วิเคราะห์พฤติกรรมในการจอดรถด้วยระบบจอดรถอัจฉริยะ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

ภานุวัตร อุทัยบาล[1], วนิดา แก่นอากาศ[2]
[1,2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Email : panuau@kku.ac.th[1]

Received: Nov 3, 2022
Revised: May 11, 2023
Accepted: May 30, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบนวัตกรรมของระบบจอดรถอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) พร้อมมาตรฐานเทคโนโลยีวิทยุเครือข่ายบริเวณกว้างที่ใช้พลังงานต่ำ (Narrow Band Internet of Things: NB-IoT) ในการตรวจพบสถานะจุดจอดรถว่ามีสถานะว่างหรือไม่ใช้งาน และส่งไปยังฐานข้อมูลบนเทคโนโลยีคลาวด์ (Cloud Technology) และแสดงสถานะการจอดแบบเรียลไทม์ผ่านแอปพลิเคชันมือถือ ระบบนี้ช่วยให้ผู้ใช้ได้ทราบตำแหน่งจุดจอดรถที่ว่างแบบเรียลไทม์โดยได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ 200 จุดในพื้นที่ศึกษาในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น เช่น ในมหาวิทยาลัยขอนแก่น และหน่วยงานราชการในเขตเทศบาลนครขอนแก่น ระบบจอดรถอัจฉริยะนี้ช่วยทำให้เกิดความเข้าใจในพฤติกรรมการใช้พื้นที่จอดรถ ซึ่งข้อมูลนี้เป็นประโยชน์ในการจัดสรรพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สร้างรูปแบบการบริการการจอดรถในวิธีการใหม่ ๆ และการวางแผนการใช้พื้นที่เพื่อสร้างความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ : อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง, เทคโนโลยีวิทยุเครือข่ายบริเวณกว้างที่ใช้พลังงานต่ำ, ระบบจอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

Behavioral Analysis of Parking Behavior with Parking System using Internet of Things Technology

Panuwath Authaibal[1], Wanida Kanarkard[2]
[1,2]Computer Engineering, Khon Kaen University
Email : panuau@kku.ac.th[1]

Received: Nov 3, 2022
Revised: May 11, 2023
Accepted: May 30, 2023

Abstract

This research has developed an innovative prototype of a smart parking system using Internet of Things (IoT) technology, integrating with the Narrow Band Internet of Things (NB-IoT) standard for low-power wide-area networks, to detect the status of parking lots, whether they are vacant or occupied, and send the data to a database on cloud technology. The status of parking lots can then be displayed in real-time through a mobile application. This system has been installed at 200 locations in the study area of Khon Kaen province, including Khon Kaen University and government offices in the municipality area. This smart parking system helps to understand user behavior and parking patterns. The system also helps generate a new approach to parking service and planning for the use of space and can be beneficial in efficient space allocation and planning for economic growth and environmental impact reduction.

Keywords : Internet of Things (IoT), Narrow Band Internet of Things (NB-IoT), Parking system using Internet of Things technology

บทนำ

การจอดรถเป็นกิจกรรมที่สำคัญในชีวิตประจำวันของผู้คนแต่บ่อยครั้งก็มีปัญหาเกี่ยวกับการหาที่จอดรถ[10] เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่จอดรถไม่เพียงพอ หรือไม่สามารถหมุนเวียนการใช้พื้นที่จอดรถได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเข้าใช้งานพื้นที่จอดรถตามสถานที่สำคัญต่าง ๆ เช่น สถานที่ราชการ มหาวิทยาลัย และศูนย์การค้า[11] โดยพื้นที่ดังกล่าวเมื่อมีการใช้บริการมากยิ่งขึ้นทำให้เกิดความต้องการเข้าใช้บริการและความต้องการใช้พื้นที่จอดรถที่มีอยู่จำกัดและมีความต้องการสูงเพื่ออำนวยความสะดวกและแก้ปัญหาแก่ผู้ใช้งานพื้นที่จอดรถ มีหลายงานวิจัยที่พยายามศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้ที่จอดรถ[1, 4, 16] ซึ่งพฤติกรรมของผู้ใช้ที่จอดรถสามารถให้ข้อมูลที่มีค่าเกี่ยวกับการใช้พื้นที่จอดรถ เช่น พื้นที่จอดรถที่ได้รับความนิยมมากขึ้น[19] ช่วงเวลาที่มีความต้องการจอดรถสูง และเวลาที่ผู้ใช้โดยทั่วไปจะจอดรถนานเท่าไร การจะได้มาซึ่งข้อมูลของผู้ใช้ที่จอดรถที่แม่นยำ[2] จึงเป็นที่มาของแนวคิดการพัฒนางานวิจัยนี้ที่ต้องการเก็บข้อมูลโดยคำนึงถึงการพัฒนาอุปกรณ์ที่ดำเนินงานในการเก็บข้อมูลเพื่อช่วยศึกษาพฤติกรรม ภายใต้ทรัพยากรที่จำกัดเพื่อความคุ้มค่าต่อการใช้งานพื้นที่จอดรถ[3,17] ดังนี้

การส่งข้อมูลได้ทำการเลือกเทคโนโลยีวิทยุเครือข่ายบริเวณกว้างที่ใช้พลังงานต่ำ (Narrow Band Internet of Thing: NB-IoT) เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้อุปกรณ์เซนเซอร์ (Sensor) สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ด้วยพลังงานที่ต่ำมาก มีคุณสมบัติสำหรับระบุข้อมูล (Tracking) เนื่องจากเป็นโครงข่ายโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่แล้วในพื้นที่เมืองเขตเทศบาลเมืองโดยมีเสาสัญญาณครอบคลุม จากวิจัยเรื่อง A Review of Smart Parking Using Internet of Things (IoT)[13] ได้แนะนำว่า สถาปัตยกรรมในการออกแบบอุปกรณ์ที่ทำการเก็บข้อมูลต้องออนไลน์อยู่ตลอดเวลา โดยอาศัยเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Thing : IoT)

งานวิจัยชิ้นนี้ได้นำการแก้ไขกระบวนการประมวลผลข้อมูลโดยใช้บอร์ดควบคุมอาร์ดูโน่ (Arduino) เนื่องจากมีต้นทุนอุปกรณ์ถูกกว่าอุปกรณ์อื่น และหาได้ง่ายในท้องถิ่นโดยแตกต่างจากงานวิจัยเดิมที่มีการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ได้แก่ ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi3) ที่มีราคาสูงและการเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ตรวจจับโลหะ (Inductive Proximity Sensor) ที่เลือกมาพัฒนาเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลวิจัยไม่สามารถใช้ร่วมกันได้ การพัฒนาอุปกรณ์เพื่อติดตั้งสำหรับเก็บข้อมูลในพื้นที่จอดรถที่ทำการติดตั้งในแต่ล่ะพื้นที่ได้มีการเลือกใช้งานเซนเซอร์เพื่อส่งข้อมูลโดยทำการเลือกเซนเซอร์ที่ดีกว่าเซนเซอร์ Ultrasonic โดยการวิจัยนี้ได้ทำการเลือกใช้ เซนเซอร์ตรวจจับโลหะ (Inductive Proximity Sensor) เนื่องจากเซนเซอร์วัดระยะวัตถุ Ultrasonic วัดได้แค่ระยะทางและเก็บข้อมูลทุกสิ่งที่เข้าใกล้เซนเซอร์ บางวัตถุอาจไม่ใช่รถในเก็บข้อมูล

ดังนั้นจึงเลือกเซ็นเซอร์ตรวจจับโลหะ (Inductive Proximity Sensor) ซึ่งสอดคล้องกับการเก็บข้อมูลจริง ๆ โดยอุปกรณ์ดังกล่าวได้ทำการพัฒนาเพื่อส่งข้อมูลร่วมกับการทำงานส่งข้อมูลผ่านวิทยุเครือข่ายบริเวณกว้างที่ใช้พลังงานต่ำ (Narrow Band Internet of Thing: NB-IoT) จากงานวิจัย SVPS: Cloud-based smart vehicle parking system over ubiquitous VANETs[14] ที่ระบุโดยคำนึงถึงการส่งสัญญาณไร้สายด้วยคลื่นวิทยุบนความถี่ 800 - 2100 MHz โดยต้องมีอุปกรณ์ขนาดเหมาะกับพื้นที่ ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 แสดงภายในอุปกรณ์

การเข้าใช้งานในพื้นที่จอดรถที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์เก็บข้อมูลในแต่ล่ะพื้นที่ จะทำการตรวจจับข้อมูล โดยเซนเซอร์ตรวจจับโลหะ (Inductive Proximity Sensor) จะทำการส่งสัญญาณข้อมูล ไปประมวลได้โดยทันที (Real time) ข้อมูลที่ได้มาจะถูกจัดเก็บ โดยส่งไปไว้ในฐานข้อมูลบนเทคโนโลยีคลาวด์ (Cloud Technology) จากนั้นข้อมูลที่ถูกเก็บจะถูกนำมาวิเคราะห์ เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมและแนะนำการใช้งาน โดยมีการคาดการณ์แนวโน้มพื้นที่จอดรถที่ว่าง พร้อมทั้งนำเสนอทางเลือก พื้นที่จอดรถที่ว่างในแต่ละสถานที่อื่น ๆ ในระยะเวลาไล่เรียงกัน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมารวบรวมและสร้างเป็นระบบที่ช่วยในการสร้างระบบพยากรณ์พื้นที่ว่างในพื้นที่จอดรถให้แม่นยำสูงขึ้นและเกิดการหมุนเวียนทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดความเหมาะสมที่สุด

นอกจากนั้นสามารถพยากรณ์และแนะนำพื้นที่จอดรถเพื่อให้เหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้งานพื้นที่จอดรถต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้งานพื้นที่จอดรถโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

ระเบียบวิธีวิจัย

ดำเนินการศึกษากระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล เลือกกรรมวิธีวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาและสร้างเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูลมาเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรม ดังต่อไปนี้

1. ทรัพยากรที่ใช้ในการทำการวิจัย ได้แก่ เซนเซอร์ตรวจจับโลหะ (Inductive Proximity Sensor) พร้อมแผงวงจรควบคุม โดยมีคุณสมบัติตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะระยะไม่เกิน 1.5 เมตร โดยมีการเขียนชุดคำสั่งควบคุมให้เซนเซอร์ทำการส่งข้อมูลไปยังแผงวงจรควบคุม โดยมีหลักการดังนี้ เมื่อตรวจจับวัตถุที่เป็นประเภทโลหะ ในระยะไม่เกิน 1.5 เมตร จะทำการส่งข้อมูล และดีกว่าเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ Ultrasonic โดยทำงานสัมพันธ์กับเทคโนโลยีวิทยุเครือข่ายบริเวณกว้างที่ใช้พลังงานต่ำ (Narrow Band Internet of Thing: NB-IoT) โดยมีคุณสมบัติของอุปกรณ์มีดังนี้ มีอายุแบตเตอรี่อยู่ที่ 5 ปี เมื่อใช้กับแบตเตอรี่ ขนาด 5 วัตต์ต่อชั่วโมง ระยะการสื่อสารไกลที่สุดถึง 10 กิโลเมตร จากตัวอุปกรณ์ถึงสถานที่ที่ติดตั้งเครื่องรับ-ส่งสัญญาณ (Cell site) ที่ใกล้ที่สุด โดยสรุปเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบเครือข่ายสัญญาณไร้สาย

ลำดับ	ประเภทเครือข่ายไร้สาย	อัตราการใช้พลังงาน	อัตราในการส่งข้อมูล	ช่องความถี่	ระยะทาง
1.	Wi-Fi	สูง	11 mbps - 1 gbps	2.4 Ghz, 5 GHz	10 - 200 เมตร
2.	4G	ปานกลาง - สูง	72 mbps - 100 mbps	850/900/1900/2100 GHz	1 - 5 กิโลเมตร
3.	LoRaWAN	ต่ำ	100 bytes - 200 Kbps	920–925 MHz	1 - 15 กิโลเมตร
4.	NB-IoT	ต่ำ	20 kbps (Single-tone)	500MHz-1GHz	1 - 10 กิโลเมตร

จากตารางที่ 1 ได้ทำการเลือกเครือข่ายเทคโนโลยีวิทยุเครือข่ายบริเวณกว้างที่ใช้พลังงานต่ำ (Narrow Band Internet of Thing: NB-IoT) ซึ่งเป็นเครือข่ายสัญญาณไร้สายที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่น เนื่องจากเป็นโครงข่ายโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่แล้วในพื้นที่เมือง เขตเทศบาลเมือง โดยมีเสาสัญญาณครอบคลุมและได้รับการสนับสนุนโดยมีการให้บริการ 2 เครือข่ายหลักภายในประเทศ คือ AIS และ True เป็นผู้ให้บริการและได้รับการสนับสนุนสัญญาณจากบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) (AIS) ที่เป็นผู้สนับสนุนและให้ใช้โครงข่ายแบบอิสระ ในส่วนโครงข่าย LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) จะต้องมีการติดตั้งสถานีสำหรับส่งสัญญาณโดยเฉพาะและต้องมีการขออนุญาติเจ้าของพื้นที่ที่เป็นอาคารตึกสูง

2. กลุ่มตัวอย่างข้อมูล จำนวนทั้งหมด 200 จุด โดยจะใช้ข้อมูลจากพื้นที่ ได้แก่ จังหวัดขอนแก่น เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่ พฤศจิกายน 2562 - ธันวาคม 2564 รวมเป็นทั้งสิ้น 2 ปี 2 เดือน ซึ่งการเลือกสถานที่เก็บข้อมูลเป็นหน่วยงานราชการที่มีให้บริการประชาชนจำนวนมาก และเป็นเครือข่ายความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยขอนแก่น แสดงในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงสถานที่ติดตั้ง

ลำดับ	สถานที่	จำนวน (ชุด)
1	ศาลากลางจังหวัดขอนแก่น	19
2	เทศบาลนครขอนแก่น	20
3	สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยขอนแก่น	30
4	โรงพยาบาลศรีนครินทร์	54
5	สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยขอนแก่น	16
6	สำนักงานอุทยานวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น	16
7	ที่ว่าการอำเภอเมืองขอนแก่น	20
8	องค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น	25
	รวมทั้งสิ้น	**200**

จากตารางที่ 2 จำนวนและตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์ถูกกำหนดตามความต้องการของหน่วยงานราชการที่ต้องการให้มีการหมุนเวียนการใช้งานที่จอดรถในพื้นที่ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มีการติดตั้งในจำนวนที่ไม่เท่ากัน ได้แก่ ศาลากลางจังหวัดขอนแก่น เทศบาลนครขอนแก่น ที่ว่าการอำเภอเมืองขอนแก่น และองค์การบริหารส่วนจังหวัดขอนแก่น โดยสถานที่ดังกล่าวต้องขออนุญาตไปทางศาลากลาง จังหวัดขอนแก่น โดยมีคำสั่งให้ติดตั้งไม่เกิน 25 จุดต่อ 1 พื้นที่ โดยคิดสัดส่วนจำนวนผู้ใช้บริการที่มาติดต่อราชการตามขนาดของพื้นที่ เช่น ที่ว่าการอำเภอเมือง และ

เทศบาลนครขอนแก่น มีจำนวนจุดจอดรถที่มีอยู่เดิมมีจำนวนมาก โดยคิดอัตราส่วนจุดติดตั้งไม่เกินร้อยละ 15 ของพื้นที่จอดรถทั้งหมด อีกทั้งเป็นข้อจำกัดการให้อนุญาตของแต่ละพื้นที่ จึงทำการติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อไม่ให้กระทบต่อผู้ใช้บริการส่วนสถานที่อื่น ๆ ได้แก่ สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยขอนแก่น โรงพยาบาลศรีนครินทร์ และสำนักงานอุทยานวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สามารถดำเนินการติดตั้งได้ทันที ตามจำนวนผู้ใช้บริการจุดจอดรถและสอดคล้องกับขนาดของพื้นที่ ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 หน่วยงานความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่อนุญาตให้ใช้พื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์เป็นพื้นที่ศึกษา

3. เครื่องมือออกแบบหน้าต่างแสดงผล โดยเลือกใช้ภาษาโปรแกรมดังนี้

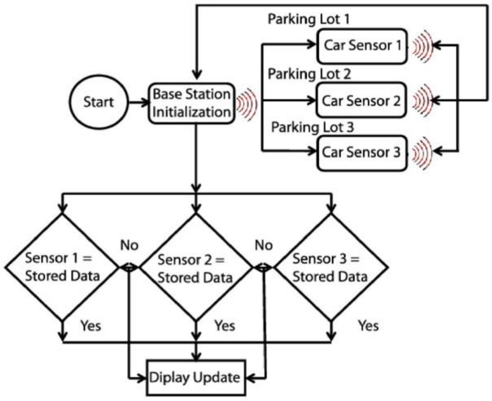
- ภาษาโปรแกรม ได้แก่ Node JS, PHP, Python
- ภาษาจัดการฐานข้อมูล ได้แก่ SQL
- ภาษาแสดงผล ได้แก่ HTML, CSS
- โปรแกรม Microsoft Power BI เพื่อแสดงผลในรูปแบบ Data Visualization

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการเก็บรวบข้อมูลการใช้งานจุดจอดรถ โดยใช้เซนเซอร์ในการเก็บข้อมูลการใช้พื้นที่จอดรถและนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยนำข้อมูลเชิงปริมาณมาใช้ในการวิเคราะห์สถิติพรรณนา ประกอบด้วย ร้อยละ (Percentage) ค่าสูงสุด (Maximum) และค่าต่ำสุด (Minimum)

ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาได้แนวคิดหรือผังกระบวนการทำงานของเซนเซอร์ โดยมีขั้นตอนเริ่มต้นเมื่อมีการตรวจพบวัตถุ เซนเซอร์จะส่งสถานะว่าไม่ว่าง ทำการส่งข้อมูลและสุดท้ายคือการจัดเก็บ เมื่อทำการจัดเก็บก็จะประมวลผลและนำมาแสดงผล โดยการทำงานจะวนซ้ำไปอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง Smart Parking Guidance, Monitoring and Reservations[7] ดังรูปที่ 3



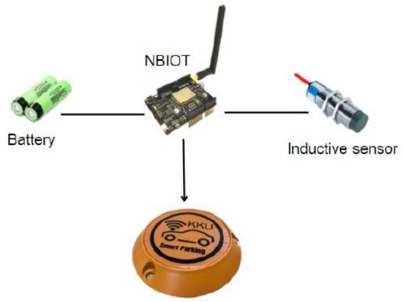
รูปที่ 3 แสดงการทำงานของเซ็นเซอร์

นอกเหนือจากนั้นจะมีการออกแบบสถาปัตกรรมการส่งข้อมูล โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of thing : IoT) ผ่านเครือข่ายเทคโนโลยีวิทยุเครือข่ายไร้สายบริเวณกว้างที่ใช้พลังงานต่ำ (Narrow Band Internet of Thing : NB-IoT) แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการตรวจพบวัตถุประเภทโลหะ โดยเซนเซอร์จะทำการส่งข้อมูลผ่าน

บอร์ดควบคุม โดยต้องมีเสาสัญญาณบริเวณนั้นเพื่อเชื่อมโยงกับระบบ ฐานข้อมูลบนเทคโนโลยีคลาวด์ (Cloud Technology) หลังจากนั้นจะทำการจัดเก็บและประมวลผล การพัฒนาอุปกรณ์เซนเซอร์สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง SVPS: Cloud-based smart vehicle parking system over ubiquitous VANETs[14] ทำการทดลองส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายสัญญาณไร้สายด้วยคลื่นวิทยุบนความถี่ 800 - 2100 MHz โดยส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายสัญญาณผู้ให้บริการในประเทศไทย คือ บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) (AIS) ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 ผังแนวคิดการทำงานของระบบผ่านเครือข่ายไร้สาย

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เซนเซอร์โดยสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง[12] และเรื่อง Parking Survey Made Efficient in Intelligent Parking Systems[5] กล่าวถึงการพัฒนาอุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับเก็บข้อมูล ประกอบด้วย บอร์ดควบคุม แหล่งจ่ายพลังงาน และเซนเซอร์ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงองค์ประกอบของลักษณะเซนเซอร์ใช้ในการเก็บข้อมูล

การศึกษาการพัฒนาอุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับเก็บข้อมูลพื้นที่จอดรถประกอบด้วยอุปกรณ์ โดยสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 3 รายการอุปกรณ์

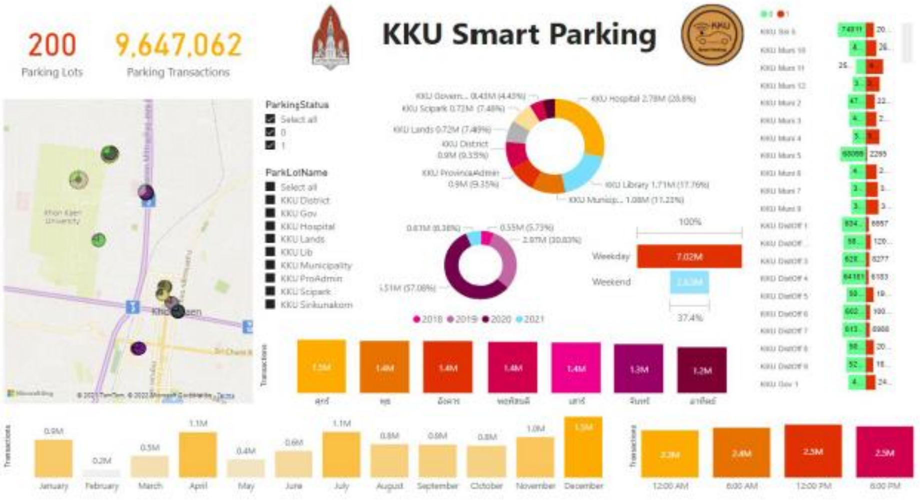
ลำดับ	รายการ	จำนวน (ชุด)
1	บอร์ดส่งข้อมูล (NB-IOT)	1
2	เซนเซอร์ตรวจจับโลหะ (Inductive Proximity Sensor)	1
3	แบตเตอรี่ ขนาด 10800 mAh	6
4	โครงเหล็ก	1
5	พลาสติกครอบ	1
6	อุปกรณ์อื่น ๆ	1

จากตารางที่ 3 แสดงถึงส่วนประกอบในการจัดทำอุปกรณ์ที่ใช้ในประกอบ เซนเซอร์ตรวจจับและส่งสัญญาณข้อมูลผ่านบอร์ดควบคุมเมื่อทำการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลและติดตั้งจึงได้จัดทำแอพพลิเคชั่นเพื่อการแสดงผลให้

สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง Parking Survey Made Efficient in Intelligent Parking Systems[6] มีการประมวลและแสดงผลข้อมูลแบบทันทีโดยสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง A Real-Time Parking Prediction System for Smart Cities[18] แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับเก็บข้อมูล จะปรากฏข้อมูล ดังนี้ ชื่อสถานที่ พิกัด GPS และสถานะข้อมูล โดยข้อมูลดังกล่าวจะสัมพันธ์กับเวลา ณ ขณะนั้น ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 หน้าแสดงผลของข้อมูล

ผลการศึกษาพฤติกรรมการใช้งานได้ดำเนินการเก็บข้อมูลจากเซนเซอร์ ทำการติดตั้ง โดยจัดเก็บในรูปแบบฐานข้อมูล หลังจากนั้นได้ทำการ นำข้อมูลมาแสดงผลในรูปแบบหน้าต่างข้อมูลประเภทกราฟ และ Data Visualization เพื่อนำเสนอข้อมูลการใช้งานจุดจอดรถทั้งหมด ตามจุดติดตั้งในพื้นจังหวัดขอนแก่นทั้งหมด 200 จุด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562-2564 ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงข้อมูลการใช้จุดจอดรถ

จากการเก็บข้อมูลการใช้จุดจอดรถได้แบ่งการใช้ตามสถานที่ที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับเก็บข้อมูล โดยสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 4 จำนวนใช้งานตามสถานที่

ลำดับ	สถานที่	จำนวนครั้งในการใช้งาน	คิดเป็นร้อยละ
1	โรงพยาบาลศรีนครินทร์	2,778,093	28.8
2	สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัย	1,713,663	17.76
3	ที่ว่าการอำเภอเมือง ขอนแก่น	1,083,432	11.23
4	เทศบาลนครขอนแก่น	902,404	9.35
5	องค์การบริหารส่วน จังหวัดขอนแก่น	722,288	9.33
6	สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยขอนแก่น	721,213	7.49
7	สำนักงานอุทยาน วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น	427,025	7.48
8	ศาลากลางจังหวัด ขอนแก่น	398,010	4.43
	รวม	**9,647,062**	**100**

จากตารางที่ 4 แสดงจำนวนครั้งการใช้งานตามสถานที่ จากการเก็บข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับเก็บข้อมูล สรุปข้อมูลการใช้งานจุดจอดรถมากที่สุด คือ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ คิดเป็นร้อยละ 28.8 รองลงมาคือ สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยขอนแก่น คิดเป็นร้อยละ 17.76 ถัดมาคือ ที่ว่าการอำเภอ คิดเป็นร้อยละ 11.23 และพื้นที่จอดรถว่างน้อยที่สุดคือ ศาลากลางจังหวัดขอนแก่น คิดเป็นร้อยละ 4.43 แสดงให้เห็นว่าการใช้จุดจอดรถมากที่สุด คือ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ ทำให้ทราบว่าพฤติกรรมการใช้พื้นที่จอดรถจะสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้งาน คือโรงพยาบาลมีความสำคัญในการใช้งานมากกว่าพื้นที่หน่วยงานราชการอื่น ๆ นอกจากนี้ได้ทำการนำข้อมูลมาวิเคราะห์เป็นรอบเดือน ดังนี้

ตารางที่ 5 จำนวนใช้งานแยกสัดส่วนตามเดือน

เดือน	จำนวนครั้ง	คิดเป็นร้อยละ	พื้นที่ว่างร้อยละ	พื้นที่ไม่ว่างร้อยละ
มกราคม	905,855	9.39	8.72	8.30
กุมภาพันธ์	189,654	1.97	3.01	8.82
มีนาคม	518,773	5.38	7.24	8.43
เมษายน	1,087,762	11.28	12.15	7.99
พฤษภาคม	436,833	4.53	5.95	8.55
มิถุนายน	637,602	6.61	7.56	8.40
กรกฎาคม	1,093,919	11.34	11.47	8.05
สิงหาคม	800,024	8.29	4.87	8.65
กันยายน	789,585	8.18	4.13	8.72
ตุลาคม	763,164	7.91	7.74	8.39
พฤศจิกายน	969,187	10.05	10.68	8.12
ธันวาคม	1,454,722	15.08	16.47	7.59

จากตารางที่ 5 จะเห็นว่ามีการแสดงพื้นที่ว่างโดยมีการนำค่าข้อมูลจากอุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับเก็บข้อมูลโดยส่งค่าข้อมูลคือ 0 โดยเมื่อไม่มีวัตถุเป็นโลหะมาคล่อมเซนเซอร์และค่าข้อมูลคือ 1 คือเมื่อมีวัตถุเป็นโลหะมาคล่อมเซ็นเซอร์ จะมีการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับเก็บข้อมูล สรุปเดือนที่มีการใช้น้อยที่สุด คือ เดือนธันวาคม คิดเป็นร้อยละ 16.47 รองลงมาคือเดือนเมษายน และเดือนที่ใช้งานจุดจอดรถมากที่สุดคือ เดือนกุมภาพันธ์ คิดเป็นร้อยละ 8.82 รองลงมาคือ เดือนกันยายน

นอกจากนี้ได้ทำการนำข้อมูลมาแยกเป็นตามวันในสัปดาห์ ดังนี้

ตารางที่ 6 แยกตามวันในสัปดาห์

วัน	จำนวนครั้ง	คิดเป็นร้อยละ	พื้นที่ว่างร้อยละ	พื้นที่ไม่ว่างร้อยละ
จันทร์	1,335,580	13.84	15.5	11.83
อังคาร	1,416,008	14.68	14.9	14.41
พุธ	1,420,961	14.73	14.2	15.34
พฤหัสบดี	1,396,286	14.47	14.2	14.79
ศุกร์	1,451,659	15.05	14.1	16.20
เสาร์	1,377,262	14.28	14.1	14.52
อาทิตย์	1,249,306	12.95	13.0	12.91

จากตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่า วันที่มีจุดจอดรถว่างที่สุดคือ วันจันทร์ คิดเป็นร้อยละ 15.5 และวันที่มีจุดจอดรถไม่ว่างที่สุดคือ วันศุกร์ คิดเป็นร้อยละ 16.20

นอกจากนี้ได้นำข้อมูลมาแบ่งเป็นช่วงเวลาดังนี้

ตารางที่ 7 แสดงข้อมูลตามช่วงเวลา

เวลา	จำนวนครั้ง	ร้อยละ	พื้นที่ว่าง ร้อยละ	พื้นที่ไม่ว่าง ร้อยละ
06.00 - 12.00	2,538,940	24.79	22.06	28.11
12.00 - 18.00	2,265,704	23.49	28.18	32.23
18.00 - 00.00	2,451,293	25.41	28.27	21.91
00.00 - 06.00	2,391,125	26.32	21.49	17.75

จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่ามีการแบ่งช่วงเวลาออกเป็นทั้งหมด 4 ช่วงเวลา โดยช่วงเวลาที่มีการใช้จุดจอดรถว่างที่สุดคือเวลา 18.00 – 00.00 น. คิดเป็นร้อยละ 28.27 และช่วงเวลาที่มีการใช้จุดจอดรถไม่ว่างที่สุดคือเวลา 12.00 – 18.00 น.

สถานที่ที่ให้บริการสำคัญ ๆ มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับข้อมูลเซนเซอร์ เช่น สถานที่มีการใช้บริการมากที่สุด คือโรงพยาบาล มีการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ แต่บางจุดที่ให้บริการ สำคัญ ๆ มีการใช้บริการพื้นที่น้อย เนื่องจากปัจจัย สำคัญคือ เป็นบริเวณพื้นที่สงวนและให้บริการเพียงชั่วคราวในระยะสั้น ๆ โดยจะสอดคล้องกับการใช้งานจริงคือโรงพยาบาลจะมีการใช้งานอย่างหนาแน่น เดือนเมษายน จากข้อมูลวิเคราะห์นี้ทำให้ทางโรงพยาบาลทราบความต้องการการใช้พื้นที่ได้แม่นยำมากขึ้น จึงได้มีการเพิ่มนโยบายขยายการให้บริการพื้นที่เพิ่มเติมเป็นการเฉพาะกิจในช่วงเวลาและเดือนที่พบการใช้งานสูง โดยได้ขอความอนุเคราะห์ของพื้นที่คณะฯ ที่อยู่ใกล้เคียงให้กับผู้รับบริการของโรงพยาบาล ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวคณะนั้นไม่ได้มีความจำเป็นเนื่องจากอยู่ในช่วงระหว่างปิดเทอม ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบจอดรถอัจฉริยะสามารถให้ข้อมูลในการตัดสินใจกับผู้บริหารและนำมาใช้ในการวางแผนยุทธศาสตร์การบริหารพื้นที่จอดรถ

สรุปและอภิปรายผล

ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งผ่านเครือข่ายเทคโนโลยีวิทยุเครือข่ายบริเวณกว้างที่ใช้พลังงานต่ำ (Narrow band Internet of Things Things : NB-IoT) เนื่องจากเป็นโครงข่ายโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่แล้วในพื้นที่เมือง โดยมีเสาสัญญาณครอบคลุมและได้รับการสนับสนุนโดยมีการให้บริการ เครือข่ายหลักภายในประเทศ ได้รับการสนับสนุนสัญญาณจากบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) (AIS) ที่เป็นผู้สนับสนุนและให้ใช้โครงข่ายแบบอิสระ แทนที่จะเลือกใช้โครงข่าย LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) ซึ่งจะต้องมีการติดตั้งสถานีสำหรับส่งสัญญาณโดยเฉพาะและต้องมีการขออนุญาติเจ้าของพื้นที่ที่เป็นอาคารตึกสูง และมีการลงทุนในส่วนอุปกรณ์ค่อนข้างสูง ทำให้ระบบจอดรถอัจฉริยะของงานวิจัยนี้สามารถช่วยให้การจอดรถเป็นเรื่องง่ายและสะดวกมากขึ้น ช่วยลดเวลาในการค้นหาที่จอดรถ และช่วยค้นหาพื้นที่จอดรถที่ใกล้เคียงเพื่อช่วยในการหมุนเวียนทรัพยากรการใช้พื้นที่ที่มีอย่างจำกัด และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ยังสามารถสะท้อนพฤติกรรมของผู้ใช้พื้นที่จอดรถว่ามีรถอยู่ในบริเวณดังกล่าว ปริมาณเท่าไหร่ โดยแต่ละพื้นที่ แยกเป็นบริเวณต่าง ๆ ในแต่ละจุด พื้นที่จอดรถที่ใช้งานมากที่สุด ซึ่งความสำเร็จที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยนี้ได้รับการตอบรับจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่ให้ความสนใจที่จะนำไปติดตั้งการใช้งาน โดยได้มีการขยายผลไปติดตั้งที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อย่างไรก็ดีก็งานวิจัยนี้ก็ยังพบข้อจำกัดบางเรื่องที่พบสาเหตุที่ทำให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความผิดพลาดของการส่งข้อมูลผ่าน

สัญญาณไร้สาย และบางพื้นที่มีสิ่งแวดล้อมที่อาจส่งผลต่อการรบกวนการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กที่ส่งผลต่ออุปกรณ์เซนเซอร์ การปรับปรุงและพัฒนางานในอนาคต สามารถแก้ไขได้โดยการส่งซ้ำของข้อมูล[8] และการวิเคราะห์ภาพการใช้พื้นที่ผ่านกล้องวงจรปิดในบริเวณดังกล่าว หรือการนำเอาเทคโนโลยีเรียนรู้ด้วยเครื่อง (Machine Leaning)[15] มาประยุกต์ใช้ในการคาดการณ์โอกาสที่จะเกิดการใช้พื้นที่ที่ว่าง เพื่อช่วยให้การวางแผนการใช้พื้นที่ให้มีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัย “วิเคราะห์พฤติกรรมในการจอดรถด้วยระบบจอดรถอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง” เสร็จสมบูรณ์เป็นอย่างดีได้ด้วยความช่วยเหลือ และการให้คำปรึกษาจากศาสตราจารย์ ดร. วนิดา แก่นอากาศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ปรึกษาที่ได้ให้ข้อคิดเห็นคำแนะนำและชี้แนะแนวความรู้ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการศึกษาบทความวิจัยนี้สำเร็จเรียบร้อยตามวัตถุประสงค์ และหน่วยงานเครือข่ายความร่วมมือที่ให้ความอนุเคราะห์ติดตั้งอุปกรณ์และแนะนำให้ผู้รับบริการของหน่วยงานเข้าใช้งานระบบจอดรถอัจริยะ

References

[1] Ajeng, Carolina, and Tae-Hyoung Gim. “Analyzing On-Street Parking Duration and Demand in a Metropolitan City of a Developing Country: A Case Study of Yogyakarta City, Indonesia.” *Sustainability,* vol. 10, no. 3, p. 591, Feb. 2018, https://doi.org/10.3390/su10030591.

[2] Al- Turjman, Fadi, and Arman Malekloo. “Smart Parking in IoT-Enabled Cities: A Survey.” *Sustainable Cities and Society,* vol.49, p. 101608, 2019, https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101608.

[3] Baros, Jan, et al. “Development of Application for Control of SMART Parking Lot.” *IFAC-PapersOnLine,* vol. 52, no. 27, pp. 19–26, 2019, https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.726.

[4] Barter, Paul A. “Parking Requirements in Some Major Asian Cities.” Transportation Research Record: *Journal of the Transportation Research Board,* vol. 2245, no. 1, pp. 79–86, 2011, https://doi.org/10.3141/2245-10.

[5] Chen, Na, et al. “Parking Survey Made Efficient in Intelligent Parking Systems.” *Procedia Engineering,* vol.137, pp. 487–95, Jan. 2016, https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.284.

[6] Faheem, et al. “A Survey of Intelligent Car Parking System.” *Journal of Applied Research and Technology,* vol. 11, no. 5, pp. 714–26, Oct. 2013, https://doi.org/10.1016/S1665-6423(13)71580-3.

[7] Kotb, Amir O., et al. *Smart Parking Guidance, Monitoring and Reservations: A Review.* University of Liverpool, 2017, http://dx.doi.org/10.1109/mits.2017.2666586.

[8] Lan, Kun-Chan, and Wen-Yuah Shih. “An Intelligent Driver Location System for Smart Parking.” Expert Systems with Applications, vol. 41, no. 5, pp. 2443–56, Apr. 2014, https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.09.044.

[9] Li, Bo, et al. "MADM-Based Smart Parking Guidance Algorithm." *PLOS ONE,* vol.12, no.12, p. e0188283, Dec. 2017, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188283.

[10] Lynn, Theo, and Charles Wood. "Smart Streets as a Cyber-Physical Social Platform: A Conceptual Framework." *Sensors,* vol. 23, no. 3, p. 1399, Jan. 2023, https://doi.org/10.3390/s23031399.

[11] Parmar, Janak, et al. "Study on Demand and Characteristics of Parking System in Urban Areas: A Review." *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition),* vol. 7, no. 1, pp. 111–24, 2020, https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.09.003.

[12] Perković, T., et al. "Smart Parking Sensors: State of the Art and Performance Evaluation." *Journal of Cleaner Production,* vol. 262, p. 121181, 2020, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121181.

[13] Rupani, Sahil, and Nishant Doshi. "A Review of Smart Parking Using Internet of Things (IoT)." *Procedia Computer Science,* vol. 160, pp. 706–11, Jan 2019, https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.023.

[14] Safi, Qamas Gul Khan, et al. "SVPS: Cloud-Based Smart Vehicle Parking System over Ubiquitous VANETs." *Computer Networks and ISDN Systems,* vol. 138, pp. 18–30, June 2018, https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.03.034.

[15] Sai Sree, Gurrala, et al. *"An Analysis of Intelligent Parking System Using Artificial Intelligence for IoT Applications."* Advances in Transdisciplinary Engineering, edited by Kvs Ramachandra Murthy et al., IOS Press, 2023, https://doi.org/10.3233/ATDE221303.

[16] Thanh Truong, Thi My, and An Minh Ngoc. "Parking Behavior and the Possible Impacts on Travel Alternatives in Motorcycle-Dominated Cities." *Transportation Research Procedia,* vol. 48, pp. 3469–85, 2020, https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.105.

[17] Truong, Thi My Thanh. Impacts of Digitalisation on Travel Behaviour in Hanoi City Centre. 2021, p. 040004, https://doi.org/10.1063/5.0070725.

[18] Vlahogianni, Eleni I., et al. "A Real-Time Parking Prediction System for Smart Cities." *Journal of Intelligent Transportation Systems,* vol. 20, no. 2, pp. 192–204, Jan. 2016, https://doi.org/10.1080/15472450.2015.1037955.

[19] Zhang, Junyi, and Shenjing He. "Smart Technologies and Urban Life: A Behavioral and Social Perspective." *Sustainable Cities and Society,* vol.63, p. 102460, 2020, https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102460.