความเร็วอินเทอร์เน็ตบอร์ดแบนด์อย่างเหมาะสม โดยมีความสามารถในการกรองและแสดงข้อมูลสำคัญต่างๆ เช่น การดาวน์โหลด การอัปโหลด Ping และ Jitter ทั้งในรูปแบบแผนภูมิ แผนที่โต้ตอบ และแผนที่ความร้อน (Heat Map) แดชบอร์ดนี้ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเห็นข้อมูลความเร็วอินเทอร์เน็ตในแต่ละช่วงเวลาและพื้นที่ต่างๆ ได้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย ซึ่งเป็นการนำเสนอข้อมูลที่มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรกับผู้ใช้

2) เพื่อแนะนำการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตในแต่ละเครือข่าย

การศึกษาได้รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วอินเทอร์เน็ตจาก 7 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยแบ่งตามผู้ให้บริการเครือข่ายหลัก 4 ราย ข้อมูลนี้ได้เผยให้เห็นถึงประสิทธิภาพของแต่ละ

เครือข่ายในแต่ละพื้นที่และช่วงเวลา จากผลการวิเคราะห์พบว่าเครือข่าย A และ C มีประสิทธิภาพสูงกว่าผู้ให้บริการเครือข่าย B และ D ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้ในการแนะนำการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถระบุพื้นที่และช่วงเวลาที่ต้องการการปรับปรุงเพื่อให้บริการที่ดีขึ้นแก่ผู้ใช้ นอกจากนี้จากข้อมูลอื่น ๆ ในรายงานสามารถสรุปการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการดังนี้

2.1) การกำหนดมาตรการปรับปรุงที่เฉพาะเจาะจง เช่น ระบุแนวทางปรับปรุงสำหรับผู้ให้บริการ เช่น การเพิ่มความจุของเครือข่ายในพื้นที่ที่มีผู้ใช้งานหนาแน่น หรือการปรับปรุงอุปกรณ์โครงสร้างพื้นฐานในพื้นที่ที่ความเร็วเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์

2.2) การวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง เช่น นำข้อมูลความเร็วอินเทอร์เน็ตในช่วงเวลาที่ผ่านมา มาวิเคราะห์เพื่อหาแนวโน้มและรูปแบบการใช้งานของผู้ใช้ในแต่ละพื้นที่ เพื่อช่วยให้ผู้ให้บริการสามารถวางแผนล่วงหน้าสำหรับการขยายเครือข่ายในอนาคต

2.3) การใช้เทคโนโลยีใหม่ เช่น เสนอให้ผู้ให้บริการพิจารณาเทคโนโลยี เช่น การใช้งาน 5G หรือ การปรับปรุงระบบ Fiber Optic เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ

2.4) การสร้างระบบการแจ้งเตือนและรายงาน เช่น ออกแบบแดชบอร์ดที่มีการแจ้งเตือนเมื่อความเร็วเฉลี่ยลดต่ำกว่าเกณฑ์ในพื้นที่เฉพาะ ซึ่งช่วยให้ผู้ให้บริการตอบสนองปัญหาได้รวดเร็ว

จากการออกแบบและพัฒนาแดชบอร์ดนี้ ไม่เพียงแต่จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบและติดตามความเร็วอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังสามารถเป็นเครื่องมือสำคัญในการวางแผนและปรับปรุงการให้บริการของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตในประเทศไทยในอนาคตได้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินการวิจัย

5.1 สรุปและอภิปรายผล

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาระบบทดสอบความเร็วบอร์ดแบนด์เพื่อประเมินความเร็วบอร์ดแบนด์อย่างครอบคลุม โดยการรวมแดชบอร์ดภูมิสารสนเทศและข้อมูลทางสถิติ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแดชบอร์ดทดสอบความเร็วบอร์ดแบนด์มีศักยภาพในการตรวจสอบความเร็วอินเทอร์เน็ตในพื้นที่ทางภูมิศาสตร์เฉพาะได้อย่างมีประสิทธิภาพ แดชบอร์ดที่เราเสนอมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ด้านความยั่งยืนในเมืองและหลักการบริหารจัดการใหม่ โดยนำเสนอเครื่องมือการสื่อสารความรู้ที่แข็งแกร่งสำหรับการทดสอบความเร็วบอร์ดแบนด์ นอกจากนี้ เราได้ระบุดองค์ประกอบการออกแบบทั่วไปสำหรับแดชบอร์ดวิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงสไตล์ของกราฟิกอินเทอร์เฟซผู้ใช้ (GUI) และโมเดลแนวคิดของตัวชี้วัดประสิทธิภาพ งานในอนาคตจะเจาะลึกถึงปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการสตรีมข้อมูลและแก้ไขความท้าทายที่เกิดจากข้อมูลขนาดใหญ่ สถาปัตยกรรมของระบบจะพิจารณาเทคนิคการบีบอัดข้อมูลสำหรับการแสดงผลแบบเรียลไทม์เมื่อใช้งานแอปพลิเคชันทดสอบความเร็วในทุกจังหวัดของประเทศไทย การพัฒนานี้มีความสำคัญในการให้ข้อมูลเรียลไทม์และเพิ่มปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้ นอกจากนี้การวิจัยที่จะตามมาจะสำรวจข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีแดชบอร์ดที่เราเสนอไว้ เนื่องจากแดชบอร์ดเหล่านี้ช่วยให้ผู้ตัดสินใจเข้าใจปัญหาความเร็วอินเทอร์เน็ตเพื่อปรับปรุงการบริการ และเมื่อแก้ไขความท้าทายที่ระบุในเอกสารนี้ โอกาสที่นำเสนอโดยแดชบอร์ดภูมิสารสนเทศสามารถขยายไปสู่การสร้างเครื่องมือที่ยั่งยืนสำหรับการตรวจสอบการทดสอบความเร็วอินเทอร์เน็ตทั่วประเทศไทย

5.2 บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

5.2.1 บทความในการประชุมวิชาการ

Saengsai, A., Onuean, A., Thumcharoen, W., Boonsongsrikul, A., Klinwichit, P., Chinnasarn, K., ... & Wattanamongkhon, N. (2024, February). Broadband Internet Speed Dashboard for Sustainable Service Improvement in Thailand. In *2024 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)* (pp. 418-423). IEEE.

Broadband Internet Speed Dashboard for Sustainable Service Improvement in Thailand

Apisit Saengsai
Faculty of Informatics
Burapha University
Chonburi, Thailand
apisit.sa@buu.ac.th

Wittama Thumcharoen
Faculty of Informatics
Burapha University
Chonburi, Thailand
66810006@go.buu.ac.th

Podchara Klinwichit
Faculty of Informatics
Burapha University
Chonburi, Thailand
63810055@go.buu.ac.th

Nuttaporn Phakdee
Faculty of Informatics
Burapha University
Chonburi, Thailand
nuttaporn@go.buu.ac.th

Athita Onuean
Faculty of Informatics
Burapha University
Chonburi, Thailand
athita@it.buu.ac.th

Anuparp Boonsongsrikul
Faculty of Engineering
Burapha University
Chonburi, Thailand
anuparp@eng.buu.ac.th

Krisana Chinnasarn
Faculty of Informatics
Burapha University
Chonburi, Thailand
krisana@it.buu.ac.th

Norrrat Wattanamongkhon
Faculty of Engineering
Burapha University
Chonburi, Thailand
norrrat@eng.buu.ac.th

Abstract— The measurement of broadband performance is vital for consumers, ISPs, regulators, and policymakers. The speed of broadband access services poses a challenge for managing end-user performance expectations and for regulatory policy. This paper centers on visualizing broadband speed data, particularly in Thailand, to assess the speed of Thai broadband services. We've developed a dashboard that visualizes and categorizes speed information by location, time, ISP provider, and internet package, providing valuable insights for decision-makers. Our dashboard can show internet speed rate issues compared to the upstream signal. Additionally, it can be used to observe, monitor, and provide evidence of sustainable improvement in light of the increased availability and use of better broadband.

Keywords—broadband internet speed test, visualization, dashboard, sustainable

I. INTRODUCTION

Broadband performance measurement is an ongoing challenge for policymakers. Many participants in broadband services want to know the speed and spatial coverage. Over the past three decades, Internet speeds have evolved from kilobits and megabits to gigabits [1-3], signifying a substantial transformation in the digital connectivity landscape. The COVID-19 pandemic [4] has further accelerated this transformation.

A comparative analysis of internet user data across Asia's population proportions in 2022 [5] reveals noteworthy insights. The top five countries that exhibit the highest rates of internet adoption are South Korea (97%), Japan (93.30%), Philippines (91%), Thailand (88.30%), and Vietnam (86%). Notably, Thailand has experienced an extraordinary surge in Internet users, with a 26.9-fold increase, equivalent to 62 million individuals for 2022, as detailed in Table I. This substantial growth in internet usage within Thailand can partly be attributed to the strategic policies that the National Broadcasting and Telecommunications Commission (NBTC) has implemented since 2013. These policies have strategically focused on

expanding essential telecommunication services nationwide, playing a pivotal role in fostering this growth.

An examination of the Internet access data within Thailand, based on the ITU World Telecommunication indicators for 2019, as reported by the NBTC, reveals that the rate of access to fixed-broadband subscriptions per 100 individuals is 14.9%. This statistic underscores a persistent upward trajectory in internet adoption [5].

TABLE I. STATISTICS OF ASIA INTERNET USAGE IN 2022

Country	Population (2022 Est.)	Internet Users (Year 2008)	Internet Users (Year 2022)	Penetration % Population
South Korea	51,340,112	19,040,000	49,799,909	97.00%
Japan	127,202,192	47,080,000	118,626,672	93.30%
Philippines	111,987,776	2,000,000	101,900,000	91.00%
Thailand	70,082,569	2,300,000	61,900,000	88.30%
Vietnam	98,745,016	200,000	84,919,500	86.00%

To enhance the efficiency of national-level Internet services, it is crucial to establish a framework that measures and evaluates the quality of Internet service received by the public. Speed is the primary indicator for assessing the 'quality' of broadband services. A comprehensive understanding of broadband quality plays a pivotal role in shaping regulatory policies, influencing end-user behavior, guiding marketing strategies, managing data transmission, and aiding decision-making for network service providers. Therefore, grasping how to measure speed comprehensively is paramount [5, 6].

Once performance measurement is accomplished, the next critical step involves the analysis of emerging issues. Tools that facilitate clear and straightforward spatial analysis of issues in specific areas become indispensable. Such analysis is predominantly achieved through spatial visualization. It effectively helps uncover and address challenges. Research in

visualization [7] has proposed a method for analyzing broadband data in rural areas, emphasizing a bottom-up spatial analysis approach. This involves the initial collection of data at the local level before consolidating it at the national level, departing from the conventional top-down approach. The findings from this analysis are then conveyed through maps and data. Local and dynamic elements considered for analysis include the relationship between connectivity patterns in rural census areas and the types of connections present at the regional level (data on urban and suburban communities). This approach aligns with the methodology employed in previous research [8], which reveals the spatial distribution of average download and upload speeds, aiding in the understanding of service speed trends and the analysis of quality issues within local broadband infrastructure. Some reports [9, 10] employ maps and heatmaps to illustrate examples of service speed, facilitating spatial comparisons. Certain studies [11, 12] have even proposed prototypes that support visualization and real-time monitoring while processing and displaying extensive datasets. The significant achievement of this research lies in demonstrating the potential of dashboards to identify trends, seasonal events, and abnormal behaviors, thus providing insights into the information. Similarly, some objectives of dashboards are an integration of geographic visualization for decision support, real-time monitoring, and increased productivity [13-15]. Nevertheless, ongoing monitoring is essential for information management companies operating in highly competitive environments requiring rapid, intuitive, and easily comprehensible analysis of generated business data. Dashboards, therefore, serve as a reporting form that allows monitoring indicators relevant to the business. For Thailand's broadband speed testing system, most service providers have their own systems for testing. Such systems cannot store history, thus making it impossible for NCBT or users to view historical data for improvement or make future decisions.

This research aims to develop a broadband speed testing system to visualize statistics of broadband speed tests by integrating maps to describe speed test rates each time of the day. Also, it enables comparing the speed in different areas and providers. Moreover, the proposed dashboard will display the history of broadband Internet speed of users or areas and reveal the areas where broadband Internet speed does not reach the expected value.

II. LITERATURE REVIEW

A. Dashboard Concepts

Dashboards serve as essential tools for business management by consolidating and presenting key performance indicators (KPIs) to facilitate informed decision-making, as articulated by Stephen Few [16]. In his definition, a dashboard is a visual display of critical performance metrics to achieve specific objectives. This real-time interface condenses information onto a single screen, featuring tools like filtering and drill-down graphs for enhanced usability. Stephen Few emphasizes that a well-designed dashboard can create an efficient organizational image. It should showcase current data and incorporate historical data, highlighting values that significantly impact the organization and contribute to a clearer

understanding of trends. In the context of business decision-making, adopting dashboards offers entrepreneurs a powerful tool to analyze strengths and weaknesses comprehensively [16]. Therefore, integrating dashboards into business practices is crucial for enhancing analytical capabilities and overall business improvement.

B. KPI for Visualization

The dashboard is a tool for visualizing information that monitors, analyzes, and displays key performance indicators (KPIs), and key data points [16]. Dashboards enable both technical and non-technical users to understand and apply business intelligence to make better decisions. Our proposed dashboard commits to 5 KPIs including:

- 1) Revelation of the areas where broadband Internet speed does not reach the expected value
- 2) Comparing the speed in different areas, providers, and each advertised speed package
- 3) Showing speed rates and comparing them at each time of the day
- 4) Filtering the target for interesting information
- 5) Display the history of broadband Internet speed by user or areas

C. Dashboard Characteristics for Broadband Speedtest

An effective broadband speed test dashboard is characterized by its ability to seamlessly deliver real-time performance insights, presenting users with clear and concise information about their download speed, upload speed, and latency [1, 3]. A user-centric interface ensures that even complex speed metrics are communicated in an intuitive and visually appealing manner, facilitating quick comprehension of broadband performance. The inclusion of historical trend tracking allows users to monitor the evolution of their connection over time, while geographic and network context features provide insights into server connections and regional influences on speed. In essence, an optimal broadband speed test dashboard combines real-time feedback, user-friendly design, historical tracking, contextual insights, and robust diagnostics to offer users a comprehensive and actionable view of their Internet connection.

III. METHODOLOGY

This research involves developing a broadband Internet speed dashboard to present the results of testing the quality of broadband Internet signals from service providers in Thailand. The evaluation utilizes four key indicators: DPA (Download Percentage Average), UPA (Upload Percentage Average), Ping, and Jitter. The dataset for the dashboard is derived from 30 devices and 200 volunteers located in the eastern region of Thailand, spanning the period from June 1 to August 31, 2023.

A. Criteria for classifying the quality of Internet service

Considering indicators of DPA, UPA, percentage of the equipment's ability to measure the signal continuously

Identify applicable funding agency here. If none, delete this text box.

(Continuity: C) or percentage of network stability (Network Reliability: NR) divided into 4 levels as follows:

- Excellent level, represented by values ranging from 90 to 100%.
- Good level, represented by values ranging from 75 to 89%.
- Moderate level, represented by values ranging from 50 to 74%.
- Poor level, indicated by values below 50% (requires improvement).

Criteria for classifying the quality of internet service when considering Ping are divided into four levels as follows:

- Excellent: Ping less than 20 ms.
- Good : Ping ranging from 20 to 50 ms.
- Moderate level (Fair): Ping ranging from 51 to 100 ms.
- Poor Level: Ping exceeds 100 ms (requires improvement).

B. DPA (Download Percentage Average), UPA (Upload Percentage Average)

In the presentation of speed data, the need for standardization becomes evident. This necessity arises because users subscribe to various broadband packages with differing rates. Researchers propose a normalization process for Internet speed measurements obtained from all tests to enable a fair and meaningful analysis and comparison of test results. This involves calculating the daily or 24-hour average speed and comparing it to the speed corresponding to the user's subscribed package. The result is expressed as a percentage, indicating the proportion of the average speed compared to the speed specified by the subscribed package, denoted as the Download Percentage Average (DPA). The calculation is shown (1).

$$DPA = \frac{\text{Average Download Speed in Hour}}{\text{Advertised Package}} \times 100 \quad (1)$$

The method to calculate the percentage of the average upload speed compared to the speed from the package being used (Upload Percentage Average: UPA) is given in (2).

$$UPA = \frac{\text{Average Upload Speed in Hour}}{\text{Advertised Package}} \times 100 \quad (2)$$

C. Data Preparation

Data obtained from the Internet signal quality test exclusively comes from Internet speed measuring equipment. Volunteers' Internet speed test results are transmitted from the docker server to a PostgreSQL database at the server center every 1-2 minutes to ensure the platform's data is continuously

updated. We divide the volunteers into 5 clusters using hybrid partition clustering [17]. This method combines three techniques: partition clustering, proportional allocation, and center-of-gravity. For this reason, we ensure that the distance between the volunteer and the server to identify the applicable position of established cloud servers to support the testing of a high-speed internet platform. Given that these data values are raw and may contain anomalies, such as unusually low or high test speeds or zero download/upload values, a preliminary step involves transferring the data for extraction, filtering, and cleaning before it can be effectively visualized.

The research platform is designed to connect to a PostgreSQL database, which was chosen for its support of NoSQL data types and text search types, which provide ease of data search. The transformed data is stored, set aside, and prepared for subsequent use.

D. Components of Broadband Dashboard

1) *Collection Data Design:* The database design focuses on presenting the quality of broadband internet service. The data collection section accommodates both Internet speed measurement devices and volunteer data.

a) *Speed test devices data:* The device information collected for internet speed devices includes the device ID, timestamp, operator name, server name, location (district, province), longitude/latitude, download/upload speed package, download/upload actual speed, ping, and jitter.

b) *Volunteer data:* The volunteers provide Name, telephone number, address, longitude/latitude, connection type (WiFi/Cable), provider name, download/upload speed package, timestamp, download/upload actual speed, Ping, and jitter.

2) *Broadband dashboard design:* The dashboard presentation of the Internet signal quality test is designed to cater to different user perspectives:

a) *Admin view:* Displays information in two views - device view and user perspective including summarizing data and presenting various graphs with information such as the number of Internet signal measurement devices/total users, the proportion of devices/users compared to the total number used by the provider, and the percentage of average Internet speed relative to the maximum speed promised by service provider. Graphs showcase average, maximum, and minimum download speeds, together with upload, ping, and jitter speeds for each area and time. A map displays the latest test results according to devices' and users' latitude/longitude coordinates.

b) *Provider view:* This view is exclusively accessible to the Internet service provider. The data view offers a comprehensive breakdown of download, upload, Ping, and Jitter averages, organized by location and user over time. Providers can also visualize user details on a map based on location, latitude, and longitude. This design allows providers to monitor the outcomes of their Internet user tests in real-time. Moreover, this information is invaluable for strategic planning, enabling providers to enhance the quality of Internet service in the respective areas in the future.

c) *User view*: Individual users have personalized access to their Internet test data and history by logging in with their registered username and password. Users can search for their latest or historical test results in map and table formats. This personalized dashboard offers a comprehensive breakdown of download and upload speeds, Ping, and Jitter over time. This user-centric design enables individuals to track and comprehend their Internet performance. Users can leverage this information for personal awareness and to provide feedback to service providers, contributing to continuous improvements in service levels.

E. Dashboard Functionality

The development of the data visualization dashboard has presented comparative data on the results of Internet signal quality measurements using four indicators, including DPA%, UPA%, Ping, and Jitter, from volunteers in the eastern region, which spans seven provinces: Chonburi, Rayong, Chanthaburi, Trat, Sa Kaeo, Prachinburi, and Chachoengsao.

The information displayed in this dashboard has undergone a cleansing process, with advertised packages divided into four groups based on download/upload advertised speed: less than 250 Mbps, 250 - 500 Mbps, 501 - 750 Mbps, and more than 750 Mbps. Users can choose the month for viewing data, with the information presented in a monthly summary. The results for each indicator are showcased as follows:

- Download/Upload speed: Comparisons in this indicator can be displayed based on user preferences, including the average download/upload percentage according to advertised speed, provider, and province.
- Data comparisons in the form of time averages, including each service provider's average download/upload speed over 24 hours and during three periods: 6:00- 10:00 AM, 10:01 AM - 5:00 PM, and 5:01- 10:00 PM.

IV. RESULTS

The collection of volunteer data for the execution of speed tests in Thailand encompassed seven provinces within the eastern region: Chonburi, Rayong, Chachoengsao, Prachinburi, Chanthaburi, Trat, and Sa Kaeo, covering a total of 30 districts. We selected such provinces as a prototype of our proposed system. The dataset comprises 17,125 instances, with Chonburi accounting for the majority at 53.08%, Rayong at 19.97%, and Chachoengsao at 7.05%.

This research focused on four network providers, denoted as A, B, C, and D. The percentages of Internet speed for download, ranked in descending order, were as follows: A (71.61%), C (70.44%), B (59.91%), and D (51.95%). Similarly, for upload speed percentages, the order from highest to lowest was A (79.41%), C (72.99%), B (71.42%), and D (55.02%). These figures provide a comprehensive overview of the distribution of speed test instances across provinces and the comparative performance of network providers.

A. A regional case: Eastern Thailand

The average internet speed percentages for each province are categorized by network. Our dashboard can filter four features: Download, Upload, Ping, and Jitter, as shown in Figure 1. It was observed that Network D in Chachoengsao, Sa Kaeo, and Chanthaburi provinces has average Internet speed percentages below 30% highlighting relatively low performance.

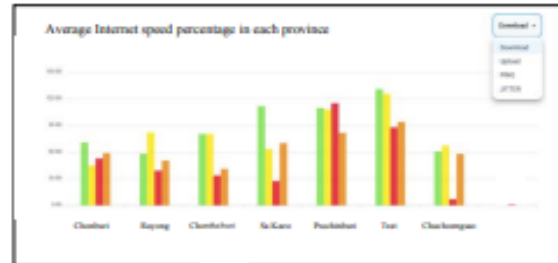


Fig. 1. Each province's average Internet speed percentage is depicted in a bar chart. The x-axis shows the province. The y-axis shows the average speed in percentage and by drop-down filter, including Download, Upload, Ping, and Jitter.

The bar chart presents the value of average Internet speed percentages in each time interval within a day, categorized by the network, as shown in Figure 2. Such a dashboard has four filter features: Download, Upload, Ping, and Jitter. The color of each bar chart represents ISP. The X-axis shows the time interval within a day, and the Y-axis shows the minimum and maximum average internet speed percentages, categorized by service providers.

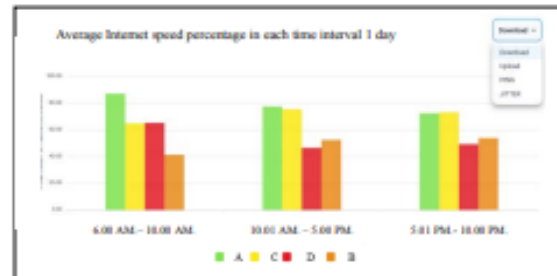


Fig. 2. The comparison of ISPs' average Internet speed percentage in each time interval of one day.

B. Interactive Map

Our dashboard provides users with a better experience than a table of numbers. We used an interactive map that users can use. They can zoom in, zoom out, click, and double-click into a map. The user can select the areas of interest as desired. The information of each user will be displayed on a pop-up text box that is used to display additional or supplemental information about the topic specified, such as name, package, and speed value. For example, when the user clicks the mouse to zoom in, the dashboard will show a circle and the number of users

located in the area. The circle will be separated, and the number will decrease whenever the user zooms in more until the circle shows as the symbol or logo of the company that indicates the real location of information of speed test data. The information on the pop-up box shows real-time data such as location, coordinates, IP address, Upload, Download, Ping, Jitter, and the latest test data, as illustrated in Figure 3.



Fig. 3. The map shows seven provinces located in the eastern part of Thailand; the boundary with color depicts a cluster of areas of our research, and the circle shows the number of speed test data that are grouped in each area.

In addition to the geographical visualization offered within the dashboard, the functionality extends to enabling users to refine data presentation through various filters. These filters encompass parameters such as province, district, date range, service provider, and classification by type (e.g., user or device). Moreover, the dashboard employs a categorization scheme based on the average speed, classifying data into five distinct groups. This classification is graphically depicted in Figure 4 for clarity and reference.



Fig. 4. The right-side dialog box shows filter options for searching by location and variables such as province, district, date range, and type. Additionally, it can cluster based on the average dashboard speed into 5 clusters.

C. Heat Map

The statistical graphs within this research paper facilitate a comprehensive exploration, providing insights from various dimensions. Primarily, these graphs scrutinize user perspectives by examining quality through nine distinct sub-views. These sub-views encompass comparisons between download and upload speeds across diverse factors, and the interactive dashboards enable data filtering based on five key features. Additionally, they depict the volume of datasets measuring Internet quality, offer province-specific insights into

data collection volume, and elucidate differences among tester groups. Notably, interactive Heat Maps visually represent download and upload speeds, utilizing color differentials to signify variations in speed. Furthermore, these graphs afford a perspective on average upload and download speeds (UPA and DPA). A secondary viewpoint is applied to assess quality based on devices, with two sub-views exploring download and upload speed perspectives.

Examining Figure 5, the heat map depicting average download speed reveals that ISP Network A consistently maintains a favorable range of speeds across nearly all-time intervals. Network C follows closely, displaying a commendable speed range from 7:00 AM to 11:00 PM. Meanwhile, ISP Networks D and B exhibit lower speed ranges than the other networks. This dataset serves as valuable information for each Internet Service Provider (ISP) to optimize strategies, particularly during intervals characterized by lower download speeds.

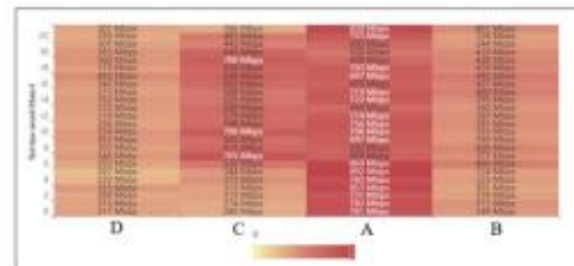


Fig. 5. Heat map of download average speed. The x-axis shows the hour from 0 – 24. The range of speed is 0-892, as shown via bar scale.

It is evident in Figure 6 that most of the time, all networks exhibit an average upload speed surpassing or equal to 90%. Network A emerges with the highest frequency in this category, succeeded by networks B, C, and D in sequential order. Conversely, networks with average upload speeds falling below 25% include network D, trailed by networks A, B, and C in descending order. This observation highlights the networks that should improve their upload speed.

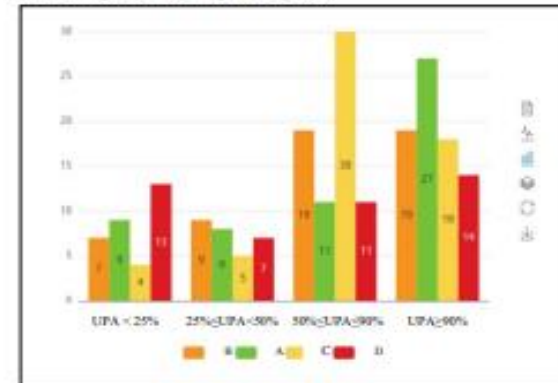


Fig. 6. A bar chart of the average upload speed.

Figure 7 shows a dashboard that allows filtering date ranges for download and upload activities, revealing peak and off-peak service usage times. From the perspective of Application Service Providers (ASPs), this data is beneficial for allocating resources appropriately during high-demand periods, ensuring maximum service readiness. For Internet Service Providers (ISPs), this information aids in network data transmission management, facilitating bandwidth allocation and service planning aligned with usage patterns. This enhances service efficiency during high-demand periods for users.



Fig. 7. A bar chart of Ping separated by date ranges and a bar chart of download and upload separated by date ranges.

V. CONCLUSION AND FUTURE WORK

We developed a broadband speed test system to comprehensively assess of broadband speed by integrating geospatial dashboards and statistical information. The findings indicate that broadband speed test dashboards show promise in effectively monitoring Internet speeds in specific geographical areas. Our proposed dashboards align with urban sustainability objectives and the principles of new management, presenting a robust knowledge communication tool for broadband speed tests. Additionally, we identified common design elements for data analytics dashboards, encompassing graphical user interface (GUI) styles and conceptual models of performance indicators. Future work will delve into issues related to data streams and address the challenges big data poses. The system architecture will consider data compression techniques for real-time visualization when implementing speed test applications across all provinces in Thailand. These enhancements are essential for providing real-time information and enhancing user interaction. Moreover, forthcoming research will explore the advantages and disadvantages of our proposed dashboard technologies. As these dashboards aid decision-makers in comprehending internet speed issues for service improvement and given that the challenges outlined in this paper are addressed, the opportunities presented by geospatial dashboards can be extended to create sustainable tools for monitoring Internet speed tests throughout Thailand.

ACKNOWLEDGMENT

The research could not have been completed without the support of the NBTC-Broadcasting and Telecommunications Research and Development Fund for Public Interest (BTEP) for the development of a system of quality broadband Internet of the operator (B2-005/4-2-64). We thank all the experts, consultants, and sample users in Thailand who contributed to this research. Moreover, we are thankful for the financial support provided by the Faculty of Informatics, Burapha University.

REFERENCES

- [1] P. Koutroumpis, "The economic impact of broadband: Evidence from OECD countries," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 148, 2019, pp. 119719.
- [2] L. Kleinrock, "The latency/bandwidth tradeoff in gigabit networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 30, no. 4, 1992, pp. 36-40.
- [3] A. Manzoor, "Broadband Internet development and economic growth: A comparative study of two Asian countries," *JOSR Journal of Business and Management*, vol. 1, no. 6, 2012, pp. 1-14.
- [4] T. Böttger, G. Ibrahim, and B. Vallis, "How the Internet reacted to Covid-19: A perspective from Facebook's Edge Network," in *Proceedings of the ACM Internet Measurement Conference*, 2020.
- [5] National Statistical Office, "Information and Communication Technology Indicators 2019," [Online]. Available: <http://service.nso.go.th/>. Accessed on: Nov 1, 2023.
- [6] S. Bauer, D. D. Clark, and W. Lehr, "Understanding broadband speed measurements," in *TPRC*, 2010, August 2010.
- [7] H. Hambly and R. Rajabun, "Rural broadband: Gaps, maps and challenges," *Telematics and Informatics*, vol. 60, 2021, p. 101565.
- [8] H. Hambly and R. Rajabun, "How data gaps (re) make rural broadband gaps," in *TPRC47: The 47th Research Conference on Communication, Information and Internet Policy*, 2019.
- [9] S. V. Ofa and C. B. Aparicio, "Visualizing broadband speeds in Asia and the Pacific," 2021.
- [10] EDJNet - The European Data Journalism Network, "Internet speed in Europe," [Online]. Available: <https://www.europeandatajournalism.eu/internet-speed-in-europe>. Accessed on: Nov 1, 2023.
- [11] National Telecommunications and Information Administration, "Broadband Data and Analytics Public Maps & Data," [Online]. Available: <https://broadbanddata.ntia.doc.gov/resources/data-and-mapping>. Accessed on: Nov 1, 2023.
- [12] C. Bachechi, L. Po, and F. Rollo, "Big data analytics and visualization in traffic monitoring," *Big Data Research*, vol. 27, 2022, p. 100292.
- [13] D. Paschalides, et al., "Mandola: A big-data processing and visualization platform for monitoring and detecting online hate speech," *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, vol. 20, no. 2, 2020, pp. 1-21.
- [14] C. Jing, et al., "Geospatial dashboards for monitoring smart city performance," *Sustainability*, vol. 11, no. 20, 2019, p. 5648.
- [15] M. Farmanbar and C. Rong, "Triangulum city dashboard: an interactive data analytic platform for visualizing smart city performance," *Processes*, vol. 8, no. 2, 2020, p. 250.
- [16] S. Few, "Common in Dashboard Design," Proclarity Corporation, 2005.
- [17] A. Kantasard, N. Phakdee, and N. Wattanamongkhon, "Investigating the applicable position of established cloud servers using the hybrid partitional clustering," in *2023 International Electrical Engineering Congress (IEEECON)*, IEEE, 2023.

บรรณานุกรม

- Adams, K. J., Pratt, B., Bose, N., Dubois, L. G., St. John-Williams, L., Perrott, K. M., Ky, K., Kapahi, P., Sharma, V., & MacCoss, M. J. (2020). Skyline for small molecules: a unifying software package for quantitative metabolomics. *Journal of proteome research*, 19(4), 1447-1458.
- Datath, 2023, <https://blog.datath.com/dashboard-data-analysis/>
- DATATH. (มปป.). Dashboard คืออะไร พร้อมประโยชน์และตัวอย่าง. สืบค้น 24 ตุลาคม 2567. จาก <https://blog.datath.com/dashboard-data-analysis/>
- Gehlenborg, N., O'donoghue, S. I., Baliga, N. S., Goesmann, A., Hibbs, M. A., Kitano, H., Kohlbacher, O., Neuweber, H., Schneider, R., & Tenenbaum, D. (2010). Visualization of omics data for systems biology. *Nature methods*, 7(Suppl 3), S56-S68.
- Jing, C., Du, M., Li, S., & Liu, S. (2019). Geospatial dashboards for monitoring smart city performance. *Sustainability*, 11(20), 5648.
- Pavlopoulos, G. A., Secrier, M., Moschopoulos, C. N., Soldatos, T. G., Kossida, S., Aerts, J., Schneider, R., & Bagos, P. G. (2011). Using graph theory to analyze biological networks. *BioData mining*, 4, 1-27.
- Saengsai, A., Onuean, A., Thumcharoen, W., Boonsongsrikul, A., Klinwichit, P., Chinnasarn, K., Phakdee, N., & Wattanamongkhon, N. (2024). Broadband Internet Speed Dashboard for Sustainable Service Improvement in Thailand. 2024 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp),
- Sedrakyan, G., Mannens, E., & Verbert, K. (2019). Guiding the choice of learning dashboard visualizations: Linking dashboard design and data visualization concepts. *Journal of Computer Languages*, 50, 19-38.
- การตลาดวันละตอน. (2564). รายงานผลสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้อินเทอร์เน็ตประเทศไทยในยุค New Normal. สืบค้น 29 กันยายน 2564. จาก <https://www.everydaymarketing.co/trend-insight/survey-results-of-internet-users-in-thailand-2021/>