

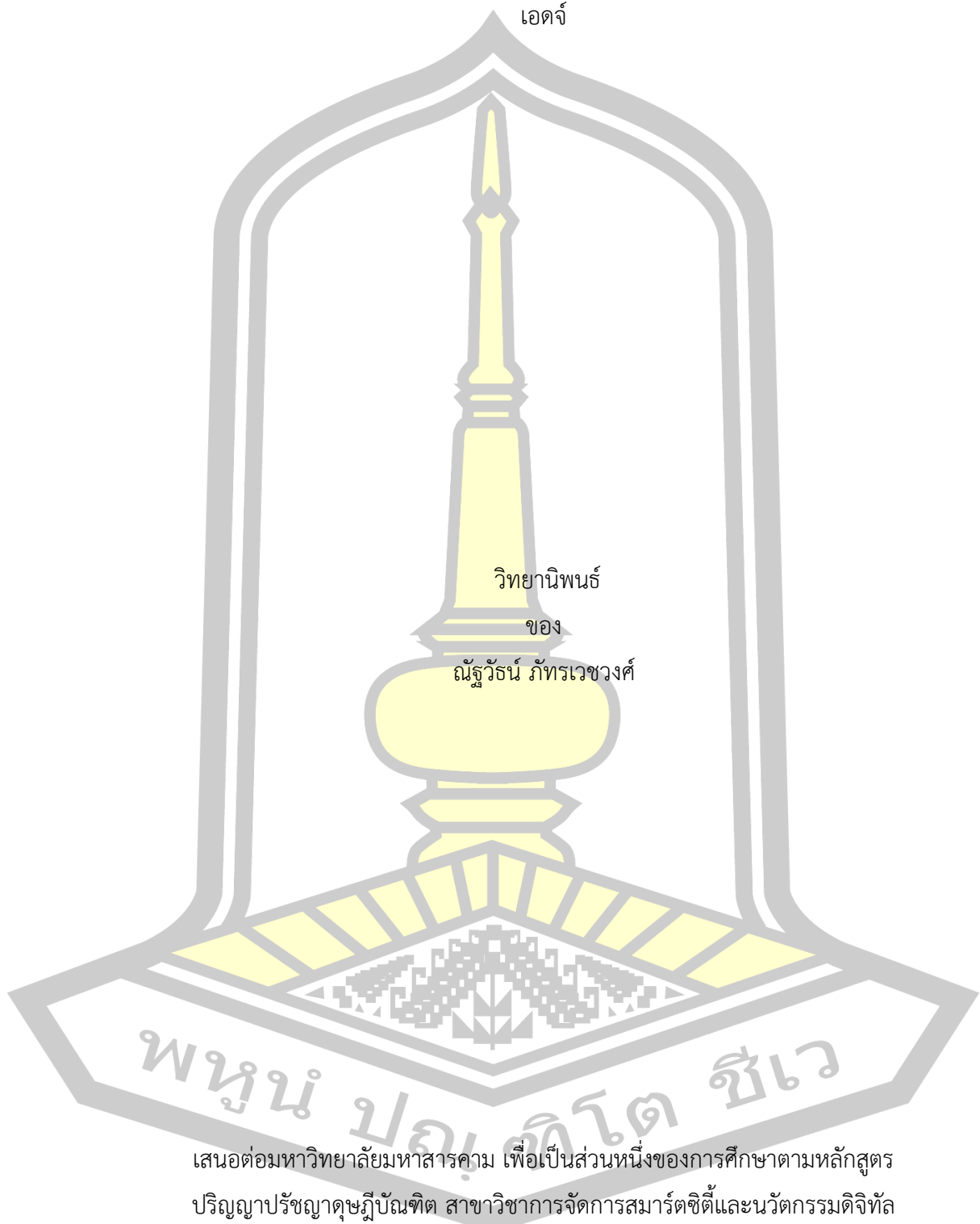
การพัฒนาสนามกีฬาอัจฉริยะในประเทศไทยบนพื้นฐานของเทคโนโลยีไอโอทีและการประมวลผล
เอตจี

วิทยานิพนธ์
ของ
ณัฐวัธน์ ภัทรเวชวงศ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสารสนเทศดีและนวัตกรรมดิจิทัล
ธันวาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาสนามกีฬาอัจฉริยะในประเทศไทยบนพื้นฐานของเทคโนโลยีไอโอทีและการประมวลผล
เอ็ดจ์



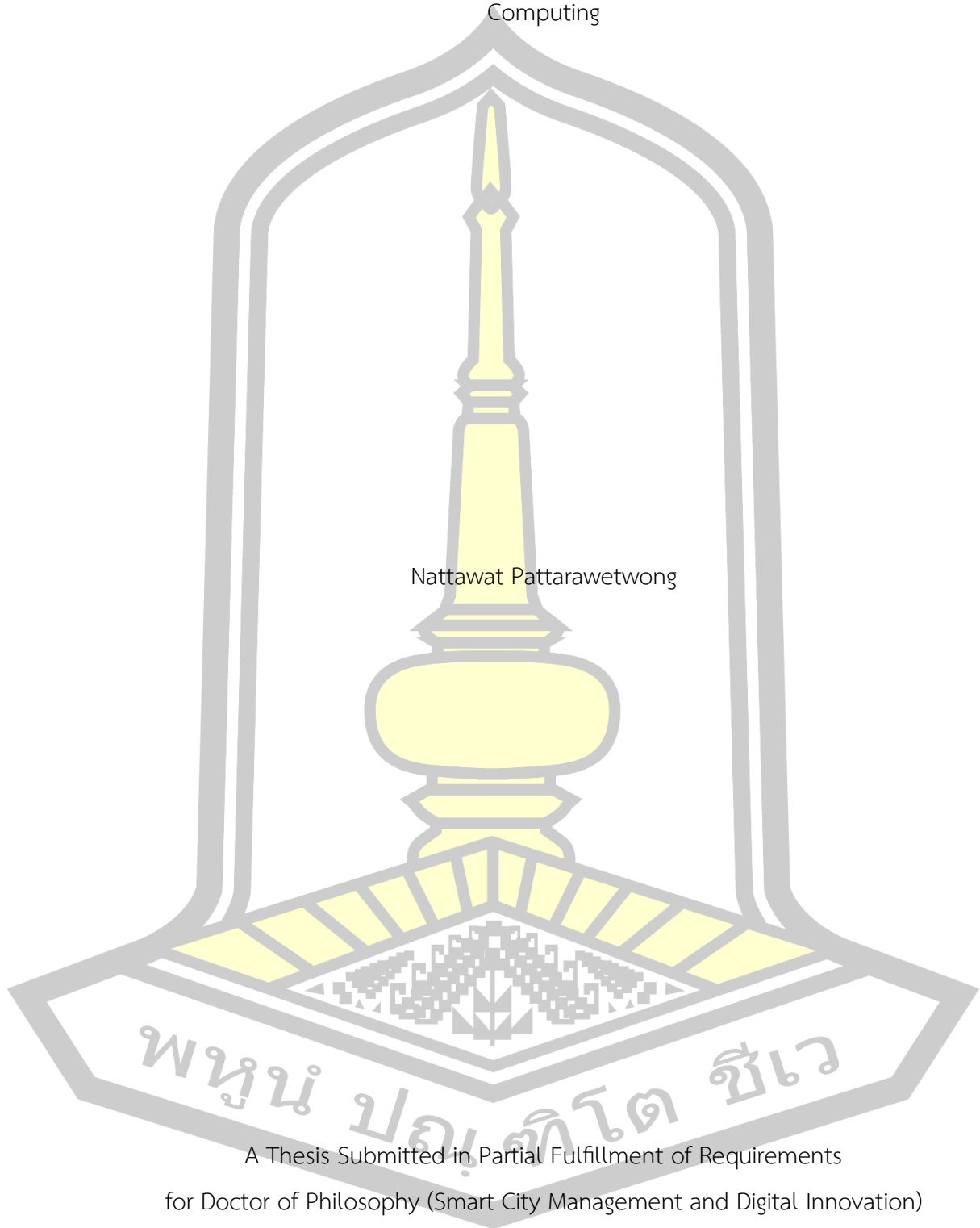
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสารสนเทศดีและนวัตกรรมดิจิทัล

ธันวาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of Smart Stadiums in Thailand based-on IoT Technology and Edge
Computing

Nattawat Pattarawetwong



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Doctor of Philosophy (Smart City Management and Digital Innovation)

December 2025

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายณัฐวัฒน์ ภัทรเวทวงศ์
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการ
จัดการสมาร์ตซิตี้และนวัตกรรมดิจิทัล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศ. ดร. ระพีพันธ์ ปิตาคะโส)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. จรวย สาวีถี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผศ. ดร. อริศพัชร สุทธิดี)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. มณีรัตน์ วงษ์ขี้ม)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(อ. ดร. นวรงค์ ชลคุป)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสมาร์ตซิตี้และนวัตกรรมดิจิทัล ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. จรวย สาวีถี)

คณบดีคณะการบัญชีและการจัดการ

.....
(ผศ. ดร. พลเดช เขาวรัตน์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาสนามกีฬาอัจฉริยะในประเทศไทยบนพื้นฐานของเทคโนโลยีไอโอทีและการประมวลผลเอ็ดจ์		
ผู้วิจัย	ณัฐวัฒน์ ภัทรเวชวงศ์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. จรวย สาวีถี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อริศพัชร สุทธิดี		
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต	สาขาวิชา	การจัดการสารสนเทศดีและนวัตกรรมดิจิทัล
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2568

บทคัดย่อ

“การพัฒนาสนามกีฬาอัจฉริยะในประเทศไทยบนพื้นฐานของเทคโนโลยีไอโอทีและการประมวลผลเอ็ดจ์” มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขและปรับปรุงปัญหาที่สนามกีฬาในประเทศไทยเผชิญอยู่สำหรับ กรณีศึกษาสนามราชมิ่งมงคลกีฬาสาธิตซึ่งมีอายุใช้งานมากกว่า 30 ปีและประสบปัญหาต่างๆ เช่น ด้านความพร้อมในการใช้งานของสถานที่, สิ่งอำนวยความสะดวกที่ล้าสมัย งานวิจัยนี้จึงเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) และ Edge Computing เพื่อยกระดับการจัดการสนามกีฬา เพิ่มมาตรการด้านความปลอดภัย และสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจแก่ภาคการท่องเที่ยวและกีฬา

วัตถุประสงค์หลัก ได้แก่ (1) ออกแบบและพัฒนาสถาปัตยกรรมระบบ IoT และ Edge สำหรับสนามราชมิ่งมงคลกีฬาสาธิตเพื่อรองรับการเป็นสนามกีฬาอัจฉริยะ (2) ประเมินประสิทธิภาพของสถาปัตยกรรมที่พัฒนาขึ้น และ (3) เพิ่มขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการและคุณภาพการบริการ วิจัยใช้แนวทางแบบผสมผสาน โดยมุ่งเน้นการออกแบบระบบรักษาความปลอดภัย โดยอ้างอิงกรอบทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับชั้นระบบ IoT (Perception, Network, Application) และ Edge Computing เพื่อนำไปสู่การกำหนดตัวชี้วัด (KPI) ของสนามกีฬาอัจฉริยะ ข้อมูลสนามราชมิ่งมงคลกีฬาสาธิตถูกสำรวจทั้งระบบเดิม เช่น กล้องวงจรปิด จอแสดงผล คีบอร์ด เซ็นเซอร์ และระบบควบคุมการเข้าออก ก่อนนำมาจำลองการติดตั้งกล้องวงจรปิด 3 ประเภท ได้แก่ กล้องสำหรับตรวจจับป้ายทะเบียน กล้องสำหรับยืนยันตัวตนบุคคล และกล้องสำหรับเฝ้าระวังฝูงชน ภายใต้มาตรฐาน DORI (Detection, Observation, Recognition, Identification)

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า กล้องสำหรับตรวจจับป้ายทะเบียน จำนวน 6 ตัวเหมาะสมกับการติดตั้งที่ประตูเข้าออก ครอบคลุมถนนกว้าง 5 เมตร โดยมีจุดอับเพียง 2.75 เมตร กล้องสำหรับยืนยันทัวบุคคล จำนวน 189 ตัวติดตั้งครอบคลุมตั้งแต่ชั้นใต้ดินถึงชั้น 5 ลดจุดอับเหลือเพียง 2.6 เมตร และกล้องสำหรับเฝ้าระวังฝูงชน จำนวน 8 ตัวบนชั้นดาดฟ้าครอบคลุมพื้นที่อัมจันทร์ยาว 125.7 เมตรได้ครบถ้วนโดยไร้จุดอับ รวมทั้งหมด 243 ตัว กล้องทั้งสามประเภทถูกบูรณาการเป็นสถาปัตยกรรมการรักษาความปลอดภัยแบบหลายชั้น ซึ่งช่วยยกระดับประสิทธิภาพการเฝ้าระวังและความปลอดภัยของสนามกีฬาได้อย่างชัดเจน

คำสำคัญ : สนามกีฬาอัจฉริยะ, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, การประมวลผลเอ็ดจ์, ระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะ



TITLE	Development of Smart Stadiums in Thailand based-on IoT Technology and Edge Computing		
AUTHOR	Nattawat Pattarawetwong		
ADVISORS	Associate Professor Charuay Savithi , Ph.D. Assistant Professor Arisaphat Suttidee , Ph.D.		
DEGREE	Doctor of Philosophy	MAJOR	Smart City Management and Digital Innovation
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2025

ABSTRACT

The study titled “*Development of Smart Stadiums in Thailand Based on IoT Technology and Edge Computing*” addresses the critical challenges of aging sports infrastructures in Thailand, with Rajamangala National Stadium—the country’s largest venue with over 30 years of operation—serving as the case study. The stadium has long struggled with limited functional readiness and outdated facilities. To overcome these issues, this research proposes the integration of Internet of Things (IoT) and Edge Computing technologies to enhance management efficiency, strengthen security protocols, and create additional economic value for the tourism and sports sectors.

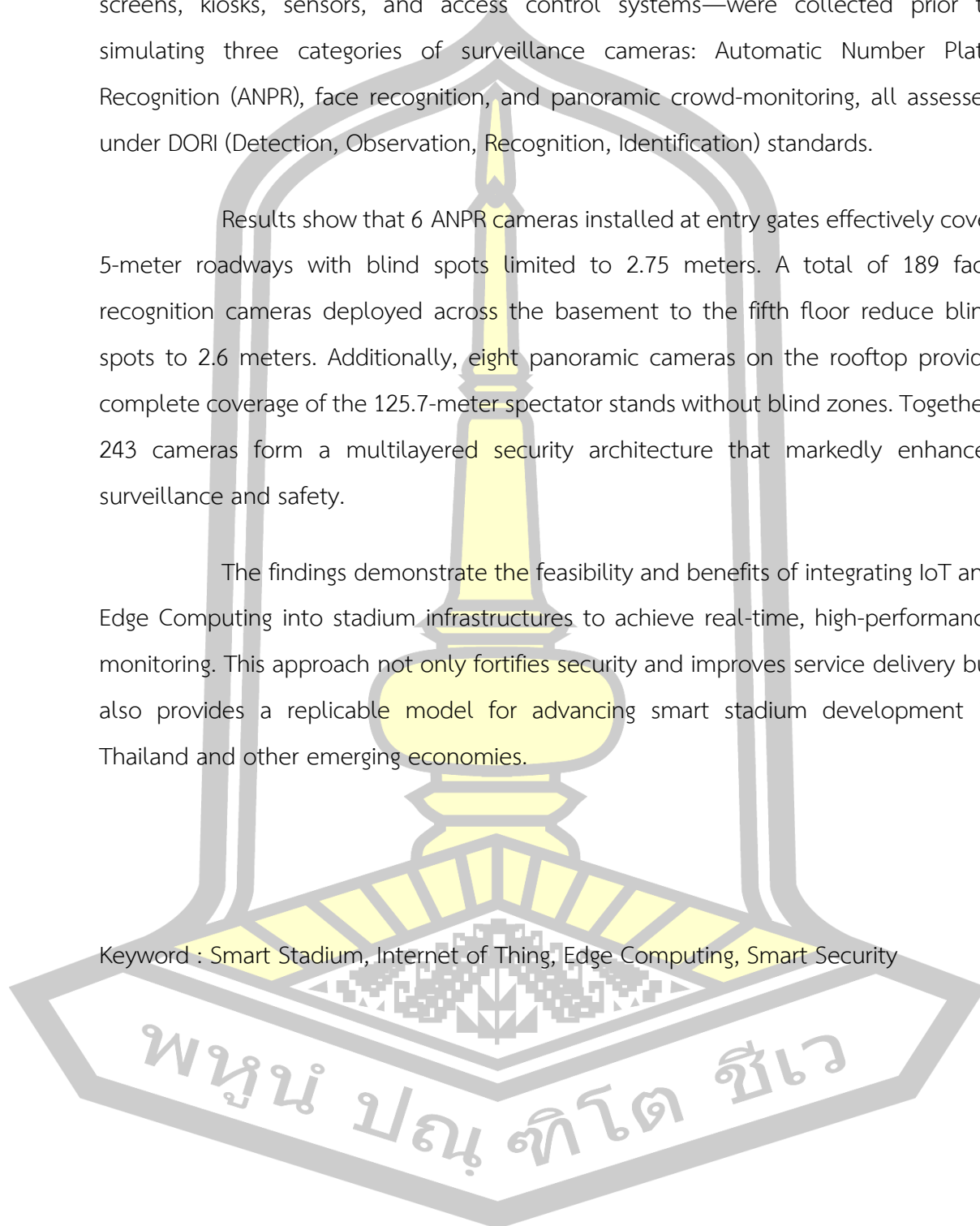
The objectives are threefold: (1) to design and develop an IoT- and Edge-based system architecture for Rajamangala Stadium, enabling its transformation into a smart stadium; (2) to evaluate the performance and operational efficiency of the proposed architecture; and (3) to improve management capability and service quality. A mixed-methods research design was adopted, emphasizing intelligent security system development. The framework integrates IoT architectural layers—Perception, Network, and Application—with Edge Computing, and establishes key performance indicators (KPIs) tailored for smart stadiums.

Baseline data on the existing infrastructure—including CCTV, display screens, kiosks, sensors, and access control systems—were collected prior to simulating three categories of surveillance cameras: Automatic Number Plate Recognition (ANPR), face recognition, and panoramic crowd-monitoring, all assessed under DORI (Detection, Observation, Recognition, Identification) standards.

Results show that 6 ANPR cameras installed at entry gates effectively cover 5-meter roadways with blind spots limited to 2.75 meters. A total of 189 face recognition cameras deployed across the basement to the fifth floor reduce blind spots to 2.6 meters. Additionally, eight panoramic cameras on the rooftop provide complete coverage of the 125.7-meter spectator stands without blind zones. Together, 243 cameras form a multilayered security architecture that markedly enhances surveillance and safety.

The findings demonstrate the feasibility and benefits of integrating IoT and Edge Computing into stadium infrastructures to achieve real-time, high-performance monitoring. This approach not only fortifies security and improves service delivery but also provides a replicable model for advancing smart stadium development in Thailand and other emerging economies.

Keyword : Smart Stadium, Internet of Thing, Edge Computing, Smart Security



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาสนามกีฬาอัจฉริยะในประเทศไทยบนพื้นฐานของเทคโนโลยีไอโอทีและการประมวลผลเอ็ดจ์” ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย ทั้งในด้านวิชาการและการสนับสนุนต่าง ๆ ซึ่งผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือดังต่อไปนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จรวย สาวีถิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนการตรวจทานแก้ไขอย่างละเอียดถี่ถ้วน และการให้กำลังใจอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ครบถ้วน

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าให้ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นเชิงวิชาการ อันเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงและพัฒนาเนื้อหา งานวิจัยให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้มอบโอกาสในการศึกษาในระดับปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสมรรถนะดีและนวัตกรรมดิจิทัล ตลอดจนการอำนวยความสะดวกที่จำเป็นต่อการดำเนินงานวิจัย

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จรวย สาวีถิ คณบดีคณะกรรมการบัญชีและการจัดการ ที่ได้กรุณามอบมติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในหลักสูตรดังกล่าว

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวอันเป็นที่รักทุกท่าน ที่เป็นแรงบันดาลใจและกำลังใจสำคัญในการศึกษาและการทำวิจัย ตลอดจนเป็นพลังผลักดันให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

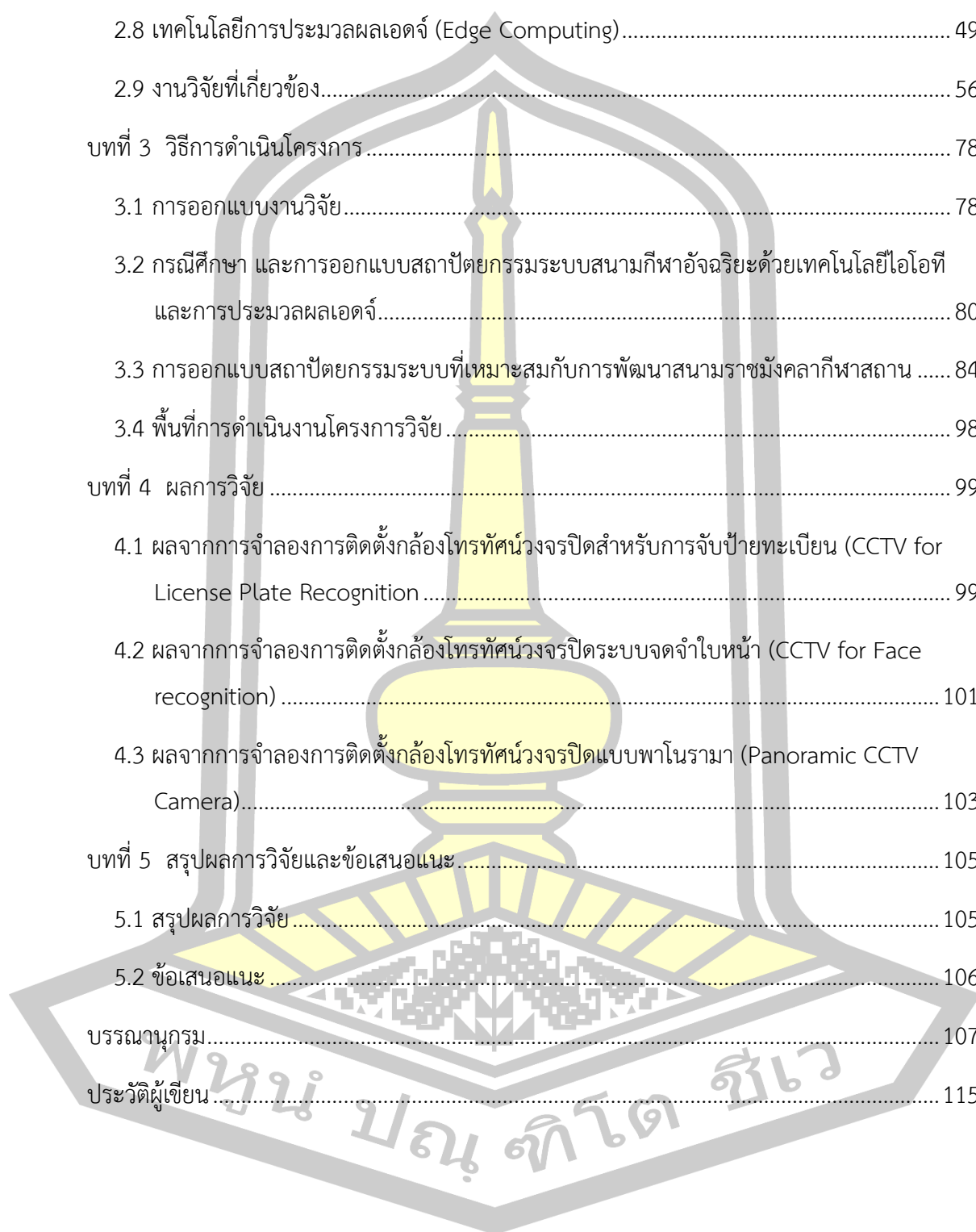
ณัฐวัฒน์ ภัทรเวชวงศ์

พูน ปรณ จิตโต ชีวะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ฌ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของการวิจัย.....	1
1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
1.3 ความสำคัญของงานวิจัย.....	3
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.5 ขอบเขตที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.6 สมมุติฐานในการวิจัย.....	6
1.7 นิยามคำศัพท์เฉพาะ.....	6
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 เมืองอัจฉริยะ (Smart City).....	8
2.2 สนามกีฬา (Stadium).....	9
2.3 สนามกีฬาในประเทศไทย (Sport Stadium in Thailand).....	10
2.4 สนามกีฬาราชมังคลาภิเษก (Rajamangala National Stadium).....	12
2.5 สนามกีฬาอัจฉริยะ (Smart Stadium).....	13
2.6 การบริหารจัดการอสังหาริมทรัพย์ (Real Estate Management).....	20

2.7 เทคโนโลยีไอโอที (Internet of Things: IoT)	29
2.8 เทคโนโลยีการประมวลผลเอตจ์ (Edge Computing)	49
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	56
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ	78
3.1 การออกแบบงานวิจัย.....	78
3.2 กรณศึกษา และการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบสนามกีฬาอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีไอโอที และการประมวลผลเอตจ์.....	80
3.3 การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบที่เหมาะสมกับการพัฒนาสนามราชมั่งคาลัยกีฬาสถาน	84
3.4 พื้นที่การดำเนินงานโครงการวิจัย	98
บทที่ 4 ผลการวิจัย	99
4.1 ผลจากการจำลองการติดตั้งกล้องโทรทัศน์วงจรปิดสำหรับการจับป้ายทะเบียน (CCTV for License Plate Recognition	99
4.2 ผลจากการจำลองการติดตั้งกล้องโทรทัศน์วงจรปิดระบบจดจำใบหน้า (CCTV for Face recognition)	101
4.3 ผลจากการจำลองการติดตั้งกล้องโทรทัศน์วงจรปิดแบบพาโนรามา (Panoramic CCTV Camera).....	103
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	105
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	105
5.2 ข้อเสนอแนะ	106
บรรณานุกรม.....	107
ประวัติผู้เขียน	115



สารบัญตาราง

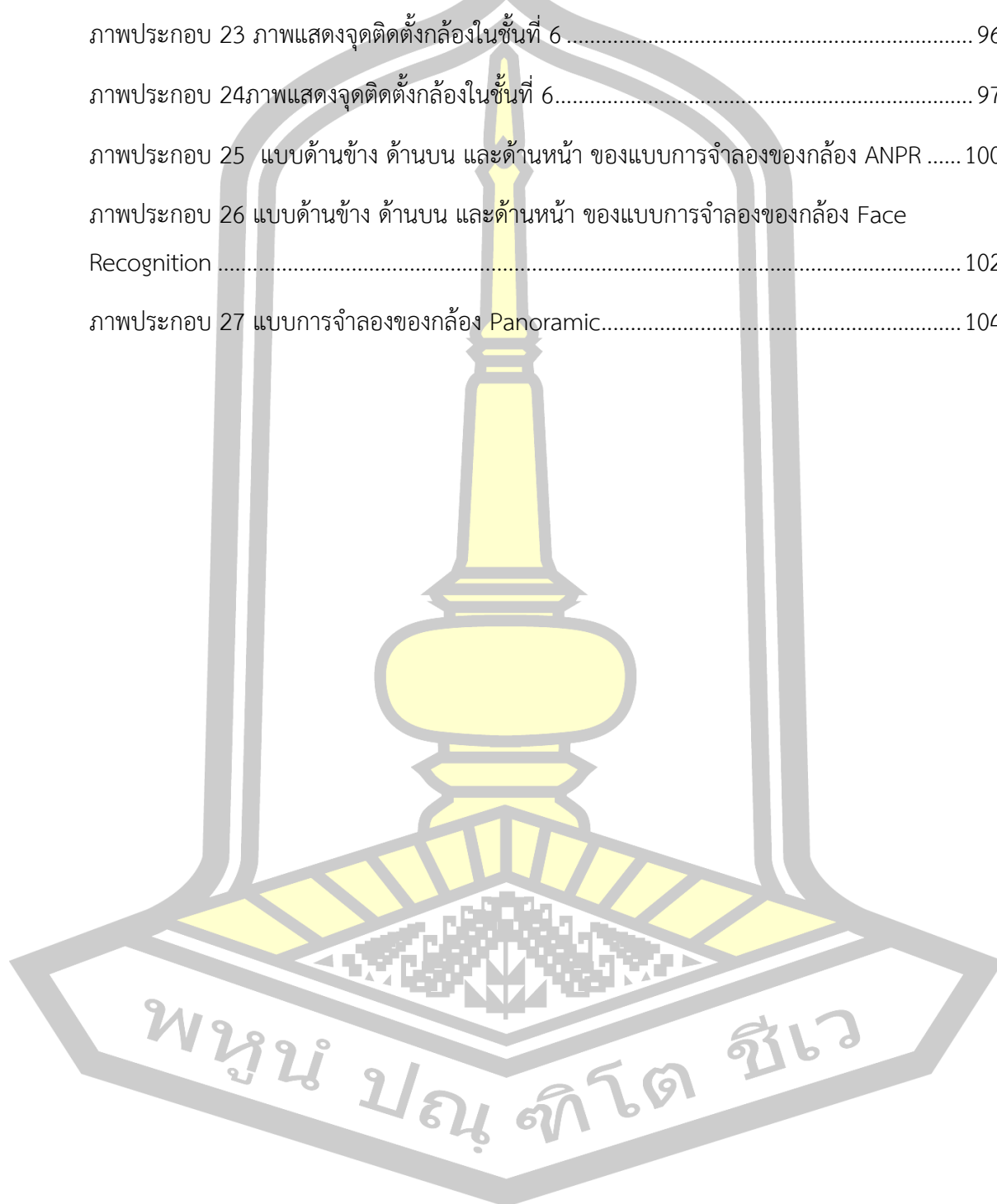
	หน้า
ตาราง 1 ขอบเขตระยะเวลาการวิจัย	6
ตาราง 2 สนามกีฬาที่รองรับผู้เข้าชมได้สูงสุด 5 อันดับแรก	10
ตาราง 3 อุปกรณ์ไอโอทีที่สำรวจโดยบริษัท ฮิวเลตต์-แพคการ์ด (HP)	32
ตาราง 4 เปรียบเทียบเทคโนโลยีเครือข่ายที่ใช้เชื่อมต่อไอโอที.....	45
ต่อ (ตาราง 4).....	46
ตาราง 5 ระยะตามตามรายละเอียดของกล้องวงจรปิด	80
ตาราง 6 ระยะตามตามรายละเอียดของกล้องวงจรปิด.....	87
ตาราง 7 จำนวนกล้องสำหรับจับภาพป้ายทะเบียน	87
ตาราง 8 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความสูง, ระยะตรวจจับ และ มุมกล้อง.....	89
ตาราง 9 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ.....	100
ตาราง 10 ผลการจำลอง Face Recognition ตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด.....	102
ตาราง 11 ผลการจำลอง Panoramic ตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด	104
ตาราง 12 จำนวนกล้องที่ออกแบบในแต่ละชั้น.....	106

พูน ปณ จิต ชีเว

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวความคิดวิจัย	4
ภาพประกอบ 2 แนวโน้มของเทคโนโลยีอัจฉริยะสำหรับการสร้างสนามกีฬาอัจฉริยะ	14
ภาพประกอบ 3 สถาปัตยกรรมสำหรับสนามกีฬา.....	15
ภาพประกอบ 4 Overall system structure.....	19
ภาพประกอบ 5 มุมมองสำหรับการบริหารจัดการอสังหาริมทรัพย์	23
ภาพประกอบ 6 Network Layers ของ Internet of Things โดยบริษัท IBM	33
ภาพประกอบ 7สถาปัตยกรรม IoT.....	35
ภาพประกอบ 8 Protocols obeyed by IoT. (Goal: Preservation of energy).....	37
ภาพประกอบ 9 สถาปัตยกรรมเครือข่ายคอมพิวเตอร์หลายชั้นที่เป็นการรวมคลาวด์ ฟอก และเอดจ์คอมพิวเตอร์.....	48
ภาพประกอบ 10 การประมวลผลเอดจ์ (Edge Computing)	50
ภาพประกอบ 11 Edge computing reference architecture 3.0.....	54
ภาพประกอบ 12 สถาปัตยกรรมเอดจ์คอมพิวเตอร์.....	56
ภาพประกอบ 13 พื้นที่ของสนามราชมั่งคลากีฬาสถาน.....	81
ภาพประกอบ 14 ภาพแสดงทางเข้าและออกของสนามราชมั่งคลากีฬาสถาน	85
ภาพประกอบ 15 ภาพแสดงมุมและระยะทางสำหรับจับภาพป้ายทะเบียน	86
ภาพประกอบ 16 ภาพแสดงมุมและระยะทางสำหรับจดจำใบหน้า.....	88
ภาพประกอบ 17 ภาพแสดงจุดติดตั้งกล้องในชั้นใต้ดิน (B1).....	90
ภาพประกอบ 18 ภาพแสดงจุดติดตั้งกล้องในชั้นที่ 1	91
ภาพประกอบ 19 ภาพแสดงจุดติดตั้งกล้องในชั้นที่ 2	92
ภาพประกอบ 20 ภาพแสดงจุดติดตั้งกล้องในชั้นที่ 3	93

ภาพประกอบ 21 ภาพแสดงจุดติดตั้งกล้องในชั้นที่ 4	94
ภาพประกอบ 22 ภาพแสดงจุดติดตั้งกล้องในชั้นที่ 5	95
ภาพประกอบ 23 ภาพแสดงจุดติดตั้งกล้องในชั้นที่ 6	96
ภาพประกอบ 24 ภาพแสดงจุดติดตั้งกล้องในชั้นที่ 6.....	97
ภาพประกอบ 25 แบบด้านข้าง ด้านบน และด้านหน้า ของแบบการจำลองของกล้อง ANPR	100
ภาพประกอบ 26 แบบด้านข้าง ด้านบน และด้านหน้า ของแบบการจำลองของกล้อง Face Recognition	102
ภาพประกอบ 27 แบบการจำลองของกล้อง Panoramic.....	104



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของการวิจัย

เมืองอัจฉริยะไม่ใช่เมืองขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีเท่านั้น แต่เมืองอัจฉริยะจะต้องให้ความสำคัญกับการยกระดับคุณภาพชีวิตและแบบแผนการใช้ชีวิตของคนเมืองให้มีความเป็นอัจฉริยะเป็นเมืองที่น่าอยู่และทันสมัยประชาชนในเมืองมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีความสุขอย่างยั่งยืน ภายใต้แนวคิดการพัฒนา โดยอาศัยเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัยและชาญฉลาดมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการและการบริหารจัดการเมืองลดค่าใช้จ่ายและการใช้ทรัพยากรของเมืองและประชากรเป้าหมาย โดยเน้นการออกแบบที่ดีและการมีส่วนร่วมของภาคธุรกิจและภาคประชาชนในการพัฒนาเมือง (depa, 2567) เมืองอัจฉริยะแบ่งออกได้เป็น 7 ประเภทได้แก่ 1) สิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ (Smart Environment) 2) เศรษฐกิจอัจฉริยะ (Smart Economy) 3) พลังงานอัจฉริยะ (Smart Energy) 4) การบริหารภาครัฐอัจฉริยะ (Smart Governance) 5) การดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Smart Living) 6) การเดินทางและขนส่งอัจฉริยะ (Smart Mobility) และ 7) พลเมืองอัจฉริยะ (Smart People)

โดยคำนึงถึงลักษณะของการพัฒนาเมืองอัจฉริยะด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะไว้ว่าต้องเป็นเมืองที่มีการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกโดยคำนึงถึงหลักอารยสถาปัตย์ (Universal Design) ให้ประชาชนมีสุขภาพและคุณภาพชีวิตที่ดี มีความปลอดภัย และมีความสุขในการดำรงชีวิต ในการออกแบบและพัฒนาแผนการดำรงชีวิตในเมืองอัจฉริยะนั้นต้องอาศัยบทบาทและความร่วมมือของพลเมืองและ การบริหารภาครัฐอัจฉริยะในการผสมผสานเทคโนโลยีสารสนเทศและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อการบริหารจัดการและส่งเสริมคุณภาพชีวิต ความเป็นอยู่ทั้งทางสังคมและเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนโดยไม่กระทบต่อระบบนิเวศธุรกิจและ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ โดยในด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Smart Living) จะมุ่งเน้นการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ โดยอำนวยความสะดวกให้มีการจัดกิจกรรมพบปะทางสังคม ที่สามารถรองรับบุคคลในหลายช่วงวัย ซึ่งประกอบไปด้วย สวนสาธารณะขนาดใหญ่ สวนหย่อม ถนนที่ส่งเสริมการเดิน รวมถึงพื้นที่ที่ส่งเสริมการพัฒนาสุขภาพทั้งบริเวณพื้นที่สนามกีฬาต่าง ๆ เช่น ลู่วิ่ง สนามกีฬา กลางแจ้ง สนามกีฬาในร่ม ศูนย์วิจัยเกี่ยวกับกีฬา และลานออกกำลังกาย พร้อมกับการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ช่วยสนับสนุนและส่งเสริมการออกกำลังกายให้เกิดประสิทธิภาพบรรยากาศในพื้นที่ให้มีชีวิตชีวาและตอบสนองการใช้ชีวิตของผู้คน นอกเหนือจากการทำธุรกิจเพียงด้านเดียว

โดยในปัจจุบันสนามกีฬาต่าง ๆ อยู่ภายใต้การดูแลของ การกีฬาแห่งประเทศไทย หรือเรียกโดยย่อว่า “กกท” ซึ่งมีวัตถุประสงค์ เพื่อ ส่งเสริมกีฬา, ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการประสานงานเกี่ยวกับการกีฬา, ศึกษา วิเคราะห์ วิจัย และจัดทำโครงการ แผนงาน และสถิติเกี่ยวกับการส่งเสริมกีฬารวมทั้งประเมินผล, จัด ช่วยเหลือ แนะนำ และร่วมมือในการจัดและดำเนินกิจกรรม และ สำรวจ จัดสร้าง และบูรณะสถานที่ ทั้งนี้จากข้อมูลรายงานของการสำรวจความพึงพอใจการให้บริการของการกีฬาแห่งประเทศไทย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 จำนวน 5 ด้าน คือ 1) ด้านสถานที่เล่นและฝึกซ้อมกีฬา 2) ด้านอุปกรณ์กีฬาและสิ่งอำนวยความสะดวก 3) ด้านระบบรายงานผลการแข่งขัน 4) ด้านหอพักนักกีฬา และ 5) ด้านศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา โดยในด้านสถานที่และฝึกซ้อมกีฬา จากรายงานจะไม่พึงพอใจในเรื่อง สถานที่เล่นและฝึกซ้อมไม่พร้อมใช้งาน, สิ่งอำนวยความสะดวกไม่พร้อมใช้งาน , อัตราค่าบริการไม่เหมาะสม ทั้งนี้ เนื่องจาก สนามกีฬาของประเทศไทยหลายจังหวัดมีการใช้งานมาอย่างยาวนาน มีอุปกรณ์ต่าง ๆ ชำรุดและไม่ได้มาตรฐาน เช่น สนามกีฬาแห่งชาติ สนามราชมั่งคาลกีฬาสถาน โดยตัวสนามนั้นมีอายุมากกว่า 30 ปีแล้ว ต้องทำการซ่อมบำรุงทุกปี และในปี พ.ศ. 2566 ที่ผ่านมามาทางสนามราชมั่งคาลกีฬาสถานได้มีการแข่งกีฬาฟุตบอลนัดพิเศษ ระหว่าง เลสเตอร์ ซิตี้ กับ ท็อตแนม ฮอตสเปอร์ ทีมจาก พรีเมียร์ ลีก อังกฤษ แต่การแข่งขันนัดดังกล่าวต้องยกเลิกการแข่งขันไปเนื่องจากมีฝนตกลงมาอย่างหนัก ทำให้สนามราชมั่ง ฯ มีน้ำท่วมขัง ไม่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ทำให้เกิดคำถามถึงมาตรฐานของการเป็นสนามกีฬาแห่งชาติ และส่งผลต่อภาพลักษณ์ของประเทศไทย (การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2565)

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าจากปัญหาที่เกิดขึ้นที่ได้กล่าวมาข้างต้น การพัฒนาระบบเทคโนโลยีเพื่อการบริหารและเพื่อการให้บริการ ตลอดจนองค์ความรู้และนวัตกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เทคโนโลยีเอดจ์ (Edge) สำหรับสนามกีฬาในประเทศไทยจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสนามกีฬา, การรักษาความปลอดภัย และ เพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและกีฬา เพื่อยกระดับการให้บริการนักกีฬามูลค่าทางธุรกิจ การกีฬา ประชาชนให้มีมาตรฐาน ซึ่งจะเพิ่มอัตราการเข้าถึงบริการหรือรับรู้และให้ประโยชน์แก่นักกีฬา ประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและออกแบบ สถาปัตยกรรมระบบเทคโนโลยี IoT และ Edge สำหรับสนามราชมั่งคาลกีฬาสถาน เพื่อรองรับการเป็นสนามกีฬาอัจฉริยะ

2. เพื่อวัดประสิทธิภาพและประเมินผลของสถาปัตยกรรมระบบที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับสนาม กีฬาอัจฉริยะ

3. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสนามกีฬาในประเทศไทยและยกระดับการให้บริการนักกีฬามหาวิทยาลัยการกีฬาประชาชนให้มีมาตรฐาน

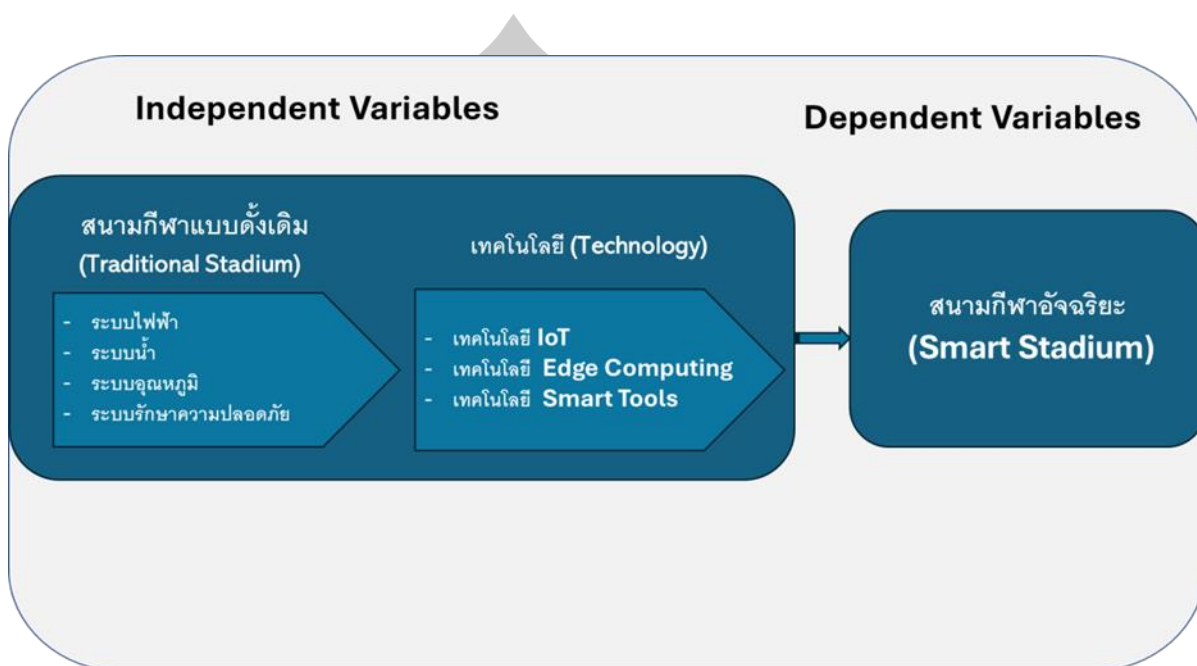
1.3 ความสำคัญของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการวัดประสิทธิภาพและประเมินผลของระบบสถาปัตยกรรมระบบบริหารจัดการสนามราชวังมังกาฬาสถานที่พัฒนาผ่านระบบเทคโนโลยี IoT และ Edge เพื่อรองรับการเป็นสนามกีฬาอัจฉริยะ (Smart Stadium) เนื่องจาก สนามราชวังมังกาฬาสถาน เป็นสนามกีฬาขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย โดยเป็นอันดับที่ 55 ของโลก และ อันดับที่ 17 ของทวีปเอเชีย และเป็นสนามกีฬาเหย้าของทีมฟุตบอลทีมชาติไทยในปัจจุบันและใช้จัดการแข่งขันฟุตบอลนัดสำคัญต่างๆ และยังใช้สำหรับจัดการแสดงดนตรี (คอนเสิร์ต) กลางแจ้ง โดยมีศักยภาพรองรับผู้เข้าชมภายในอาคารจำนวน 80,000 คน และ อัฒจันทร์ จำนวน 51,522 ที่นั่ง (ไทยพีบีเอส Thai PBS, 2566)

โดยตัวสนามมีอายุมากกว่า 30 ปีแล้ว ต้องทำการซ่อมบำรุงทุกปี แต่ในปี พ.ศ. 2566 ที่ผ่าน มาทางสนามราชวังมังกาฬาสถานได้มีการแข่งกีฬาฟุตบอลนัดพิเศษ ระหว่าง เลสเตอร์ ซิตี้ กับ ท็อตแนม ฮอตสเปอร์ ทีมจาก พรีเมียร์ลีก อังกฤษ แต่การแข่งขันนัดดังกล่าวต้องยกเลิกการแข่งขันไป เนื่องจากมีฝนตกลงมาอย่างหนัก ทำให้สนามราชวัง ๓ มีน้ำท่วมขัง ไม่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ทำให้ เกิดคำถามถึงมาตรฐานของการเป็นสนามกีฬาแห่งชาติ และส่งผลต่อภาพลักษณ์ของประเทศไทย

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าจากปัญหาที่เกิดขึ้นที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้มีความสนใจการพัฒนา ระบบเทคโนโลยีเพื่อการบริหารและเพื่อการให้บริการ ตลอดจนองค์ความรู้และนวัตกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะ เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) , Edge สำหรับสนามกีฬาในประเทศไทยจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสนามกีฬา , การรักษาความปลอดภัย และ เพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและกีฬา เพื่อยกระดับการให้บริการนักกีฬา บุคลากรทางการกีฬา ประชาชนให้มีมาตรฐาน ซึ่งจะเพิ่มอัตราการเข้าถึงบริการหรือรับรู้และให้ประโยชน์แก่นักกีฬา ประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางให้การดำเนินการดังกล่าวเป็นไปตามแผน พัฒนาสนามกีฬาโดยนำข้อมูลจากงานวิจัยนี้ไปต่อยอดและวางแผนจัดการในอนาคต

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวความคิดวิจัย

1.5 ขอบเขตที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเรื่องการ การศึกษาการวัดประสิทธิภาพและประเมิณผลของสถาปัตยกรรมระบบบริหารจัดการสนามราชม้งคลาสกีฬาสถานที่พัฒนาผ่านระบบเทคโนโลยี IoT และ Edge เป็นการศึกษาเชิงผสมผสานโดยนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนา ศึกษา ประเมิน และเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการสนามกีฬาราชม้งคลาสกีฬาสถานที่พัฒนาเพื่อรองรับการเป็นสนามกีฬาอัจฉริยะ (Smart Stadium) ในอนาคตต่อไป ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ ดังนี้

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา เป็นการศึกษาจากทฤษฎี เอกสารทางวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยความรู้แนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยี IoT และ Edge รวมถึงสถาปัตยกรรมระดับต่าง ๆ บนเทคโนโลยี IoT ซึ่งแบ่งออกเป็น ระดับการรับรู้ (Perception Layer) หรือระดับเซ็นเซอร์ (Sensor Layer), ระดับชั้นเครือข่าย (Network Layer) หรือระดับชั้นการส่ง (Transmission Layer) และ ระดับชั้นแอปพลิเคชัน (Application Layer) เพื่อกำหนดตัวชี้วัด (Key Performance Indicator) สำหรับการเป็นสนามกีฬาอัจฉริยะ (Smart Stadium)

2. ขอบเขตด้านพื้นที่ การวิจัยในครั้งนี้ได้กำหนดพื้นที่สำหรับดำเนินการวิจัย คือ สนามราชม้งคลาสกีฬาสถานที่พัฒนา เนื่องจากเป็นสนามกีฬาแห่งชาติของประเทศไทย ซึ่งรองรับการแข่งขันกีฬา และงาน

สำคัญต่าง ๆ ให้กับประเทศไทย และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสนามกีฬา การรักษาความปลอดภัย และเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและกีฬา เพื่อยกระดับการให้บริการนักกีฬา บุคลากรทางการกีฬา ประชาชนให้มีมาตรฐาน ซึ่งจะเพิ่มอัตราการเข้าถึงบริการ หรือรับรู้และให้ประโยชน์แก่นักกีฬา ประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะเก็บรวบรวมข้อมูล ขนาดของสนามราชมังคลากีฬาสถาน, อุปกรณ์ที่ใช้ภายในปัจจุบัน (Existing Equipment) และระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ IoT, Edge และ Sensos ในปัจจุบันของสนามกีฬารามังคลากีฬาสถาน ซึ่งประกอบไปด้วย

- ระบบกล้องวงจรปิด (Existing Surveillance Camera)
- ระบบจอแสดงผลภาพในสนามกีฬา (Large Display, Video Wall, Digital Signage)
- ระบบ Kiosk ในสนามกีฬา
- ระบบ Sensor ต่าง ๆ เช่น ระบบแสงสว่าง, ระบบอุณหภูมิ, ระบบน้ำ, ระบบควบคุมคุณภาพอากาศ
- ระบบการเข้าออกในสนามกีฬา (Access Control, Gate & Barrier)

3. ขอบเขตด้านเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ สถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) ที่พัฒนาขึ้นจากการออกแบบการเชื่อมต่อเทคโนโลยี IoT และ Edge ในสนามกีฬา เพื่อให้หน่วยงานและเจ้าหน้าที่ที่ดูแลสนามกีฬานำไปใช้ในการศึกษา และสามารถนำความรู้ไปใช้งานได้

4. ขอบเขตด้านระยะเวลา โดยใช้ระยะเวลาในการทำวิจัยทั้งสิ้น ประมาณ 7 เดือนระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยวิธีการเก็บข้อมูลข้อมูลจากเอกสารและลงพื้นที่ โดยใช้ระยะเวลาในการศึกษาวิจัยและเก็บข้อมูล มีระยะเวลาทั้งสิ้น 7 เดือน ระหว่างเดือนเมษายน 2568 และสิ้นสุดภายในเดือนตุลาคม 2568

พูน ปณ จิต ชเว

ตาราง 1 ขอบเขตระยะเวลาการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการ	เดือน						
	1	2	3	4	5	6	7
1. สืบค้นข้อมูลเบื้องต้น							
2. ออกแบบกรอบการศึกษา							
3. ทบทวนวรรณกรรม							
4. ออกแบบกระบวนการสืบค้นข้อมูล							
5. การเก็บข้อมูล							
6. การประมวลผลข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล							
7. นำเสนอผลการศึกษา							

1.6 สมมุติฐานในการวิจัย

1. แนวทางสำหรับการปรับปรุงสนามกีฬาให้รองรับสนามกีฬาอัจฉริยะ โดยการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบให้รองรับการเทคโนโลยี IoT และ Edge Computing
2. สนามราชภัฏวชิรเวศน์สามารถนำสถาปัตยกรรมมาใช้ในการวางโครงสร้างสำหรับสนามกีฬาอัจฉริยะ เพื่อส่งเสริมการเป็นสนามกีฬาแห่งชาติ
3. เกิดแนวทางสำหรับสถาปัตยกรรมระบบใหม่ๆ บนพื้นฐานของการใช้เทคโนโลยี IoT และ Edge Computing สำหรับการพัฒนาสนามกีฬาอัจฉริยะในประเทศไทย

1.7 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1. สนามกีฬา คือ สถานที่ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการแข่งขันกีฬา มีพื้นที่สำหรับการแข่งขันและพื้นที่สำหรับผู้ชม โดยออกแบบสถานที่ให้สำหรับนั่ง หรือ ยืน เพื่อชมการแข่งขัน คำว่า สนามกีฬา ในภาษาอังกฤษ คือ Stadium ซึ่งมีที่มาจากภาษากรีก คือ Stadion ซึ่งแปลว่า สถานที่ที่มีคนยืนอยู่ สนามกีฬาที่เก่าแก่ในโลกที่เป็นที่รู้จักกันดี คือสนามโอลิมเปีย ประเทศกรีซ
2. สนามกีฬาอัจฉริยะ (Smart Stadium) เป็นการออกแบบและบริการจัดการสนามกีฬาด้วยเทคโนโลยีอัจฉริยะเพื่อยกระดับและบริการที่สร้างสรรค์สำหรับ เจ้าหน้าที่สนาม ผู้เข้าชม นักกีฬา ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในสนามกีฬา
3. เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things) เป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับ การกระตุ้น การสื่อสาร และส่วนประกอบของการประมวลผล อุปกรณ์ IoT มีความแตกต่าง

จากอุปกรณ์ดิจิทัลทั่วไปคือ สามารถโต้ตอบกับโลกทางฟิสิกส์และไม่สามารถเข้าถึง ตรวจสอบและจัดการผ่านวิธีการทั่วไปได้ นอกจากนั้นยังมีความสามารถด้านความปลอดภัย ความเป็นส่วนตัว ความพร้อมใช้งาน ความมีประสิทธิภาพ และประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น โดยเทคโนโลยี IoT ถูกกำหนดให้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการเติบโตของธุรกิจหรือกลยุทธ์ทางธุรกิจ สามารถช่วยเร่งระยะเวลาในการออกสู่ตลาด เพิ่มประสิทธิภาพการใช้สินทรัพย์ ปรับปรุงประสิทธิภาพของห่วงโซ่อุปทาน เพิ่มประสิทธิภาพการใช้สินทรัพย์ ปรับปรุงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และใช้การบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ เป็นต้น

4. เทคโนโลยี Edge Computing เป็นเทคโนโลยีการประมวลผลที่เกิดขึ้นใกล้กับตำแหน่งทางฟิสิกส์ของผู้ใช้หรือแหล่งข้อมูล ด้วยการประมวลผลที่อยู่ใกล้กับข้อมูลมากที่สุด ทำให้ผู้ใช้จะได้รับประโยชน์จากบริการที่รวดเร็วแบบเรียลไทม์และเชื่อถือได้มากขึ้น ในขณะที่ยังคงรักษาความปลอดภัยของข้อมูลไว้ได้ จากความยืดหยุ่นของไฮบริดคลาวด์คอมพิวติง แนวคิดของเอดจ์คอมพิวติงเริ่มต้นด้วยการประมวลผลแบบรวมศูนย์ ต่อมาพัฒนาไปสู่สถาปัตยกรรมแบบกระจาย โดยพื้นฐานแล้วเอดจ์คอมพิวติงคือเครือข่ายของศูนย์ข้อมูลขนาดเล็กสำหรับการประมวลผลในพื้นที่ของข้อมูลซึ่งก็คือ "ขอบ" ของระบบเครือข่าย แทนที่จะส่งข้อมูลเหล่านั้นไปยังคลาวด์คอมพิวติง เทคโนโลยีเอดจ์คอมพิวติงเป็นวิธีการหนึ่งที่ยังคงสามารถใช้งานได้และกระจายแหล่งทรัพยากรการประมวลผลไปยังสถานที่ต่าง ๆ จำนวนมากได้



บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยในหัวข้อการพัฒนาสนามกีฬาอัจฉริยะในประเทศไทยบนพื้นฐานของเทคโนโลยีไอโอที (IoT) และการประมวลผลเอดจ์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 2.1 เมืองอัจฉริยะ (Smart City)
- 2.2 สนามกีฬา (Sport Stadium)
- 2.3 สนามกีฬาในประเทศไทย (Sport Stadium in Thailand)
- 2.4 สนามกีฬาราชชมังคลาภิเษก (Rajamangala National Stadium)
- 2.5 สนามกีฬาอัจฉริยะ (Smart Stadium)
- 2.6 การบริหารจัดการอสังหาริมทรัพย์ (Real Estate Management)
- 2.7 เทคโนโลยีไอโอที (Internet of Things: IoT)
- 2.8 เทคโนโลยีการประมวลผลเอดจ์ (Edge Computing)
- 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เมืองอัจฉริยะ (Smart City)

มีคำนิยามของเมืองอัจฉริยะจากผู้เชี่ยวชาญหลายหลายความหมาย (Joyce & Javidroozi, 2024) ได้ให้ความหมายไว้ว่า คือ เมืองที่ใช้ข้อมูล กระบวนการ ระบบเชื่อมต่อ และเทคโนโลยีขั้นสูงต่าง ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาเมืองที่ซับซ้อน และยกระดับคุณภาพชีวิต รวมถึงบริการต่าง ๆ ภายในเมืองในทำนองเดียวกัน (Dai et al., 2024) เมืองอัจฉริยะ หมายถึงการเปลี่ยนแปลงเมืองด้วย เทคโนโลยีและโซลูชันที่ใช้ข้อมูล (data-driven) เป็นตัวขับเคลื่อน เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้คน และเพิ่มประสิทธิภาพของบริการต่าง ๆ ในเมือง โดยผสมผสานเทคโนโลยีหลากหลายรูปแบบ เช่น (Internet of Things: IoT), ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (big data analytics) มาใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นฐาน ระบบขนส่ง พลังงาน สาธารณสุข และภาคส่วนอื่นๆ ของเมืองให้ดีที่สุดแนวคิดเมืองอัจฉริยะมีหลายขั้นตอนการพัฒนา ซึ่งรวมถึง การ กำหนดเป้าหมาย นวัตกรรมเทคโนโลยี การวางกลยุทธ์ การนำไปปฏิบัติ และการประเมินผล ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ต่าง

ๆ ทั้งหน่วยงานภาครัฐ ธุรกิจ และพลเมืองมีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อน กระบวนการเปลี่ยนแปลง เมืองอัจฉริยะ จุดมุ่งหมายคือการสร้างเมืองที่ยั่งยืน ครอบคลุม และยืดหยุ่น ซึ่งใช้ประโยชน์จาก เทคโนโลยีได้อย่างเต็มที่ เพื่อรับมือกับความท้าทายในเมือง และพัฒนาความ เป็นอยู่ที่ดีโดยรวมให้กับ ชาวเมืองเมืองอัจฉริยะ (Smart city) คือ เมืองที่นำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพในการบริหารจัดการเมืองให้มีความปลอดภัย สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่า และมีความเสมอภาค ภายใต้แนวคิดการพัฒนาเมืองน่าอยู่ เมืองทันสมัย ให้ประชาชนในเมืองมีคุณภาพชีวิต ที่ดี มีความสุข อย่างยั่งยืน (Fiske, 2020) การพัฒนาเมืองอัจฉริยะที่เป็นสากลประกอบด้วย 6 ด้าน คือ สิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ (Smart Environment) การดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Smart Living) เศรษฐกิจ อัจฉริยะ (Smart Economy) การเดินทางและขนส่งอัจฉริยะ (Smart Mobility) การบริหารภาครัฐ อัจฉริยะ (Smart Governance) และพลเมืองอัจฉริยะ (Smart People) (Gassmann et al., 2019)

สำหรับบริบทของประเทศไทย เมืองอัจฉริยะ คือ “เมืองที่ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี และ นวัตกรรมที่ทันสมัยและชาญฉลาด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการและการบริหารจัดการ เมือง ลดค่าใช้จ่ายและการใช้ทรัพยากรของเมือง และประชาชนเป้าหมาย โดยเน้นการออกแบบที่ ดี การมีส่วนร่วมของภาคธุรกิจ และภาคเอกชนในการพัฒนาเมือง ภายใต้แนวคิดการพัฒนาเมืองน่า อยู่ เมืองทันสมัย ให้ประชาชนเมืองมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีความสุขอย่างยั่งยืน” (depa, 2567)

ดังนั้น เมืองอัจฉริยะจึงเป็นเมืองที่นำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้อย่างเป็นระบบเพื่อลดการปน ทรัพยากร ปรับปรุงคุณภาพชีวิตของผู้คน และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจในระดับ ภูมิภาคอย่างยั่งยืนซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้สมาร์ตโซลูชันสำหรับโครงสร้างพื้นฐาน (infrastructure) พลังงาน (energy) ที่อยู่อาศัย (housing) การเคลื่อนย้าย (mobility) บริการ (service) และการ รักษาความปลอดภัย (security) บนพื้นฐานของการบูรณาการเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ การเชื่อมต่อ การ วิเคราะห์ข้อมูล และกระบวนการเพิ่มมูลค่าที่ทำงานอย่างอิสระ ซึ่งมีเป้าหมาย คือ ความสุขของคน ความสุขของเมือง ส่วนเทคโนโลยีเป็นเพียงเครื่องมือช่วยให้บรรลุเป้าหมาย

2.2 สนามกีฬา (Stadium)

สนามกีฬาตามความหมายของพจนานุกรมของราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 มีความหมาย ว่า สถานที่เล่นกีฬา เป็นลานกว้าง หรือ อาคารที่จัดไว้เฉพาะสำหรับเล่นกีฬา แข่งขันกีฬา หรือ ออก กำลังกาย เช่น สนามฟุตบอล, สนามกรีฑา อาจเป็นที่กลางแจ้งหรือล้อมรอบด้วยอัฒจันทร์ แต่จาก หลายปีที่ผ่านมา สนามกีฬาได้มีการใช้งานหลากหลายมากขึ้นไม่ใช่ใช้สำหรับการกีฬาเท่านั้นแต่ยังมี

การนำไปใช้งานหลายหลาย เช่น จัดงานแสดงดนตรีสด หรือ จัดงานอีเวนต์สาธารณะรูปแบบต่างๆ ซึ่งการใช้งานที่หลากหลายนี้ นำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่สนามกีฬาให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งในด้านเศรษฐกิจและด้านสังคม

2.3 สนามกีฬาในประเทศไทย (Sport Stadium in Thailand)

ปัจจุบันในประเทศไทยมีสนามกีฬาหลายประเภท และ กระจายอยู่ทั้งในส่วนกลางและภูมิภาคทั่วทั้งประเทศ โดยแบ่งประเภทออกได้ (การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2567) ดังนี้

- สนามกีฬาแห่งชาติ: อยู่ภายใต้การดูแลของการกีฬาแห่งประเทศไทย (กกท.) มี 5 สนาม
- สนามกีฬากลางจังหวัด: อยู่ภายใต้การดูแลขององค์การบริหารส่วนจังหวัด (อบจ.) มี 76

สนาม

- สนามกีฬาของมหาวิทยาลัย: มีจำนวนหลายแห่ง ขึ้นอยู่กับแต่ละมหาวิทยาลัย
- สนามกีฬาของโรงเรียน: มีจำนวนหลายแห่ง ขึ้นอยู่กับแต่ละโรงเรียน
- สนามกีฬาของเอกชน: อยู่ภายใต้การดูแลของภาคเอกชน

โดยสนามกีฬาที่รองรับผู้เข้าชมได้สูงสุด 5 อันดับแรก คือ สนามราชมังคลากีฬาสถาน, สนามกีฬา ตินสุลนันทน์, สนามกีฬาช้างอารีนา, สนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา, สนามกีฬากลางจังหวัด สุพรรณบุรี

ตาราง 2 สนามกีฬาที่รองรับผู้เข้าชมได้สูงสุด 5 อันดับแรก

ที่	ภาพสนามกีฬา	ชื่อสนาม	ความจุ	จังหวัด	ปีที่เปิด
1		สนามราชมังคลากีฬาสถาน	51,552	กรุงเทพมหานคร	2541

ตาราง 2 (ต่อ)

ที่	ภาพสนามกีฬา	ชื่อสนาม	ความจุ	จังหวัด	ปีที่เปิด
2		สนามกีฬา ดิณสุลันนท์	45,000	สงขลา	2538
3		สนามกีฬา ช้าง อารีนา	32,600	บุรีรัมย์	2554
4		สนามกีฬา เฉลิม พระ เกียรติ 80 พรราชา	28,141	โคราช	2550
5		สนามกีฬา กลาง จังหวัด สุพรรณบุรี	25,000	สุพรรณบุรี	1947

2.4 สนามกีฬาราชมังคลาภิเษก (Rajamangala National Stadium)

สนามกีฬาราชมังคลาภิเษก เป็นสนามกีฬาขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย โดยเป็นสนามกลางหรือสนามหลัก (Main Stadium) ของศูนย์กีฬาห้วหมาก ของการกีฬาแห่งประเทศไทย สร้างขึ้นเพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร เนื่องในโอกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 5 รอบ 5 ธันวาคม 2530 และพระราชพิธีรัชมังคลาภิเษก พ.ศ. 2531 สนามได้รับการออกแบบโดย รัสสรรค์ ต่อสุวรรณ และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แล้วเสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2541 เพื่อใช้ในการแข่งขันกีฬาเอเชียนเกมส์ ครั้งที่ 13 ที่กรุงเทพมหานคร เป็นเจ้าภาพ โดยหลังจากแข่งขันกีฬาเอเชียนเกมส์ ครั้งที่ 13 เสร็จสิ้นแล้ว มีการปรับปรุงต่อเติม ที่ทำการสมาคมกีฬา, ห้องประชุม และสำนักงานฝ่ายต่าง ๆ ของ กกท. โดยรอบใต้ถุนอัฒจันทร์ ซึ่งในปัจจุบัน ใช้รองรับการแข่งขันฟุตบอลระหว่างประเทศที่สำคัญ (Postjung, 2565; การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2567)

ในปัจจุบัน สนามราชมังคลาภิเษก เป็นสนามเหย้าของทีมชาติไทย และใช้จัดแข่งขันฟุตบอลนัดสำคัญต่าง ๆ นอกจากนี้ ยังใช้สำหรับจัดการแสดงดนตรี(คอนเสิร์ต)กลางแจ้ง มีศักยภาพรองรับผู้เข้าชมภายในอาคาร จำนวน 80,000 คน และอัฒจันทร์ 51,522 ที่นั่ง ซึ่งเป็นเก้าอี้พับทั้งหมด ภายในมีสนามฟุตบอลขนาดมาตรฐาน ลู่วิ่ง ลานกรีฑา และสิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ นอกจากนี้ ยังเป็นสนามกีฬาที่มีขนาดใหญ่ เป็นอันดับที่ 55 ของโลก และเป็นอันดับ 17 ของทวีปเอเชีย

โดยในรอบระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมาได้มีงานสำคัญต่าง ๆ มากมายที่จัดขึ้น (THAITICKET MAJOR, 2567; กรุงเทพธุรกิจออนไลน์, 2565) ดังนี้

ทางด้านกีฬา

1. 14 – 16 ธันวาคม พ.ศ. 2555 – เรซ ออฟ แชมเปียนส์ 2012
2. 10 และ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2557 – เอเอฟเอฟ ซูซูกิ คัพ 2014
3. 3 และ 5 มิถุนายน พ.ศ. 2559 – ฟุตบอลชิงถ้วยพระราชทานคิงส์คัพ ครั้งที่ 44
4. 17 ธันวาคม พ.ศ. 2559 – ฟุตบอลชิงแชมป์แห่งชาติอาเซียน 2016 นัดชิงชนะเลิศ
5. 14 และ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 – ฟุตบอลชิงถ้วยพระราชทานคิงส์คัพ ครั้งที่ 45
6. 8 พฤศจิกายน ถึง 15 ธันวาคม พ.ศ. 2561 – เอเอฟเอฟ ซูซูกิ คัพ 2018
7. 8 – 26 มกราคม พ.ศ. 2563 – ฟุตบอลเยาวชนชิงแชมป์เอเชีย รุ่นอายุไม่เกิน 23 ปี 2020

8. 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2565 – ฟุตบอลอุ่นเครื่องก่อนเปิดฤดูกาล “The Match Bangkok Century Cup 2022” ระหว่างแมนเชสเตอร์ยูไนเต็ด และลิเวอร์พูล

ทางการแสดงคอนเสิร์ต

1. 7 เมษายน พ.ศ. 2555 – โคเรียนมิวสิกเวฟอินแบงคอก 2012
2. 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2555 – เดอะบอร์นดิสเวย์บอลทัวร์ (Lady Gaga The Born This Way Ball Live in Bangkok) โดย เลดีกากา
3. 4 ตุลาคม พ.ศ. 2555 – วันเอเชียทัวร์ 2012 เอ็มเคานท์ดาวน์สไมล์ไทยแลนด์ (One Asia Tour 2012 M Countdown Smile Thailand)
4. 2 มีนาคม พ.ศ. 2556 – เสียงจริงตัวจริง เดอะวอยซ์ไทยแลนด์ ประกอบด้วยเจนนิเฟอร์ คิม, โจอี บอย, สหรัถ สังคปรีชา, อภิวัชร เอื้อถาวรสุข และลูกทีมอีก 59 คน
5. 16 มีนาคม พ.ศ. 2556 – เอ็มพีซีโคเรียนมิวสิกเวฟอินแบงคอก
6. 30 มีนาคม พ.ศ. 2556 – ซูเปอร์จอยน์ท์คอนเสิร์ตอินไทยแลนด์
7. 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2557 – คอนเสิร์ต 40 ปี เสก โลโซ (40 แต่รู้สึกเหมือน 14)
8. 14 มีนาคม พ.ศ. 2558 – วันไคแรกชั่นออนเดอะโรดอะเกนทัวร์
9. 7 เมษายน พ.ศ. 2560 – อะเฮดฟูลออฟดรีมส์ทัวร์ โดย โคลด์เพลย์
10. 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 – Genie Fest 19 ปี กว่าจจะร็อกเท่าวันนี้ โดย จีนี่ เรคคอร์ด
11. 9-10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 – BODYSLAM FEST วิชาตัวเบา LIVE IN ราชมังกลาภิฬา สถาน โดย บอดี้สแลม
12. 6-7 เมษายน พ.ศ. 2562 – BTS World Tour LOVE YOURSELF (บีทีเอส เวิลด์ทัวร์ เลิฟยัวร์ เซลฟ์) โดย BTS
13. 28 เมษายน พ.ศ. 2562 – Ed Sheeran Divide World Tour 2019 โดย เอ็ด ชีแรน

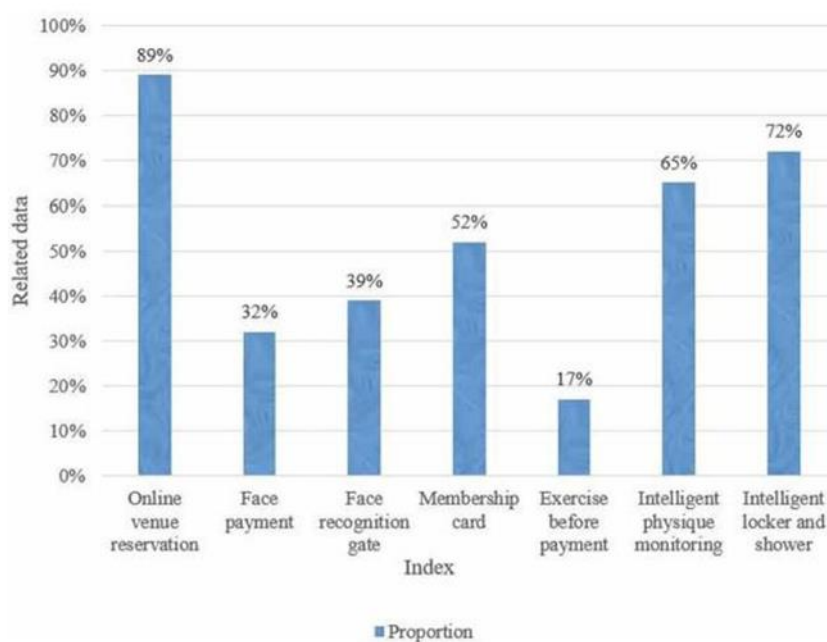
2.5 สนามกีฬาอัจฉริยะ (Smart Stadium)

สนามกีฬาอัจฉริยะ

จากงานวิจัยของ (Zhang, 2023) ได้นิยามสนามกีฬาอัจฉริยะ ว่าเป็น สนามกีฬาที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นตัวขับเคลื่อน เน้นการสร้างระบบบริหารจัดการข้อมูลอัจฉริยะ การพัฒนาระบบอย่างยั่งยืน ซึ่งจะส่งเสริมให้วงการกีฬาเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับทิศทางและรูปแบบการพัฒนาของกีฬาแบบดั้งเดิม การให้บริการอัจฉริยะในสนามกีฬาสำหรับเมืองอัจฉริยะ

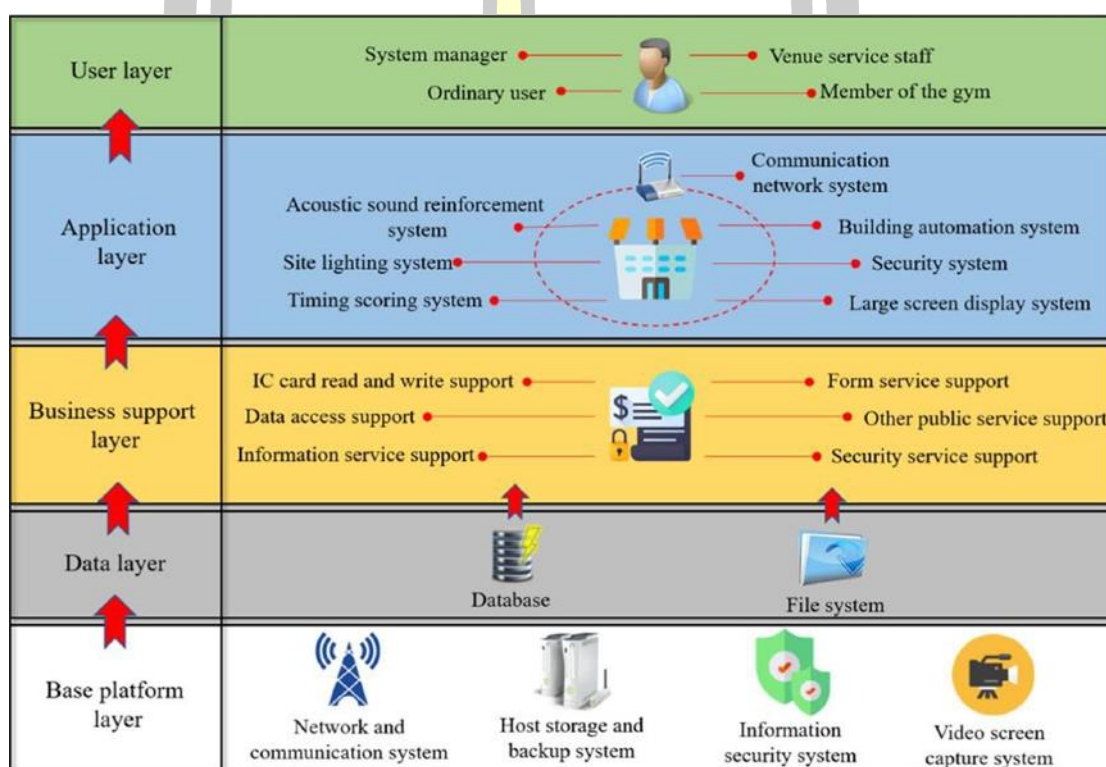
(Smart City) นั้น จะต้องอาศัยระบบสารสนเทศ (MIS - Management Information System) ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญในการยกระดับความ "ชาญฉลาด" ของสนามกีฬา ระบบ MIS ที่ดีจะช่วยให้ช่วยในการพัฒนาด้านเทคโนโลยี, การสร้างประสบการณ์ที่ดีสำหรับผู้ใช้งาน และการจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปได้อย่างยั่งยืน ซึ่งนี่คือภารกิจสำคัญของสนามกีฬายุคใหม่ที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ใจความสำคัญของการทำสนามกีฬาอัจฉริยะ คือ ความเป็นอัจฉริยะ (Intelligentization) ผู้จัดการสนามกีฬาหลายคนตระหนักถึงความจำเป็นของความเป็นอัจฉริยะ ผ่านการบูรณาการด้านจิตใจ สังคม การเงิน และกายภาพเข้าด้วยกัน โดยการพัฒนาความเป็นอัจฉริยะของสนามกีฬาจะเน้นไปที่สนามกีฬากลางและขนาดใหญ่ รวมถึงอิมเมจที่กีฬาขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตาม สนามกีฬาขนาดเล็ก และขนาดกลางบางแห่ง ก็เริ่มนำซอฟต์แวร์และสิ่งอำนวยความสะดวกอัจฉริยะมาใช้เพื่อส่งเสริมสุขภาพของประชาชน โดยจากการทำแบบสอบถามในงานวิจัยนี้เรื่องการให้บริการอัจฉริยะจากการทำแบบสอบถามออนไลน์ทั้งหมด 1000 ชุด หลังจากนำแบบสอบถามที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปคงเหลือแบบสอบถามที่ใช้ได้ 951 ชุด สำหรับความต้องการที่เกี่ยวข้องการสร้างสนามอัจฉริยะ ตามรายละเอียด โดยแบ่งได้เป็น ระบบการจองตั๋วออนไลน์, ระบบการจ่ายเงินด้วยการใช้หน้า, ระบบเข้าออกโดยใช้หน้า, ระบบบัตรสมาชิกแบบอิเล็กทรอนิกส์, ระบบเข้ามาใช้งานแล้วจ่ายเงินหลังออกกำลังกายเสร็จ, ระบบตู้เก็บอุปกรณ์และอาบน้ำแบบอัจฉริยะ

Trends related to digital construction and sports venues



ภาพประกอบ 2 แนวโน้มของเทคโนโลยีอัจฉริยะสำหรับการสร้างสนามกีฬาอัจฉริยะ

(Xiao-wei, 2020) ได้มีออกแบบระบบสนามกีฬาอัจฉริยะโดยใช้ประโยชน์จากระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อให้ระบบอัจฉริยะต่างๆ เชื่อมโยงถึงกัน สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูล และใช้งานแอปพลิเคชันต่าง ๆ บนเครือข่ายให้เป็นแบบบูรณาการเพื่อช่วยในการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและช่วยยกระดับฟังก์ชันในการใช้งานได้ดีขึ้น โดยได้ออกสถาปัตยกรรมสำหรับสนามกีฬาไว้ ดังนี้



ภาพประกอบ 3 สถาปัตยกรรมสำหรับสนามกีฬา

ความหมายของสนามกีฬาอัจฉริยะ (Smart Stadium) มีคำจำกัดความต่าง ๆ มากมายโดยสนามกีฬาอัจฉริยะในความหมายของ(Wang, 2016) คือ การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งหรือไอโอที (Internet of Things: IoT) มาใช้เพื่อพัฒนาระบบและสิ่งอำนวยความสะดวกในสนามกีฬา โดยมุ่งเน้นการเพิ่มความปลอดภัย ประสิทธิภาพ และความทันสมัยของสิ่งอำนวยความสะดวกในสนามกีฬา การนำเทคโนโลยีไอโอที เข้ามาช่วยในการตรวจสอบและควบคุมการดำเนินงานในสนามกีฬาสามารถช่วยให้สนามกีฬามีระบบการดูแลความปลอดภัยที่ดีขึ้น รวดเร็วขึ้น และมีการใช้

เทคโนโลยีที่ทันสมัยมากยิ่งขึ้น ทำให้สนามกีฬาก้าวเข้าสู่ยุคที่ทันสมัยและเทคโนโลยีขั้นสูงในการให้บริการแก่ผู้ร่วมงานและผู้เยี่ยมชมงานต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

(van Heck et al., 2021) ได้มีแนวคิดของสนามกีฬาอัจฉริยะ การนำเทคโนโลยีและเครื่องมืออัจฉริยะมาใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงสนามกีฬาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการบริการแก่ผู้เยี่ยมชม โดยการนำเทคโนโลยีอัจฉริยะมาใช้ในการจัดการสนามกีฬาสามารถช่วยให้การดำเนินงานของสนามเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสร้างประสบการณ์ที่ดีให้กับผู้เยี่ยมชมในด้านความสะดวกสบาย ความปลอดภัย และความบันเทิง โดยกำหนดวิธีการวิจัยโดยพื้นฐานของการดำเนินธุรกิจขององค์กรในด้านอสังหาริมทรัพย์ (Corporate Real Estate Management) หรือ CREM ดังนี้

1. การจัดการการชำระเงิน (Cash registers) คือ ระบบที่ใช้ในการบันทึกและจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการชำระเงินที่เกิดขึ้นในสนามกีฬา ข้อมูลเหล่านี้จะถูกโอนไปยังแดชบอร์ด เพื่อให้ ผู้จัดการหรือผู้ดูแลสนามสามารถติดตามและวิเคราะห์จำนวนธุรกรรมการชำระเงินที่เกิดขึ้น ในสนาม นอกจากนี้ยังช่วยในการวิเคราะห์และประเมินผลของกิจกรรมการขายของในสนาม เช่น การวิเคราะห์ยอดขาย การวิเคราะห์รายได้ และการวิเคราะห์แนวโน้มของการชำระเงิน ทั้งนี้เพื่อช่วยในการวางแผนกิจกรรมการขายของในอนาคต และปรับปรุงกลยุทธ์การตลาดให้ เหมาะสมกับความต้องการของผู้เยี่ยมชมในสนามกีฬา

2. การควบคุมความเรียบร้อยหรือความแออัดของผู้เข้าชมในสนาม (Crowd control) คือ การใช้เทคโนโลยีและข้อมูลในการติดตามและจัดการกิจกรรมของผู้เยี่ยมชมในสนามกีฬา โดยที่ ข้อมูลเหล่านี้ถูกนำมาแสดงผ่านแดชบอร์ดที่สามารถให้ข้อมูลแบบเรียลไทม์และสรุปข้อมูล ให้กับผู้จัดการหรือผู้ดูแลสนาม

3. การจัดการพลังงาน (Energy Consumption and Battery) คือ การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานของสนาม เพื่อลดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มความ ยั่งยืนในการผลิตพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบ และจัดการการใช้แบตเตอรี่ในสนาม เพื่อให้การใช้งานเครื่องมือและระบบทางเทคนิคในสนามมีประสิทธิภาพและไม่มีปัญหาในการใช้งาน การตรวจสอบและจัดการด้านพลังงานและ แบตเตอรี่ช่วยให้สนามกีฬามีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อ สิ่งแวดล้อม

4. การบำรุงรักษาสนาม (Technical maintenance) คือ การดูแลรักษาและบำรุงรักษาอุปกรณ์ทางเทคนิคและระบบที่ใช้ในสนามกีฬา เช่น เซ็นเซอร์ ระบบสื่อสาร ระบบไฟฟ้า ฯลฯ โดยมุ่งเน้นการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานะและประสิทธิภาพของอุปกรณ์เหล่านี้ เพื่อให้ ผู้ดูแลสนามสามารถตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์และระบบได้อย่างรวดเร็วและมี ประสิทธิภาพ การจัดการที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการบำรุงรักษาทางเทคนิคนี้ช่วยให้สนามกีฬามีการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดทรัพยากร นอกจากนี้ยังช่วยในการ ปรับปรุงคุณภาพของพื้นที่ใช้สอยและเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการสนามกีฬาได้ อย่างเหมาะสม

5. การจัดการเส้นทางไปสู่สนาม (Mobility Portal) คือ เครื่องมือที่ช่วยแนะนำให้ผู้เยี่ยมชมสามารถได้รับทราบเกี่ยวกับวิธีการเดินทางมาถึงสนามอย่างมีประสิทธิภาพ โดยพิจารณาจาก สถานที่ที่พวกเขาอยู่และความต้องการของพวกเขา เช่น การแนะนำเส้นทางการเดินทางที่ เหมาะสม การแนะนำวิธีการเดินทางที่มีประสิทธิภาพ ด้วยเครื่องมือนี้ผู้เยี่ยมชมสามารถมี ประสบการณ์การเดินทางที่สะดวกสบายและมีประสิทธิภาพเมื่อมาเยี่ยมชมสนามกีฬา

6. การตรวจสอบคุณภาพของหญ้าในสนามกีฬา (Smart turf monitoring system) คือ การตรวจสอบคุณภาพของหญ้าบนสนามเพื่อกำหนดแผนในการบำรุงรักษา โดยระบบนี้ช่วยใน การวัดและติดตามสถานะของหญ้าบนสนามกีฬาโดยใช้ข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ ตรวจสอบอุณหภูมิ, ความชื้น, แสงแดด, และการให้น้ำ เพื่อประเมินคุณภาพของหญ้าและ กำหนดเวลาที่เหมาะสมในการดูแลรักษา ระบบนี้ช่วยให้ทีมงานดูแลหญ้าบนสนามกีฬาได้มี ข้อมูลเพียงพอในการตัดสินใจในการดูแลรักษาหญ้าอย่างเหมาะสม เช่น กำหนดเวลาที่ เหมาะสมในการให้น้ำ, การรดน้ำ, หรือการตัดหญ้า ทำให้การบำรุงรักษาหญ้าบนสนามกีฬา มีประสิทธิภาพและมีคุณภาพ

7. ระบบการจองตั๋วที่มีประสิทธิภาพ (Ticketing Check-in) คือ เครื่องมือที่ช่วยในการจัดการและควบคุมกระบวนการจองตั๋วและการเช็คอินของผู้เยี่ยมชมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่ง สามารถช่วยลดเวลาที่ใช้ในการจองตั๋วและการเข้าสนาม และเพิ่มประสิทธิภาพในการบริการ ผู้เยี่ยมชม นอกจากนี้ยังช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการกับประชากรที่เข้าใช้ บริการในสนามกีฬา โดยทำให้กระบวนการจองตั๋วและการเช็คอินเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

8. ระบบจัดการเจ้าหน้าที่ที่ให้บริการ (Staffing) คือ ระบบจัดสรรพนักงานให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพโดย โดยระบบนี้ช่วยในการวางแผนและจัดการกับการจ้างงานของพนักงานตาม ปริมาณและประเภทของงานที่ต้องการในแต่ละงาน ระบบจะใช้ข้อมูลจากระบบจองตั๋วหรือระบบอื่น ๆ เพื่อ

ประเมินปริมาณความต้องการของพนักงานตามกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในสนาม กีฬา นอกจากนี้ยังช่วยในการจัดการเวลาทำงานของพนักงานให้เหมาะสมกับความต้องการของงาน ทำให้การดำเนินงานในสนามกีฬามีประสิทธิภาพและมีการจัดสรรทรัพยากรมนุษย์ อย่างเหมาะสม

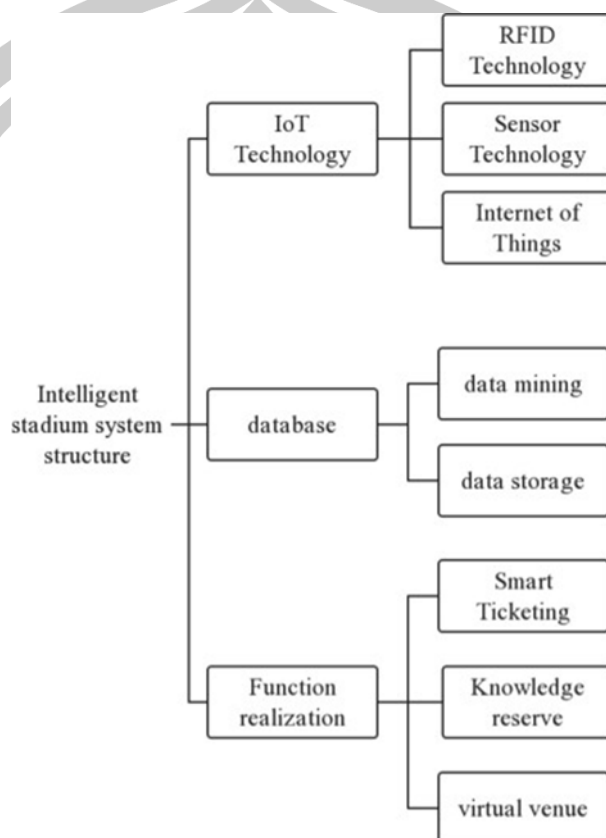
9. ระบบทำความสะอาดสนามกีฬา (Cleaning) คือ ระบบนี้ใช้ข้อมูลจากระบบจองหรือระบบอื่น ๆ เพื่อแสดงพื้นที่ที่ต้องการทำความสะอาดตามตารางเวลาการจอง ซึ่งช่วยในการ วางแผนและจัดการกับการทำความสะอาดให้มีประสิทธิภาพ พนักงานทำความสะอาด สามารถเข้าใจว่าพื้นที่ใดต้องการการทำความสะอาดและเวลาที่เหมาะสมในการทำควาต ทำให้การบริการทำความสะอาดในสนามกีฬามีประสิทธิภาพและมีการจัดสรรทรัพยากรให้ เหมาะสม

(Yang & Cole, 2020) ได้ให้คำนิยามของสนามกีฬาอัจฉริยะไว้ว่า ว่าเป็นสนามกีฬาที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อปรับปรุงและปรับเปลี่ยนประสบการณ์ของผู้ชมและผู้เข้าร่วมงานกีฬา โดยการใช้ข้อมูลและเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสนามกีฬา และสร้างประสบการณ์ที่ดีขึ้นสำหรับผู้เข้าร่วมงาน นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มความปลอดภัย การสื่อสาร และ การจัดการกิจกรรมในสนามกีฬาอย่างมีประสิทธิภาพ. การนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาใช้ในสนามกีฬาอัจฉริยะช่วยให้การจัดการสนามกีฬาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสร้างประสบการณ์ที่น่าสนใจและปลอดภัยให้กับผู้เข้าร่วมงานกีฬาได้อย่างเหมาะสมและสมบูรณ์

ในงานวิจัยของ (Du et al., 2023) สนามกีฬาอัจฉริยะ หมายถึง สนามกีฬาที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศขั้นสูงร่วมกับกิจกรรมกีฬาจริงในขั้นตอนเริ่มต้นและขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการกีฬาซึ่งเป็นรูปแบบใหม่ของสนามกีฬาที่ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตไอโอทีและการประมวลผลเอจ โดยสนามกีฬาอัจฉริยะจะถูกนำมาใช้ในกิจกรรมกีฬาอย่างแพร่หลายในอนาคตและกลายเป็นทิศทางการพัฒนาสถานที่กีฬา โดยสนามกีฬาอัจฉริยะสามารถแก้ไขปัญหาด้านความปลอดภัยของสนามกีฬาและห้องยิมนาสติมในประเทศจีน ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรกีฬา และสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมกีฬาและกิจกรรมกีฬา

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสนามกีฬาอัจฉริยะ (ShengLing, 2022) ได้ออกแบบระบบสนามกีฬาอัจฉริยะ (Intelligent Sports Stadium) โดยจากข้อมูลพบว่า สนามกีฬาในประเทศจีน มีประสิทธิภาพการดำเนินงานที่ไม่ดี และ มีอัตราการใช้งานต่ำ การใช้งานระบบสนามกีฬาอัจฉริยะจะเป็นปัจจัยสำคัญในการเสริมสร้างการเชื่อมต่อของข้อมูลบริการ ลดต้นทุนการจัดการสนามกีฬา ปรับปรุงระดับการบริการของเครือข่ายและการจัดการข้อมูลในการดำเนินงานของสนามกีฬา โดยการ

ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยได้ออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบออกเป็น 3 โมดูลหลัก คือ เทคโนโลยี IoT ระบบฐานข้อมูล การใช้งานต่าง ๆ ในสนามกีฬา ตามรายละเอียดด้านล่าง



ภาพประกอบ 4 Overall system structure

โดยสรุปแล้ว สนามกีฬาอัจฉริยะ (Smart Stadium) หมายถึง การพัฒนาสนามกีฬาแบบดั้งเดิม โดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูงใหม่ ๆ แบ่งออกได้เป็น เทคโนโลยีสารสนเทศ ใช้เพื่อรวบรวม วิเคราะห์ และ จัดการข้อมูลเกี่ยวกับการใช้งาน การดำเนินงาน และ สภาพแวดล้อมของสนามกีฬา, เทคโนโลยีไอโอที และประมวลผลเอ็ดจ์ เพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ในสนามกีฬาเข้าด้วยกัน เช่น เซ็นเซอร์ ไฟส่องสว่าง กล้องวงจรปิด ระบบควบคุมอุณหภูมิ ฯลฯ ระบบอัตโนมัติสำหรับควบคุมการทำงานของสนามกีฬา เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบน้ำ ระบบรักษาความปลอดภัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหาร

จัดการทั้ง ยังปรับปรุงประสบการณ์ของผู้ใช้งานและสร้างความปลอดภัยให้ผู้มีส่วนร่วมในสนามกีฬาทั้ง ผู้ใช้บริการและเจ้าหน้าที่ในสนามกีฬาและใช้งานทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

ตัวอย่างสนามแข่งขันกีฬาอัจฉริยะ

ไต้หวันไฮเทค ไต้หวันพัฒนา สนามแข่งขันกีฬาอัจฉริยะ

ONSENSE สตาร์ทอัพไต้หวันพัฒนา Smart Stadium Solution สนามแข่งขันกีฬาอัจฉริยะ เป็นผู้บุกเบิกการชมกีฬาในรูปแบบใหม่ ประสานกับเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) การเชื่อมต่อวัตถุผ่านอินเทอร์เน็ต รวมทั้งเทคโนโลยีการกำหนดตำแหน่งในร่ม VBIP (Vision Based Indoor Positioning) ที่ทาง OSENSE พัฒนาขึ้นเอง เป็นการกำหนดตำแหน่งโดยไม่ต้องอาศัย Beacon หรือระบบไวไฟ ในสถานภาพที่ไม่มี GPS ที่ใช้ในการนำทางก็สามารถกำหนดตำแหน่งได้ ถือเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการรับรู้แบบรอบด้าน (RTI (Radio Taiwan International), 2020)

การพัฒนาสนามกีฬาอัจฉริยะมีแนวความคิดที่ว่า การเข้าไปชมฟุตบอลของแฟนบอลนั้น ส่วนใหญ่ก็มีความเคยชินที่ว่าในระหว่างการชมบอลอยู่ในสนาม ผู้ชมชอบที่จะดูการถ่ายทอดสดพร้อมกันไปด้วย (อาจเป็น Live TV, FB หรือ YouTube) จะมีนักวิจารณ์ให้ข้อมูลเพิ่มเติม เพราะฉะนั้นในระหว่างที่แฟนบอลชมกีฬาอยู่ในสนามกีฬา จะดูสมาร์ตโฟนเพื่อที่จะฟังการวิจารณ์หรือแม้แต่จะชมภาพ Replay ช็อตเด็ด ๆ ระหว่างการแข่งขัน ผู้พัฒนาระบบเห็นว่าสิ่งเหล่านี้จะกระทำในสนามกีฬาได้โดยไม่ต้องไปทำการดูถ่ายทอดสด ดังนั้นใน อนาคตผู้ชมเพียงแค่นำเอาสมาร์ตโฟนส่องไปยังจุดที่เขาอยากดูข้อมูลเพิ่มเติม หรือส่องไปยังจุดต่าง ๆ ของสนามกีฬา อย่างเช่น อาจจะส่องไปยังจุดที่เคยมีภาพช็อตเด็ด ก็สามารถเห็นภาพ Replay ของ การเตะฟุตบอลที่เป็นช็อตเด็ดได้ หรือส่องไปที่ตัวนักกีฬาก็จะได้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับนักกีฬา แสดง ออกมาในสมาร์ตโฟนทันที เป็นการประสานทั้งออนไลน์และออฟไลน์ในขณะเดียวกัน นอกจากนี้แฟน บอลยังสามารถที่จะสั่งซื้ออาหารเครื่องดื่มหรือว่าสั่งซื้อของที่ระลึกจากแอปบนสมาร์ตโฟนได้ในทันที ในขณะที่กำลังชมการแข่งขัน เป็นการตอบสนองต่อความต้องการได้อย่างทันที จะช่วยสร้างโอกาส ธุรกิจที่มหาศาล

2.6 การบริหารจัดการอสังหาริมทรัพย์ (Real Estate Management)

การบริหารจัดการอสังหาริมทรัพย์ คือ กรอบในการปฏิบัติการเชิงองค์รวมที่ครอบคลุมการบริหาร การปฏิบัติการ และการกำกับดูแลที่ดินและอาคารในภาครัฐ เอกชน และองค์กร โดยมุ่งเน้น

สร้างคุณค่าหรือมูลค่าเพิ่ม ให้แก่องค์กรและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียผ่านการบริหารจัดการทรัพย์สิน (property management) , การบริหารสินทรัพย์ (asset management), การบริหารจัดการสิ่งอำนวยความสะดวก (facility management: FM) และการกำกับดูแลการลงทุนร่วมกัน โดย การบริหารอสังหาริมทรัพย์ขององค์กร (Corporate Real Estate Management: CREM) แบ่งแยกการจัดการทรัพย์สินทั่วไปด้วยการมุ่งเน้นสินทรัพย์ที่ถือครองโดยกิจการที่มีได้เป็นธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ และใช้เพื่อ วัตถุประสงค์เชิงปฏิบัติการ มากกว่าการสร้างรายได้โดยตรง ทั้งนี้ CREM เน้น การจัดแนวเชิงกลยุทธ์ ของสินทรัพย์กับเป้าหมายองค์กร เพื่อยกระดับ การใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ ความคุ้มค่าเชิงต้นทุน และที่สำคัญคือ การสร้างคุณค่าเพิ่ม ทั้งในมิติทางการเงินและไม่ใช้การเงิน เช่น ประสิทธิภาพการดำเนินงาน ประสบการณ์ผู้ใช้ และภาพลักษณ์องค์กร) (Sulaiman et al., 2021; Lopes, 1995)

การบริหารจัดการอสังหาริมทรัพย์ภาคเอกชนเพื่อองค์กร (Corporate Real Estate Management) การบริหารจัดการอสังหาริมทรัพย์ภาคเอกชนเพื่อองค์กร คือ การบริหารจัดการเชิงวิชาชีพของที่ดินและอาคารซึ่งองค์กรเป็นเจ้าของหรือใช้เพื่อการดำเนินงานหลักขององค์กร มากกว่าการลงทุนด้านอสังหาริมทรัพย์เชิงพาณิชย์ (Arkesteijn, 2019) ความหมายนี้ชี้ให้เห็นความแตกต่างจากการบริหารจัดการอสังหาริมทรัพย์เชิงพาณิชย์ เนื่องจาก CREM มุ่งเน้นที่การจัดการสินทรัพย์อสังหาริมทรัพย์ซึ่งสนับสนุนภารกิจหลักขององค์กร มากกว่าการสร้างผลตอบแทนจากการลงทุนเพียงอย่างเดียว โดยขอบเขตของ CREM ครอบคลุมมิติด้านกลยุทธ์ (Strategic Management) การจัดการพอร์ตโฟลิโอ (Portfolio Management) และการจัดการเชิงปฏิบัติการ (Operational Management) โดยประกอบด้วยภารกิจสำคัญ เช่น การปรับสินทรัพย์อสังหาริมทรัพย์ให้สอดคล้องกับเป้าหมายเชิงกลยุทธ์ขององค์กร การตัดสินใจเกี่ยวกับการซื้อ, ขาย หรือการใช้ประโยชน์จากทรัพย์สิน และการกำกับดูแลการดำเนินงานและบำรุงรักษาเพื่อให้สนับสนุนกิจกรรมทางธุรกิจอย่างมีประสิทธิภาพ (Lopes, 1995)

ปัจจุบัน CREM ไม่ได้ถูกมองเพียงเป็นหน่วยสนับสนุน แต่ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีบทบาทต่อผลการดำเนินงานขององค์กร โดยทำหน้าที่เชื่อมโยงสภาพแวดล้อมทางกายภาพของอสังหาริมทรัพย์ให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์องค์กร เพื่อสนับสนุนกระบวนการหลักด้วยทรัพยากรที่เหมาะสมและมีประสิทธิผล การปรับยุทธศาสตร์เช่นนี้ช่วยให้ CREM มีส่วนสร้างคุณค่า (Value Creation) โดยทำให้พอร์ตโฟลิโออสังหาริมทรัพย์มีความยืดหยุ่น และใช้งานได้เต็มศักยภาพ และควบคุมค่าใช้จ่ายได้

อย่างเหมาะสม ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันและประสิทธิภาพการดำเนินงาน (Van der Voordt, 2017) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า CREM เป็นศาสตร์การจัดการแบบบูรณาการที่รวมองค์ความรู้ด้านการบริหารทรัพยากร การเงิน การวางแผนเชิงกลยุทธ์ และพฤติกรรมองค์กร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสินทรัพย์อสังหาริมทรัพย์ให้สอดคล้องกับความสำเร็จทางธุรกิจ

การบริหารจัดการสนามกีฬา (Stadium Management)

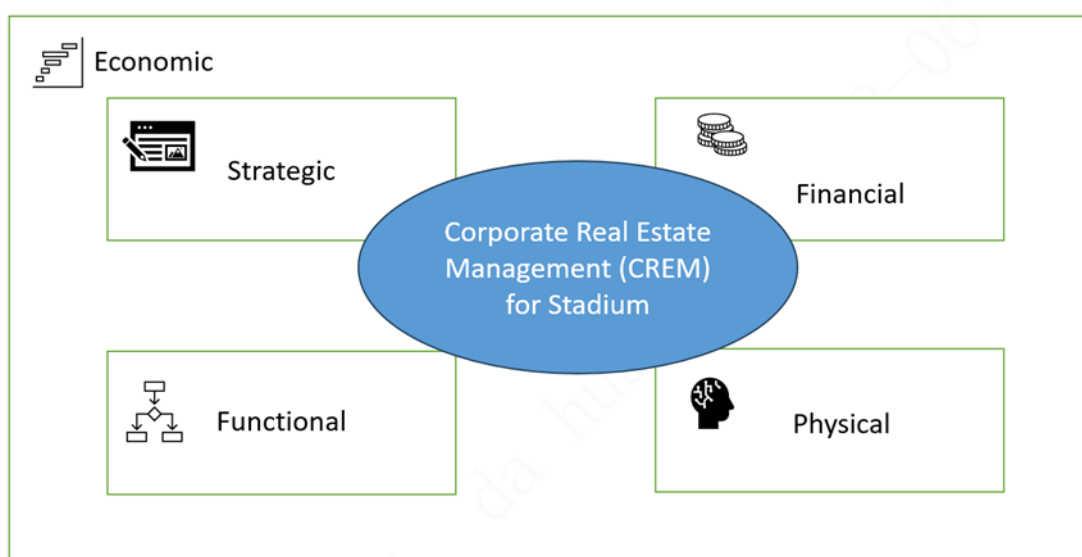
การบริหารจัดการสนามกีฬา ที่มีวัตถุประสงค์หลักไปที่ การดึงดูดผู้เข้าชม, ประสิทธิภาพการดำเนินงาน, และ การเพิ่มศักยภาพในด้านธุรกิจของสถานที่เฉพาะทางประเภทนี้ โดยลักษณะของสนามกีฬามีความท้าทายเฉพาะที่แตกต่างจากอาคารพาณิชย์หรืออาคารสำนักงานทั่วไป ไม่ว่าจะเป็น ความผันผวนของปริมาณผู้ชมในวันจัดอีเวนต์, การดูแลโครงสร้างพื้นฐานที่มีอายุการใช้งานยาวนาน, ตลอดจนการแข่งขัน ทั้งกับสนามกีฬาอื่น ๆ และ ทางเลือกในความบันเทิงอื่นๆ เช่น แพลตฟอร์มรับชมที่บ้านและสื่อดิจิทัล เป้าหมายของผู้ถือครองและผู้จัดการสนามจึงมีมากกว่าการบำรุงรักษาพื้นฐาน ไปสู่การ เพิ่มรายได้จากประสบการณ์ผู้ชมที่ดียิ่งขึ้น และ รูปแบบทางธุรกิจที่หลากหลาย โดยยังคงรักษาสสมดุลระหว่างองค์ประกอบดั้งเดิม (ที่นั่ง พื้นที่จำหน่ายอาหาร-เครื่องดื่ม) กับ นวัตกรรม เช่น การบูรณาการเทคโนโลยี และการให้บริการส่วนบุคคล ที่ช่วยยกระดับประสบการณ์แฟนกีฬาและ สร้างคุณค่าเพิ่ม ให้แก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

สำหรับโครงสร้างพื้นฐานที่เสื่อมสภาพไปตามกาลเวลา จำเป็นต้องมีทั้ง การปฏิบัติการและบำรุงรักษาต่อเนื่อง ควบคู่ไปกับการลงทุนเชิงทุน (capital investment) และ การปรับปรุงครั้งใหญ่ เพื่อจะยังคงไว้ถึงเสน่ห์ของสถานที่, ความสอดคล้องตามมาตรฐานกำกับดูแลที่ปรับเปลี่ยน และ เป้าหมายด้านความยั่งยืน (เช่น ประสิทธิภาพพลังงาน การปล่อยคาร์บอน และความเป็นอยู่ที่ดีของผู้ใช้อาคาร) โดยความซับซ้อนจะยิ่งเพิ่มทวีคูณจาก การจัดการผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย หลายกลุ่ม ทั้ง สโมสร/ทีม ผู้จัดการอีเวนต์ สปอนเซอร์ หน่วยงานท้องถิ่น และชุมชนโดยรอบ จากกรณีศึกษาที่สนาม โยฮัน ครัฟฟ์ อารีนา ในอัมสเตอร์ดัม แสดงให้เห็นอย่างเป็นรูปธรรมถึงบทบาทของ เครื่องมือและเทคโนโลยีเชิงอัจฉริยะ ในการรับมือความท้าทายเหล่านี้ พร้อมทั้งเน้นย้ำวัตถุประสงค์แกนกลางคือ การเพิ่มศักยภาพเชิงธุรกิจภายใต้แรงกดดันของการแข่งขัน ควบคู่ การสร้างคุณค่าเพิ่ม และ ผลลัพธ์ด้านความยั่งยืน ที่วัดผลได้ (van Heck et al., 2021)

จากงานวิจัยของ (Den Heier and De Jonge 2012) จะมุ่งเน้นไปที่สนามกีฬาซึ่งเป็น อสังหาริมทรัพย์ซึ่งศึกษา การจัดการอสังหาริมทรัพย์ขององค์กร (CREM) โดยประกอบไปด้วย คุณลักษณะและมุมมอง ดังต่อไปนี้ มุมมองด้านกลยุทธ์, มุมมองด้านการใช้งาน, มุมมองด้านการเงิน และ มุมมองด้านกายภาพ ตามรูปแบบกรอบแนวคิดที่นำเสนอโดย (van der Zwart & van der Voordt 2013) การใช้มุมมองดังกล่าวช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ครอบคลุมในการอธิบายคุณลักษณะ ของสนามกีฬา ตลอดจนการตีความและ สภาพแวดล้อมของสนามกีฬาให้ได้มุมมองที่ลึกยิ่งขึ้นและ ผ่านการพิจารณาโดน ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย, ตัวแปร และกรอบแนวคิดที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งรายละเอียด ของแต่ละมุมมองได้ดังนี้:

1. มุมมองด้านกายภาพ: คุณลักษณะด้านทำเล สภาพ และประเภทของพื้นที่ภายในสนามกีฬา
2. มุมมองด้านกลยุทธ์: โครงสร้างองค์กรและความสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์ขององค์กร
3. มุมมองด้านการใช้งาน: ประเภทผู้ใช้งานสนามกีฬาและลักษณะของผู้ใช้งาน
4. มุมมองด้านการเงิน: การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และโครงสร้างทางการเงินของสนามกีฬา

ทั้งนี้ งานวิจัยของ (van Heck, S.G.J., Valks, B., & den Heijer, A. C. 2021) ได้บ่งชี้ว่า สนามกีฬาในฐานะสินทรัพย์ขนาดใหญ่และมีลักษณะเฉพาะและสามารถก่อให้เกิด ผลกระทบทาง เศรษฐกิจ ต่อพื้นที่โดยรอบได้ ด้วยเหตุนี้จึงมีการเพิ่ม มุมมองที่ห้า คือ มุมมองด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่ง ครอบคลุมผลกระทบทางเศรษฐกิจ โดยตรง ทางอ้อม และผลกระทบที่เกิดขึ้นตามมา อันเนื่องมาจากการพัฒนาสนามกีฬา



ภาพประกอบ 5 มุมมองสำหรับการบริหารจัดการอสังหาริมทรัพย์

มุมมองด้านกายภาพ (Physical Characteristics)

มิติด้านกายภาพครอบคลุมถึงการออกแบบทางสถาปัตยกรรม นวัตกรรมโครงสร้าง การบูรณาการกับสภาพแวดล้อม และความสามารถในการปรับตัว โดยแนวโน้มปัจจุบันจะมุ่งเน้นการสร้างสนามกีฬาแบบผสมผสานและหลายหน้าที่ (Hybrid / Multifunctional Architecture) ซึ่งจะผสมผสานการกีฬาเข้ากับกิจกรรมด้านพาณิชย์ วัฒนธรรม และสุขภาพ เช่น การออกแบบให้สอดคล้องกับธรรมชาติ (green design) การใช้วัสดุที่ยั่งยืน และการเปิดพื้นที่บางส่วนให้สาธารณะใช้เพื่อเสริมสร้างความผูกพันของชุมชน ตามงานวิจัยของ (Osychenko, 2025) ในด้านวิศวกรรม สนามกีฬามีความท้าทายเฉพาะ เช่น การรับแรงจากฝูงชนและสิ่งแวดล้อม ความก้าวหน้าในการติดตั้งระบบ sensors และ real-time structural health monitoring ทำให้สามารถตรวจวัดภาวะและประเมินความปลอดภัยได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น ((Fikret Necati Catbas, Ozan elik 2017)

นอกจากนี้ ในงาน (L. Di, 2020) ได้ชี้ให้เห็นว่า สนามกีฬายังมีการผสมผสานระบบดิจิทัลต่างๆ เช่น แพลตฟอร์มการจัดการอัจฉริยะ (smart operation platform) ที่อ้างอิงแนวคิด Internet+ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรและการบริการ เช่น สนามกีฬาสาธารณะในเมืองเซี่ยงไฮ้ที่ใช้การกำหนดตาม PHP-based framework เพื่อการจัดการที่มีประสิทธิภาพอีกด้วย

มุมมองด้านกลยุทธ์ (Strategic Characteristics)

สนามกีฬามักจะถูกใช้เป็นเครื่องมือเชิงยุทธศาสตร์ทั้งในระดับชาติและเมือง สะท้อนอัตลักษณ์ความหมายเชิงสัญลักษณ์ และเป้าหมายทางการพัฒนาเช่น สนามฟุตบอลแห่งชาติในกลุ่มประเทศนอร์ดิก ได้สะท้อนการเปลี่ยนแปลงของสังคม ตั้งแต่การออกแบบในยุคสมัยใหม่ (modernist) ที่เน้นไปในการใช้งาน จนถึง ด้านสุนทรียศาสตร์ ในช่วงหลังยุคสมัยใหม่ (Post Modernist) ที่เน้นการใช้หลายรูปแบบและความหมายทางสังคม (Wergeland & Hognestad, 2021)

ในมิติของการบริหารจัดการส่งผลต่อการใช้งานต่อไป (legacy management) หลังงานอีเวนต์ใหญ่ เช่น งานฟุตบอลโลกปี 2010 (FIFA World Cup 2010) ที่แอฟริกาใต้ พบว่าบางสนาม เช่น ที่เมืองDurban และ Cape Town ประสบกับปัญหาการใช้งานต่ำ (underutilization)

เนื่องจากประมาณการความต้องการที่สูงเกินจริง ส่งผลให้เกิดความท้าทายต่อความคุ้มค่าเชิงกลยุทธ์ ตามงานวิจัยของ (T. Bason, D. M. Cook, C. Anagnostopoulos, 2015)

อีกมิติหนึ่ง คือ ความพึงพอใจและการมีส่วนร่วมของแฟนกีฬา ที่ส่งผลต่อจำนวนผู้เข้าชม และรายได้ของสนามกีฬา งานวิจัย (M. Sarstedt, C. M. Ringle, S. Raithel, S. P. Gudergan, 2012.) ใช้ ดัชนี FANSAT เพื่อวัดความพึงพอใจของผู้เข้าชม สนับสนุนการวางแผนเชิงกลยุทธ์ในการ เพิ่มคุณภาพประสบการณ์แฟนกีฬา

มุมมองด้านการใช้งาน (Function Characteristics)

มิติด้านการใช้งานของสนามกีฬามุ่งเน้นไปที่ การใช้ประโยชน์ (utilization) ความหลากหลายในการใช้งาน (versatility) ความสามารถในการเข้าถึงของผู้ใช้ (user accessibility) ความปลอดภัย (safety) และคุณภาพการบริการ (service quality) ระหว่างการจัดงาน โดยจาก งานวิจัย (J. Flrez, J. Muniz, L. D. S. Portugal, 2014) ได้มุ่งประเด็นสำคัญ คือ คุณภาพการ ให้บริการด้านการเดินเท้า (pedestrian quality of service) ทั้งภายในและโดยรอบสนามกีฬา ในช่วงการจัดงานขนาดใหญ่ โดยทำการศึกษาพฤติกรรมผู้ใช้เส้นทางเดินในสนาม Maracanã Stadium ประเทศบราซิลในช่วงการแข่งขันกีฬา FIFA Confederations Cup 2013 พบว่า คุณภาพ

การให้บริการขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ความสะดวกในการเข้าถึง ความสบาย ความเชื่อถือได้ ความสะดวกสบาย ความปลอดภัย และปฏิสัมพันธ์ทางสังคม นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้ใช้งานรับรู้เวลาในการเดินสั้นกว่าความเป็นจริง ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการ ออกแบบผังเมือง, การ เข้าถึง และการวางแผนเชิงพื้นที่ การค้นพบนี้สะท้อนถึงความสำคัญของการบูรณาการ โครงสร้าง พื้นฐานด้านคมนาคมและนโยบายการออกแบบเมือง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของคนเดิน และลดการพึ่งพาการคมนาคมด้วยยานยนต์

อีกหนึ่งประเด็นสำคัญ คือ การอพยพฉุกเฉินและความปลอดภัย ในงานวิจัย (M. D. Falco, 2016) ในประเทศอิตาลีได้พัฒนากฎการวิเคราะห์เพื่อประเมินเวลาอพยพ โดยอิงตาม ลักษณะของสนามกีฬาและมาตรฐานความปลอดภัยของอิตาลี กรอบดังกล่าวประกอบด้วย modular checklist และวิธีการประเมินเชิงวิเคราะห์ ที่สามารถใช้วัดระดับความพร้อมในการรับมือ สถานการณ์ฉุกเฉิน และสนับสนุนการตัดสินใจในการปรับปรุงมาตรการด้านความปลอดภัย ทั้งยัง ช่วยสร้างสมดุลระหว่างประสิทธิภาพกับข้อจำกัดด้านต้นทุนและทรัพยากร

นอกจากนี้ สนามกีฬาสมัยใหม่ยังมีการใช้ประโยชน์ในรูปแบบการใช้งานที่หลากหลาย (multifunctionality) โดยมีการขยายการใช้งานไปสู่กิจกรรมที่ไม่ใช่กีฬา เช่น คอนเสิร์ต นิทรรศการ การประชุม และงานเทศกาล การใช้พื้นที่ในลักษณะนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร และสร้างการบูรณาการกับชุมชนในระดับสูงขึ้น ทั้งนี้ การจัดกิจกรรมเชิงพาณิชย์และวัฒนธรรมยังเป็นส่วนสำคัญของ กลยุทธ์การดำเนินงาน (operational strategies) ที่ช่วยสร้างความมั่นคงทางการเงินและเสริมความสำคัญทางสังคมของสนามกีฬา

มุมมองด้านการเงิน (Financial Characteristics)

ในมิติทางการเงิน สนามกีฬามีความเกี่ยวข้องกับ โครงสร้างการระดมทุนที่ซับซ้อน การบริหารจัดการต้นทุน และความท้าทายด้านการเพิ่มประสิทธิภาพรายได้ ความเป็นไปได้เชิงการเงินของการก่อสร้างและการดำเนินงานสนามกีฬาขึ้นอยู่กับจัดการที่มีประสิทธิภาพ การใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย และนวัตกรรมทางการเงินเชิงกลยุทธ์

หนึ่งในแนวทางที่โดดเด่น (L. Hong-quan, H. Jin, D. Wang, 2011) คือ ตราสารหนี้ที่มีสินทรัพย์อื่นที่ไม่ใช่หลักประกันการจำนอง (Asset-backed securitization) ซึ่งถือเป็นเครื่องมือทางการเงินที่เริ่มมีบทบาทในการก่อสร้างและการดำเนินงานสนามกีฬา โดยเฉพาะในตลาดจีน กลไกดังกล่าวได้มีการเชื่อมโยงกระแสรายได้ในอนาคตของสนามกีฬากับผลิตภัณฑ์ทางการเงิน ทำให้โครงการสามารถเข้าถึงเงินทุนในระดับสูงขึ้น และกระจายความเสี่ยงทางการเงินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในด้านการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (cost-benefit analysis) ของการจัดงานขนาดใหญ่ (mega-events) เช่น การแข่งขัน FIFA World Cup พบว่าผลลัพธ์ทางการเงินมีทั้งเชิงบวกและเชิงลบ ตัวอย่างเช่น การศึกษา (H. M. Pohan, S. P. Oktavianty, 2018.) ความเป็นไปได้ของการจัดงานที่ประเทศอินโดนีเซีย ชี้ให้เห็นว่าผลกำไรทางตรงจากการจัดงานอาจต่ำ เนื่องจากค่าใช้จ่าย

ด้านโครงสร้างพื้นฐานที่สูงและข้อจำกัดด้านภูมิศาสตร์ แต่ผลประโยชน์ทางอ้อม เช่น การท่องเที่ยว การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และการสร้างบุคลากร (talent development) สามารถสร้างความคุ้มค่าในระยะยาวได้

นอกจากนี้ การประเมินปริมาณก๊าซ CO₂ (Carbon footprint) ของสนามกีฬายังช่วยตอกย้ำแรงกดดันทางการเงินที่สัมพันธ์กับความยั่งยืน โดยการทำประเมิน (M. Hedayati, U. IyerRaniga, E. Crossin, 2014) Life Cycle Assessment (LCA) ในสนามกีฬาของออสเตรเลียที่มีภูมิอากาศที่ร้อนชื้น พบว่าการใช้พลังงานในช่วงการดำเนินงานเป็นแหล่งหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นในการลงทุนอย่างต่อเนื่องในระบบ Heating, Ventilation, and Cooling (HVAC) ที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อลดต้นทุนและปฏิบัติตามกฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อม

ในด้านสุดท้าย หลักการของเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) กำลังได้รับการยอมรับมากขึ้นในฐานะกรอบเชิงกลยุทธ์ด้านการเงินและความยั่งยืนสำหรับการออกแบบและการจัดการมรดกของสนามกีฬา โดยมี ตัวอย่างงานวิจัย (Murat et al., 2021) คือ ที่สนามกีฬา Ras Abu Aboud Stadium ที่จัดการแข่งขัน FIFA World Cup Qatar ในปี 2022 ที่สร้างขึ้นจากตู้คอนเทนเนอร์แบบโมดูลาร์ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ทั้งหมด แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและส่งเสริมความยั่งยืนทางสังคม การวิเคราะห์วงจรชีวิตเปรียบเทียบ (comparative LCA) ชี้ว่าการใช้สนามกีฬาแบบชั่วคราวสามารถลดการใช้ทรัพยากรได้มากถึง 60% ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า นวัตกรรมการออกแบบ (innovative design thinking) สามารถรักษาทุนทางการเงินและสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกันได้

มุมมองด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Characteristics)

มิติทางด้านเศรษฐศาสตร์ของสนามกีฬามีสาระสำคัญเกี่ยวกับ ผลกระทบต่อเศรษฐกิจท้องถิ่นและระดับภูมิภาค ผ่านทั้งช่องทางทางตรงและทางอ้อม โดยดั้งเดิมแล้ว วรรณกรรมในระยะเริ่มแรกมีมุมมองค่อนข้างสงสัยต่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจของสนามกีฬา โดยมีข้อชี้ให้เห็นว่า สนามกีฬาให้ผลเชิงบวกที่จำกัดต่อการจ้างงาน รายได้ หรือรายรับจากภาษี อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในช่วงหลัง โดยเฉพาะการศึกษาเกี่ยวกับ สนามกีฬาแบบหลายหน้าที่ (multifunctional stadiums) ได้นำเสนอข้อค้นพบเชิงลึกที่ท้าทายความเชื่อเดิมดังกล่าว

กรณีศึกษา (Kozma et al., 2022) สนามกีฬา Great Forest Stadium เมือง Debrecen ประเทศฮังการี เป็นตัวอย่างสำคัญที่สะท้อนให้เห็นว่าการออกแบบสนามกีฬาให้รองรับการใช้งานที่หลากหลาย เช่น ห้องประชุม บริการจัดเลี้ยง และร้านค้าปลีก ช่วยเพิ่มความหลากหลายของแหล่งรายได้ (diversified revenue streams) และทำให้สนามกีฬาถูกผนวกรวมเข้ากับกิจกรรมทาง

เศรษฐกิจและสังคมที่กว้างขึ้น เช่น วิทยาศาสตร์สุขภาพ และเศรษฐกิจฐานความรู้ (knowledge economy) ผ่านความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยในท้องถิ่น ผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสนามกีฬาสามารถทำหน้าที่เป็น ศูนย์กลางของกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคม ไม่ใช่เพียงพื้นที่จัดงานแบบแยกส่วน

นอกจากการดำเนินงานโดยตรงของสนามกีฬาแล้ว ยังพบว่าสนามกีฬามีอิทธิพลต่อธุรกิจโดยรอบ โดยเฉพาะในวันแข่งขัน ตัวอย่างเช่น การศึกษากรณี (A. Giri, V. Sagan, M. J. Podgursky, 2024) Major League Baseball (MLB) ในเมือง Saint Louis พบว่ากิจกรรมทางเศรษฐกิจในท้องถิ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยร้านอาหาร บาร์ และร้านจำหน่ายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มียอดขายเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 38% ผลลัพธ์นี้ยังสะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างตามทีมและประเภทของกิจกรรม ซึ่งเน้นย้ำถึงความสำคัญของ ปัจจัยเฉพาะพื้นที่ (localized factors) ที่มีอิทธิพลต่อผลกระทบทางเศรษฐกิจแบบ spillover ทั้งนี้ การใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (spatial clustering) ร่วมกับ โมเดล Machine Learning (XGBoost) สามารถช่วยจับรูปแบบความแตกต่างเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสร้างข้อมูลเชิงปฏิบัติที่มีประโยชน์ต่อผู้วางแผนเมืองและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในภาคธุรกิจ

แม้ข้อค้นพบเหล่านี้จะสะท้อนถึงการมีปฏิสัมพันธ์ทางเศรษฐกิจเชิงบวกของสนามกีฬา แต่ก็ยังมีข้อกังวลเกี่ยวกับ ความยั่งยืนและขอบเขตของผลประโยชน์ ผลกระทบทางเศรษฐกิจขึ้นอยู่กับปัจจัยบริบท เช่น การวางผังเมือง การเข้าถึงระบบขนส่ง และกลยุทธ์การใช้สนาม หากปัจจัยเหล่านี้ไม่ได้รับการบูรณาการอย่างเหมาะสม ศักยภาพทางเศรษฐกิจอาจถูกจำกัด ตัวอย่างเช่น กรณีศึกษาที่ประเทศบราซิลในการแข่งขัน FIFA World Cup 2014 ที่ประสบภาวะขาดทุน เนื่องจากสนามตั้งอยู่ไกลจากสโมสรฟุตบอลที่ได้รับความนิยม ทำให้จำนวนผู้เข้าชมลดลง และผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ (O. E. Valkova and V. M. Kitsis, 2018) เหตุการณ์นี้สะท้อนถึงความจำเป็นของ การวางแผนแบบบูรณาการ (integrated planning approach) ที่ต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างสหพันธ์กีฬาและองค์กรปกครองท้องถิ่นเพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจของสนามกีฬาให้สูงสุด

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับลักษณะของสนามกีฬาพบว่า สนามกีฬาในฐานะ โครงสร้างพื้นฐานที่ซับซ้อน (complex infrastructure entities) มีการดำเนินงานและบทบาทอยู่บนจุดตัดของ ห้ามิติหลัก ได้แก่ เศรษฐศาสตร์ กายภาพ กลยุทธ์ การใช้งาน และการเงิน ในมิติด้านกายภาพ นวัตกรรมทางสถาปัตยกรรมและการบูรณาการเทคโนโลยีช่วยยกระดับด้านความปลอดภัย

การเข้าถึง และประสบการณ์ของผู้ใช้ในมิติด้านกลยุทธ์ สนามกีฬาทำหน้าที่เป็นสัญลักษณ์ทางอัตลักษณ์ของชาติ รวมทั้งเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการการส่งต่อมรดก (legacy management) ซึ่งส่งผลต่อการใช้งานในระยะยาวและความสำคัญต่อสังคม ในมิติด้านการใช้งาน การปรับปรุงคุณภาพการบริการ โดยเฉพาะในด้านความปลอดภัย การเข้าถึง และการใช้พื้นที่แบบหลายหน้าที่ ยังคงเป็นแกนหลักของการจัดการสนามกีฬา ในมิติด้านการเงิน นวัตกรรมการจัดหาเงินทุน การประเมินต้นทุนตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Assessment) และแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เป็นแนวทางที่ช่วยสนับสนุนการพัฒนาสนามกีฬาอย่างยั่งยืน ในมิติด้านเศรษฐศาสตร์ สนามกีฬาสามารถสร้างการเติบโตทางเศรษฐกิจในท้องถิ่นผ่านความหลากหลายของการใช้งาน (multifunctionality) และการใช้จ่ายของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นในช่วงงานอีเวนต์ แม้ผลกระทบดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับปัจจัยบริบทเฉพาะพื้นที่อย่างมาก

งานวิจัยจึงมุ่งเน้นในด้านการพัฒนา โมเดลแบบบูรณาการ (integrated models) ที่สามารถเชื่อมโยงทั้งห้ามิติร่วมกัน โดยคำนึงถึง ลักษณะเฉพาะของแต่ละภูมิภาค และ บริบทเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง

2.7 เทคโนโลยีไอโอที (Internet of Things: IoT)

เทคโนโลยีไอโอที (Internet of Things: IoT) เป็นเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาประเทศไปสู่การเป็น Thailand Industry 4.0 เทคโนโลยีไอโอทีถือเป็นส่วนหนึ่งในการส่งเสริมภาคอุตสาหกรรม ที่จะอาศัย การเชื่อมต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องจักรมนุษย์และข้อมูล เพื่อเพิ่มอำนาจในการตัดสินใจที่รวดเร็วและมีความถูกต้องแม่นยำสูง รวมไปถึงการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ซึ่ง ก่อให้เกิดนวัตกรรมและบริการใหม่ ๆ อีกมากมาย (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2561; สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, 2560) ยกตัวอย่างเช่น เซ็นเซอร์ภายในโรงพยาบาลที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้ป่วย เมื่อผู้ป่วยมีการเคลื่อนไหวหรือผู้ป่วยล้ม จะส่งสัญญาณไปยังบุคลากรทางการแพทย์หรือแผนกฉุกเฉิน, เซ็นเซอร์ ภายในบ้านตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้อยู่อาศัย และส่งสัญญาณไปสั่งเปิดหรือปิดสวิตช์ตามห้อง ต่าง ๆ ที่มีคนหรือไม่มีคนอยู่ เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้น เทคโนโลยีไอโอทีเป็นหนึ่งในสิบเทคโนโลยีที่น่าจับ ตามองตามการวิเคราะห์บริษัท Gartner ที่ปรากฏในรายงาน Gartner's Top 10 Strategic Technology Trends for 2015 และมีการคาดการณ์ว่าจำนวนของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อระบบพื้นฐาน สำหรับ IoT จะมีเพิ่มขึ้นมากกว่าหลายพันล้านอุปกรณ์

จึงเป็นที่น่าสนใจในการเรียนรู้และพัฒนา นวัตกรรมเพื่อตอบสนองเทคโนโลยีดังกล่าว (Gartner, 2015)

(Velliangiri, 2020) เราสามารถนิยาม IoT ได้ว่า เป็นเครือข่ายที่อยู่ทุกที่ที่สามารถตรวจสอบ และควบคุมพารามิเตอร์ทางกายภาพผ่านการรวบรวม ประมวลผล และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ถูกรวบรวม ขึ้นโดยเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์อัจฉริยะ ไอโอที คืออุปกรณ์หรือวัตถุต่าง ๆ ถูกเชื่อมต่อเข้าสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์ สามารถสั่งการและควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้ เช่น การสั่งเปิดหรือปิดอุปกรณ์ ไฟฟ้าภายในบ้านและสำนักงาน เครื่องมือสื่อสาร เครื่องมือทางการแพทย์ เครื่องจักรใน โรงงาน อุตสาหกรรม หรือเครื่องใช้และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในชีวิตประจำวัน ในปัจจุบันมีการพัฒนา อุปกรณ์สมาร์ท (Smart Devices) ออกมาเป็นจำนวนมากอย่างต่อเนื่อง โดยอุปกรณ์เหล่านี้สามารถ เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ เช่น แล็ปท็อป แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน สมาร์ททีวี จีพีเอส เครื่องเสียง กล้อง ดิจิทัล อุปกรณ์ประมวลผลแบบพกพาต่าง ๆ รวมถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านและสำนักงานที่มีการใช้ เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย อุปกรณ์เหล่านี้ต้องมีความสามารถในการรับรู้ ตอบสนอง และสามารถ โปรแกรมหรือสั่งการทำงานได้ (จรวัย สาวิถี, 2566) สถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติ (NIST) ได้นิยามของ เทคโนโลยีไอโอที ว่าเป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับ การกระตุ้น การสื่อสาร และส่วนประกอบของการประมวลผล อุปกรณ์ไอโอที มีความแตกต่างจากอุปกรณ์ดิจิทัลทั่วไปคือ สามารถโต้ตอบกับโลกทางฟิสิกส์และไม่สามารถเข้าถึง ตรวจสอบ และจัดการผ่านวิธีการทั่วไปได้ นอกจากนั้นยังมีความสามารถด้านความปลอดภัย ความเป็นส่วนตัว ความพร้อมใช้งาน ความมีประสิทธิภาพ และประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น บริษัท Cisco Systems ผู้ผลิตและจำหน่ายอุปกรณ์เครือข่ายและอุปกรณ์ไอโอทีได้กำหนดให้เทคโนโลยีไอ โอทีเป็นเครือข่ายของเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกับวัตถุและอุปกรณ์สื่อสาร และให้ข้อมูลที่สามารถวิเคราะห์ และนำไปใช้เพื่อเริ่มต้นของการดำเนินการอัตโนมัติ การตัดสินใจขึ้นอยู่กับว่าวัตถุสามารถสัมผัสได้ เมื่อใดและสื่อสารได้เมื่อใด เทคโนโลยีไอโอที ถูกกำหนดให้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการเติบโต ของธุรกิจหรือกลยุทธ์ทางธุรกิจ สามารถช่วยเร่งระยะเวลาในการออกสู่ตลาด เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ สินทรัพย์ ปรับปรุงประสิทธิภาพของห่วงโซ่อุปทาน เพิ่มประสิทธิภาพการใช้สินทรัพย์ ปรับปรุงการ พัฒนาผลิตภัณฑ์ และใช้การบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ เป็นต้น (Gupta & Quamara, 2020) ITU-T ได้กำหนดให้ เทคโนโลยีไอโอทีเป็นโครงสร้างพื้นฐานระดับโลกสำหรับสังคมข้อมูล เปิดใช้งานสำหรับบริการขั้นสูงโดยการเชื่อมต่อระหว่างสิ่งต่าง ๆ (ทางฟิสิกส์และเวอร์ชวล) ตามข้อมูล ที่มีอยู่และการพัฒนาที่ทำงานร่วมกันได้ อุปกรณ์ ไอโอที ประกอบด้วย

เทคโนโลยีที่สวมใส่ได้และ อุปกรณ์มัลติฟังก์ชัน ตลอดจนอุปกรณ์ระบบอัตโนมัติภายในบ้าน เช่น เครื่องชงกาแฟ เซ็นเซอร์ยางรถยนต์ ระบบเข้า-ออกแบบไม่ใช้กุญแจ เครื่องซักผ้า แปรงสีพื้นไฟฟ้า หูฟัง และหลอดไฟฟ้า เป็นต้น คาดว่าภายในปี ค.ศ. 2025 จะมีอุปกรณ์ไอโอที มากกว่า 25 พันล้านเครื่อง โดยมากกว่าครึ่งหนึ่งจะเป็นอุปกรณ์สำหรับผู้บริโภค ไอโอทีเป็นแนวคิดที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีจุดเด่นในการเชื่อมต่อและโต้ตอบกับอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะอื่นผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นพัฒนาการทางเทคโนโลยีที่พยายามเชื่อมต่อ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันเข้ากับอินเทอร์เน็ต ตัวอย่างของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เหล่านี้ เช่น เครื่องจักรอุตสาหกรรม เครื่องใช้ขนาดเล็ก อุปกรณ์ที่ใช้ในการขนส่ง และยังรวมถึงวัตถุ อื่นๆ อีกหลายอย่างก็เป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีนี้ เช่น เสื้อผ้า รองเท้า คอมไฟ และปากกา เป็นต้น

แนวความคิดของการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเริ่มแพร่หลายในช่วงต้นปี ค.ศ. 1990 เมื่อตลาดผู้บริโภคและองค์กรทั้งภาครัฐและเอกชนอยู่ในช่วงการเติบโต Kevin Ashton ผู้บุกเบิกด้านนวัตกรรม ชาวอังกฤษ ซึ่งเป็นผู้ร่วมก่อตั้ง Auto-ID Center ที่ MIT เป็นผู้คิดค้นคำว่า "Internet of Things" หรือ "IoT" ในปี ค.ศ. 1999 แนวคิดหลักก็คือการระบุและติดตามออบเจกต์ (Objects) ได้ อย่างแม่นยำมากขึ้นโดยใช้ความถี่วิทยุ ในครั้งแรกเป็นการเชื่อมต่อออบเจกต์หรือวัตถุเข้าสู่อินเทอร์เน็ต โดย ไอโอที ของ Ashton ได้อธิบายออบเจกต์ในรูปแบบฟิสิกส์ที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และ อนุญาตให้ทุก ๆ สิ่งจากทุก ๆ สถานที่สามารถเชื่อมต่อและใช้งานได้ตามที่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของ ออบเจกต์นั้น (Gupta & Quamara, 2020)

ในปัจจุบัน วัตถุสิ่งของที่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้นั้น ไม่ได้จำกัดเฉพาะ โทรศัพท์, แท็บเล็ต หรือคอมพิวเตอร์ แต่ยังรวมถึงอุปกรณ์ที่ได้รับการติดตั้งสมองกล เช่น นาฬิกาอัจฉริยะ, อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน เช่น เครื่องปรับอากาศ ระบบไฟส่องสว่าง เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีไอโอทีถูกนำมาประยุกต์ใช้เข้ากับวิถีชีวิตประจำวันของมนุษย์ จนถึงกระบวนการทำงานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ หรือการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในบ้านเข้าด้วยกัน และสั่งการจากส่วนกลาง และ การเชื่อมต่อระบบการผลิตในโรงงานเข้าด้วยกัน และควบคุมสั่งการจากส่วนกลาง โดยใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีไอโอที ที่มีแนวโน้มในเชิงจำนวนและความหลากหลายมากขึ้น มีการคาดการณ์จากบริษัทด้านเทคโนโลยีสารสนเทศว่า จำนวนวัตถุที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบ IoT มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยอุปกรณ์ไอโอทีที่สำรวจโดยบริษัท ฮิวเลตต์-แพคการ์ด (HP) จาก (Velliangiri, 2020) Internet of Things Integration and Security Challenges (1st ed.). Florida: CRC Press. p. 126) มีจำนวนตามรายละเอียดดังนี้

ตาราง 3 อุปกรณ์ไอโอทีที่สำรวจโดยบริษัท ฮิวเลตต์-แพคการ์ด (HP)

ปี ค.ศ.	อุปกรณ์ฟิสิกส์ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายไอโอที
1990	300,000
1999	90 ล้าน
2010	5 พันล้าน
2013	9 พันล้าน
2025	1 ล้านล้าน

องค์ประกอบของเทคโนโลยี IoT แบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก (จรวย สาวีถิ, 2566) ดังนี้

1. ส่วนรับข้อมูล คือ ส่วนที่ช่วยให้อุปกรณ์ไอโอทีรับรู้ข้อมูลจากสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น อุปกรณ์ที่ฝังชิปคอมพิวเตอร์ เซ็นเซอร์ และซอฟต์แวร์ เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตและสื่อสารกับอุปกรณ์อื่น ๆ

2. ส่วนสื่อสาร คือ ส่วนที่ช่วยให้อุปกรณ์ไอโอทีมีความสามารถในการสื่อสาร เป็นส่วนที่มีการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต โดยเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยมคือสมองกลฝังตัวที่ติดไว้กับวัตถุ ซึ่งเป็น อุปกรณ์เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต มีหน้าที่รับข้อมูลความเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องจากเซ็นเซอร์ แล้วส่ง ข้อมูลนี้ผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อเชื่อมต่อเข้ากับระบบควบคุมและประเมินผลส่วนกลาง ทั้งนี้ จุดเด่นของ สมองกลฝังตัว คือการส่งข้อมูลแบบ Real Time อย่างแม่นยำ

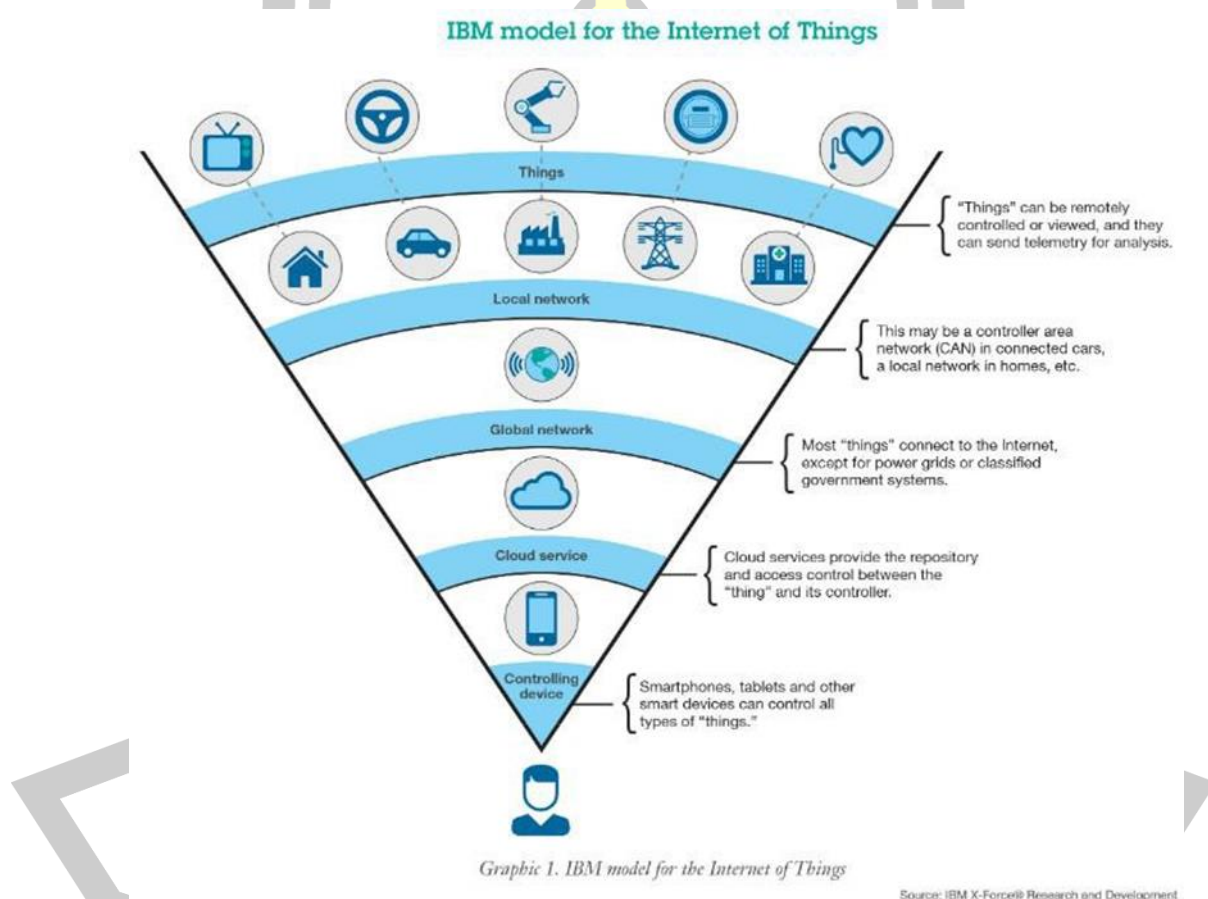
3. ส่วนประมวลผลข้อมูล คือ ส่วนที่ช่วยให้อุปกรณ์ไอโอที มีความสามารถในการประมวลผล ข้อมูลที่ได้รับ นับเป็นส่วนที่ทำให้เกิดกระบวนการทำงานในเทคโนโลยีไอโอที เช่น เทคโนโลยีการ

ประมวลผลแบบคลาวด์ (Cloud Computing) ทั้งนี้ การที่เทคโนโลยีไอโอที ได้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้เกิดการรวบรวมข้อมูลเหล่านี้แล้วจัดเก็บเป็นคลังข้อมูลส่วนกลางขนาดใหญ่ของระบบ (Big Data) หรือนำไปผนวกกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำข้อมูลจากคลังส่วนกลางไปใช้วิเคราะห์และทำนายผลการดำเนินงานของบุคคล สิ่งของ หรือองค์กรต่างๆ ที่อยู่ในระบบได้ต่อไป

4. ส่วนของการอินเทอร์เน็ตเฟสกับผู้ใช้ คือ ส่วนที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตอบโต้กับอุปกรณ์ไอโอทีได้อย่างสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานซึ่งจะส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

อุปกรณ์ เช่น หน้าจอสำหรับผู้ใช้งานซึ่งทำหน้าที่ในการแสดงผลข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแต่ละอุปกรณ์ และอาจมี ความสามารถในการสั่งการและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ โดยอาจ อยู่ในรูปแบบ ของเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันในโทรศัพท์สมาร์ทโฟน เป็นต้น

(Aion, 2016) เทคโนโลยี IoT มีประโยชน์ในหลายด้าน แต่ก็มาพร้อมกับความเสี่ยง เพราะ หากระบบรักษาความปลอดภัยของอุปกรณ์ และเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไม่ดีพอ ก็อาจทำให้ผู้ไม่ประสงค์ดีเข้ามาขโมยข้อมูลหรือละเมิดความเป็นส่วนตัวของเราได้ ดังนั้นการพัฒนาไอโอที จึง จำเป็นต้องพัฒนามาตรการ และระบบรักษาความปลอดภัยไอทีควบคู่กันไปด้วย



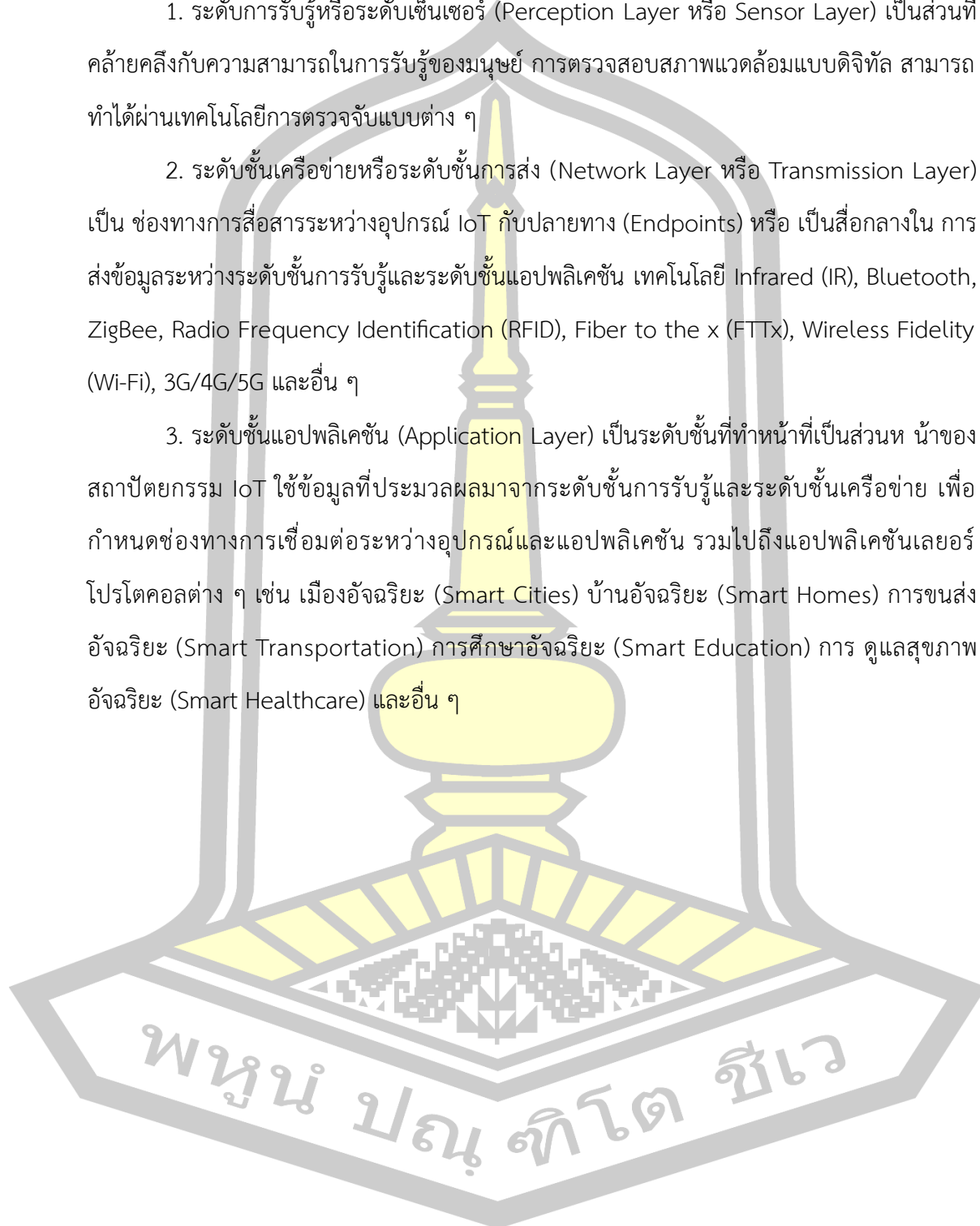
ภาพประกอบ 6 Network Layers ของ Internet of Things โดยบริษัท IBM

สถาปัตยกรรม IoT แบ่งออกเป็น 3 ระดับการรับรู้ ดังนี้

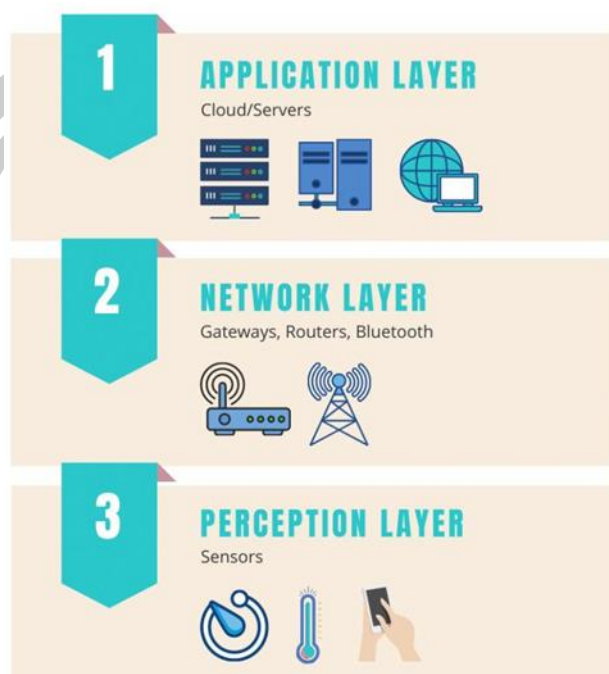
1. ระดับการรับรู้หรือระดับเซ็นเซอร์ (Perception Layer หรือ Sensor Layer) เป็นส่วนที่คล้ายคลึงกับความสามารถในการรับรู้ของมนุษย์ การตรวจสอบสภาพแวดล้อมแบบดิจิทัล สามารถทำได้ผ่านเทคโนโลยีการตรวจจับแบบต่าง ๆ

2. ระดับชั้นเครือข่ายหรือระดับชั้นการส่ง (Network Layer หรือ Transmission Layer) เป็น ช่องทางการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ IoT กับปลายทาง (Endpoints) หรือ เป็นสื่อกลางใน การส่งข้อมูลระหว่างระดับชั้นการรับรู้และระดับชั้นแอปพลิเคชัน เทคโนโลยี Infrared (IR), Bluetooth, ZigBee, Radio Frequency Identification (RFID), Fiber to the x (FTTx), Wireless Fidelity (Wi-Fi), 3G/4G/5G และอื่น ๆ

3. ระดับชั้นแอปพลิเคชัน (Application Layer) เป็นระดับชั้นที่ทำหน้าที่เป็นส่วนหน้าของ สถาปัตยกรรม IoT ใช้ข้อมูลที่ประมวลผลมาจากระดับชั้นการรับรู้และระดับชั้นเครือข่าย เพื่อ กำหนดช่องทางการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์และแอปพลิเคชัน รวมไปถึงแอปพลิเคชันเลเยอร์ โปรโตคอลต่าง ๆ เช่น เมืองอัจฉริยะ (Smart Cities) บ้านอัจฉริยะ (Smart Homes) การขนส่งอัจฉริยะ (Smart Transportation) การศึกษาอัจฉริยะ (Smart Education) การ ดูแลสุขภาพอัจฉริยะ (Smart Healthcare) และอื่น ๆ



THREE-LAYER ARCHITECTURE



ภาพประกอบ 7สถาปัตยกรรม IoT

แนวคิด Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) คือแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่ออุปกรณ์และวัสดุต่าง ๆ ให้งับ อินเทอร์เน็ตเพื่อให้อสามารถรับส่งข้อมูลและประมวลผลข้อมูลในรูปแบบของอุปกรณ์อัจฉริยะ คำว่า "Internet of Things" ถูกใช้ครั้งแรกในช่วงปี 1999 โดย Kevin Ashton ผู้ก่อตั้ง Auto-ID Center ใน MIT ในบทความที่เขียนโดย Ashton ได้กล่าวถึงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ในโลกทางธุรกิจผ่าน อินเทอร์เน็ตเพื่อจัดการและควบคุมข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Gokhale et al., 2018)

IoT ได้รับ การพัฒนาและเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดหลายทศวรรษ ความสามารถในการเชื่อมต่ออุปกรณ์และ รับส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตนำไปสู่การใช้งานที่หลากหลายในหลายกลุ่มอุตสาหกรรมแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการเชื่อมต่อและการใช้งานข้อมูลในโลกที่เราอยู่ใน

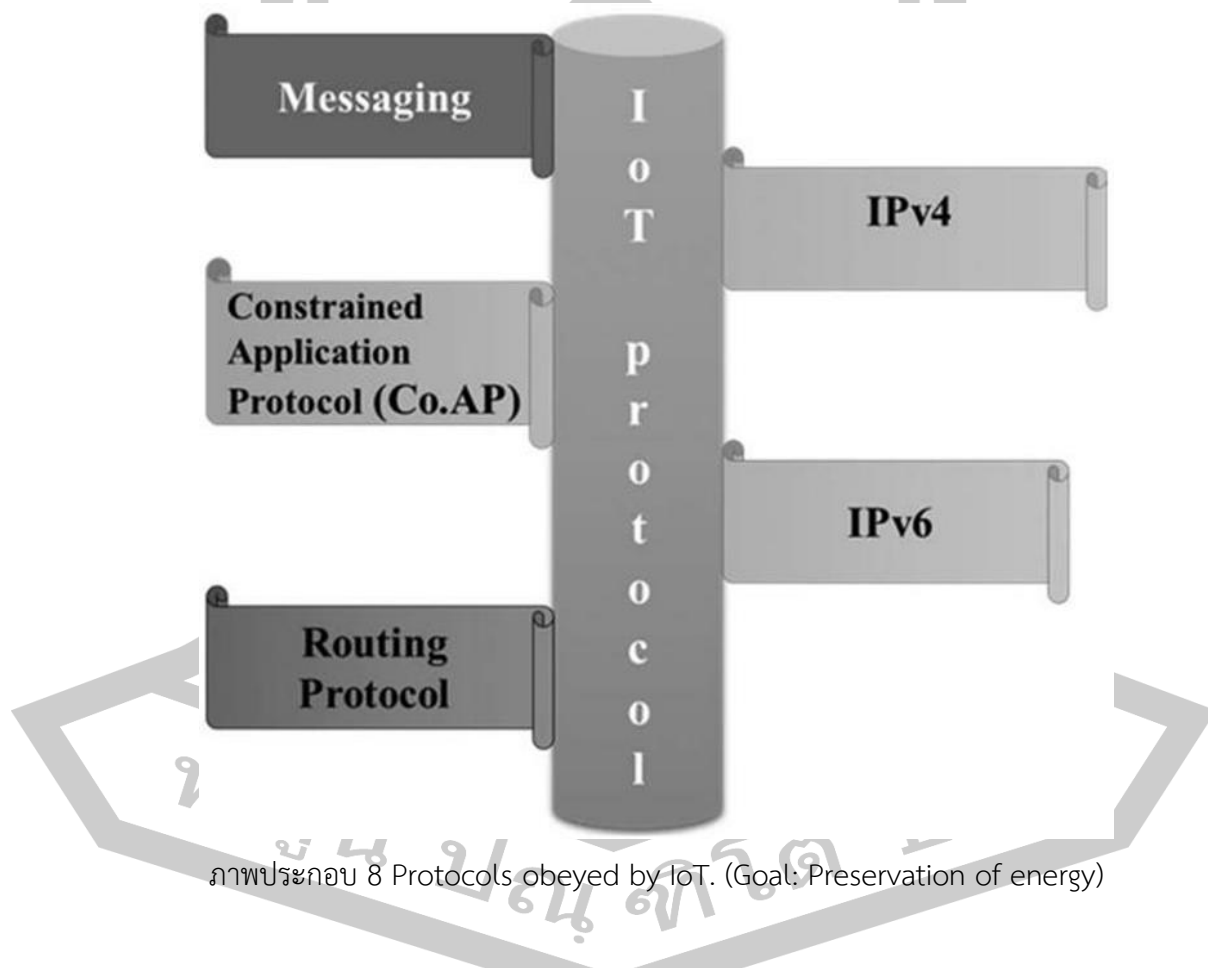
ปัจจุบัน โดยมีศักยภาพในการ เปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานและการใช้ชีวิตของเราอย่างมีนวัตกรรม และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นใน อนาคต ตามนิยามของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศหรือ ITU (International Telecommunication Union) หมายถึงโครงข่ายสื่อสารที่มีการเชื่อมต่อ อุปกรณ์สื่อสาร เครื่องใช้ไฟฟ้า ยานพาหนะ อาคารสิ่งก่อสร้าง หรือวัตถุอื่น โดยอาศัยการฝังระบบ อิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ อุปกรณ์เซนเซอร์ และส่วนเชื่อมต่อโครงข่าย ที่จะช่วยให้อุปกรณ์และวัตถุ ดังกล่าวสามารถ เก็บ หรือแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้ (ITU-R, 2012) ในงานสถาปัตยกรรมมีความสามารถในการ เพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบและการบริหารจัดการอาคารและ สถาปัตยกรรมต่าง ๆ ได้มาก โดย นำเสนอการสร้างระบบอัจฉริยะที่ช่วยให้สถาปนิกและผู้ดูแลรักษา สามารถควบคุมและตรวจสอบ สภาพปัจจุบันของสถาปัตยกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การบริหาร จัดการพลังงาน, ความ ปลอดภัยและการตรวจสอบ การจัดการอาคารอัจฉริยะ การติดตามและ บำรุงรักษา การปรับปรุง ประสิทธิภาพการจราจร เป็นต้น

โพรโทคอล IoT

ตลอดช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา IoT ได้ปฏิบัติตามโพรโทคอลหลายรูปแบบที่พัฒนาขึ้นตั้งแต่ เริ่มต้น โพรโทคอลลดขนาดลงไปจนถึงชั้นกายภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้การทำงานของอุปกรณ์ IoT เป็นไปอย่างราบรื่น ตัวอย่างเช่น สามารถอ้างอิงถึงโพรโทคอลการส่งข้อความที่ประกอบด้วย Constrained Application Protocol (CoAP) บางครั้งมีการกำหนดเส้นทางโพรโทคอลที่ยืดหยุ่น มาก โดยขึ้นอยู่กับความต้องการ สามารถแก้ปัญหาเครือข่ายที่เสียหายได้ด้วยการใช้พลังงานต่ำ ใน กรณีเช่นนี้ IoT เรียกร้องโพรโทคอลเส้นทาง หลักเกณฑ์ที่อยู่เบื้องหลังของการพัฒนาโพรโทคอล เหล่านี้คือการอนุรักษ์พลังงานซึ่งมาพร้อมกับความต้องการในการคำนวณและหน่วยความจำที่น้อย ที่สุด ในขณะเดียวกัน IPv4 ก็เป็นหนึ่งในโพรโทคอลที่มีอิทธิพลมากที่สุดตั้งแต่เริ่มต้น อย่างไรก็ตามมี ข้อจำกัดในการเชื่อมต่ออุปกรณ์พันล้านเครื่องกับ IoT ดังนั้นจึงถูก IPv6 เข้ามาแทนที่ซึ่งมี ความสามารถในการจัดการกับอุปกรณ์ IoT จำนวนมากได้ สรุปได้ว่าความคิดในเชิงความปลอดภัย และผลกระทบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ IPv6 ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการสร้างความปลอดภัยของ IoT แผนผังโพรโทคอลของ IoT แสดงในภาพประกอบ 5 (Velliangiri, 2020)

การผสมผสาน IoT (IoT integration)

ในส่วนก่อนหน้านี้ได้อธิบายถึงการเติบโตของ IoT และโพรโทคอลต่าง ๆ ที่ใช้ในกรณีของ IoT อย่างที่กล่าวถึงในส่วนที่โพรโทคอลมีอุปกรณ์ IoT จำนวนหลายพันล้านเครื่องที่ยังคงเชื่อมต่ออยู่ด้วย จำนวนอุปกรณ์สมาร์ทที่เชื่อมต่อกันเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง รวมถึงอุปกรณ์ระดับรองที่เกี่ยวข้อง ๆ มีโอกาสมากที่จะเกิดปัญหาการจัดการหรือการชิงโครไนซ์ภายในโหนดเมื่อเกิดกรณีเช่นนี้ การผสมผสานรวม IoT มาช่วยแก้ปัญหาในรูปแบบนี้ หน้าที่ของ IoT integration สามารถอธิบายได้ว่าการผสมผสานเป็นการรวมอุปกรณ์ IoT ใหม่ ๆ ข้อมูล IoT แพลตฟอร์ม IoT และแอปพลิเคชัน IoT โดยมีทรัพยากรเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาร่วมด้วย เพื่อสร้างโซลูชันธุรกิจ IoT แบบ end-to-end ขึ้นได้



ลักษณะเฉพาะ ข้อกำหนด และองค์ประกอบของไอโอที

ระบบไอโอทีมีลักษณะเฉพาะ ข้อกำหนด และองค์ประกอบหลักต่าง ๆ ที่สำคัญและผู้ศึกษาต้องทำความเข้าใจ ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะเฉพาะ

ลักษณะเฉพาะของระบบไอโอที มีดังต่อไปนี้

- 1.1 มีความฉลาดรอบด้าน (Ambient Intelligence) ระบบมีลักษณะที่ทำงานร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์ และสามารถจัดระเบียบตัวเองได้โดยอัตโนมัติตามบริบท สถานการณ์ และสิ่งแวดล้อมขับเคลื่อนด้วยเหตุการณ์ (Event Driven) ระบบสามารถดำเนินการตามการแจ้งเตือนที่ได้รับจากเอนทิตี (Entities) อื่น ๆ ในระบบ
- 1.2 ยืดหยุ่น (Flexible) ระบบไอโอทีสามารถเชื่อมต่อกับโหนดหรืออุปกรณ์จำนวนมากขึ้นได้
- 1.3 การแชร์เชิงความหมาย (Semantics Sharing) ด้วยคุณสมบัตินี้ช่วยให้อุปกรณ์ไอโอที สามารถส่งและแชร์ทรัพยากรได้
- 1.4 เทคโนโลยีการเข้าถึงที่ซับซ้อน (Complex Access Technology) มีการใช้เครือข่ายหลายเทคโนโลยีเครือข่ายในระบบของไอโอทีตามลำดับ เพื่อให้การเข้าถึงมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีเทคโนโลยีที่ซับซ้อนและมีความแตกต่างกัน

2. ข้อกำหนด ระบบไอโอทีที่มีข้อกำหนดเพื่อสร้างการติดต่อสื่อสารที่ดีขึ้น ดังต่อไปนี้

- 2.1 ความเข้าใจร่วมกัน (Shared Comprehension) เป็นความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับสถานการณ์ของผู้ใช้งานและอุปกรณ์ต่าง ๆ
- 2.2 เฟรมเวิร์กของแชร์แวร์ (Shareware Framework) เป็นระบบโต้ตอบที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ใน การจัดการและส่งต่อข้อมูลที่จะนำไปใช้
- 2.3 เครื่องมือวิเคราะห์ (Analytic Tool) ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อความเป็นอัตโนมัติและพฤติกรรมอัจฉริยะ

3. องค์ประกอบหลัก

องค์ประกอบหลักของระบบไอโอทีประกอบด้วย 4 ส่วน ดังรายละเอียด ต่อไปนี้

3.1 เซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์ (Sensors/Devices)

ในระบบไอโอทีประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือเซ็นเซอร์ แอคชูเอเตอร์ และอุปกรณ์สื่อสารแบบฝังตัว โดยเซ็นเซอร์เป็นส่วนที่ถูกฝังอยู่ในอุปกรณ์ไอโอทีเพื่อรวบรวมข้อมูลจากสภาพแวดล้อมต่างๆ เซ็นเซอร์สามารถเป็นอุปกรณ์พื้นฐานง่ายๆ เหมือนเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ หรืออาจเป็นกล้อง เซ็นเซอร์ ตรวจจับความเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนก็ได้ อุปกรณ์ไอโอทีที่สามารถฝังด้วยเซ็นเซอร์ให้เป็นเนื้อเดียวกัน หรือต่างกันได้หลายรูปแบบ บางครั้งอุปกรณ์ไอโอทีก็ฝังตัวด้วยแอคชูเอเตอร์เช่นกัน

ตัวอย่างเซ็นเซอร์ หรืออุปกรณ์ เช่น เซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจสอบสภาพอากาศ หรือแอคทูเอเตอร์ที่ช่วยให้ไฟกะพริบซึ่งเป็น ผลมาจากการวิเคราะห์การตรวจจับ เป็นต้น

3.2 การเชื่อมต่อ (Connectivity)

การเชื่อมต่อกับเทคโนโลยีเครือข่ายเป็นองค์ประกอบหลักของระบบไอโอที เพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ไอโอทีจะถูกส่งต่อไปยังโครงสร้างพื้นฐานของระบบ คลาวด์หรือเซิร์ฟเวอร์ เพื่อทำการวิเคราะห์และประมวลผลต่อไป เทคโนโลยีการเชื่อมต่อต้องมีความน่าเชื่อถือระหว่างเซ็นเซอร์และสภาพแวดล้อมของคลาวด์คอมพิวเตอร์ การเชื่อมต่อประกอบด้วยข้อตกลงและเทคโนโลยีที่ใช้โดยวัตถุทางฟิสิกส์ทั้งสองเพื่อสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน แต่ละเทคโนโลยีมีลักษณะเฉพาะและข้อจำกัดของตนเอง ดังนั้นการเชื่อมต่อที่ดีที่สุดในเครือข่ายไอโอทีจึงถูกเลือกโดยคำนึงถึงพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น การใช้พลังงาน ระยะทางของการเชื่อมต่อ แบนด์วิดท์ และความเข้ากันได้ของเทคโนโลยี เป็นต้น

3.3 การประมวลผลข้อมูล (Data Processing)

ข้อมูลที่รวบรวมโดยอุปกรณ์ไอโอทีต่างๆ จะไม่มีมูลค่าเลย หากข้อมูลเหล่านั้นไม่ได้รับการประมวลผลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ การประมวลผลข้อมูลในระบบไอโอทีอาจเป็นงานพื้นฐานในการตรวจสอบ เช่น การอ่านค่าอุณหภูมิจากเครื่องปรับอากาศ หรือบางครั้งอาจเป็นงานที่ซับซ้อนมากขึ้นในการระบุผู้บุกรุกในอาคารผ่านการประมวลผลจากระบบวิดีโอ การประมวลผลข้อมูลเหล่านี้เกี่ยวข้องกับอัลกอริทึมการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและให้ผลลัพธ์แบบเรียลไทม์

3.4 อินเทอร์เฟซกับผู้ใช้ (User Interface)

เป็นส่วนของการเชื่อมต่อระหว่างระบบไอโอทีและผู้ใช้ อินเทอร์เฟซสามารถใช้การเตือนด้วยอีเมลหรือการแจ้งเตือนด้วยข้อความเพื่อสื่อสารกับผู้ใช้ ในบางครั้งทำให้ผู้ใช้สามารถติดตามระบบไอโอทีได้ ตัวอย่างเช่น ผู้ใช้สามารถตรวจสอบการบันทึกวิดีโอของบ้านหรืออาคารของตนเองผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์ เพื่อระบุผู้บุกรุกที่ถูกจับโดยกล้องที่ติดตั้งในบ้านหรืออาคาร นอกจากนั้นอินเทอร์เฟซยังสามารถรองรับงานที่ซับซ้อนหลายรูปแบบได้ ทั้งการเปิด-ปิดอุปกรณ์จากระยะไกล การควบคุมการป้อนยาให้กับผู้สูงอายุที่ไม่ต้องมีการดูแลที่บ้าน เป็นต้น

สถาปัตยกรรมและโพรโทคอลของ IoT

สถาปัตยกรรมของไอโอทีที่มีความยืดหยุ่น รองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่มีความแตกต่างกันได้ผ่านเทคโนโลยีเครือข่ายแบบต่างๆ ทั้งมีการนำเสนอโปรโตคอลแอปพลิเคชันที่มีความแตกต่างกันอีกหลายโปรโตคอล เพื่อนำมาแก้ไขปัญหาของการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับเครือข่าย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. สถาปัตยกรรมไอโอที

เทคโนโลยีไอโอทีเป็นสถาปัตยกรรมที่มีความยืดหยุ่น สามารถรองรับการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ที่มีความแตกต่างกันผ่านอินเทอร์เน็ตได้ ระดับชั้นการทำงานของไอโอทีแบ่งออกเป็น 3 ระดับ (Gupta & Quamara, 2020) ดังต่อไปนี้

1.1 ระดับการรับรู้หรือระดับเซ็นเซอร์ (Perception Layer หรือ Sensor Layer)

ระดับการรับรู้หรือระดับเซ็นเซอร์ มีหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อทางดิจิทัลผ่านความสามารถในการรับรู้จากระยะไกล หรือทำหน้าที่เป็นส่วนสำคัญของโครงสร้างพื้นฐานไอโอทีเป็นระดับที่คล้ายคลึงกับความสามารถในการรับรู้ของมนุษย์ การตรวจสอบสภาพแวดล้อมแบบดิจิทัลสามารถทำได้ผ่านเทคโนโลยีการตรวจจับแบบต่างๆ เช่น Near Field Communication (NFC) Radio Frequency Identification (RFID) และอื่นๆ เป็นต้น ขึ้นอยู่กับความต้องการของแอปพลิเคชัน ในระดับชั้นนี้จะทำการสร้างเครือข่ายการทำงานร่วมกันกับระดับบน โดยใช้โหมดการทำงานอัตโนมัติ นอกเหนือจากงานหลักในการรับรู้คุณลักษณะของวัตถุทางฟิสิกส์แล้ว ยังขยายขีดความสามารถด้วยพลังการประมวลผล เทคโนโลยีการประมวลผลหลัก 2 อย่างที่มีบทบาท สำคัญในระดับชั้นนี้คือนาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology) และสมองกลแบบฝังตัว (Embedded Intelligence) โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบเครื่องกลไฟฟ้าจุลภาค (Micro-Electromechanical Systems) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ไม่เคยถูกใช้มาก่อนในระดับชั้นการรับรู้นี้ เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้มีการ รวมนาโนเทคโนโลยีเข้ากับระบบเครื่องกลไฟฟ้าจุลภาค เป็นไมโครชิปที่มีคุณสมบัติของเครื่องกลไฟฟ้า จุลภาคที่ฝังลงในวัตถุทางฟิสิกส์ ทำให้วัตถุเหล่านี้สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตเพื่อให้ข้อมูลได้ และเทคโนโลยีสมองกลแบบฝังตัวให้ความสามารถในการประมวลผลให้กับระดับชั้นการรับรู้ที่จำเป็น สำหรับแอปพลิเคชันต่าง ๆ

1.2 ระดับชั้นเครือข่ายหรือระดับชั้นการส่ง (Network Layer หรือ Transmission Layer)

ข้อมูลที่ดำเนินการรวบรวมหรือประมวลผลโดยระดับชั้นการรับรู้จะถูกจัดการโดยระดับชั้นเครือข่ายหรือระดับชั้นการส่ง ในระดับนี้จะทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการส่งข้อมูลระหว่างระดับชั้น

การรับรู้และระดับชั้นแอปพลิเคชัน ด้วยความช่วยเหลือของเทคโนโลยีเครือข่ายแบบไร้สายหรือ ไร้สาย ดังนั้นจึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าระดับชั้นการส่ง ความรับผิดชอบหลักอีกประการหนึ่งของระดับชั้นนี้ก็คือ การจัดเตรียมการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายและวัตถุดิจิทัล โดยการสร้างเครือข่ายที่ใช้ง่ายและ สะดวกกับผู้ใช้ เทคโนโลยีตัวกลางที่ใช้ในการส่งข้อมูลในระดับชั้นนี้ ได้แก่ เทคโนโลยี Infrared (IR), Bluetooth, ZigBee, Radio Frequency Identification (RFID), Fiber to the x (FTTx), Wireless Fidelity (Wi-Fi), 3G/4G/5G และอื่นๆ เนื่องจากระดับนี้มีการประมวลผลหรือมีข้อมูลจำนวนมาก ทำให้มีมิตเดิลแวร์ที่ใช้ในการประมวลผลและจัดเก็บข้อมูล ในปัจจุบันคลาวด์คอมพิวติงเป็นหนึ่งใน เทคโนโลยีที่นิยมใช้กันมากที่สุดที่ถูกใช้โดยมิตเดิลแวร์ เพราะว่ามิตเดิลแวร์เฟสแบบไดนามิกและมี ความน่าเชื่อถือสำหรับการประมวลผลและการจัดเก็บข้อมูล

1.3 ระดับชั้นแอปพลิเคชัน (Application Layer)

เป็นระดับชั้นที่ทำหน้าที่เป็นส่วนหน้าของสถาปัตยกรรมไอโอที โดยใช้ข้อมูลที่ประมวลผลมาจากระดับชั้นการรับรู้และระดับชั้นเครือข่าย ความรับผิดชอบหลักของระดับนี้ก็คือ การกำหนดแอปพลิเคชันที่ใช้โดยไอโอที ตัวอย่างของแอปพลิเคชันเหล่านี้ เช่น เมืองอัจฉริยะ (Smart Cities) บ้านอัจฉริยะ (Smart Homes) การขนส่งอัจฉริยะ (Smart Transportation) การศึกษาอัจฉริยะ (Smart Education) การดูแลสุขภาพอัจฉริยะ (Smart Healthcare) และอื่นๆ ในบางกรณีระดับชั้นนี้ยังบริการอุปกรณ์ตัวกระตุ้นให้ทำงาน (Actuator) กับผู้ใช้ เพื่อให้ใช้ประโยชน์จากศักยภาพของอุปกรณ์ไอโอทีอย่างเต็มประสิทธิภาพ ทุกแอปพลิเคชันมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวเพื่ออำนวยความสะดวก ในการให้บริการ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของชุดข้อมูลและความต้องการของผู้ใช้ นอกจากการนำเสนอให้ทั้ง 3 ระดับชั้นแล้ว ยังมีส่วนเพิ่มเติมที่สามารถทำงานข้ามสถาปัตยกรรมของไอโอทีทั้งหมดได้ ซึ่งรวมถึง การพิจารณาความสามารถในการปรับขนาดและความปลอดภัย การจัดการความน่าเชื่อถือ และการ จัดการเครือข่ายและการควบคุม เป็นต้น

แนวคิดของไอโอทีสามารถนำไปใช้ได้หลากหลายประเภท ทั้งระบบอัตโนมัติอัจฉริยะต่างๆ เช่น ระบบอัตโนมัติในบ้าน การตรวจสอบสุขภาพ ระบบขนส่งอัจฉริยะ การเฝ้าระวัง และการพยากรณ์อากาศ การจำแนกปัญหาด้านความปลอดภัย ภัยคุกคาม และการโจมตีประเภทต่าง ๆ ซึ่งเป็นความท้าทายหลักของการใช้ไอโอที

2. โพรโทคอลไอโอที

ในการใช้งานเทคโนโลยีไอโอทีที่มีการเสนอโพรโทคอลแอปพลิเคชันที่มีความแตกต่างกัน เช่น Constrained Application Protocol (CoAP), Data Distribution Service (DDS), Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP), Representational State Transfer (REST) และ Message Queue Telemetry Transport (MQTT) เป็นต้น เพื่อแก้ไขปัญหาของการสื่อสาร โพรโทคอลไอโอทีที่รับประกันวิธีการแก้ปัญหาแฟรกเมนต์คือ MQTT เพราะสามารถลดความล่าช้าลงได้เมื่อเปรียบเทียบกับโพรโทคอลอื่น สำหรับแอปพลิเคชันที่สนับสนุนชุดโพรโทคอล TCP/IP หรือชุดของโพรโทคอลไอโอที เช่น CoAP, REST, MQTT, XMPP, DDS, MQTT for Sensor Networks (MQTT-SN) เป็นต้น นอกจากนั้นรูปแบบการสื่อสารระหว่างเอนทิตีต่างๆ ของไอโอทีแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักคือ Machine-to-Machine (M2M), Machine-to-Server (M2S) และ Server-to-Server (S2S)

2.1 โพรโทคอลการสื่อสาร

จากมุมมองในด้านระบบเครือข่ายและการสื่อสารของไอโอที เป็นการรวมตัวกันของเทคโนโลยีเครือข่ายต่าง ๆ ทั้งเครือข่ายเซลลูลาร์ (3G, 4G, 5G เป็นต้น) Wi-Fi, WSN, MANET และอื่น ๆ อีกหลายเทคโนโลยีเครือข่าย การเชื่อมต่อที่มีประสิทธิภาพ ความเร็วของระบบเครือข่าย ความน่าเชื่อถือ และความคงทนในการเชื่อมต่อจะส่งผลต่อการรับ-ส่งข้อมูลของไอโอทีโดยรวม ในการพัฒนาที่รวดเร็วขึ้นด้านอัตราการรับ-ส่งข้อมูล และความพร้อมใช้งานที่สูงขึ้นของโพรโทคอลการสื่อสารของเครือข่ายต่างๆ ตัวอย่างเช่น 5G หรือ Wi-Fi ทำให้การสร้างเครือข่ายออบเจกต์ที่เชื่อมต่อถึงกันมีความเป็นไปได้สูงขึ้น แต่ความท้าทายของไอโอทีเป็นเรื่องการจัดการกับโพรโทคอลการสื่อสารที่ต่างกันในการเชื่อมโยงสภาพแวดล้อมที่มีความหลากหลายอีกด้วย

2.2 โพรโทคอลชั้นเครือข่าย

ตามข้อกำหนดของอุปกรณ์ในระดับชั้นเครือข่าย ทั้งหน่วยความจำ ซีพียู อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล อายุการใช้งานพลังงาน ตัวอย่างของเครือข่ายและวิธีการติดต่อสื่อสาร รวมทั้งโพรโทคอลที่แตกต่างกัน มีตัวอย่างดังต่อไปนี้

- เทคโนโลยี RFID เช่น ISO 18000 ที่มาพร้อมกับ 5 คลาสและทั้ง 2 รุ่น และครอบคลุมทั้งแท็ก RFID แบบแอคทีฟ (Active Tag) และพาสซีฟ (Passive Tag)

- มาตรฐานของเครือข่าย IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.15.4 (ZigBee), Near Field Communication (NFC) และ IEEE 802.15.1 (Bluetooth)

- มาตรฐานเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล (Wireless Personal Area Networks : WPAN) เช่น เทคโนโลยี 6LoWPAN ที่เป็นเครือข่ายที่ใช้พลังงานต่ำ (Low-power Wireless Personal Area Networks) โดย IETF

- โพรโทคอล M2M เช่น MQTT และ CoAP

- เทคโนโลยีในระดับชั้นโพรโทคอลอินเทอร์เน็ต เช่น IPv4, IPv6

2.3 โพรโทคอลชั้นนำส่งและแอปพลิเคชัน การผลักดันจากผู้ผลิตอุปกรณ์ไอโอทีของแต่ละบริษัทเพื่อเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาด ทำให้การพัฒนาแอปพลิเคชันไอโอทีที่มีความยุ่งยากและซับซ้อน แอปพลิเคชันที่ดีต้องมีความเป็นสากลและ สามารถทำงานได้กับหลายอุปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โพรโทคอลในชั้นนำส่งและแอปพลิเคชันสำหรับเทคโนโลยีไอโอที สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

- โพรโทคอลเอนกประสงค์ เช่น IP และ SNMP เป็นโพรโทคอลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการจัดการ ตรวจสอบ การกำหนดค่าอุปกรณ์เครือข่าย และการสร้างลิงก์ของการ ติดต่อสื่อสาร

- โพรโทคอลที่มีขนาดเล็ก เช่น CoAP ที่ได้รับการพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการของอุปกรณ์ที่มีข้อจำกัดด้วยฮาร์ดแวร์ขนาดเล็กและทรัพยากรที่ค่อนข้างจำกัด

- โพรโทคอลและ API เฉพาะอุปกรณ์หรือผู้จัดจำหน่ายที่มักต้องการสภาพแวดล้อมการสร้างและชุดเครื่องมือบางอย่าง

การเลือกโพรโทคอลที่เหมาะสมในขั้นตอนการพัฒนาอาจเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนเนื่องจากต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เช่น การสนับสนุนในอนาคต ความสะดวกในการใช้งาน และความสามารถในการเข้าถึงอย่างแพร่หลาย นอกจากนั้นควรคำนึงถึงด้านอื่น ๆ ที่จะส่งผลต่อการปรับใช้และการดำเนินการขั้นสุดท้าย เช่น ระดับความปลอดภัยและประสิทธิภาพที่ต้องการ จะทำให้เพิ่มความซับซ้อนของการเลือกโพรโทคอล การขาดมาตรฐานสำหรับแอปพลิเคชันและโพรโทคอลเฉพาะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เพิ่มความเสี่ยงของการเลือกโพรโทคอลที่ไม่เหมาะสม ซึ่งกลายเป็นข้อผิดพลาดที่ทำให้มีต้นทุนสูงขึ้นสำหรับการแก้ไขในอนาคต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน สิ่งสำคัญก็คือ ต้องให้แน่ใจว่าโพรโทคอลการติดต่อสื่อสารนั้นดีและมีประสิทธิภาพเพียงพอ

เทคโนโลยีเครือข่ายที่ใช้ในการเชื่อมต่อไอโอที

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีไอโอทีทำให้มีแอปพลิเคชันเกิดขึ้นจำนวนมาก องค์ประกอบหลักที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งก็คือเทคโนโลยีการเชื่อมต่อหรือเครือข่ายที่อุปกรณ์ไอโอทีที่ใช้เชื่อมต่อสำหรับการสื่อสารข้อมูล เริ่มตั้งแต่เทคโนโลยีวิทยุระยะสั้น เช่น RFID, NFC และ ZigBee ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายที่ใช้เชื่อมต่อไอโอทีกันอย่างแพร่หลายสำหรับระบบอัตโนมัติในอาคาร ยานยนต์ และอุปกรณ์ตรวจสอบ สำหรับ Wi-Fi เป็นเครือข่ายที่อุปกรณ์ไอโอทีใช้กับสภาพแวดล้อม สำนักงาน เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้นยังมีเครือข่ายเซลลูลาร์ (เช่น 3G, 4G และ 5G) ที่มีการใช้งาน อย่างแพร่หลายครอบคลุม 90% ของประชากรโลก ทำให้เทคโนโลยีไอโอทีบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ไอโอทีหลายล้านเครื่องโดยมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเล็กน้อย การลงทุนระบบไอโอทีโดยอิงรูปแบบการสื่อสารเครือข่ายเซลลูลาร์ สามารถทำให้ครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างใหญ่มากขึ้น แต่อุปกรณ์มีการใช้พลังงานมากเกินไปความต้องการแอปพลิเคชันไอโอทีได้ผลักดันให้เกิดเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายแบบใหม่ คือ เครือข่ายบริเวณกว้างที่ใช้พลังงานต่ำ (Low Power Wide Area Network : LPWAN) ซึ่ง LPWAN กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในชุมชนอุตสาหกรรมและการวิจัยทางด้านไอโอที เนื่องจาก ลักษณะการสื่อสารพลังงานต่ำ มีระยะทางในการส่งได้ไกลและต้นทุนต่ำ สามารถทำการสื่อสาร ระยะไกลได้ถึง 10-40 กิโลเมตรในเขตชนบท และ 1-5 กิโลเมตรสำหรับเขตเมือง นอกจากนั้น เครือข่าย LPWAN ยังประหยัดพลังงานสูง (เช่น อายุการใช้งานแบตเตอรี่ 10 ปีขึ้นไป) และราคา ประหยัดด้วยชุดชิปรองรับสัญญาณวิทยุที่มีต้นทุนต่ำ ทำให้เทคโนโลยีเครือข่าย LPWAN มีความเหมาะสมสำหรับแอปพลิเคชันไอโอที ที่ต้องการส่งข้อมูลจำนวนเล็กน้อยในระยะไกลเท่านั้น ใน ปัจจุบันเครือข่าย LPWAN จำนวนมากเกิดขึ้นทั้งความถี่ที่ได้รับอนุญาตและไม่ได้รับอนุญาต และเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายถูกเชิญขึ้นในกลุ่ม Sigfox, LoRa และ NB-IoT

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีเครือข่ายในการเชื่อมต่อระบบไอโอทีจำนวนมาก เพื่อรองรับแอปพลิเคชันไอโอทีที่มีความหลากหลายมากขึ้น และมีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับความแตกต่างทางเทคนิคอีกหลายอย่าง ดังนั้นในการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุด สำหรับแต่ละแอปพลิเคชันของไอโอทีมีปัจจัยต่าง ๆ ที่ต้องพิจารณา เช่น การใช้พลังงาน ปัญหาด้านความปลอดภัย ค่าใช้จ่ายในการนำไปใช้ ช่วงการสื่อสาร อัตราส่งข้อมูล และ latency เป็นต้น การเปรียบเทียบการเชื่อมต่อไอโอทีกับเทคโนโลยีเครือข่าย เช่น RFID, NFC, Zigbee, LoRa, Sigfox และ NB-IoT ใช้ปัจจัยที่มีการกำหนดไว้ล่วงหน้า ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 เปรียบเทียบเทคโนโลยีเครือข่ายที่ใช้เชื่อมต่อไอโอที

เทคโนโลยี	RFID	NFC	BLE	Zingbee	6LoWPA
ระยะทาง	1-5 m	1-10 cm	1-10 m	75-100 m	100 m
แบนด์วิดท์	2-26 MHz	14 KHz	1-2 MHz	2 MHz	3 MHz
ความถี่	125-134.2KHz, 13.56- 433 MHz, 860-960 MHz	13.56 MHz	2.4 GHz	868 MHz, 915 MHz, 2.4 GHz	2.4 GHz, Sub GHz
อัตราส่ง	4-640 Kbps	100-424 Kbps	1 Mbps	250 Kbps	250 Kbps
ลาเท็นซี	1-10 ms	100 ms	6 ms	~ 15 ms	2-6 ms
การมอดูเลต	OOK, FSK, PSK	ASK	DQPSK, DPSK	O-QPSK	QPSK, BPSK
แบตเตอรี่	ไม่มีแบตเตอรี่		ไม่มีแบตเตอรี่	1-5 days	1-5 years
แอปพลิเคชัน	การจัดการวัสดุการ ติดตาม ผู้เข้าร่วม เครือข่าย	การชำระเงิน การออกบัตร	การพิสูจน์ ตัวตน อุปกรณ์ไอ โอที	บ้านอัจฉริยะ การดูแล สุขภาพ	โครงสร้าง พื้นฐาน เมืองอัจฉริยะ
ข้อดี	มีความเร็ว สูง ต้นทุนต่ำ มากและ สะดวกใน การใช้ งาน	มีความ สะดวกใน การใช้งาน	รองรับโดย สมาร์ต โฟน เป็น ส่วนใหญ่	มีความ น่าเชื่อถือ สูง และ ปรับ ขนาด ได้	เครือข่าย มีขนาด ใหญ่และการ เชื่อมต่อไม่มีความ ซับซ้อน



ต่อ (ตาราง 5)

เทคโนโลยี	RFID	NFC	BLE
2-15 km	3-50 km	10-15 km	15-20 km
<500 KHz	100 Hz	180 KHz	200 KHz
868 MHz, 915 MHz, Sub 1GHz	915-928MHz, Sub 1 GHz	700 MHz, 800 MHz, 900 MHz	133-966 MHz
50 Kbps ด้วย FSK	น้อยกว่า 100 Bps	200 Kbps	Sub 1 Kbps
1-10 ms	10-30 ms	40 ms-10 s	10 ms-10 s
FSK	GFSK, DBPSK	BPSK, QPSK	BPSK, MSK
<10 years	<10 years	แบตเตอรี่	
การตรวจสอบมลพิษทาง อากาศ การตรวจจับอัคคีภัย	มิเตอร์อัจฉริยะการติดตาม สัตว์เลี้ยง	งานด้านเกษตรกรรม	รูปแบบของ อุปกรณ์ไอ โอทีแน่นอนหาเมืองอัจฉริยะ

ข้อกำหนดหลักทางเทคนิค 3 ประการสำหรับองค์กรหรือบุคคลที่สนใจในการเชื่อมต่อไอโอที กับเทคโนโลยีเครือข่ายคือความครอบคลุม (Coverage) ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Efficiency) และอัตราส่งข้อมูล (Data Rate) โดยไม่มีเทคโนโลยีใดที่สามารถมีข้อดีครบทุกด้าน เพราะว่าสัญญาณวิทยุของทุกเทคโนโลยีต้องถูกสร้างขึ้น การใช้แอปพลิเคชันของไอโอทีที่ต้องการ สัญญาณของเทคโนโลยีเครือข่ายที่สามารถครอบคลุมในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ดีและมี ประสิทธิภาพ โดยบางแอปพลิเคชันจำเป็นในการครอบคลุมเฉพาะพื้นที่ภายในอาคารบางส่วน เท่านั้น ในขณะที่บางแอปพลิเคชันต้องการความครอบคลุมกว้างขวางในพื้นที่ชนบทหรือพื้นที่ การเกษตรที่อยู่ห่างไกล เทคโนโลยีเครือข่ายที่มีการเชื่อมต่อได้ในระยะไกล มีความเหมาะสมกับ อุปกรณ์เชื่อมต่อที่กระจายอยู่ ในบริเวณพื้นที่กว้าง ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของ เทคโนโลยีการเชื่อมต่อมีผลกระทบอย่างมากต่ออายุการใช้งาน หรือรอบการบำรุงรักษาของ อุปกรณ์ไอโอทีที่อาศัยแบตเตอรี่หรือการเก็บเกี่ยวพลังงานจากสภาพแวดล้อม ซึ่งขึ้นอยู่กับช่วงของ โทโพโลยีและความซับซ้อนของเทคโนโลยี การเชื่อมต่อ นั้น การใช้พลังงานโดยรวมของอุปกรณ์ไอโอที ขึ้นอยู่กับการใช้งานแอปพลิเคชัน เช่น

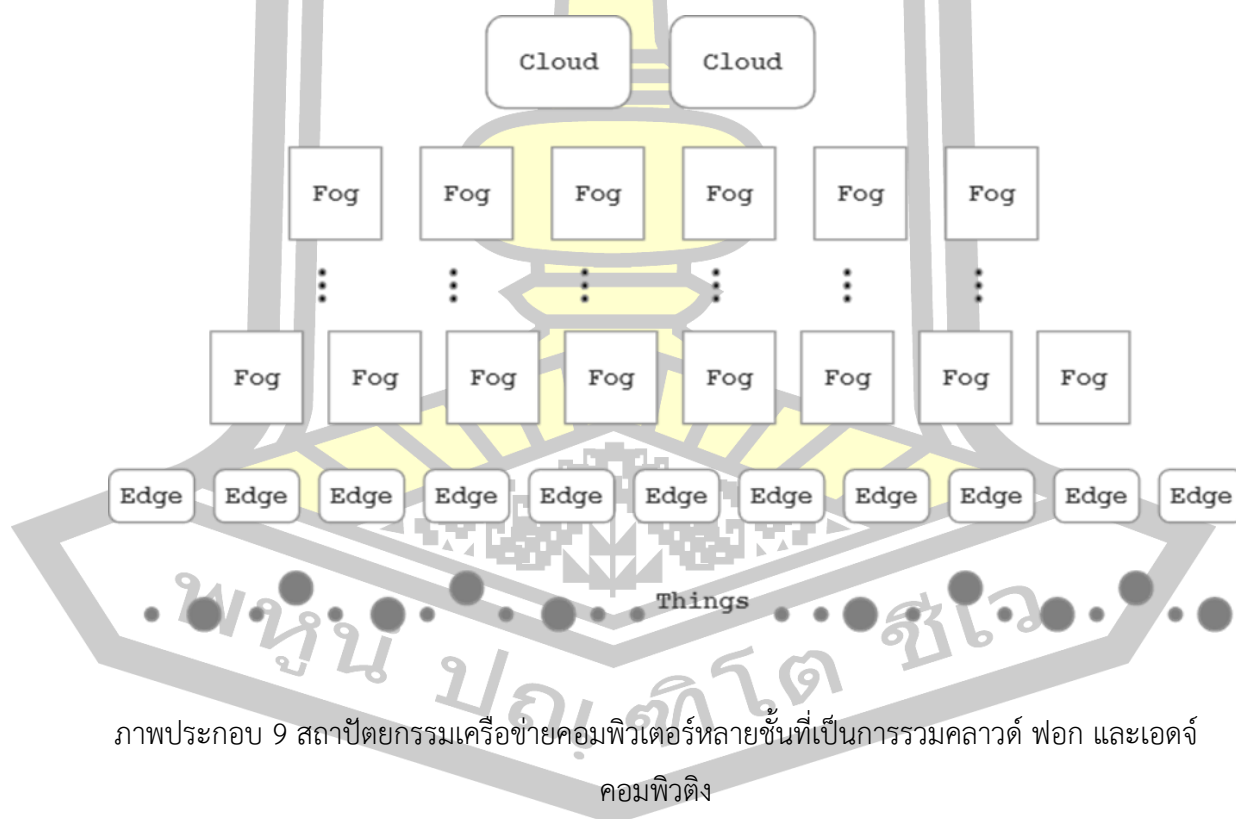
ความถี่และระยะเวลาในการส่งเมสเสจ ข้อกำหนดของ อัตราส่งข้อมูลสำหรับแอปพลิเคชันไอโอทีที่มีความแตกต่างกัน ตั้งแต่หลายร้อยบิตต่อวินาที (Bps) สำหรับส่งข้อมูลแบบข้อความ จนถึงหลายเมกะบิตต่อวินาที (Mbps) สำหรับการส่งข้อมูลวิดีโอ

สถาปัตยกรรมเครือข่ายคอมพิวเตอร์หลายชั้นกับไอโอที

เครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบหลายชั้นถือได้ว่าเป็นองค์กรขนาดใหญ่ที่มีโครงสร้างองค์กร แบบหลายชั้นจากบนลงล่าง ผู้บริหารและพนักงานระดับต่างๆ ในองค์กรมีทรัพยากร ความสามารถ และความรับผิดชอบที่แตกต่างกันในแง่ของการเข้าถึงข้อมูลและการประมวลผล ระบบงาน การมอบหมาย การพัฒนาผู้ให้บริการขององค์กรและการตัดสินใจ ในสถาปัตยกรรมโครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบหลายชั้น ซึ่งมีคลาวด์คอมพิวเตอร์เทียบเท่ากับระดับชั้นสูงสุดในองค์กร เป็นแหล่งที่มีข้อมูลมากที่สุด มีความฉลาดในการวิเคราะห์ที่แข็งแกร่งที่สุด พื้นที่จัดเก็บข้อมูลมากที่สุด และมี สิทธิในการตัดสินใจสูงสุด จากที่กล่าวมาคลาวด์คอมพิวเตอร์จึงถูกคาดหวังว่าจะสามารถจัดการกับ งานที่ท้าทายในระดับโลกได้ ทั้ง การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลข้ามโดเมน การวิเคราะห์และ ติดตามพฤติกรรมที่ผิดปกติ การทำนายและค้นหาปัญหาที่ซ่อนอยู่ในระบบ การค้นพบและสร้าง องค์ความรู้ใหม่ การวางแผนเชิงกลยุทธ์ระยะยาวและการตัดสินใจ ในทางกลับกันเอจคอมพิวติ้ง (Edge Computing) นั้นเทียบเท่ากับพนักงานระดับแนวหน้าซึ่งมีทรัพยากรและความสามารถน้อย ที่สุด แต่สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้บริการโดยตรงในโดเมนแอปพลิเคชันต่างๆ เอจคอมพิวติ้งจึง สามารถจัดการกับปัญหาที่เกิดความล่าช้าในระดับที่อยู่ใกล้กับผู้ใช้หรือแหล่งข้อมูลได้ดี เช่น การ รวบรวมข้อมูล การบีบอัดข้อมูล การดึงข้อมูล และการตรวจสอบเหตุการณ์ต่างๆ เป็นต้น ระหว่าง คลาวด์และเอจภายในสถาปัตยกรรมเครือข่ายคอมพิวเตอร์หลายชั้น ยังมีฟอกคอมพิวเตอร์ (Fog Computing) เทียบเท่ากับการจัดการระดับกลางในองค์กร เช่นเดียวกับระบบการจัดการที่มีประสิทธิภาพซึ่งมีทรัพยากร หน้าที่ และความรับผิดชอบหลายระดับ ฟอกคอมพิวเตอร์เป็นลำดับขั้นของทรัพยากรด้านการประมวลผล การสื่อสาร และการจัดเก็บข้อมูลที่ใช้ร่วมกัน สามารถจัดการงานที่มีความซับซ้อนและท้าทายในระดับภูมิภาคร่วมกันได้ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลข้ามโดเมน การประมวลผลข้อมูลจากหลายแหล่งและการตัดสินใจในสถานที่สำหรับการบริการขนาดใหญ่ เนื่องจากความต้องการของผู้ใช้ที่มักจะเป็นแบบไดนามิก ฟอกคอมพิวเตอร์สามารถให้บริการที่มีความ ยืดหยุ่น

ในการรวมทรัพยากรแบบกระจายในตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกันบนระบบ เครือข่าย จึงนำเสนอบริการที่สามารถตอบสนองผู้ใช้อย่างทันทั่วทั้งที่มีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์หรือทุกสิ่ง (Things) ของไอโอทีในระบบเครือข่ายแต่ละชั้นมีความสามารถในการประมวลผล การสื่อสาร การจัดเก็บข้อมูล และทรัพยากรพลังงานที่จำกัด ดังนั้นการทำงานร่วมกันระหว่างคลาวด์ ฟอก และเอจจ์ มีความสำคัญต่อการสร้างสถาปัตยกรรมบริการร่วมกันอย่างชาญฉลาด ด้วยการเชื่อมต่อทรัพยากรการประมวลผล การสื่อสาร และการจัดเก็บข้อมูลที่ใช้ร่วมกันของโหนดทั้งหมดในเครือข่ายไอโอที และใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ในตำแหน่งและระดับต่าง ๆ ของพื้นที่ภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน เครือข่ายการประมวลผลแบบหลายชั้นสามารถสนับสนุนแอปพลิเคชันไอโอทีอย่างเต็มรูปแบบและชาญฉลาด มีประสิทธิภาพและบริการอย่างทันที่ตามความต้องการ โดยมีฟอกและเอจจ์คอมพิวเตอร์เป็นสถาปัตยกรรมส่วนเสริมให้กับคลาวด์ในระบบไอโอที ด้วยการเติมช่องว่างระหว่างคลาวด์และสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้บริการมีความต่อเนื่อง



ภาพประกอบ 9 สถาปัตยกรรมเครือข่ายคอมพิวเตอร์หลายชั้นที่เป็นการรวมคลาวด์ ฟอก และเอจจ์คอมพิวเตอร์

2.8 เทคโนโลยีการประมวลผลเอจ (Edge Computing)

(Kong et al., 2022) Edge Computing คือกระบวนการนำการประมวลผลแบบใหม่ที่ควบคุม ข้อมูลการประมวลผล แอปพลิเคชันและบริการที่อยู่ห่างจากเซิร์ฟเวอร์คลาวด์ไปจนถึงขอบเครือข่าย ผู้ให้บริการเนื้อหาและแอปพลิเคชันนักพัฒนา ซอฟต์แวร์สามารถใช้การประมวลผลแบบเอจเพื่อ ให้บริการผู้ใช้ที่ใกล้ชิดกับพวกเขามากขึ้นในทางภูมิศาสตร์ ซึ่งสามารถเร่งความเร็วในการตอบสนอง การให้บริการได้ Edge Computing มีลักษณะการทำงานที่แบนด์วิดท์สูง เวลาแฝงต่ำเป็นพิเศษ (Ultra-low latency) และการเข้าถึงข้อมูลเครือข่ายแบบเรียลไทม์ และแอปพลิเคชัน IoT มักต้องการ การตอบสนองแบบเรียลไทม์อีกด้วย การรักษาความเป็นส่วนตัวและการส่งข้อมูลจำนวนมากหลายล้านครั้งเปรียบเทียบกับประมวลผลแบบคลาวด์แล้ว Edge Computing มีศักยภาพที่จะจับคู่กับแอปพลิเคชัน IoT ขนาดใหญ่ได้ตามความต้องการการประมวลผลแบบ Edge

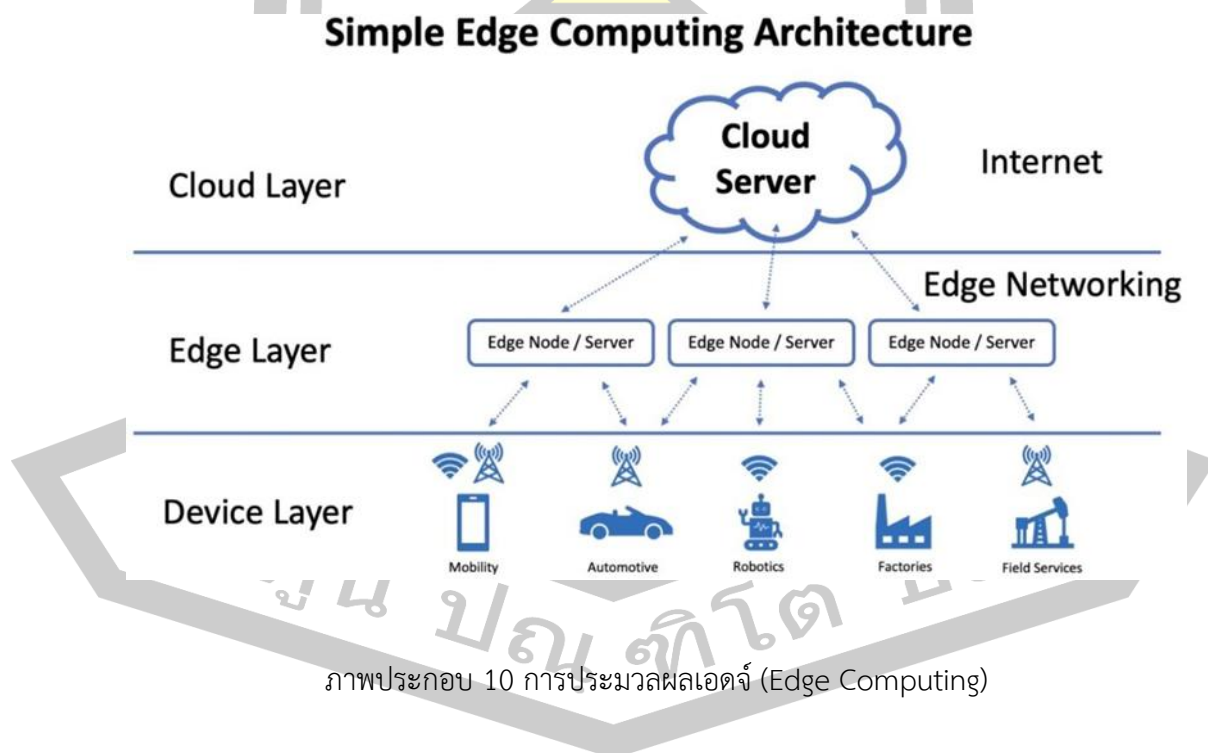
(Khan et al., 2019) Edge Computing กำหนดทิศทางข้อมูลการประมวลผล แอปพลิเคชันและบริการที่อยู่ห่างจากเซิร์ฟเวอร์คลาวด์ไปยังขอบของเครือข่าย ผู้ให้บริการเนื้อหาและผู้พัฒนาแอปพลิเคชันสามารถใช้ระบบ Edge Computing โดยนำเสนอวิธีการแก่ผู้ใช้ที่ใกล้ชิดยิ่งขึ้น Edge Computing มีลักษณะเฉพาะในแง่ของแบนด์วิดท์สูง เวลาแฝงต่ำเป็นพิเศษ และการเข้าถึงเครือข่ายแบบเรียลไทม์ข้อมูลที่สามารถใช้งานได้หลายแอปพลิเคชันพร้อมกัน

Edge Computing ถือเป็นแนวคิดใหม่ในแวดวงการประมวลผล โดยนำบริการและยูทิลิตี้ของการประมวลผลแบบคลาวด์เข้ามาใกล้กับผู้ใช้ปลายทางมากขึ้น และโดดเด่นด้วยการประมวลผลที่ รวดเร็วและเวลาตอบสนองของแอปพลิเคชันที่รวดเร็ว แอปพลิเคชันที่ใช้งานอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้น ในปัจจุบัน เช่น การเฝ้าระวัง ความเป็นจริงเสมือน และการตรวจสอบการรับส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ จำเป็นต้องมีการประมวลผลที่รวดเร็วและเวลาตอบสนองที่รวดเร็วเช่นกัน

Edge Computing คือ แนวคิดในการประมวลผลใกล้กับแหล่งกำเนิดข้อมูล แทนที่การส่งข้อมูลทั้งหมดไปประมวลผลที่คลาวด์ โดยตำแหน่งการประมวลผลของเอจสามารถเป็นได้ตั้งแต่บนตัวอุปกรณ์ IoT เองขึ้นไปจนถึงระดับชั้นบนสุดของ Local Area Network (LAN) เช่น อุปกรณ์เกตเวย์ เซิร์ฟเวอร์ของสำนักงานหรือโรงงาน

การประมวลผลเอจถูกนำเสนอขึ้นในปี 2009 เป็นเทคโนโลยีการประมวลผลที่เกิดขึ้นใกล้กับตำแหน่งทางฟิสิกส์ของผู้ใช้หรือแหล่งข้อมูล ด้วยการประมวลผลที่อยู่ใกล้กับข้อมูลมากที่สุด ทำให้ผู้ใช้จะได้รับประโยชน์จากบริการที่รวดเร็วแบบเรียลไทม์และเชื่อถือได้มากขึ้น ในขณะที่องค์กรต่าง ๆ

ใช้ประโยชน์จากความยืดหยุ่นของไฮบริดคลาวด์คอมพิวติง แนวคิดของเอจคอมพิวติงเริ่มต้นด้วยการ ประมวลผลแบบรวมศูนย์ ต่อมาพัฒนาไปสู่สถาปัตยกรรมแบบกระจาย โดยพื้นฐานแล้วเอจคอมพิวติงคือเครือข่ายของศูนย์ข้อมูลขนาดเล็กสำหรับการประมวลผลในพื้นที่ของข้อมูลซึ่งก็คือ "ขอบ" ของ ระบบเครือข่าย แทนที่จะส่งข้อมูลเหล่านั้นไปยังคลาวด์คอมพิวติง เทคโนโลยีเอจคอมพิวติงเป็น วิธีการหนึ่ง ที่องค์กรสามารถใช้และกระจายแหล่งทรัพยากรการประมวลผลไปยังสถานที่ต่าง ๆ จำนวนมากได้ เนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการคลาวด์คอมพิวติงมีเพิ่มมากขึ้น ปัญหาความล่าช้าและการ ใช้แบนด์วิดท์ที่เกิดขึ้นได้กลายเป็นปัญหาที่สำคัญในปัจจุบัน เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จาก เทคโนโลยีไร้สายที่มีประสิทธิภาพและความเร็วมากขึ้น ตอบสนองการใช้งานแบบเรียลไทม์ มีค่า ลาดเทนซีที่ต่ำ และการบำรุงรักษาที่ง่ายขึ้น แนวคิดนี้ถูกเรียกว่าเอจคอมพิวติง และได้กลายมาเป็น ส่วนขยายของคลาวด์คอม พิวติง โดยเอจทำหน้าที่เป็นตัวชั้นกลางระหว่างคลาวด์และอุปกรณ์ ปลายทาง ทำให้สามารถจัดเก็บ แปลความหมาย และส่งข้อมูลจากขอบของระบบเครือข่ายได้ (จรรยา สาวีถี, 2566)



(Du et al., 2023) การประมวลผลเอจเป็นโมเดลการประมวลผลข้อมูลที่ใช้ในระบบ เครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อลดการล่าช้าในการส่งข้อมูล โดยการทำงานบางส่วนหรือทั้งหมดจะถูก

มอบหมายให้กับโหนดขอบของระบบ ซึ่งช่วยลดภาระของ คลาวด์สาธารณะ โดยมีปรับปรุงสถานะ ช่องสื่อสาร และเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูล โมเดลการประมวลผลข้อมูลเอจนี้มีความสำคัญในการรองรับการเชื่อมต่อของอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และมีความสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีไอโอที โดยช่วยให้การประมวลผลข้อมูลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว และ เป็นส่วนสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในสถานการณ์ที่มีการเชื่อมต่อ อุปกรณ์ไอโอทีเพิ่มมากขึ้น

(Omoniwa et al., 2019) การประมวลผลที่ขอบ (Edge Computing) เป็นการวิวัฒนาการอย่างรวดเร็วของ IoT เพราะว่าจำนวนอุปกรณ์อัจฉริยะที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตเพิ่มขึ้นทุกวัน ส่งผลให้มีปัญหาเกี่ยวกับการใช้งานแบนด์วิดท์ที่ไม่เพียงพอ ไม่มีความเป็นส่วนตัว ไม่มีความปลอดภัยที่ดีเพียงพอ และการตอบสนองที่ช้าในรูปแบบการประมวลผลคลาวด์แบบดั้งเดิม ในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ มีการนำเสนอแนวคิดการประมวลผลใหม่ที่ชื่อว่า "ขอบ (Edge)" มาใช้งานการพัฒนาการประมวลผลที่ขอบ (Edge Computing : EC) เป็นทรัพยากรเครือข่ายและการ ประมวลผลระหว่าง แหล่งข้อมูลและศูนย์ข้อมูลคลาวด์ (Cloud Data Center) โครงสร้างของ EC ซึ่ง บริการคลาวด์ถูกแทนที่ด้วยข้อมูล EC จากดาวนั้ลึงค์กับทรัพยากรของเครือข่ายและการประมวลผล ระหว่าง แหล่งข้อมูลและเส้นทางของศูนย์ประมวลผลคลาวด์ถูกแทนที่ด้วยขอบของ EC และ IoT ถูก อธิบายโดยข้อมูลจากอุปกรณ์ชั้นบน ศาสตราจารย์ที่ "มหาวิทยาลัยคาร์เนกีเมลลอน" ในสหรัฐอเมริกา ชื่อ Satya Narayanan กล่าวถึง Edge Computing ว่า "การประมวลผลขอบเป็นรูปแบบการประมวลผลแบบใหม่ที่ใช้ทรัพยากรการประมวลผลและพื้นที่จัดเก็บ (เช่น Cloudlets, Microdata Center หรือ Fog nodes) ที่ขอบของเครือข่ายใกล้กับอุปกรณ์เคลื่อนที่หรือเซ็นเซอร์ โดย EC ดำเนินการประมวลผลที่ขอบของเครือข่าย และเน้นใกล้กับผู้ใช้และใกล้กับแหล่งข้อมูล การประมวลผลเป็นแบบเรียลไทม์ เชื่อถือได้ และรวดเร็วขึ้น ปัญหาต่าง ๆ เช่นการใช้พลังงานจำนวนมากจากคลาวด์คอมพิวเตอร์ แบบด์วิดท์ของเครือข่าย ความล่าช้า และค่าใช้จ่ายสูงของโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ สามารถแก้ไขได้โดยแนวคิดของ Edge Computing นอกจากนั้น EC สามารถดำเนินการตาม ความต้องการที่สำคัญของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการข้อมูล การ เชื่อมต่ออย่างรวดเร็ว การควบคุมแอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์ ความเป็นส่วนตัว และความ ปลอดภัย ทำให้ในปัจจุบัน EC เป็นศูนย์กลางที่มีความน่าสนใจของการวิจัยสำหรับนักวิจัยจำนวนมาก

(Liu et al., 2020) เมื่อเปรียบเทียบกับเซิร์ฟเวอร์คลาวด์แล้ว Edge Computing เป็นการประมวลผลที่ถูกเสนอเพื่อรองรับบริการที่มีความสำคัญต่อเวลาแฝง และการใช้งาน IoT จากระยะไกล ดังที่ได้กล่าวไปแล้วแม้แต่ผู้ใช้ IoT ก็มีความสามารถในการประมวลผลที่ทรงพลังยิ่งขึ้น ยิ่งคงประสบ ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรเป็นอย่างมาก เช่น ข้อจำกัดพลังงานแบตเตอรี่ และทรัพยากรหน่วย การประมวลผล (ซีพียู) ดังนั้น การลดภาระงานประมวลผลบางส่วนไปยังอุปกรณ์ Edge ที่มีทรัพยากร ค่อนข้างมาก สามารถตอบสนอง Quality-of-Service (QoS) ความต้องการของการใช้งานที่แตกต่างกัน กันตลอดจนการเสริมความสามารถของผู้ใช้ IoT ในการเรียกใช้ทรัพยากรที่ต้องการการใช้งาน อย่างไรก็ตาม ก็ตามอุปกรณ์ Edge เช่น เกตเวย์ในเครือข่าย IoT ไม่สามารถรองรับผู้ใช้ IoT จำนวนมากได้ เพื่อลด ภาระงานการประมวลผลร่วมกันเนื่องจากทรัพยากรมีสเปกตรัมจำกัด ดังนั้นการจัดกลุ่มผู้ใช้ IoT เป็น กลุ่มต่าง ๆ อาจเป็นวิธีแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ และจัดการกับผู้ใช้ IoT แยกกันตามความต้องการที่แตกต่างกันในด้านการประมวลผลที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้อัลกอริธึมการจัดกลุ่มที่ จำแนกข้อมูลเป็นกลุ่มต่าง ๆ และจุดข้อมูลในกลุ่มเดียวกันก็มีลักษณะ คล้ายคลึงกัน

Edge Computing คือเฟรมเวิร์กการประมวลผลแบบกระจายที่นำแอปพลิเคชันระดับองค์กรเข้าไปใกล้แหล่งข้อมูล เช่น อุปกรณ์ IoT หรือเซิร์ฟเวอร์ Edge ความใกล้ชิดกับแหล่งที่มาของข้อมูลนี้สามารถให้ผลประโยชน์ทางธุรกิจที่แข็งแกร่ง รวมถึงข้อมูลเชิงลึกที่เร็วขึ้น เวลาตอบสนองที่ดีขึ้น และความพร้อมใช้งานแบบทวีตที่เพิ่มขึ้น (IBM, 2023)

การเติบโตอย่างรวดเร็วและพลังการประมวลผลที่เพิ่มขึ้นของอุปกรณ์ IoT ส่งผลให้มีข้อมูลปริมาณมากอย่างไม่เคยมีมาก่อน และปริมาณข้อมูลยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเครือข่าย 5G เพิ่มจำนวนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนที่เชื่อมต่อขึ้นเป็นจำนวนมหาศาล

ในอดีตของระบบคลาวด์และ AI คือการทำให้วัตรกรรมเป็นอัตโนมัติและรวดเร็วขึ้นด้วยการขับเคลื่อนข้อมูลเชิงลึกที่นำไปใช้ได้จริงจากข้อมูล แต่ขนาดและความซับซ้อนที่ไม่เคยมีมาก่อนของข้อมูลที่สร้างขึ้นโดยอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อนั้นได้แซงหน้าความสามารถของเครือข่ายและโครงสร้างพื้นฐานเดิมอย่างสิ้นเชิง

การส่งข้อมูลที่สร้างโดยอุปกรณ์ทั้งหมดไปยังศูนย์ข้อมูลแบบรวมศูนย์หรือไปยังระบบคลาวด์ทำให้เกิดปัญหาแบนด์วิดท์และความล่าช้า Edge Computing ได้นำเสนอทางเลือกที่มีประสิทธิภาพมากกว่า ข้อมูลได้รับการประมวลผลและวิเคราะห์ใกล้กับจุดของข้อมูลที่ถูกรวบรวมขึ้น เนื่องจากข้อมูล

ไม่ได้ข้ามเครือข่ายไปยังคลาวด์หรือศูนย์ข้อมูลที่จะประมวลผล เวลาแฝงจึงลดลง การประมวลผล Edge และการประมวลผล Edge บนสมาร์ตโฟนของเครือข่าย 5G ช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลรวดเร็ว และครอบคลุมยิ่งขึ้น สร้างโอกาสในการได้รับข้อมูลเชิงลึก เวลาตอบสนองเร็วขึ้น และปรับปรุงประสบการณ์ของผู้ใช้บริการ

สถาปัตยกรรมทั่วไปของ Edge Computing

สถาปัตยกรรมการประมวลผล Edge เป็นโครงสร้างเครือข่ายแบบรวมศูนย์ที่ขยายบริการคลาวด์ไปถึงขอบของเครือข่าย (Cao et al., 2020)

โครงสร้างของการทำงานร่วมกันบนคลาวด์โดยทั่วไปนั้นแบ่งออกเป็นชั้นเทอร์มินัล ชั้นขอบ และการประมวลผลแบบคลาวด์ ต่อไปนี้เป็นคำอธิบายโดยย่อเกี่ยวกับองค์ประกอบและฟังก์ชันของแต่ละเลเยอร์ในสถาปัตยกรรม Edge Computing

1) เลเยอร์เทอร์มินัล (Terminal Layer)

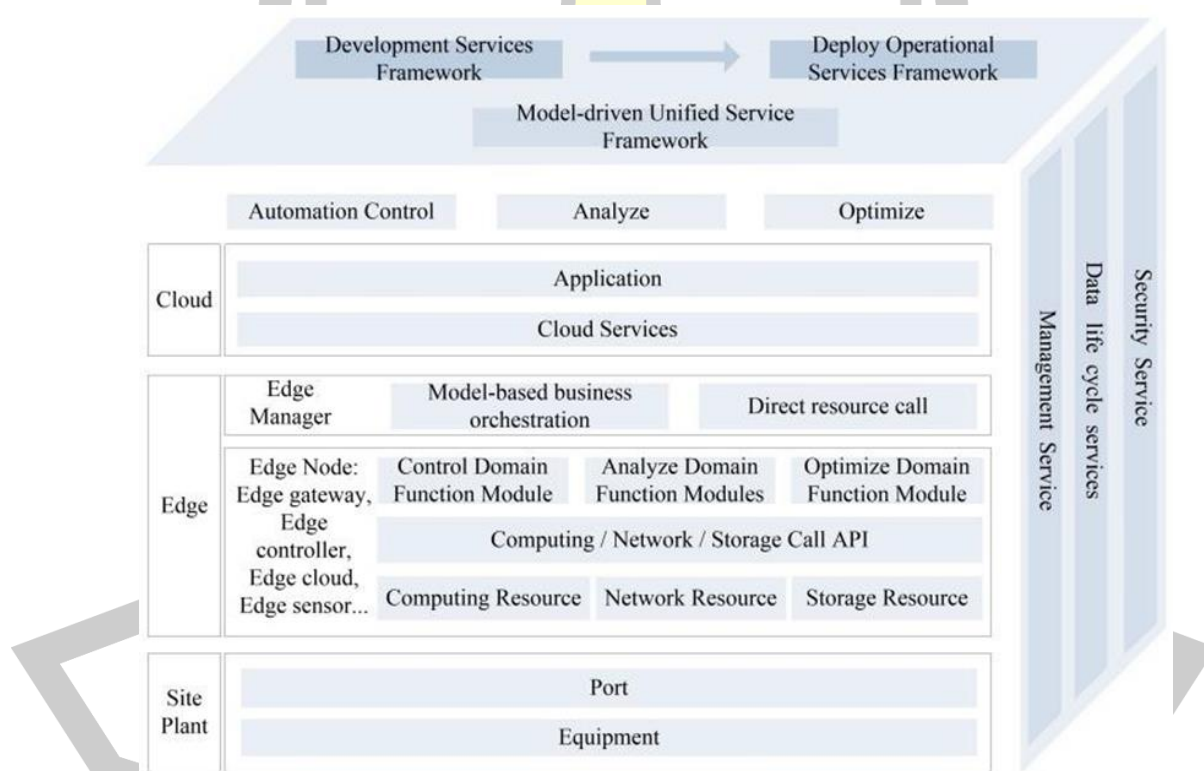
ชั้นเทอร์มินัลประกอบด้วยอุปกรณ์ทุกประเภทที่เชื่อมต่ออยู่ไปยังเครือข่าย Edge รวมถึงเทอร์มินัลสมาร์ตโฟนและอุปกรณ์ IoT จำนวนมาก (เช่น เซ็นเซอร์ สมาร์ตโฟน รถยนต์อัจฉริยะ กล้อง ฯลฯ) ในชั้นเทอร์มินัลหมายถึงอุปกรณ์ไม่เพียงแต่เป็นผู้บริโภคข้อมูลเท่านั้น แต่ยังเป็นผู้ให้บริการ ข้อมูลด้วย เพื่อลดความล่าช้าในการให้บริการในระดับชั้นเทอร์มินัลเพียงการรับรู้อุปกรณ์เทอร์มินัล ต่าง ๆ ถือเป็นอุปกรณ์ ส่งผลให้มีอุปกรณ์หลายร้อยล้านเครื่องใน Terminal Layer รวบรวมข้อมูลดิบ ทุกประเภทและอัปโหลดไปที่ชั้นบนซึ่งเป็นที่จัดเก็บและประมวลผล

2) เลเยอร์ขอบเขต (Boundary Layer)

เลเยอร์ขอบเป็นแกนหลักของสถาปัตยกรรม 3 ชั้นโดยอยู่ที่ขอบของโครงข่ายและประกอบด้วยโหนดขอบที่กระจายอย่างกว้างขวางระหว่างอุปกรณ์เทอร์มินัลและคลาวด์ โดยปกติจะประกอบด้วยสถานีฐาน จุดเชื่อมต่อเราเตอร์ สวิตช์ เกตเวย์ ฯลฯ เลเยอร์ Edge รองรับการเข้าถึงอุปกรณ์เทอร์มินัลลดลง และจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลที่อัปโหลดโดยอุปกรณ์เทอร์มินัล เชื่อมต่อกับคลาวด์และอัปโหลดข้อมูลที่ประมวลผลไปยังคลาวด์ เนื่องจากชั้นขอบอยู่ใกล้กับผู้ใช้ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลไปยังเลเยอร์ขอบ ซึ่งเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์มากกว่า และการประมวลผลอัจฉริยะที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยกว่าการประมวลผลแบบคลาวด์

3) เลเยอร์คลาวด์ (Cloud Layer)

ในบรรดาบริการแบบรวมศูนย์ของการประมวลผลบนคลาวด์ การประมวลผลแบบคลาวด์ ยังคงเป็นการประมวลผลข้อมูลที่ทรงพลังที่สุด เลเยอร์การประมวลผลแบบคลาวด์ประกอบด้วยหลาย ชั้นเซิร์ฟเวอร์และอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลประสิทธิภาพสูงพร้อมกับประสิทธิภาพและความสามารถในการประมวลผลและการจัดเก็บข้อมูล คลาวด์สามารถมีบทบาทที่ดีในพื้นที่ที่ต้องการการวิเคราะห์ ข้อมูลจำนวนมาก เช่น การบำรุงรักษาตามปกติและการสนับสนุนการตัดสินใจทางธุรกิจ คลาวด์สามารถจัดเก็บข้อมูลที่รายงานไว้ได้อย่างถาวร Edge Computing ยังสามารถทำงานการวิเคราะห์ที่เลเยอร์ Edge Computing ไม่สามารถจัดการได้ และงานการประมวลผลที่บูรณาการข้อมูลทั่วโลก นอกจากนี้ โมดูลคลาวด์ยังสามารถปรับการทำงานแบบไดนามิกได้อีกด้วย กลยุทธ์การปรับใช้และ อัลกอริธึมของการประมวลผลแบบเอดจ์เป็นไปตามนโยบายการควบคุม



ภาพประกอบ 11 Edge computing reference architecture 3.0.

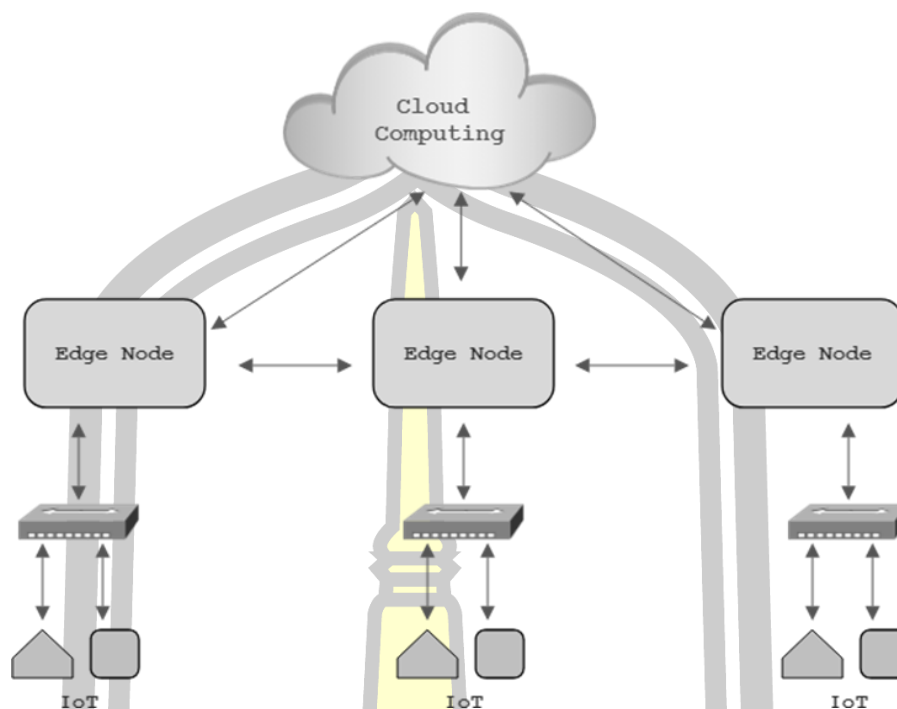
Edge node คือฮาร์ดแวร์เอนทิตีซึ่งสามารถพกพาได้ Edge Computing ใช้ Edge Manager เป็นซอฟต์แวร์หลักเพื่อจัดการ Edge Node อย่างสม่ำเสมอ ตามคุณลักษณะของฮาร์ดแวร์และ ประเภทบริการ การประมวลผลแบบ Edge โหนดจะถูกแบ่งออกเป็นเกตเวย์ขอบที่

ประมวลผลและ แปลงโปรโตคอลเครือข่าย ตัวควบคุมเอดจ์ที่ควบคุมแบบเรียลไทม์บริการวงปิด เอดจ์คลาวด์ที่ ประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ และ Edge ที่รวบรวมและประมวลผลข้อมูลเซนเซอร์ที่มี ต้นทุนต่ำ ฯลฯ และสามารถสรุปอุปกรณ์ใน Edge Computing ได้คือระดับขั้นในการประมวลผล เครือข่าย และการ จัดเก็บข้อมูล นอกจากนี้ยังสามารถปรับใช้ความสามารถทั่วไปโดยใช้ Application Programming Interfaces (API) การควบคุม การวิเคราะห์ และการเพิ่มประสิทธิภาพ โมดูลฟังก์ชันโดเมนใช้เพื่อรับรู้ ข้อมูลการถ่ายทอดชั้นบนและชั้นล่างและการวางแผนของทรัพยากร ขอบ สถาปัตยกรรมอ้างอิงการประมวลผล Edge 3.0 มีเฟรมเวิร์กการพัฒนาบริการ 4 เฟรมจาก เทอร์มินัลสู่คลาวด์

สถาปัตยกรรมของเอดจ์คอมพิวติง

เอดจ์คอมพิวติงเป็นสถาปัตยกรรมที่สามารถเพิ่มพลังการประมวลผลอีกระดับหนึ่ง ช่วย เสริมการเชื่อมต่อระหว่างคลาวด์คอมพิวติงและไอโอทีในรูปแบบพื้นฐานที่สุด มีข้อดีหลายอย่าง เหนือสถาปัตยกรรมแบบดั้งเดิมรวมถึงการประหยัดต้นทุน การจัดเก็บ และการประมวลผลข้อมูลได้ รวดเร็วกว่า โดยใช้เทคโนโลยีที่ช่วยให้การประมวลผลข้อมูลที่จำเป็นเกิดขึ้นใกล้กับอุปกรณ์ไอโอที หรือแหล่งอื่นๆ ผ่านสมาร์ทโฟนหรือเครือข่ายไร้สายแบบอื่นบนขอบของระบบเครือข่าย จาก แนวคิด ของเอดจ์คอมพิวติงที่ทำการประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์ไอโอที และทำการการจัดเก็บ ข้อมูลไว้ที่ ขอบ เป็นการลดภาระการประมวลผลของคลาวด์คอมพิวติง ช่วยให้สามารถประมวลผล ล่วงหน้า ก่อนที่จะมีการย้ายข้อมูลไปยังสภาพแวดล้อมของระบบคลาวด์ที่ใหญ่ขึ้น โดย สถาปัตยกรรมของ เอดจ์คอมพิวติง เป็นดังภาพประกอบ 10

พูน ปณ จิต ชีเว



ภาพประกอบ 12 สถาปัตยกรรมเอดจ์คอมพิวติง

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

(ประเสริฐศักดิ์ อู่อรุณ, 2561) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่องการออกแบบและการดำเนินการรวบรวม ข้อมูลสำหรับอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อบ้านอัจฉริยะ

งานวิจัยนี้ได้มีการออกแบบและการดำเนินการรวบรวมข้อมูลสำหรับอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อบ้านอัจฉริยะโดยเน้นการใช้เทคโนโลยี Local IoT Gateway เพื่อช่วยในการรวบรวม ข้อมูลจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ในอาคารอัจฉริยะและส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์ เป้าหมายหลักคือเพิ่ม ประสิทธิภาพและความครบถ้วนของข้อมูล โดยมีขั้นตอนการทำงานที่แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลักคือ การ ออกแบบระบบการรวบรวมข้อมูลผ่าน Gateway, การพัฒนาระบบ, และการทดสอบระบบ . การใช้ สถาปัตยกรรม Store and Forward ช่วยในการรวบรวมข้อมูลและส่งต่อไปยังระบบคลาวด์เพื่อช่วย เพิ่มความครบถ้วนและความต่อเนื่องของข้อมูล . การออกแบบและพัฒนารูปแบบ

การเชื่อมต่อ อุปกรณ์ IoT ภายใต้ระบบอาคารอัจฉริยะเป็นเรื่องสำคัญเพื่อการรวบรวมข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ

(พงศธร ขมดี, 2022) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่องการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ NMU-AQI สำหรับตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารแบบเวลาจริง

บทความนี้กล่าวถึง การใช้เทคโนโลยี IoT (Internet of Things) ในการพัฒนาอุปกรณ์ NMU-AQI หรือการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารแบบ real time และได้มีการนำเทคโนโลยี IoT เข้ามาใช้ในการอุตสาหกรรมการวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยอุปกรณ์สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ ต่าง ๆ ในระบบเครือข่ายไร้สายเพื่อรวบรวมข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังศูนย์กลางเพื่อการวิเคราะห์และ การจัดการข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ การนำเทคโนโลยี IoT เข้ามาใช้อุปกรณ์ NMU-AQI ช่วยให้สามารถตรวจวัดและส่งข้อมูลคุณภาพอากาศในอาคารได้อย่างต่อเนื่องและทันที ทำให้ผู้ใช้งานสามารถมีข้อมูลที่สมบูรณ์และแม่นยำเพื่อการตัดสินใจและปรับปรุงสภาพอากาศในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ การพัฒนาเทคโนโลยี IoT เข้ามาใช้ในการวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นการพัฒนาที่สำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลและควบคุมคุณภาพอากาศในอาคารให้มีคุณภาพและสุขภาพที่ดี

(นิติคม & อนุชา, 2021) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่องอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของมิเตอร์ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชัน

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการออกแบบและสร้างระบบไอโอทีเพื่อควบคุมการทำงานของมิเตอร์ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชันโดยมุ่งเน้นให้ง่ายต่อการใช้งานและช่วยในการดูแลระบบการส่งงานตัดต่อมิเตอร์ไฟฟ้าในห้องพักภายในคอนโดมิเนียมหรืออพาร์ทเมนต์ การใช้เทคโนโลยีระบบไอโอทีมีเป้าหมายที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมและดูแลระบบไฟฟ้าในสถานที่ต่าง ๆ โดยการออกแบบ ระบบเทคโนโลยีไอโอทีนี้มุ่งเน้นในการสร้างตู้ควบคุมไฟฟ้าที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของมิเตอร์ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนหรือคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ โดยใช้เทคโนโลยีระบบไอโอทีในการควบคุมการทำงานของมิเตอร์ไฟฟ้าเพื่อลดปัญหาในการตัดต่อ มิเตอร์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ .ซึ่งมีความสำคัญและมีประโยชน์มากในการเพิ่มประสิทธิภาพในการ ดูแลและควบคุมระบบไฟฟ้าในสถานที่ต่าง ๆ

(ชุมพล & อภินันท์, 2022) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่องนวัตกรรมการตรวจสอบและติดตามสภาพภูมิอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดศรีราชา จังหวัดชลบุรี

บทความวิจัยได้กล่าวถึงความสำคัญของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things - IoT) ในการพัฒนาระบบตรวจสอบและติดตามสภาพภูมิอากาศสำหรับเกษตรกรปลูกสับปะรดในจังหวัดชลบุรี โดยเทคโนโลยี IoT จะช่วยให้เกษตรกรสามารถตรวจสอบและติดตามสภาพภูมิอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เซ็นเซอร์ต่าง ๆ เช่น เซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นในอากาศ และเซ็นเซอร์ความชื้นในดิน เพื่อช่วยในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและช่วยในการตัดสินใจในการเพาะปลูกอย่างเหมาะสม. การนำเทคโนโลยี IoT เข้ามาใช้ในการเกษตรช่วยให้เกษตรกรมีข้อมูลที่สมบูรณ์แบบและแม่นยำเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมและพื้นที่เพาะปลูก ทำให้สามารถปรับปรุงกระบวนการเกษตรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และช่วยในการตัดสินใจที่ถูกต้องเพื่อเพิ่มผลผลิตและ ลดความเสี่ยงในการเกษตร นอกจากนี้ เทคโนโลยี IoT ยังช่วยในการทำให้กระบวนการเกษตรเป็นไป อย่างอัตโนมัติและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยสามารถควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการเกษตรผ่านระบบ อินเทอร์เน็ต ดังนั้น เทคโนโลยี IoT เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนาเกษตรอย่างยั่งยืน ช่วยให้เกษตรกร มีข้อมูลที่สมบูรณ์แบบและทันสมัยเพื่อการตัดสินใจที่ดีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเกษตร

(ไพโรจน์ เหลืองวงศกร et al., 2017) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ ESP8266 สำหรับระบบรักษาความปลอดภัยที่บ้าน

ระบบรักษาความปลอดภัยเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมาก ในการสร้างความอุ่นใจให้ผู้พักอาศัย ปัญหาของระบบรักษาความปลอดภัยปัจจุบันก็คือส่วนใหญ่มักให้ความสำคัญกับการมีเฉพาะกล้องวงจรปิดเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงปัญหาด้านอัคคีภัย ไฟฟาลัดวงจร ก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญมาก เนื่องจากมีผลกระทบที่รุนแรงจนอาจจะไม่เหลือที่พักอาศัยเลย และถึงแม้ว่าบางบริษัทจะมีนวัตกรรมที่ครอบคลุมการรักษาความปลอดภัยบ้านที่ครบวงจร แต่ก็มีค่าใช้จ่ายที่สูง ไม่สามารถเข้าถึงกลุ่มคนที่มียาได้น้อยอย่างทั่วถึงได้ เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวสามารถช่วยให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์ต่างๆ เพื่อสร้างให้เป็นระบบเตือนภัยใช้เองได้อย่างมีประสิทธิภาพและราคาประหยัดได้ ดังนั้นบทความนี้จะนำเสนออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สมองกลฝังตัวมาสร้างเป็นระบบรักษาความปลอดภัยภายในที่พักอาศัย ที่มีอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับแก๊สและเซ็นเซอร์ตรวจจับควันไฟเตือนภัยหรือเฝ้าระวังที่สามารถแจ้งเตือนแก่สรวหรือตรวจจับควันไฟได้ร่วมกับการตรวจจับการเคลื่อนไหว

ด้วย กล้องวงจรปิด ระบบรักษาความปลอดภัยภายในที่บ้านพักอาศัยที่ได้ก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในการ ประยุกต์ใช้อุปกรณ์สมองกลฝังตัว ESP8266 ร่วมกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับควันไฟและกลิ่นแก๊ส พร้อมทั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว ตามแนวคิด IoT (Internet of Things) ในราคาที่ สามารถเข้าถึงได้

(ณัฐพงศ์ พลสมย, 2566) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมและป้องกัน อุปกรณ์ ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ 2) ประเมินความเหมาะสมของระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ 3) ถ่ายทอดระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้ เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือสู่ชุมชนกลุ่มเป้าหมายคือผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนา เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว เทคโนโลยีแบบไร้สาย จำนวน 3 คน เพื่อประเมินคุณภาพการพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดย ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือเครื่องมือการวิจัย ได้แก่ 1) ระบบควบคุมและ ป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ 2) แบบประเมินความเหมาะสมของระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดย ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจผู้ใช้งานระบบ 4) แบบทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ 5) แบบสอบถามผลกระทบที่ส่งผลต่อการใช้งาน ระบบ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนา ระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือพบว่าองค์ประกอบของระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 แอปพลิเคชันควบคุมการเปิด-ปิด/ตั้งเวลาการทำงานของระบบประกอบด้วย 1) ส่วนแสดงสถานะการ ทำงานของระบบ2) ส่วนเปิด-ปิดระบบ3) ส่วนตั้งเวลาเปิด-ปิดระบบ4) ส่วนแสดงค่าอุณหภูมิระบบ5) แสดงได้รับการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ ส่วนที่ 2 องค์ประกอบโครงสร้างสมองกลฝังตัว ประกอบด้วย 1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย Relay Module,บอร์ด ESP8266, DTH 11 เซ็นเซอร์ 2) ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย Arduino IDE ส่วนที่ 3

IOT PLATFORM ประกอบด้วย BLYNK SERVER2) ผลการประเมินความเหมาะสมของระบบควบคุม และป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน ครั้วเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือพบว่า ผลการประเมินอยู่ใน ระดับเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59$, SD. = 0.09)และ3) ผลการถ่ายทอดสู่ชุมชนการใช้งานระบบ ควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครั้วเรือนโดยประยุกต์ใช้ เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชัน บนมือถือพบว่า 3.1) ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบ โดยรวม คิดเป็นร้อยละ 100 3.2) ผลการ สอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด 3.3) ผลกระทบที่ส่งผลต่อ การใช้งานระบบในครั้วเรือน ในช่วงระยะเวลา 30 วัน พบว่า ระบบ ตัดการทำงานเมื่อกระแสไฟฟ้าเกิน ขนาดแต่ละครั้วเรือน อยู่ในช่วง 2-6 ครั้งคิดเป็นร้อยละ 6.67-20.00

(สุชาติ คุ่มมะณี et al., 2021) การพัฒนาเบรกเกอร์อัจฉริยะเพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัย จาก กระแสไฟฟ้าลัดวงจร

จากการสำรวจพบว่าสาเหตุของการเกิดอัคคีภัย 3 ลำดับแรกสำหรับประเทศไทยนั้น คือ 1) การเผาขยะและหญ้าแห้ง 2) กระแสไฟฟ้าลัดวงจรและ 3) การใช้เชื้อเพลิงผิดวิธี ในงานวิจัยนี้จึงได้ พัฒนานวัตกรรมต้นแบบสำหรับลดปัญหาการเกิดอัคคีภัยซึ่งเกิดจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจรขึ้นเรียกว่า "เบรกเกอร์อัจฉริยะ" สำหรับป้องกันการเกิดอัคคีภัยจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร" หรือเรียกสั้น ๆ ว่า "สมาร์ทเบรกเกอร์" มันมีคุณสมบัติโดดเด่น ได้แก่ ความสามารถในการมองเห็น (เซนเซอร์ IR, DHT11) ดมกลิ่น (MQ-2) และสัมผัสถึงสาเหตุของเพลิงไหม้ได้ (PZEM 400T) นอกจากนี้มันยังสามารถรายงานความผิดปกติจากการตรวจจับอัคคีภัยส่งไปยังสมาร์ทโฟนของเจ้าของทรัพย์สินเพื่อ แจ้งให้ทราบก่อนที่ความเสียหายจะทวีความรุนแรงมากขึ้น สมาร์ทเบรกเกอร์ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เพื่อพัฒนาเป็นต้นแบบ ผลที่ได้จากการทดสอบอุปกรณ์ ตรวจจับอัคคีภัยต้นแบบ แสดงให้เห็นความแม่นยำในการตรวจจับอัคคีภัยอยู่ในเกณฑ์แม่นยำ ($X=3.42$) หรือคิดเป็นร้อยละ 68.4%

(Phatcharanat Saeng-On et al., 2023) การออกแบบและสร้างสถานีวัด PM2.5 สำหรับ โรงเรียนต้นแบบด้วยระบบ IoTแสดงผลบน Google Data Studio

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างสถานีวัด PM2.5 สำหรับโรงเรียนต้นแบบด้วย ระบบ IoT พร้อมแสดงผลบน Google Data Studio โดยทำการออกแบบและสร้างด้วย IoT สำหรับวัด และแจ้งเตือนปริมาณฝุ่น PM2.5 บอร์ด ESP8266 ตัวเซนเซอร์วัดฝุ่น PM2.5 อุณหภูมิ และก๊าซ CO

ผลการการศึกษาผลวัดพบว่าการวัดฝุ่น PM2.5 ร้อยละความแตกต่างของผลวัดค่าฝุ่น PM2.5 เท่ากับ 39.06 26.56 23.43 14.06 13.95 และ 12.72 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และผลการวัดที่บันทึก Google sheet สำหรับการเก็บข้อมูลผลวัด PM2.5 เท่ากับ 4-11 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผลการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 33 40 40 36 35 และ 34 องศา และความชื้นสัมพัทธ์ แนวนอนเดียวกัน และผลการวัด CO เท่ากับ 120 132 123 142 162 140ppm และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 136.5ppm ผลการทดสอบและเปรียบเทียบแนวโน้มที่ทิศทางเดียวกัน ผลการวิจัยเป็นการต่อยอดให้โรงเรียนต้นแบบกำหนดแผน นโยบายในการให้ลดปริมาณฝุ่น PM2.5 ในช่วงฤดูหนาวและแล้งต่อไป (ชนก ท่วมจร, 2022) การพัฒนาระบบเซนเซอร์แบบกระจายอย่างง่ายสำหรับการเฝ้าติดตาม และแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่านระบบออนไลน์:กรณีศึกษาการพัฒนาต้นแบบระบบอุปกรณ์โครงข่ายเซนเซอร์ TVOC สำหรับเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนคุณภาพอากาศในพื้นที่ปฏิบัติงานแบบเรียลไทม์ การพัฒนาต้นแบบระบบอุปกรณ์โครงข่ายเซนเซอร์ TVOC (Total Volatile Organic Compound) สำหรับเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนคุณภาพอากาศในพื้นที่ปฏิบัติงานแบบเรียลไทม์เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาระบบเซนเซอร์แบบกระจายสำหรับเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่านระบบ ออนไลน์ ต้นแบบระบบที่พัฒนาขึ้นใช้วัสดุไฟฟ้า ประกอบด้วยเซนเซอร์แก๊ส TVOC ชนิด MOS แผ่นวงจรปรับระดับแรงดันลอจิก เป็นวัสดุหลักรวมไปถึงซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซด้านเทคโนโลยี สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง เช่น Virtual Private Server (VPS) ซอฟต์แวร์ IoT Broker และ ซอฟต์แวร์ IoT Gateway ซอฟต์แวร์ IoT Dashboard รวมไปถึง MQTT API เพื่อการพัฒนาต้นแบบตามแนวทางการพัฒนาอุปกรณ์ในระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ที่มีความสำคัญอย่างมากในการพัฒนา ระบบไซเบอร์-กายภาพ (CPS) ในอนาคต ผลผลิตของการพัฒนานี้ได้ต้นแบบระบบสมาร์ตเซนเซอร์ TVOC ที่สามารถบันทึกข้อมูลความเข้มข้นได้แบบเรียลไทม์ สามารถแสดงผลข้อมูลย้อนหลังได้บน IoT Dashboard ในรูปแบบของกราฟ และสามารถแจ้งเตือนได้ผ่านแอปพลิเคชันสื่อสารและส่งข้อความ ทำให้สามารถวางแผนการจัดการมลพิษทางอากาศในพื้นที่ปฏิบัติงานได้สะดวกขึ้น ซึ่งเป็นข้อดีของระบบสมาร์ตเซนเซอร์แบบโครงข่ายเมื่อเทียบกับเซนเซอร์ที่ทำงานแบบโดดเดี่ยว อย่างไรก็ตามเมื่อทำการทดสอบข้อมูลดิบจากต้นแบบที่ประกอบจากเซนเซอร์ TVOC จำนวน 3 ตัวในระบบ พบว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างเซนเซอร์ภายในกลุ่มมีความเป็นเชิงเส้นน้อย ($R^2=0.9$) เมื่อใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มเซนเซอร์ ทั้งนี้ ประเด็นดังกล่าวเป็นเรื่องปกติของคุณสมบัติของระบบที่ใช้

เซนเซอร์แบบกระจาย ซึ่งจำเป็นต้องใช้การปรับแก้ค่า หรือการทำข้อมูลให้เป็นมาตรฐานก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งสามารถดำเนินการได้ในการพัฒนาระบบในขั้นต่อไป

(นงเยาว์ สอนจะโปะ, 2564) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบความถูกต้องและแม่นยำของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิสภาพอากาศ สำหรับงาน IoT ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความถูกต้องและแม่นยำของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิสภาพอากาศสำหรับงาน IoT ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน วิธีดำเนินงานวิจัยใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ DHT11, DHT12, DHT21/AM2301, DHT22, DHT22/AM2302, DS3231, LM35, MLX90614 มาทดสอบโดยใช้งานร่วมกับบอร์ด NodeMCUESP8266 และเขียนโค้ดด้วยภาษา C เพื่อหาผลลัพธ์ และนำไปทดสอบในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ระหว่างพื้นที่ปิดคือ ห้องเซิร์ฟเวอร์มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี และ พื้นที่โล่งแจ้ง ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ การตรวจจับอุณหภูมิของเซ็นเซอร์แต่ละชนิดในห้องเซิร์ฟเวอร์จะเปรียบเทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิ ภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ ส่วนการตรวจจับอุณหภูมิในพื้นที่โล่งแจ้งใช้เปรียบเทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิ Hetaida รุ่น HTD8808E เพื่อเทียบเคียงความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจจับอุณหภูมิของเซ็นเซอร์ ที่นำมาทดสอบพบว่า การตรวจจับอุณหภูมิในพื้นที่ห้องปิดคือห้องเซิร์ฟเวอร์ของมหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ตรวจจับอุณหภูมิได้ถูกต้องและแม่นยำกว่าชนิดอื่นคือ DHT11 มีความถูกต้องและแม่นยำคิดเป็นร้อยละ 98.11 และมีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.4 °C และการทดสอบ การตรวจจับอุณหภูมิในพื้นที่โล่งแจ้งพบว่า เซ็นเซอร์ที่ตรวจจับอุณหภูมิได้ถูกต้องและแม่นยำกว่าชนิดอื่นมี 2 ชนิด ได้แก่ DHT11 และ DS3231 ให้ค่าความถูกต้องและแม่นยำคิดเป็นร้อยละ 98.22 มีค่า ความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.5 °C และ ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยสรุปได้ว่า อุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับ อุณหภูมิที่ให้ค่าความถูกต้องและแม่นยำเมื่อนำมาตรวจจับอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ยัง สามารถตรวจจับอุณหภูมิได้ถูกต้องและแม่นยำเหมือนเดิม

(สามารถ สินทร์ et al., 2022) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับความผิดปกติของน้ำในท่อประปาภูเขาด้วยเทคโนโลยี IoT เพื่อการเกษตรและอุปโภคของชุมชนตาดรินทอง จังหวัดชัยภูมิ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อแก้ปัญหาท่อน้ำแตกหรืออุดตันในการเกษตรและอุปโภคของชุมชน ซึ่งเป็นหนึ่งของงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีคัดแยกเศษตะกอนในน้ำประปาภูเขาจากภูมิปัญญา “ท้องช้าง” สู่นวัตกรรมเฝ้าระวังเตือนภัยด้วย IoT ผ่าน Application เพื่อชุมชนบริหาร

จัดการน้ำอย่างยั่งยืนในภาวะภัยแล้ง วิธีการดำเนินงาน โดยการสังเคราะห์ค่าเซ็นเซอร์ที่เหมาะสม กับ พื้นที่แล้วให้ระบบแจ้งเตือนภัยเมื่อมีเหตุผิดปกติจากน้ำขุ่นหรือมีตะกอนอุดตัน พร้อมสามารถสั่ง การ เปิด-ปิดระบบน้ำประปาภูเขาผ่าน Application (App) ได้ผลการวิจัยพบว่า ระบบใช้เซ็นเซอร์ มา วิเคราะห์ค่าน้ำเพื่อเฝ้าระวังเตือนภัยความผิดปกติโดยเซ็นเซอร์วัดอยู่ 3 ชนิด คือ 1) วัดความ ขุ่น-ใส สำหรับตรวจจับฝุ่นตะกอนแล้วให้แจ้งเตือนไป App ถ้าหากมีค่ามากกว่า 25 NTU 2) วัดการ ไหลของ น้ำ สำหรับตรวจจับการไหลน้ำในท่อแล้วให้แจ้งเตือนไป App ถ้ามีค่าผิดปกติไปจากช่วง 200-250 ลิตรต่อชั่วโมง และ 3) วัดแรงดันน้ำ สำหรับตรวจจับแรงดันน้ำในท่อแล้วให้แจ้งเตือนไป App ถ้ามีค่า ผิดปกติไปจากช่วง 2.00-3.00 Bar จากนั้นได้นำองค์ความรู้เซ็นเซอร์ใหม่นี้ไปพัฒนากับ เทคโนโลยี IoT พร้อมสร้าง App มาเฝ้าระวังและสั่งการเปิด-ปิดเมื่อระบบน้ำผิดปกติได้ทันที ซึ่งช่วย ลดปัญหาการ สูญเสียน้ำในการเกษตรและอุปโภคได้ 188 ครัวเรือน จำนวน 443 คน พื้นที่ 14,525 ไร่ ใน 5 ชุมชน คือ หมู่ 6 บ้านตาดรินทอง หมู่ 12 บ้านตาดภูทอง หน่วยป้องกันรักษาป่า (ขย.11) โรงเรียนบ้านตาด รินทอง วัดป่ามหาวัน โดยระบบช่วยแก้ปัญหาพิษขาดน้ำและตายแล้งคื่นความ สมบูรณ์พื้นที่ จน กลายเป็นพื้นที่เศรษฐกิจใหม่ขายพืชน้ำและสัตว์น้ำ 150,000 บาท/ปีส่วนมูลนิธิ ไทยรักป่าจำหน่ายต้น

กล้าไม้ได้ 224,780 บาท/ปี และชุมชนก็เก็บเงินค่าน้ำเข้ากองทุนบริหารน้ำได้ 75,895 บาท/ปี

(พรวนา รัตนชูโชค, 2562) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้IoTเพื่อติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือสำหรับ ตรวจวัดคุณภาพน้ำ และพัฒนาระบบสารสนเทศแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ กลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย กลุ่มตัวอย่างประเมินประสิทธิภาพ ของเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ และระบบสารสนเทศ แสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ ตัวแทนจาก ชุมชนและนักวิชาการจากสถาบันอุดมศึกษาจำนวน 6 ท่าน ซึ่งได้มาจากวิธีการแบบเจาะจง กลุ่ม ตัวอย่างในการประเมินความพึงพอใจของการใช้งาน เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ และระบบสารสนเทศ แสดงผลการวัดคุณภาพน้ำ จำนวน 30 ท่าน ได้มา จากวิธีการสุ่มอย่างง่าย เก็บรวบรวมข้อมูลด้วย การ สัมภาษณ์ การใช้แบบสอบถาม การประเมินการ ใช้ระบบด้วยแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ความถี่ ร้อยละ และวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วย สถิติ t-test ผลการวิจัยครั้งนี้ เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ สามารถตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่า อุณหภูมิ และค่าความขุ่นได้ ผลการวัดประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำเมื่อทำการ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเครื่องมือทั่วไปและเครื่องมือวัด คุณภาพน้ำ พบว่า ไม่แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และระบบสารสนเทศแสดงผล การวัดคุณภาพน้ำสามารถแสดงผลข้อมูลออกมาในรูปของตาราง กราฟได้ และนำไปทดลองใช้งานกับ กลุ่มตัวอย่าง มีความพึงพอใจในภาพรวมเท่ากับ 4.32 อยู่ในระดับมาก

(ฉณการ ภณณพงส์, 2565) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง ศึกษาและพัฒนาต้นแบบการประหยัดพลังงานเพื่อสนับสนุนด้านการประหยัดการใช้พลังงาน

งานวิจัยเรื่อง ศึกษาและพัฒนาต้นแบบการประหยัดพลังงานเพื่อสนับสนุนด้านการประหยัดการใช้พลังงาน เป็นงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า และศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของอากาศในบริเวณที่มีและไม่มีการปรับอากาศแบบ Real-time 2) เพื่อศึกษาระบบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบ IoT (Internet of Things) และ 3) เพื่อศึกษาออกแบบ และสร้างระบบรายงานผลคุณภาพของอากาศ จากการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้า ตั้งแต่วันที่ 21-27 กุมภาพันธ์ 2565 (วันจันทร์-วันอาทิตย์ พบว่า ช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด คือ 8.30-18.00 น. เนื่องจากเป็นเวลาทำงาน และวันพุธที่ 23 กุมภาพันธ์ 2565 มีการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดถึง 2,050 kWh หรือคิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 8,200 บาท(คิดหน่วยคไฟ 4บาท/kWh) และตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2564 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2565 พบว่าเดือนพฤศจิกายน มีการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดถึง 49,960 kh ซึ่งสามารถคิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 199,840 บาท จากการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของอากาศในบริเวณที่มี-ไม่มีการปรับอากาศพบว่าเซนเซอร์วัดฝุ่นตัวที่อยู่นอกห้องปรับอากาศแสดงค่าฝุ่น PM 2.5 มากกว่าเซนเซอร์ตัวอื่น 64.28% ผลจากการศึกษาพบว่าจากลักษณะการทำงานของเครื่องวัดการใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะนั้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้ และสามารถสร้างแบบจำลองสำหรับการทำนายผลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการสร้างแบบจำลอง (Model) แบบ Dynamic หรือมีการปรับการคำนวณแบบจำลองเป็นระยะๆ เพื่อให้แบบจำลองมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น และสามารถทำนายข้อมูลในอนาคต ได้แม่นยำมากยิ่งขึ้นสามารถทำนายได้ระยะยาวมากขึ้นตามปริมาณข้อมูลที่มี ตามระยะเวลาด้วยและระบบการสร้างแบบจำลอง ทั้งนี้พบว่ามีบางช่วงที่ข้อมูลขาดหายไปเนื่องจากระบบอินเทอร์เน็ตไม่มีเสถียรภาพ ทำให้ส่งข้อมูลมาได้ไม่ครบถ้วน แต่อย่างไรก็ตามระบบส่งข้อมูลของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบ IOT ถือว่าทำงานได้ประสิทธิภาพที่ยอมรับได้

2. งานวิจัยในต่างประเทศ

(Jia et al., 2023) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Suitability Evaluation of Old Industrial Buildings Transformed into Stadiums

งานวิจัยนี้จะดำเนินการสำรวจและปรับปรุงการใช้ทรัพยากรในเขตอาคารโรงงานเก่าอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการพัฒนาสถานที่ในเมือง โดยการแปลงอาคารโรงงานเก่าเป็นสนามกีฬาซึ่งถือเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความเข้าถึงสิ่งอำนวยความสะดวกทางกีฬาและส่งเสริมสุขภาพในชุมชน การใช้วิธีเครื่องมือสำหรับการผสมผสานที่มีประสิทธิภาพ เช่น entropy weight และ matter- element extension methods เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการประเมินความเหมาะสมของการแปลง อาคารโรงงานเก่าให้เป็นสนามกีฬาอย่างอัจฉริยะ การนำเสนอวิธีการประเมินนี้ช่วยให้การแปลง อาคารโรงงานเก่าเป็นสนามกีฬามีการวางแผนและประเมินอย่างรอบคอบ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการ พัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกทางกีฬาและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรอาคารที่มีอยู่ในเมือง อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

(Gangrade et al., 2023) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Review: Cloud Computing and Internet of Things Plays Vital Role in Smart Stadium

งานวิจัยนี้เน้นการใช้เทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี IoT เพื่อพัฒนาสนามกีฬา ให้ เป็นสนามกีฬาอัจฉริยะที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการใช้เซ็นเซอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อ ควบคุมความหนาแน่นและความปลอดภัยของผู้เข้าชมในสนาม ทั้งนี้ การพัฒนาที่เน้นที่สนาม กีฬา อัจฉริยะไม่จำกัดเฉพาะที่สนามกีฬานั้น แต่ยังสามารถนำไปใช้ในพื้นที่กว้างและใหญ่กว่านั้น ได้ เช่น เมืองอัจฉริยะ ด้วยการใช้เทคโนโลยี เช่น เซ็นเซอร์ กล้องวิดีโอ ไมโครโฟน และระบบรักษา ความ ปลอดภัยเพื่อเสริมสร้างการควบคุมความแออัดของผู้เข้าชม และยังช่วยในการวางแผนงานใน สนาม กีฬา อีกทั้งยังช่วยในการตรวจสอบความปลอดภัยและปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมของสนามกีฬา ได้อีกด้วย สนามกีฬาอัจฉริยะกำลังเป็นแนวโน้มที่กำลังเติบโตในเมืองทั่วโลก โดยใช้เทคโนโลยีใหม่ เพื่อเสริมสร้าง ประสบการณ์ของผู้ติดตามและประสิทธิภาพการดำเนินงานโดยรวดเร็ว การพัฒนา ของสนามกีฬาอัจฉริยะได้รับอิทธิพลจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ทำให้ สามารถใช้ทรัพยากร และกระบวนการต่าง ๆ ที่อัจฉริยะเข้าไปในสนามกีฬาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใน การทำงานอย่างมี ประสิทธิภาพและแบบอินเทอร์แอคทีฟ ยกตัวอย่างเช่น การแข่งขันฟุตบอลซึ่งเป็น กีฬาที่มีชื่อเสียง จึงต้องมีเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาในด้านต่างๆ ทั้ง การออกแบบ และการ ปรับปรุงเกม

การแข่งขันในทุกๆด้าน ฝ่ายที่มีหน้าที่รับผิดชอบในเรื่องนี้คือองค์กร FIFA โดยในปัจจุบันมีการพัฒนาที่มากมายที่ได้เปลี่ยนแปลงเกมอย่างมีประสิทธิภาพโดยองค์กร FIFA ซึ่งมีส่วน รับผิดชอบในการเพิ่มมาตรฐานของฟุตบอลในทั่วโลก ตัวอย่างเช่น เทคโนโลยี Goal Line Technology (GLT) ที่ถูกใช้เพื่อช่วยผู้ตัดสินในการตัดสินใจสำหรับกรณีที่ถูกฟุตบอลผ่านระยะ เส้นประตูหรือไม่เพื่อช่วยให้มีการตัดสินใจที่แม่นยำมากขึ้น

(Hou, 2023) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Application research of artificial intelligence technology in smart stadium management under the background of low carbon economy

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการประยุกต์ปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อบริหารจัดการระบบพลังงานในสนาม กีฬาสถานขนาดใหญ่ โดยสนามกีฬาสถานใหญ่เหล่านี้อาจใช้พลังงานไฟฟ้ามากถึง 10,000 กิโลวัตต์ ในวันที่ มีการแข่งขัน ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องปรับเปลี่ยน ระบบไฟฟ้า (SE) ภายในสนามกีฬามีการทำงานที่ซับซ้อน ต้องใช้พลังงานจำนวนมากเพื่อรองรับผู้เข้าชม การบริหารจัดการ การพลังงานให้มีประสิทธิภาพ คุ่มค่า และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเนื่องจากปริมาณ การใช้ไฟฟ้าในสนามกีฬามีการใช้งานใช้งานสูงและไม่คงที่ การปรับปรุงประสิทธิภาพด้านพลังงานจึง เป็นเรื่องที่ท้าทาย โดยในการจัดงานแข่งขันกีฬาใหญ่แม้จะมีระบบสำรองไฟฟ้าฉุกเฉิน แต่ก็ต้องอาศัย การวางแผนล่วงหน้า นอกจากนี้ ความหนาแน่นของผู้เข้าชมงาน ก็จะมีผลกระทบต่อโครงสร้างอาคาร งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางใหม่ในการใช้ AI ร่วมกับระบบไฟฟ้า (SE-AI) เพื่อยกระดับการควบคุมดูแล สนามกีฬา โดยบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับกระบวนการก่อสร้างและออกแบบระบบไฟฟ้า แนวคิด วิศวกรรมไฟฟ้าเหล่านี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบระบบไฟฟ้าในสนามกีฬา ผลการวิจัยนี้ นำเสนอแนวทางการใช้เทคโนโลยี AI ร่วมกับการออกแบบระบบไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการ พัฒนาสนามกีฬาในอนาคต

(Tian et al., 2023) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Design and application of integrated energy control system for National Speed Skate

จากระดับการจัดการข้อมูลร่วมเพิ่มขึ้น ระหว่างระบบเทคโนโลยีสารสนเทศใหม่ๆ กับการบริหารจัดการแอปพลิเคชัน ทำให้เกิดโอกาสในการพัฒนาระบบจัดการพลังงานได้อย่างรวดเร็วขึ้น บทวิจัยนี้ วิเคราะห์การออกแบบระบบการจัดการพลังงาน เน้นที่ความสวยงามและความสะดวกในการใช้งาน โดยนำสนามกีฬาแห่งชาติปักกิ่ง (Beijing Speed Skating Stadium) มาเป็นกรณีศึกษา

บทความนี้ยังทำการวิเคราะห์เชิงลึกและได้ออกแบบฟังก์ชันหลักของระบบควบคุมพลังงานสำหรับสนามกีฬาแห่งชาติปักกิ่ง (Beijing Speed Skating Stadium) โดยได้สร้างแพลตฟอร์มที่ช่วยให้ระบบมีความอัจฉริยะมากขึ้น มีประสิทธิภาพมากขึ้น ยืดหยุ่นในการใช้งานมากขึ้น และง่ายต่อการโต้ตอบสำหรับผู้ใช้งาน ระบบควบคุมพลังงานนี้จะช่วยให้เราสามารถจัดการพลังงานได้อย่างละเอียด เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และลดการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(Deng et al., 2022) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Construction of Smart Sports in Colleges and Universities: Influencing Factors, Design Ideas, and Model Choices

สนามกีฬาอัจฉริยะมีบทบาทสำคัญในความทันสมัยของวิชาพลศึกษาภายในมหาวิทยาลัย และเป็นตัวสะท้อนถึงความก้าวหน้าของวิชาพลศึกษาในรั้วสถาบันอุดมศึกษา งานวิจัยชิ้นนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพล, แนวคิดในการออกแบบ และรูปแบบของการสร้างสนามกีฬาอัจฉริยะในมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมการปฏิรูป นวัตกรรม และการจัดการด้านข้อมูลของกีฬาในมหาวิทยาลัย โดยได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่ และวิเคราะห์ตรรกะโดยผลการศึกษาพบว่า: การสร้างสนามกีฬาอัจฉริยะในมหาวิทยาลัยคือรูปแบบใหม่ผสมผสานเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ากับกีฬาแบบดั้งเดิม ปัจจุบันยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นและมีปัญหามากมาย การสร้างสนามกีฬาอัจฉริยะนี้ไม่เพียงแต่ช่วยเน้นเสน่ห์ของกีฬาและขยายขอบเขตของพลศึกษาเท่านั้น แต่ยังช่วยในการสร้างเอกลักษณ์ของแบรนด์ภาพลักษณ์กีฬาในแต่ละสถาบัน ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการพัฒนากีฬาอัจฉริยะประกอบด้วยสภาพแวดล้อมการพัฒนาโดยรวม พฤติกรรมของผู้มีอำนาจตัดสินใจ และการสนับสนุนจากรัฐบาลในกระบวนการสร้างสนามกีฬาอัจฉริยะ จำเป็นต้องมีการวางแผนและออกแบบโดยรวม ให้สอดคล้องกับ แนวทางหลักและแนวคิดเฉพาะด้าน สามารถเลือกใช้รูปแบบการพัฒนาใหม่ๆ เช่น การเติบโตเชิงคุณภาพที่มุ่งเน้นผลลัพธ์ การบริหารจัดการแบบบูรณาการ และการพัฒนาแบบบูรณาการ

สรุป สนามกีฬาอัจฉริยะจะเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการบริหารจัดการกีฬาในมหาวิทยาลัย และมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในแง่ของการสร้างนวัตกรรมและปฏิรูปการพลศึกษา การติดตามพัฒนาการต่างๆ อย่างสม่ำเสมอจะนำไปสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับกีฬาอัจฉริยะมากขึ้น ช่วยให้เรา สามารถประเมินปัจจัยที่มีผลกระทบ กำหนดทิศทางการพัฒนาอย่างเหมาะสม เพื่อยกระดับพลศึกษา ในมหาวิทยาลัย และส่งเสริมการพัฒนากีฬาอัจฉริยะต่อไป

(Xiao-wei, 2020) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Study on the intelligent system of sports culture centers by combining machine learning with Big data

การยกระดับและพัฒนาการกีฬาด้วยระบบอัจฉริยะ ทำให้ผู้คนเริ่มตระหนักถึงความสำคัญของการออกกำลังกายมากขึ้น ความต้องการใช้บริการสนามกีฬาก็สูงขึ้นตาม แต่ระบบการให้บริการแบบดั้งเดิมไม่สามารถตอบสนองประสบการณ์ที่ดีของผู้ใช้ได้ การผลักดันให้การสร้างสนามกีฬาอัจฉริยะจึงเป็นสิ่งสำคัญ บทวิจัยนี้ได้เริ่มต้นดำเนินการวิเคราะห์ระบบบริการแบบดั้งเดิม และพบว่ามีปัญหาบางประการ เช่น การส่งข้อมูลที่ซ้ำ การทรัพยากรร่วมกันน้อย และการตอบสนองที่ล่าช้า ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสบการณ์ของผู้ใช้และจำกัดการพัฒนาของสนามกีฬา แต่จากเทคโนโลยีเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนาขึ้น ได้มีการนำมาช่วยออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมระบบอัจฉริยะของสนามกีฬา ซึ่งทำให้ระบบย่อยอัจฉริยะต่างๆ เชื่อมต่อและทำงานร่วมกันได้ บูรณาการข้อมูลเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถแชร์ทรัพยากรและยกระดับฟังก์ชันการใช้งานได้ ต่อมาได้มีการสร้างแพลตฟอร์มบิกดาต้าเพิ่มเติม และใช้โมเดลคอมพิวเตอร์ของเครือข่ายประสาท support vector machine-back propagation (SVM-BP) เพื่อคาดการณ์จำนวนผู้ใช้บริการล่วงหน้า ซึ่งจะช่วยให้สนามฯ สามารถปรับแผนการบริการได้ทันทั่วทั้งที่ รับมือกับจำนวนผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้น และทำให้ผู้ใช้ได้รับประสบการณ์ที่ดีขึ้นจากการวิเคราะห์เชิงประจักษ์พบว่าการออกแบบระบบอัจฉริยะช่วยยกระดับคุณภาพการให้บริการของสนามกีฬาอย่างมาก ผลการวิจัยไม่เพียงแต่ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการยกระดับระบบบริการของสนามกีฬาให้อัจฉริยะอีกด้วย

(Zhao et al., 2021) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Stadium Resource Sharing Service Platform: Problems, Functions and Constructio

งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นการพัฒนาแพลตฟอร์มทรัพยากรร่วมสำหรับสนามกีฬาและยิมเนเซียมขนาดใหญ่ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการดำเนินงาน การจัดการ และระดับการให้บริการสาธารณะ โดยมีการบูรณาการทรัพยากรที่มีอยู่ของสนามกีฬาและยิมเนเซียมให้ดียิ่งขึ้น บทวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่ และพบปัญหาหลัก 3 ประการ: 1.) การใช้ทรัพยากรของสนามกีฬาไม่สมเหตุสมผล 2.) ระดับข้อมูลของสนามกีฬาและยิมเนเซียมไม่สูง 3.) การยกระดับการบริการของสนามกีฬาจำเป็นต้องอาศัยการสร้างแพลตฟอร์มที่แบบบูรณา ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำคัญในการจัดตั้งแพลตฟอร์มนี้ งานวิจัยระบุว่า ควรศึกษาการสร้างแพลตฟอร์มทรัพยากรร่วมใน 3 มิติ ได้แก่ โครงสร้างระบบ หน้าที่ของระบบ และลักษณะของระบบเพื่อให้ระบบที่ออกแบบมานี้มีประสิทธิภาพ ควรประกอบด้วย 3 โมดูลหลัก: โมดูลพื้นฐาน, โมดูลระดับกลาง, โมดูลสำหรับการใช้งาน และระบบ

นี้ ได้ใช้สถาปัตยกรรมแบบ B/S (Browser/Server) สำหรับแอปพลิเคชันบนมือถือควรใช้เทคโนโลยี iOS และ Android นอกจากนี้ การบริหารข้อมูล การบริหาร หน่วยความจำ การบริหารความปลอดภัย และการบริหารการเชื่อมต่อ จะช่วยให้สามารถสร้างแพลตฟอร์มทรัพยากรแบบบูรณาการที่มีความเสถียรจนกระทั่งข้อมูลทรัพยากรกีฬาทั้งหมด และข้อมูลสาธารณะจะสามารถจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็แนวทางและข้อมูลอ้างอิงสำหรับการพัฒนานวัตกรรมในการจัดการทรัพยากรของ สนามกีฬาต่อไป

(Tian et al., 2021) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Wisdom stadium construction based on face recognition technology (badminton direction)

สนามกีฬาเป็นอาคารที่มีลักษณะพิเศษ สนามกีฬาใช้จัดกิจกรรมกีฬาเป็นหลัก ดังนั้นการดูแล รักษาความปลอดภัยของนักกีฬา เจ้าหน้าที่ และผู้เข้าชมจึงเป็นสิ่งสำคัญอันดับหนึ่ง การมีระบบรักษา ความปลอดภัยในสนามกีฬาที่ดีจึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งเทคโนโลยีนี้ถือเป็นส่วนสำคัญของการก่อสร้าง สนามกีฬาอัจฉริยะ โดยระบบรักษาความปลอดภัยที่สำคัญที่สุดของสนามกีฬา คือ ระบบควบคุมการ เข้าออก ดังนั้น บทความนี้ได้นำเสนอระบบควบคุมการเข้าออกโดยใช้เทคโนโลยีจำแนกใบหน้า (face recognition) เพื่อช่วยให้การแข่งขันกีฬาแบบมินตันในสนามดำเนินไปอย่างราบรื่น

(van Heck et al., 2021) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง The added value of smart stadiums. A case study at Johan Cruijff Arena

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อแก้ไขปัญหาที่เจ้าของสนามกีฬาต้องเผชิญการดึงดูดผู้เข้าชมและเพิ่มโอกาสทางธุรกิจให้สูงสุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการแข่งขันที่เพิ่มมากขึ้นจากการดูกีฬาที่บ้านเป็นอีกหนึ่งทางเลือก ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญสำหรับสนามที่สร้างมานาน การวิจัยนี้ทบทวนแนวความคิดของพัฒนาสนามกีฬาอัจฉริยะซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยเพิ่มความซับซ้อนด้วย ความท้าทายที่เกิดจากการระบาดของโควิด-19. วิธีการที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย การทบทวน วรรณกรรมเกี่ยวกับสนามกีฬาอัจฉริยะ ตามด้วยการศึกษากรณีศึกษาที่สนาม Johan Cruijff ArenA ในอัมสเตอร์ดัม ซึ่งรวมถึงการวิเคราะห์เอกสาร การสังเกตและการสัมภาษณ์เพื่อรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับการนำเครื่องมืออัจฉริยะต่าง ๆ มาใช้ในสนาม

ผลการศึกษาพบว่าเครื่องมืออัจฉริยะ (Smart Tool) ทั้งหมด 9 รายการที่ได้ในการศึกษากรณีศึกษาที่ Johan Cruijff ArenA ซึ่งช่วยในการปรับปรุงกระบวนการต่าง ๆ เช่นการจำหน่ายบัตร และควบคุมความหนาแน่นของกลุ่มคนและ ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของแนวคิด

สนาม กีฬาอัจฉริยะและวิธีต่าง ๆ ที่สามารถเพิ่มมูลค่าสำหรับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในสนาม โดยการใช้เครื่องมือ อัจฉริยะดังกล่าวสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของการดำเนินงานของสนาม และสามารถใช้ในการ ปรับปรุงประสบการณ์ของผู้เยี่ยมชม การวิจัยเกี่ยวกับสนามกีฬาอัจฉริยะมีความเป็นเอกลักษณ์และมี การให้ความสำคัญกับเรื่องนี้น้อยกว่าประเภทของสันทนาการอื่น ๆ โดยการศึกษาทั้งในแง่ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้จะสร้างแรงกระตุ้นให้มีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านสนามกีฬาอัจฉริยะและมีส่วนร่วมใน การสร้างความรู้และนวัตกรรมในอนาคต

(Yang & Cole, 2020) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Smart Stadium as a Laboratory of Innovation: Technology, Sport, and Datafied Normalization of the Fans

การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในสนามกีฬาอัจฉริยะเพื่อปรับปรุงประสบการณ์ของผู้ชมและผู้เข้าร่วมงานกีฬา โดยการใช้ข้อมูลและเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสนามกีฬา และสร้างประสบการณ์ที่ดีขึ้นสำหรับผู้เข้าร่วมงาน โดย กระบวนการที่ใช้ข้อมูล (data) เพื่อปรับปรุงพฤติกรรมของผู้ชมในสนามกีฬา โดยการนำข้อมูลที่เกิดจากพฤติกรรมและการกระทำของผู้ชม เช่น การเคลื่อนไหว การซื้อของ หรือการเชียร์ในสนามกีฬามาวิเคราะห์และใช้ในการปรับปรุงประสบการณ์ของผู้ชมให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การใช้ข้อมูลเหล่านี้ช่วยให้ผู้จัดการสนามกีฬาสามารถปรับปรุงการจัดการและสร้างประสบการณ์ที่ดีขึ้นสำหรับผู้ชมในสนามกีฬา ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้เข้าชม

(ShengLing, 2022) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Development of Intelligent Sports Stadium System Based on Internet of Things Technology

สนามกีฬาเป็นส่วนสำคัญของอุตสาหกรรมกีฬา ที่ไว้สำหรับการฝึกซ้อมและการแข่งขัน อย่างไรก็ตาม สนามกีฬาหลายแห่งต้องพบกับความท้าทายต่าง ๆ เช่น ประสิทธิภาพการดำเนินงานที่ไม่ดี ความสามารถในการให้บริการที่จำกัด และอัตราการใช้งานที่ต่ำ ในประเทศจีน สนามกีฬาจำนวนมากกำลังประสบปัญหาอยู่ในสภาพขาดทุน การใช้ระบบสนามกีฬาอัจฉริยะเป็นปัจจัยสำคัญในการ เสริมสร้างการเชื่อมต่อของข้อมูลบริการ ลดต้นทุนการจัดการสนามกีฬา ปรับปรุงระดับการบริการ ของเครือข่ายและการจัดการข้อมูลในการดำเนินงานของสนามกีฬา การใช้เทคโนโลยีไอโอทีเป็น พื้นฐานสำคัญ ในการเชื่อมต่อโดยตรงกับอุปกรณ์จริง ๆ ให้เป็นระบบบนคอมพิวเตอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดค่าใช้จ่าย และเสริมสร้างระดับการบริการในการจัดการสนามกีฬาอย่างอัจฉริยะ

นอกจากนี้ยังใช้เทคโนโลยี RFID (Radio Frequency Identification) ในการบริหารจัดการพนักงานในสนามกีฬา และในการระบุบัตรเข้าชมของผู้เข้าชม โดยระบบสนามกีฬาอัจฉริยะจะเพิ่มศักยภาพในการส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนของอุตสาหกรรมกีฬาในประเทศจีนและทั่วโลก

(Che & Zhang, 2021) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Research on Abnormal Monitoring of Sensor Data of Stadiums Based on Internet of Things Technology

การตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลเซ็นเซอร์ในสนามกีฬามีความสำคัญอย่างมากต่อการนำไปใช้งานและออกแบบเทคโนโลยีไอโอทีในสนามกีฬาเพราะจุดตรวจจับต่าง ๆ (Nodes) ภายในสนามกีฬามักกระจายตัว และ ลำดับการตรวจจับของเซ็นเซอร์ทุกๆไปมักไม่เป็นระบบ ส่งผลให้ผลลัพธ์มีความคลาดเคลื่อนสูง และเมื่อจำนวนจุดตรวจจับมาก พลังงานที่เหลือจะลดลง ดังนั้น เพื่อสร้างอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิภายในสนามกีฬาให้มีประสิทธิภาพ บทความนี้ได้เสนอวิธีตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลเซ็นเซอร์ในสนามกีฬา ที่เน้นการประมวลผลที่ขอบ (Edge Computing) พร้อมกับใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) โดยการใช้โครงสร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ที่เน้นการประมวลผลที่ขอบ แบ่งชั้นโครงสร้างเป็นระดับ Cloud, ระดับ Edge, และระดับ bottom โดยตั้งเป้าลดการใช้พลังงานให้น้อยที่สุด และวิเคราะห์การประมวลผลแบบ Edge แบบเคลื่อนที่ (Mobile Edge Computing) และออกแบบวิธีเก็บและกระจายข้อมูลเซ็นเซอร์ โดยข้อมูลอนุกรมเวลาจะถูกใช้เพื่อตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลของสนามกีฬาเพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิภาพของวิธีวิจัยที่ได้เสนอ ได้ทำการออกแบบการทดลองแบบจำลองขึ้น ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าวิธีการนี้มีความแม่นยำสูงและพลังงานที่เหลือของแต่ละจุดตรวจจับลดลง ผลการทดลองยืนยันว่าวิธีการที่นำเสนอนี้มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้จริง ซึ่งจะมีความสำคัญอย่างมากต่อการตรวจจับข้อมูลภายในสนามกีฬา

(Orejón-Sánchez et al., 2020) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง LED Lighting Installations in Professional Stadiums: Energy Efficiency, Visual Comfort, and Requirements of 4K TV Broadcast

ปัจจุบัน เทคโนโลยีแสงสว่าง LED ให้ค่าดัชนีประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (VEEI) ในการติดตั้ง (วัตต์/ตร.ม.*100 ลักซ์) สูงกว่าระบบโคมไฟแบบเดิม เนื่องจาก LED สามารถให้แสงต่อวัตต์มากขึ้น บวกกับความสามารถในการปรับทิศทางแสงผ่านเลนส์ที่มีมุมตั้งแต่ 5 องศา ซึ่งทำให้ประหยัด พลังงานได้ถึง 80% นอกจากนี้ LED ยังลดการกะพริบของแสง ช่วยให้ใช้กล้องถ่ายภาพ

ความเร็วสูงได้ ดียิ่งขึ้น และลดระยะเวลาที่ใช้ในการเปิด/ปิดหลังไฟดับ ทำให้ LED มีความโดดเด่นเป็นตัวเลือกหลัก สำหรับสนามกีฬาอาชีพ

บทความนี้อธิบายวิวัฒนาการของข้อกำหนดที่หน่วยงานกำกับดูแลกีฬา เช่น FIFA, UEFA, FIBA ฯลฯ และลีกอาชีพ เช่น LaLiga, Euroliga ฯลฯ กำหนดขึ้นเพื่อรับรองคุณภาพการถ่ายทอดสดทางโทรทัศน์ นอกจากนี้ ยังวิเคราะห์แนวโน้มข้อกำหนดของอุปกรณ์แสงสว่างและการติดตั้ง ที่จะเปลี่ยนสนามกีฬาให้เป็นศูนย์กลางสำหรับการจัดงานที่สำคัญต่างๆ คือ การจัดแสง, อัตราปริมาณแสง ฯลฯ โดยเฉพาะในเรื่องระดับแสง แนวนอน แนวตั้ง ความสม่ำเสมอของแสง การลดแสงจ้า การลดแสงรบกวนบนอัฒจันทร์ การกะพริบ ดัชนีความถูกต้องของสี (CRI) อุณหภูมิสี (CCT) และระยะเวลา ติดตั้ง

(Fang, 2022) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง The deployment of smart sharing stadium based on 5G and mobile edge computing

การได้ไปชมการแข่งขันสดๆ ในสนามกีฬาเป็นประสบการณ์ที่น่าตื่นเต้นเพราะสนามกีฬาขนาดใหญ่นี้จะพาผู้เข้าชมพบบรรยากาศที่จะได้ดื่มด่ำกับความตื่นเต้นของเกมอย่างแท้จริง ปัจจุบันสนามกีฬามีบทบาทสำคัญในสังคม เป็นสถานที่พบปะและความบันเทิงที่สามารถรองรับผู้คนตั้งแต่ 10,000 ไปจนถึงเกิน 100,000 ได้อย่างสะดวกสบาย บางครั้ง เราจะได้ยินคำว่า "สนามกีฬาอัจฉริยะ" (smart stadium) หรือ "connected arena" ซึ่งหมายถึงสนามกีฬาที่มีการนำทางอัจฉริยะ ข้อมูลเรียลไทม์ การปกป้องนักกีฬาที่ดีขึ้น ฯลฯ สนามกีฬาอัจฉริยะเป็นภาพอนาคตของการชมกีฬา ที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี 5G และการประมวลผลที่ขอบ (Edge Computing - EC) พร้อมกับความก้าวหน้าของ 5G และ EC การแนะนำเทคโนโลยีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ หรือ IoT มาใช้ในสนามกีฬาจะช่วยส่งเสริมการใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับเพื่อดูแลสุขภาพของนักกีฬาและการบำรุงรักษาป้องกันภายในสนาม Mobile EC (MEC) สามารถจัดสรรทรัพยากรการประมวลผลที่ขอบของเครือข่าย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดเวลาหน่วงในการส่งข้อมูลได้ ในงานวิจัยนี้ บทความได้นำเสนอแบบจำลองที่ช่วยลดการใช้พลังงาน แบตเตอรี่ และเพิ่มศักยภาพการจัดสรรทรัพยากรให้กับการประมวลผล จากนั้น ได้มีการใช้ Markov inequality เพื่อลดอุปสรรคความน่าจะเป็นในแบบจำลองท้ายที่สุด นักวิจัยเสนออัลกอริทึมสำหรับกำหนดการถ่ายโหลดงานและการจัดสรรทรัพยากรด้วย Lyapunov และ 5G network slicing จากการจำลอง พบว่าอัลกอริทึมที่ได้ออกแบบนี้ ทำงานได้

ดีกว่าวิธีการอื่นๆ ในแง่ของการใช้พลังงานโดยเฉลี่ย เวลาหน่วยโดยเฉลี่ย และระยะเวลาการประมวลผล

(Kubler et al., 2016) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง IoT-based Smart Parking System for Sporting Event Management

งานวิจัยได้นำเสนอ พัฒนา และประเมิน ผลการใช้มาตรฐานต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การจัดการงานกีฬาขนาดใหญ่ในบริบทเมืองอัจฉริยะและการบริหารจัดการโดยภาครัฐ (กรณีศึกษา FIFA World Cup 2022) เพื่อเป็นการพิสูจน์แนวคิดที่ได้กำหนดไว้ เพราะ เมืองอัจฉริยะ (Smart City) คือ ระบบนิเวศที่ซับซ้อน มีผู้มีส่วนได้เสียมากมาย เช่น ผู้ให้บริการเครือข่าย ผู้ให้บริการด้านการจัดการ ศูนย์โลจิสติกส์ ฯลฯ ซึ่งทุกฝ่ายจำเป็นต้องทำงานร่วมกันเพื่อสร้างบริการที่ดีที่สุด โดยเฉพาะการใช้งาน

เทคโนโลยีไอโอทีในเชิงพาณิชย์คือ หนึ่งในเรื่องท้าทายของเมืองอัจฉริยะในปัจจุบัน ยิ่งไปกว่านั้น แม้ว่า อุปกรณ์อัจฉริยะใหม่ๆ จะเข้าสู่ตลาดแทบทุกวัน แต่อุปกรณ์เหล่านี้ก็มักจะถูกจำกัดอยู่ใน "ไซโล แนวตั้ง" (เช่น แอปเฉพาะอย่าง ที่ไม่ได้เชื่อมโยงกับภายนอก) ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการสร้างมูลค่าเพิ่มใหม่ๆ ระหว่างแพลตฟอร์ม

(Francis et al., 2023) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Environmental Sustainability in Stadium Design and Construction: A Systematic Literature Review

สนามกีฬาขนาดใหญ่เป็นสิ่งทรงคุณค่าที่มีความโดดเด่นในการจัดงานสำคัญๆ ในช่วงไม่กี่ปีมานี้ สนามกีฬาต่างๆ ได้มุ่งเน้นและใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยงานอย่างการแข่งขันกีฬาโอลิมปิก ได้มี การเรียกร้อง "เกมส์การแข่งขันสีเขียว" และประเทศต่างๆ ต่างที่เข้าร่วมก็ตั้งเป้าเป้าหมายลดการปล่อยคาร์บอน บทความนี้เป็นฐานสำหรับประเมินความก้าวหน้าด้านความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมใน อุตสาหกรรมการก่อสร้าง และได้นำเสนอคำนิยามของ สนามกีฬาที่มีความยั่งยืนต่อสิ่งแวดล้อม (ESS) พร้อมกับเช็คลิสต์ที่ช่วยส่งเสริมแนวทางปฏิบัติที่ดีในการออกแบบและก่อสร้าง

(Lin et al., 2022) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Optimization of multi-energy grid for smart stadiums based on improved mixed integer linear algorithm

เนื่องจากการใช้งานระบบไฟฟ้าแบบผสมมีต้นทุนที่สูงและมีความแปรปรวนสูง งานวิจัยชิ้นนี้คือการศึกษหาแนวทางการใช้งานระบบไฟฟ้าที่ดียิ่งขึ้น โดยได้นำเสนออัลกอริทึมปรับปรุงแบบ improved mixed integer linear และได้แนะนำแนวทางที่ศึกษานี้มาใช้กับระบบโครงข่ายไฟฟ้าแบบ

ผสมสำหรับสนามกีฬาอัจฉริยะ โดยมีการใช้ common particle swarm algorithm ร่วมด้วยเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระบบโครงข่ายที่ได้ใช้การปรับเปลี่ยนด้วยวิธี improved mixed integer linear algorithm มีค่าใช้จ่ายรายเดือน 2061.2 หยวน ลดมลภาวะได้สูงสุด 17.3% ระยะเวลาทำงานของระบบไฟฟ้าลดลงโดยเฉลี่ย 4.2% , ส่วนโครงข่ายที่ใช้ particle swarm algorithm ในการปรับเปลี่ยน มีค่าใช้จ่ายรายเดือน 2126.1 หยวน ลดมลภาวะได้สูงสุด 12.6% ระยะเวลาทำงานของระบบไฟฟ้าลดลงโดยเฉลี่ย 5.7% สรุปได้ว่า เมื่อเทียบกับ particle swarm optimization การใช้ improved mixed integer linear algorithm กับสนามกีฬาอัจฉริยะช่วยลดค่าใช้จ่ายได้มากกว่า เพิ่มความเสถียรของไฟฟ้า และลดมลภาวะได้ดีกว่า

(Zhao et al., 2022) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง I-WKNN: Fast-speed and high-accuracy WIFI positioning for intelligent sports stadiums

งานวิจัยชิ้นนี้นำเสนออัลกอริทึม I-WKNN (improved weighted k-nearest neighbor) ซึ่ง ช่วยให้การหาพิกัดในอาคารภายในสนามกีฬาอัจฉริยะมีความแม่นยำและรวดเร็ว นอกจากนั้นยังมีการ นำเสนอ AP selection algorithm (อัลกอริทึมคัดเลือกจุดส่งสัญญาณ) สำหรับใช้ทั้งในระยะออฟไลน์ และออนไลน์ ซึ่งพิจารณาจากลักษณะการกระจายสัญญาณภายในสนามกีฬาอัจฉริยะ โดยเฉพาะ เมื่อ เปรียบเทียบกับอัลกอริทึมดั้งเดิมอย่าง WKNN และ KNN พบว่า I-WKNN มีข้อได้เปรียบในการ จัดการฐานข้อมูลลายนิ้วมือ (fingerprint) ทนทานต่อสัญญาณรบกวน สามารถหาพิกัดได้แม่นยำและ เร็วกว่า

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า I-WKNN มีความแม่นยำและรวดเร็วกว่าท่ามกลางสัญญาณรบกวนที่ซับซ้อน และมีศักยภาพสูงสำหรับใช้งานจริงในสนามกีฬาอัจฉริยะ

(Du et al., 2023) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Edge computing-based digital management system of game events in the era of Internet of Things

การเติบโตของ Internet of Things (IoT) และ ประมวลผลเอดจ์ (edge computing) เป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนากิจการกีฬา ส่งผลให้มีการเน้นการใช้ทรัพยากร และการผสมผสานเทคโนโลยีเข้าด้วยกัน บทความนี้วิเคราะห์การใช้เทคโนโลยีเครือข่ายในการจัดการข้อมูลของการแข่งขันกีฬา โดยเน้นที่การรวบรวมข้อมูลของงานกีฬาเพื่อดึงศักยภาพข้อมูลให้ได้มากที่สุด และนำไปสู่ การจัดการเชิงดิจิทัล นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาถึงผลกระทบของการจัดการแข่งขันกีฬาในยุค

IoT โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและวัฒนธรรมของเมืองเจ้าภาพ ผ่านการใช้แนวคิด edge computing ร่วมกับ IoT ในงานวิจัยนี้ยังนำเสนอตัวชี้วัดประสิทธิภาพและฟังก์ชันประโยชน์ต่างๆ เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีที่เสนอ โดยการวิเคราะห์จุดดีจุดด้อยของวิธีแบบรวม ศูนย์แบบดั้งเดิม การวิจัยชี้ว่า ขนาดของงานกีฬาจะมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องตามการพัฒนาของ IoT และ edge computing โดยมีมูลค่ากว่า 1,271 พันล้านหยวนในปี 2019 เมื่อเทียบกับ 290 พันล้าน หยวนในปี 2013 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยี IoT ประกอบกับ edge computing ในการ บริหารจัดการงานกีฬาก็จะทำให้กิจกรรมกีฬามีการขยายตัวสูงขึ้น นอกจากนั้น การเป็นเจ้าภาพจัด งานกีฬายังสะท้อนถึงศักยภาพโดยรวมของเมืองนั้นๆ และช่วยเพิ่มชื่อเสียงด้วยการวิจัยนี้จึงเป็น ข้อมูลอ้างอิงสำหรับเมืองที่ต้องการเสริมสร้างอิทธิพลผ่านการจัดแข่งขันกีฬา

(Mahdi et al., 2021) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Smart Stadium using Cloud Computing and Internet of Things (IoT): Existing and New Models

เทคโนโลยี Cloud Computing และ IoT มีความสำคัญอย่างยิ่งในชีวิตประจำวันของเรา ทั้ง สองเทคโนโลยีนี้คาดการณ์ว่าจะมีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากขึ้นในอนาคต บทความวิจัยนี้ มุ่งเน้นที่ การบูรณาการ Cloud Computing และ IoT เพื่อนำไปใช้พัฒนามหาวิทยาลัยให้กลายเป็น มหาวิทยาลัยอัจฉริยะ เนื่องจากเวลาเป็นสิ่งสำคัญในการทำงาน ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึง กระบวนการต่าง ๆ ที่ต้องดำเนินการก่อนการแข่งขันกีฬาภายในมหาวิทยาลัยทั่วโลก บทความวิจัยนี้ได้ มีการศึกษา แนวทางการบูรณาการเทคโนโลยีดังกล่าว และนำเสนอทั้งรูปแบบเดิมและรูปแบบใหม่ ของมหาวิทยาลัย อัจฉริยะ

(Petrović et al., 2014) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง ICT infrastructure at sports stadium: requirements and innovative solutions

การออกแบบสนามกีฬาควรจะใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) ให้ได้มากที่สุด โดยต้องคำนึงถึงนวัตกรรมใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นในแต่ละปีควบคู่ไปด้วย ดังนั้น ผู้พัฒนาต้อง เข้าใจความต้องการ วัตถุประสงค์ และลำดับความสำคัญ บทความนี้ได้ใช้ข้อกำหนดของ UEFA ซึ่ง สะท้อนมาตรฐานของสนามฟุตบอลในปี 2014 และนำเสนอกรณีศึกษาของผู้ให้บริการที่ทำการรวม ระบบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยใช้เทคโนโลยี ICT ซึ่งถูกออกแบบมาเป็นพิเศษสำหรับการแข่งขัน 2014 FIFA World Cup ดังนั้น การใช้มัลติมีเดียและเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่ฟต่างๆ ได้อย่างชาญฉลาด สามารถยกระดับประสบการณ์ของผู้ชม และสร้างรายได้ให้สนามกีฬา

(Ikram et al., 2015) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Architecture of an IoT-based System for Football Supervision

ฟุตบอลคือหนึ่งในกีฬาที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก แต่ก็มาพร้อมกับความเสี่ยงสูงที่นักฟุตบอลจะได้รับบาดเจ็บขณะฝึกซ้อมหรือแข่ง อาการบาดเจ็บต่างๆ เช่น สมอกระดูกกระเทือน น้ำตาลในเลือดต่ำ หายใจไม่สะดวก ฯลฯ อาจนำไปสู่อันตรายร้ายแรงหรือถึงขั้นเสียชีวิตได้ นอกจากนี้ สโมสรและศูนย์ฝึกกีฬาจำนวนมากต้องใช้เงินมหาศาลเพื่อดึงตัว หรือพัฒนานักฟุตบอลหน้าใหม่ Internet of Things (IoT) คือแนวคิดใหม่ที่ผสมผสานเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของนักกีฬา และสามารถช่วยปกป้องนักฟุตบอลได้ ด้วยการตรวจจับปัญหาสุขภาพที่เกิดขึ้นระหว่างการแข่งขันหรือฝึกซ้อม ซึ่งหากตรวจพบแต่เนิ่น ๆ ก็จะช่วยป้องกันอันตรายต่อสุขภาพได้ ในบทความนี้ได้นำเสนอสถาปัตยกรรม IoT สำหรับกีฬาฟุตบอล ที่เรียกว่า IoT Football โดยมุ่งเน้นไปในการใช้เซ็นเซอร์ อุปกรณ์ตรวจจับ (เช่น RFID) เทคโนโลยีการสื่อสารทางโทรคมนาคม เช่น ZigBee และ cloud computing ร่วมกันในการตรวจสอบสุขภาพของนักฟุตบอลและลดการเกิดอันตรายต่อสุขภาพ เป้าหมายคือการผสมผสานสภาพแวดล้อม IoT โดยเฉพาะแอปพลิเคชัน IoT เข้ากับกีฬาฟุตบอล

(Little et al., 2017) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Understanding packet loss for sound monitoring in a smart stadium IoT testbed

โครงการสนามกีฬาอัจฉริยะเพื่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะ เป็นการทดสอบแนวคิด IoT แบบครบวงจรที่เกิดจากความร่วมมือของสนาม Croke Park Stadium, มหาวิทยาลัย Dublin City และบริษัท Intel และ Microsoft โดยในโครงการนี้ได้ประเมินการใช้งานโซลูชัน IoT ในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้ และมีขนาดเล็กพอที่จะทำการทดลอง แต่ก็ใหญ่พอที่จะพิสูจน์และท้าทายเทคโนโลยีต่างๆ ในปี 2016 ได้มีการประเมินระบบตรวจจับเสียงระหว่างงานกีฬารอบชิงชนะเลิศ เพื่อทดสอบการจับ ถ่ายโอน จัดเก็บ และวิเคราะห์การตรวจจับเสียงระดับเดซิเบล จุดประสงค์หลักคือการใช้ไมโครโฟน วัดระดับเสียงที่มีอยู่เดิม ในการวัดการตอบสนองของผู้ชมต่อการแข่งขัน เพื่อแสดงผลบนหน้าจอขนาดใหญ่ระหว่างพักครึ่ง และใช้ทดสอบประสิทธิภาพระบบโดยรวม สิ่งที่พบคือมีการสูญเสียข้อมูลระหว่าง การถ่ายโอนพอสสมควร และได้มีการทดสอบเพิ่มเติมเพื่อทำความเข้าใจว่าการสูญเสียนี้เกิดขึ้นที่ไหน และอย่างไร บทความนี้อธิบายถึงการกำหนดค่าพื้นฐานของ สนามกีฬาอัจฉริยะ โดยใช้ Intel gateways เชื่อมโยงกับแพลตฟอร์มคลาวด์ Azure และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบระหว่างการ ประเมินการตรวจจับเสียง

(Wang, 2016) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Study on Intelligent Stadiums System and Development Trend based on the Internet of Things

สนามกีฬาอัจฉริยะในงานวิจัยนี้จะเน้นการใช้เทคโนโลยีไอโอที เพื่อพัฒนาระบบและสิ่งอำนวยความสะดวกในสนามกีฬา โดยมุ่งเน้นการเพิ่มความปลอดภัย ประสิทธิภาพ และความทันสมัย ของสิ่งอำนวยความสะดวกในสนามกีฬา การนำเทคโนโลยีไอโอที เข้ามาช่วยในการตรวจสอบและ ควบคุมการดำเนินงานในสนามกีฬาสามารถช่วยให้สนามกีฬามีระบบการดูแลความปลอดภัยที่ดีขึ้น รวดเร็วขึ้น และมีการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยมากยิ่งขึ้น ทำให้สนามกีฬาก้าวเข้าสู่ยุคที่ทันสมัยและ เทคโนโลยีขั้นสูงในการให้บริการแก่ผู้ร่วมงานและผู้เยี่ยมชมงานต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพและ ปลอดภัยมากยิ่งขึ้น การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีในการสร้างในสนามกีฬาในการบริหารจัดการ สนามกีฬา รวมถึงการใช้เทคโนโลยีเครือข่ายเซนเซอร์ ระบบเซนเซอร์ ระบบผู้เชี่ยวชาญ ระบบ เครือข่าย LAN และคลาวด์คอมพิวติง เทคโนโลยีเหล่านี้ช่วยให้สามารถรวบรวม วิเคราะห์ และ ประมวลผลข้อมูลเพื่อเสริมความปลอดภัยและการดำเนินงานของสนามกีฬาได้ทันสมัย

(Nelson et al., 2016) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง Walk Through Metal Detectors for Stadium Security

การใช้เครื่องตรวจจับโลหะแบบเดินผ่าน (WTMD) ในสนามกีฬา - ทำความเข้าใจ ประสิทธิภาพและจุดที่ต้องระวังเครื่องตรวจจับโลหะแบบเดินผ่าน (Walk-through metal detectors - WTMD) ถูกใช้มากขึ้นในงานอีเวนต์ใหญ่ ๆ ที่จัดขึ้นในสนามกีฬา ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมการใช้งานที่แตกต่างจากแบบเดิม ๆ เช่น สนามบิน เรือรบ จำเป็นต้องศึกษาเพื่อทำความเข้าใจถึงวิธีที่ดีที่สุดในการใช้เทคโนโลยีนี้กับการรักษาความปลอดภัยพื้นที่เปิดโล่งที่ต้องรองรับผู้คนจำนวนมาก มีการทดลองประสิทธิภาพของ WTMD ในสภาพแวดล้อมสนามกีฬาจริง เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจวางแผนการรักษาความปลอดภัย การทดลองเหล่านี้จะทำให้เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยมีความเข้าใจการทำงานจริงของ WTMD มากขึ้น เพราะได้ทดสอบในสนามนอกห้องทดลองในการ ออกแบบการทดลอง ได้จำลองการใช้งาน 3 ประเภท และทดสอบด้วย WTMD 3 ยี่ห้อ โดยการ ทดสอบเน้นไปที่: 1.) ความสูงและทิศทางการถือวัตถุโลหะ 2.) ความเร็วในการเดินผ่าน WTMD 3.) ระยะห่างจากตัว WTMD ขณะถือวัตถุโลหะ การทดลองนี้จะช่วยให้บุคลากรด้านความปลอดภัยใน สนามกีฬาขนาดใหญ่เข้าใจการทำงานและประสิทธิภาพจริงของ WTMD มากขึ้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

ในงานวิจัยในหัวข้อการพัฒนาสนามกีฬาอัจฉริยะในประเทศไทยบนพื้นฐานของเทคโนโลยี ไอโอทีและการประมวลผลเอ็ดจ์ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตามแนวคิดและกระบวนการ โดยมี รายละเอียดการศึกษาครอบคลุมดังหัวข้อต่อไปนี้

3.1 การออกแบบงานวิจัย

3.2 กรณศึกษา และการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบสนามกีฬาอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี IoT

และการประมวลผลเอ็ดจ์

3.3 การหาสถาปัตยกรรมระบบที่เหมาะสมกับการพัฒนาสนามกีฬาในประเทศไทย

3.4 พื้นที่การดำเนินงานโครงการวิจัย

3.1 การออกแบบงานวิจัย

การออกแบบขั้นตอนงานวิจัย สำหรับการออกแบบระบบความปลอดภัย (Security System) ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญและเป็นหัวใจหลักของการพัฒนาสนามกีฬาอัจฉริยะ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในสนามราชวังกีฬาสดานซึ่งมีความจุผู้ชมสูงถึง 80,000 คน การจัดการด้านความปลอดภัยจึงต้อง รองรับทั้งการป้องกันการในเชิงรุกและเชิงรับโดยการรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ไอโอทีต่างๆ และ ประมวลผลเอ็ดจ์ภายใต้ระบบสนามกีฬาอัจฉริยะโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการ จัดการสนามกีฬาในประเทศไทยและยกระดับการให้บริการกับผู้ที่เกี่ยวข้องในสนามกีฬา คือ

- ผู้ชม : ซึ่งต้องการความปลอดภัยในระหว่างเข้ามาใช้งานสนามกีฬา เช่น การก่อการร้าย, เหตุทะเลาะวิวาท

- เจ้าหน้าที่สนาม : ซึ่งต้องการเครื่องมือสำหรับแจ้งเตือนและติดตามเหตุการณ์ต่างๆ ที่ เกิดขึ้นแบบเรียลไทม์

- ผู้จัดการสนาม : มีความต้องการระบบที่ตรวจจับเหตุการณ์ได้แบบอัตโนมัติ, ลดจำนวนจุด บอด (Blind Spot) ในบริเวณสนาม และสามารถสรุปและสร้างรายงานเพื่อประกอบในการตัดสินใจ

โดยแบ่งการทำงาน ออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นตอนในการเตรียมการ 2. ขั้นตอนในการรวบรวมข้อมูล 3. ขั้นตอนของ การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1.1 ขั้นตอนในการเตรียมการ

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาหลักการแนวคิดหรือทฤษฎีเพื่อไปหาซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้งานในสถาปัตยกรรมระบบสนามกีฬาอัจฉริยะ

3.1.2 ขั้นตอนในการรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลจะเป็นการเลือกพื้นที่สนามกีฬาราชมังกีฬาสถานเพื่อออกแบบออกระบบสำหรับสนามกีฬาอัจฉริยะ ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลระบบเดิม (Existing System) ในสนามราชมังกีฬาสถาน เพื่อพิจารณาถึงการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบใหม่ให้สามารถใช้งานไปด้วยกันได้กับระบบเดิม

2. เลือกซอฟต์แวร์ที่เหมาะสม เพื่อใช้จำลองและทดสอบการออกแบบระบบต่าง ๆ ที่ใช้งานในสนามกีฬาอัจฉริยะ โดยมุ่งเน้นไปที่ ระบบรักษาความปลอดภัย และการเฝ้าระวัง (Security & Surveillance) โดยใช้มาตรฐาน DORI ซึ่งเป็นมาตรฐานในการกำหนด คุณภาพของภาพที่ได้จากกล้องวงจรปิด (CCTV) ตามมาตรฐาน EN 62676-4 ซึ่งคือ มาตรฐานของสากลสำหรับ Video Surveillance System โดยมีรายละเอียดของมาตรฐาน ดังนี้

- D – Detection: ระยะตรวจจับ คือ สามารถเห็นได้ว่ามีคนหรือวัตถุเคลื่อนไหวอยู่
 - O – Observation: ระยะสังเกต คือ สามารถดูพฤติกรรม, กิจกรรม หรือ จำนวนคนได้
 - R – Recognition: ระยะจำแนก คือ สามารถระบุลักษณะเฉพาะได้ว่าคนที่เห็นเป็นใคร และสามารถแยกประเภทต่างๆ ได้ เช่น เสื้อผ้า, สีของวัตถุได้
 - I – Identification ระยะระบุตัวตน คือ สามารถระบุตัวตนได้อย่างแม่นยำ เช่น ใบหน้า
- ซึ่งการแบ่งระยะตามมาตรฐาน DORI จะแบ่งระยะตามความละเอียดของกล้องวงจรปิด (Pixel per meter - PPM) โดยแต่ละระดับแบ่งได้ดังนี้

ตาราง 6 ระยะตามรายละเอียดของกล้องวงจรปิด

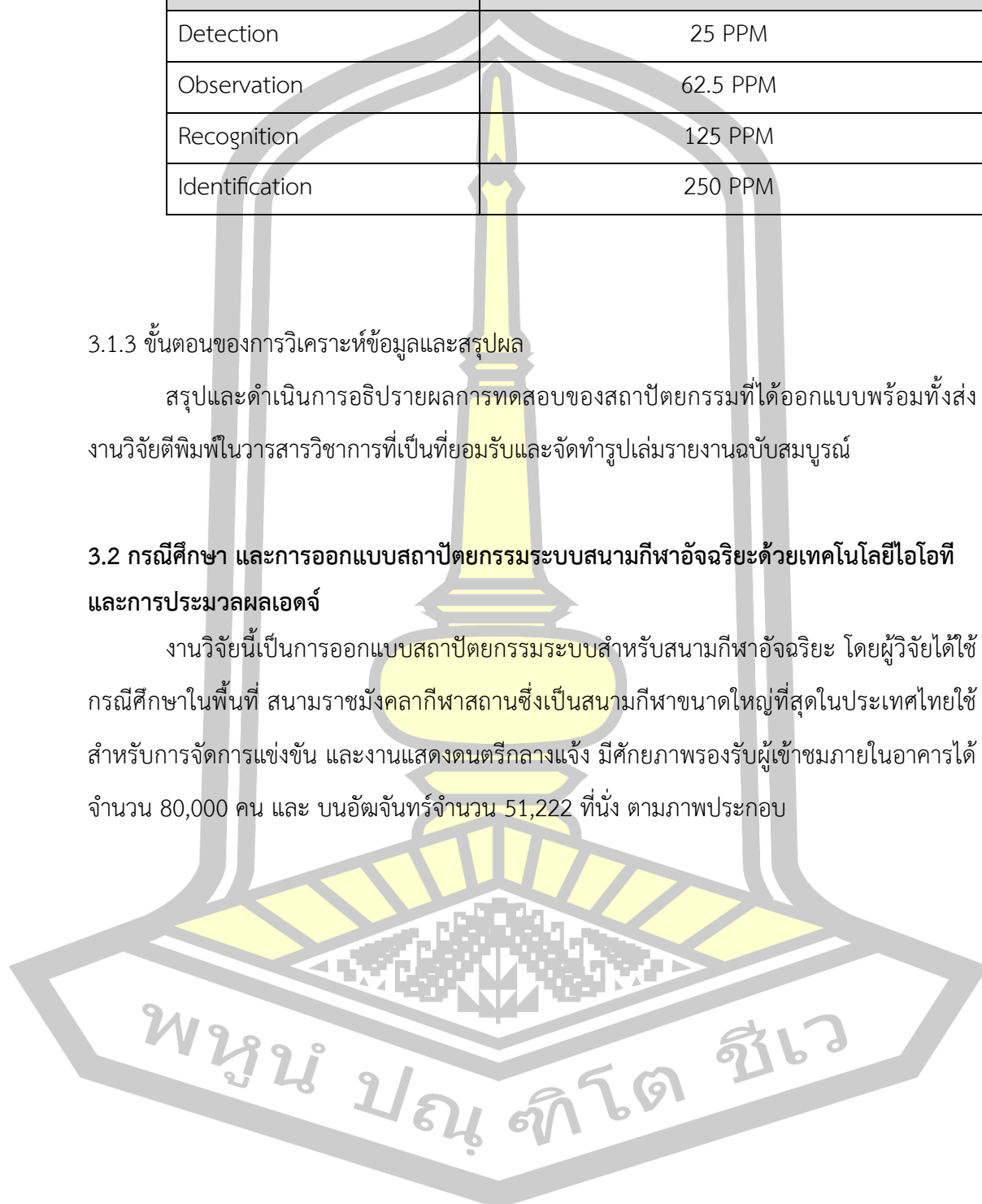
ระดับ	ความละเอียดของกล้อง (Pixels/m)
Detection	25 PPM
Observation	62.5 PPM
Recognition	125 PPM
Identification	250 PPM

3.1.3 ขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

สรุปและดำเนินการอธิปรายผลการทดสอบของสถาปัตยกรรมที่ได้ออกแบบพร้อมทั้งส่งงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่เป็นที่ยอมรับและจัดทำรูปเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์

3.2 กรณีศึกษา และการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบสนามกีฬาอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีไอโอที และการประมวลผลเอตจ์

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบสำหรับสนามกีฬาอัจฉริยะ โดยผู้วิจัยได้ใช้กรณีศึกษาในพื้นที่ สนามราชมั่งค락กีฬาสถานซึ่งเป็นสนามกีฬานาตใหญ่ที่สุดในประเทศไทยใช้สำหรับการจัดการแข่งขัน และงานแสดงดนตรีกลางแจ้ง มีศักยภาพรองรับผู้เข้าชมภายในอาคารได้จำนวน 80,000 คน และ บนอัฒจันทร์จำนวน 51,222 ที่นั่ง ตามภาพประกอบ





ภาพประกอบ 13 พื้นที่ของสนามราชวังคลาสิคาสถาน

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้แนวคิดเส้นทางประสบการณ์ใช้งาน (User Journey) เพื่อออกแบบและประเมินประสิทธิภาพของระบบ Smart Security ในสนามราชวังคลาสิคาสถาน โดยมุ่งเน้นการทำงานร่วมกันของกล้องอัจฉริยะ 3 ประเภทหลัก คือ

1. กล้องโทรทัศน์วงจรปิดสำหรับการจับป้ายทะเบียน (CCTV for License Plate Recognition: LPR/ANPR) หมายถึง อุปกรณ์บันทึกภาพที่ถูกออกแบบและมีคุณสมบัติทางเทคนิคเฉพาะทาง เพื่อใช้ในการตรวจจับและบันทึกภาพป้ายทะเบียนยานพาหนะอย่างชัดเจน และแปลงข้อมูลภาพให้สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยระบบประมวลผลอัตโนมัติ (Automatic Recognition System) เพื่อการตรวจสอบ ยืนยันตัวตน และเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลการจดทะเบียนยานพาหนะ

- จุดสัมผัส (Touchpoint): ทางเข้า-ออกลานจอดรถและพื้นที่ควบคุมพิเศษ
- กระบวนการ (Process): ประมวลผลป้ายทะเบียนผ่าน Edge Computing และตรวจสอบกับฐานข้อมูลยานพาหนะที่ได้รับอนุญาต

- ผลลัพธ์/การตอบสนอง (Response): หากทะเบียนตรงกับรายการอนุญาต ระบบจะสั่งการเปิดไม้กั้นอัตโนมัติ หากไม่ตรงจะมีการส่งสัญญาณเตือนไปยังศูนย์ควบคุม

2. กล้องวงจรปิดสำหรับระบบจดจำใบหน้า (CCTV for Face recognition) หมายถึง อุปกรณ์สำหรับบันทึกภาพและถูกออกแบบมาเพื่อบันทึกและส่งข้อมูลภาพใบหน้าที่มีคุณภาพสูงภายใต้สภาวะแวดล้อมที่หลากหลาย เพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์ทางชีวมิติอย่างแม่นยำและน่าเชื่อถือ โดยอาศัยการทำงานร่วมกับปัญญาประดิษฐ์และเทคโนโลยีการประมวลผลเอจ (Edge Computing)

- จุดสัมผัส (Touchpoint): ประตูเข้าสนามของผู้ชมทั่วไป ทางเข้า-ออกนักกีฬา และพื้นที่ VIP
- กระบวนการ (Process): จับภาพใบหน้าและเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่ลงทะเบียนไว้ โดยใช้ Edge Computing เพื่อลดเวลาในการประมวลผล

- ผลลัพธ์/การตอบสนอง (Response): หากข้อมูลตรงกับฐาน ระบบจะอนุญาตให้ผ่านโดยอัตโนมัติ กรณีพบความผิดปกติจะส่งสัญญาณเตือนต่อเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย

3. กล้องวงจรปิดแบบพาโนรามา (Panoramic CCTV Camera) หมายถึง อุปกรณ์บันทึกภาพที่ถูกออกแบบมาเพื่อครอบคลุมพื้นที่กว้างตั้งแต่ 180–360 องศา ด้วยความละเอียดสูงและเทคโนโลยีรวมภาพแบบไร้รอยต่อ โดยไม่เกิดจุดบอด (Blind Spot) เพื่อรองรับการตรวจจับและวิเคราะห์พฤติกรรมฝูงชนในสภาพแวดล้อมที่มีความหนาแน่นสูง โดยบูรณาการเข้ากับระบบวิเคราะห์ภาพและปัญญาประดิษฐ์เพื่อการเฝ้าระวังและบริหารจัดการฝูงชนอย่างมีประสิทธิภาพ

- จุดสัมผัส (Touchpoint): การบันทึกภาพมุมกว้างครอบคลุมพื้นที่อัฒจันทร์และสนามแข่งขัน
- กระบวนการ (Process): ระบบประมวลผลด้วย Edge Analytics เพื่อตรวจจับความหนาแน่น การเคลื่อนไหว และพฤติกรรมที่ผิดปกติของฝูงชน
- ผลลัพธ์/การตอบสนอง (Response): ศูนย์ควบคุมได้รับการแจ้งเตือนเพื่อประเมินสถานการณ์และตัดสินใจ เช่น การอพยพหรือการจัดการด้านความปลอดภัย

ทั้งสามระบบถูกออกแบบให้ทำงานสอดคล้องกันภายใต้โครงสร้างพื้นฐานของ Internet of Things (IoT) และ Edge Computing เพื่อให้สามารถดำเนินการได้แบบเรียลไทม์และมีประสิทธิภาพสูงสุด และสนับสนุนการประเมินค่าตัวชี้วัด (Key Performance Indicators: KPI) สำหรับยกระดับความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการบริหารจัดการสนามกีฬา ดังนี้

- อัตราการครอบคลุมพื้นที่ (Coverage)

- ความถูกต้องในการตรวจจับ (Accuracy)
- เวลาในการตอบสนอง (Response Time)
- ประสิทธิภาพในการอพยพ (Evacuation Efficiency)

จากนั้นจึงดำเนินการร่างแบบการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับระบบรักษาความปลอดภัยและการเฝ้าระวังโดย เริ่มจากอุปกรณ์ การกำหนดจุดที่จะติดตั้งเกิดจากประเมินจากแผนที่และการเข้าไปสำรวจที่สนามกีฬา โดยในการออกแบบตำแหน่งการติดตั้งกล้องวงจรปิดเพื่อใช้สำหรับพัฒนาสนามกีฬาราชวังคลากีฬาสถานจะออกแบบจากความละเอียดของภาพเพื่อนำไป จำลองผลจากตำแหน่งที่ติดตั้งจากโปรแกรม

3.2.1 ข้อมูลรายละเอียดของสนามกีฬาราชวังคลากีฬาสถาน

1. พื้นที่สนามแข่งขัน

- สนามฟุตบอลตรงกลางมีขนาดมาตรฐานตามสหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติ (FIFA) คือ ขนาด 105 x 68 เมตร

2. รอบสนามฟุตบอลเป็นลู่วิ่งมาตรฐาน 400 เมตร จำนวน 8 เลน

- พื้นที่โครงสร้างอัฒจันทร์

- จากแบบแปลนของสนามกีฬามีการแบ่งโซน ครอบคลุม 4 ทิศหลัก (ทิศเหนือ-ทิศใต้-ทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก) โดยมีรูปร่างของสนามเป็นรูปวงรี

- โครงสร้างเมื่อรวมส่วนของที่นั่งบนอัฒจันทร์ทั้งหมดแล้ว จะมีเส้นรอบนอกสุดของสนาม (Outer Perimeter) ดังนี้

- ความยาว (ทิศตะวันออก ถึง ทิศตะวันตก) มีระยะทาง 350 เมตร

- ความกว้าง (ทิศเหนือ ถึง ทิศใต้) มีระยะทาง 290 เมตร

3. พื้นที่รวม

- พื้นที่โดยรวม (Gross Area) โดยรวมสนามฟุตบอล, ลู่วิ่ง และ อัฒจันทร์ทั้ง 3 ชั้น จะมีพื้นที่ประมาณ 75,000 – 80,000 ตารางเมตร

4. ความจุที่นั่ง

- จากแบบแปลนของสนามจะรองรับที่นั่งได้ประมาณ 50,000 – 55,000 ที่นั่ง ขึ้นกับการจัดการที่นั่ง

- การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบที่เหมาะสมกับการพัฒนาสนามราชมิ่งคลากีฬาสถา

1. ระบบรักษาความปลอดภัย และการเฝ้าระวัง (Security & Surveillance) โดยแบ่งการออกแบบตามพื้นที่ในสนามกีฬาและรอบสนามกีฬาดังนี้

- โซนที่ 1: จุดทางเข้าและออกของสนามกีฬา จำนวน 3 ประตู
- โซนที่ 2: ชั้นต่างๆ ในสนามกีฬาแบ่งออกเป็น ชั้นใต้ดิน (B1), ชั้นที่ 1, ชั้นที่ 2, ชั้นที่ 3, ชั้นที่ 4 และชั้นที่ 5
- โซนที่ 3: ชั้นหลังคาสนามกีฬา

2. โซนที่ 1 จะมีทางเข้าและออกจากสนามกีฬาจำนวน 3 ประตู โดย จะออกแบบติดตั้งวงจรปิดระบบการจดจำหมายเลขทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (Automatic Number Plate Recognition: ANPR)

3.3 การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบที่เหมาะสมกับการพัฒนาสนามราชมิ่งคลากีฬาสถา

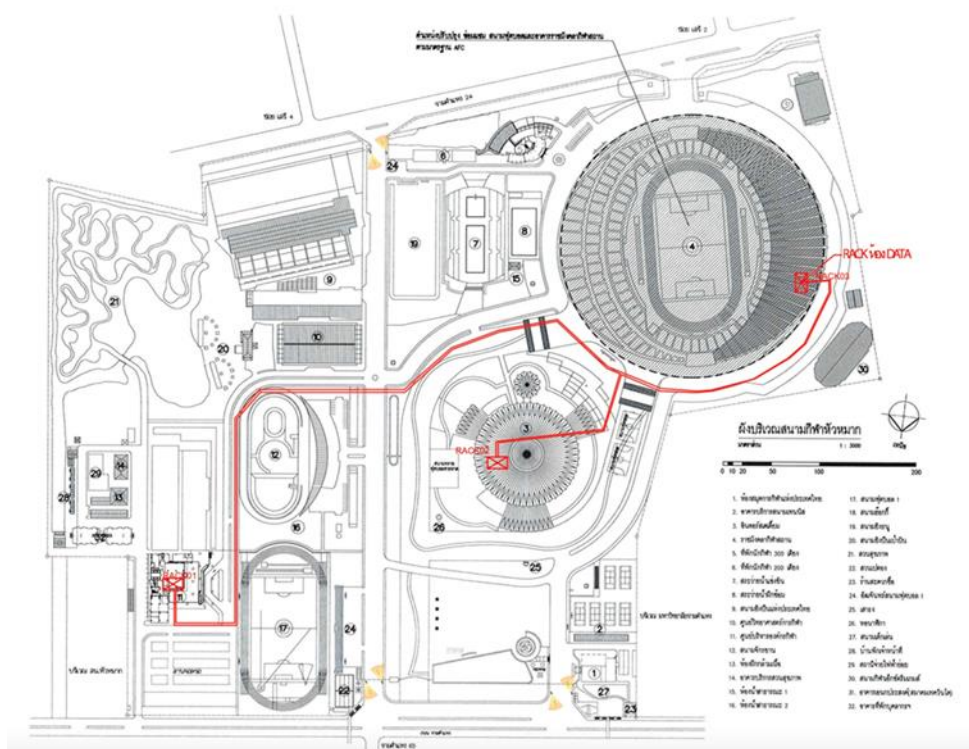
1.) ระบบรักษาความปลอดภัยและการเฝ้าระวัง (Security & Surveillance) โดยแบ่งการออกแบบตามพื้นที่ในสนามกีฬาและรอบสนามกีฬาดังนี้

- โซนที่ 1: จุดทางเข้าและออกของสนามกีฬา จำนวน 3 ประตู
- โซนที่ 2: ชั้นต่างๆ ในสนามกีฬาแบ่งออกเป็น ชั้นใต้ดิน (B1), ชั้นที่ 1, ชั้นที่ 2, ชั้นที่ 3, ชั้นที่ 4 และชั้นที่ 5
- โซนที่ 3: ชั้นหลังคาสนามกีฬา

2.) โซนที่ 1 จะมีทางเข้าและออกจากสนามกีฬาจำนวน 3 ประตู โดย จะออกแบบติดตั้งวงจรปิดระบบการจดจำหมายเลขทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (Automatic Number Plate Recognition : ANPR)



HUAMARK SPORTS COMPLEX

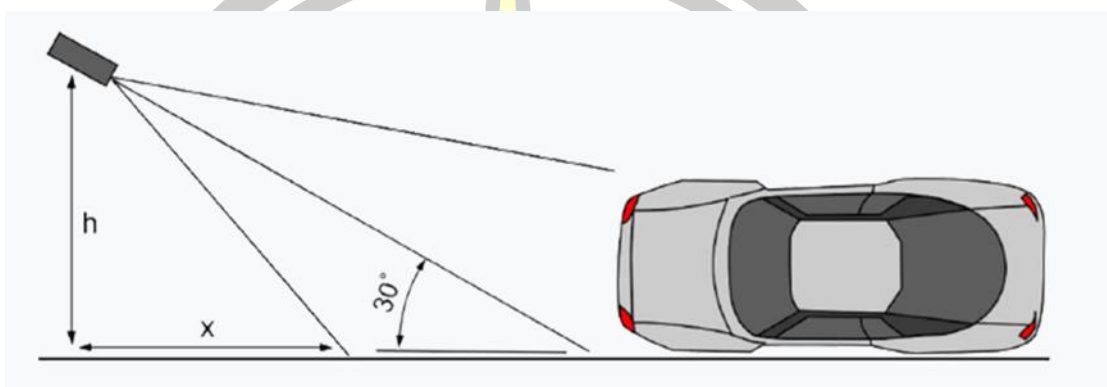


ภาพประกอบ 14 ภาพแสดงทางเข้าและออกของสนามกีฬาห้วยขวาง

ในการออกแบบในการติดตั้งกล้องสำหรับการบริหารจัดการการเข้า-ออกของยานพาหนะ ด้วยการใช้ระบบการจดจำหมายเลขทะเบียนรถยนต์อัตโนมัติ (Automatic Number Plate Recognition : ANPR) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในด้านความปลอดภัยและการสะดวกในการจัดการ ยานพาหนะและการจัดการข้อมูลการเข้า-ออกในพื้นที่สนามกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ เพื่อให้ การจดจำป้ายทะเบียน (Automatic Number Plate Recognition: ANPR) มีประสิทธิภาพสูงสุด การติดตั้งกล้องต้องพิจารณาทั้งมุมมอง (viewing angle) และระยะการจับภาพ (capture distance) โดยคุณสมบัติของกล้องโดยกล้องที่นำมาใช้งานวิจัยจะมีรายละเอียด ดังนี้

- ความละเอียด 4MP
- เลนส์มอเตอร์ซูม 2.7-12 mm
- มุมมองแนวนอน 98.1° (กว้างสุด) ถึง 46.1° (แคบสุด) ระยะจับภาพที่รองรับ 2.5-6 เมตร
- รองรับความเร็วรถสูงสุดประมาณ 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง

โดยในหลักการทั่วไปในการติดตั้งกล้องสำหรับ ANPR คือ การควบคุมมุมก้ม/เงยในแนวตั้ง (vertical tilt) และมุมเฉียงตามแนวนิ่ง (horizontal angle) ให้อยู่ภายใน 30° และให้มุมเอียงของป้ายทะเบียนต่อกล้องไม่เกิน $\pm 5^\circ$ เพื่อรักษาความคมชัดของอักขระบนแผ่นป้าย



ภาพประกอบ 15 ภาพแสดงมุมและระยะทางสำหรับจับภาพป้ายทะเบียน

ในการคำนวณเชิงเรขาคณิต สามารถนิยามตัวแปรดังนี้:

h = ความสูงติดตั้งกล้อง (เมตร)

x = ระยะราบระหว่างเสากล้องถึงจุดที่ป้ายถูกอ่าน (เมตร)

R = ระยะจริงตามแนวสายตากล้องถึงป้าย (เมตร)

โดยหากกำหนดมุมก้ม $\theta = 30^\circ$ จะได้สมการ:

$$X = \frac{h}{\tan 30^\circ} = 1.732 h; R = \frac{h}{\sin 30^\circ} = 2h$$

เมื่อต้องการให้ R อยู่ในช่วงที่กล้องรองรับ (2.5–6 เมตร.) พบว่าหากติดตั้งกล้องที่ความสูง 2.5–2.8 ม. จะได้ระยะ R อยู่ที่ 5.0–5.6 เมตร และระยะ x ประมาณ 4.3–4.9 ม. ซึ่งอยู่ในค่าที่เหมาะสมและสอดคล้องกับสเปกของกล้อง ตามผลลัพธ์ตามตารางด้านล่าง

ตาราง 7 ระยะตามตามรายละเอียดของกล้องวงจรปิด

h (เมตร)	X (เมตร)	R (เมตร)	ผลลัพธ์ที่ได้
2.5	4.33	5.0	ดีมาก
2.8	4.85	5.6	ดี
3.0	5.2	6.0	ปานกลาง

นอกจากนี้ การเลือกระยะโฟกัส (focal length) ของเลนส์ยังเป็นปัจจัยสำคัญ เพื่อให้ความกว้างภาพ (W) ที่ระยะ R ครอบคลุมหนึ่งช่องจราจร (ประมาณ 5-6 เมตร)

$$W \approx 2R \times \tan\left(\frac{HFOV}{2}\right)$$

ที่ระยะ $R \approx 5$ ม. หากใช้ $HFOV \approx 46^\circ$ (โฟกัสที่ ~ 12 mm) จะได้ $W \approx 4.25$ ม. ซึ่งใกล้เคียงกับความกว้างเลนมาตรฐาน ดังนั้นการปรับซูมในช่วง 9–12 mm จึงเหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานจริง

สรุปได้ว่า การติดตั้งกล้อง ANPR รุ่นดังกล่าวควรกำหนดความสูงติดตั้งประมาณ 2.5–2.8 ม., มุมก้มในช่วง $25\text{--}30^\circ$, ระยะการอ่านป้าย (R) ประมาณ 5–5.6 ม., และกำหนดระยะราบ (x) ราว 4.3–4.9 ม. ขณะที่การซูมเลนส์ควรปรับให้อยู่ในช่วง 9–12 mm เพื่อให้ความกว้างภาพตรงกับหนึ่งเลนจราจร (3–4 ม.) ทั้งนี้ยังต้องตรวจสอบสภาพการทำงานจริงในเวลากลางวันและกลางคืน เพื่อปรับค่าการรับแสงและการส่องสว่างเสริม (IR/White light) ให้เหมาะสม ดังนั้นจำนวนกล้องที่ใช้ในการจับภาพป้ายทะเบียนจึงมีจำนวน ดังนี้

ตาราง 8 จำนวนกล้องสำหรับจับภาพป้ายทะเบียน

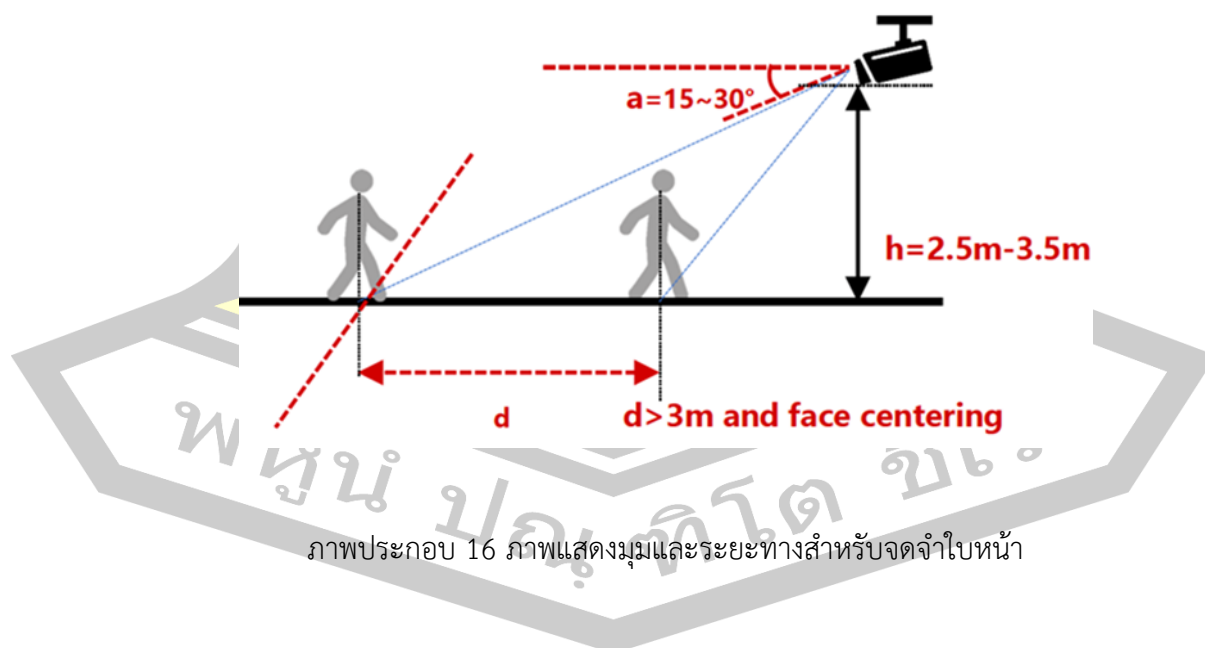
ตำแหน่ง	จำนวนกล้อง
ประตูที่ 1	2
ประตูที่ 2	2
ประตูที่ 3	2
รวม	6

3. โซนที่ 2 ชั้นต่าง ๆ ในสนามกีฬาแบ่งออกเป็น ชั้นใต้ดิน (B1), ชั้นที่ 1 , ชั้นที่ 2 , ชั้นที่ 3, ชั้นที่ 4 และชั้นที่ 5 จะออกแบบติดตั้งวงจรปิดที่มีระบบประมวลผลในการจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับตรวจตราและยกระดับความปลอดภัยในการแข่งขันกีฬาสำคัญต่างๆ โดยคุณสมบัติของกล้องโดยกล้องที่นำมาใช้งานวิจัยจะมีรายละเอียด ดังนี้

- ความละเอียด 4MP
- เลนส์มอเตอร์ซูม 2.7–12 mm
- มุมมอง H114° -46.1°, V62° -26° ระยะจับภาพที่รองรับ 4-11 เมตร
- รองรับระบบ Face Image Capture

โดยมีการออกแบบระยะกล้องตามรายละเอียด เกณฑ์ DORI สำหรับงาน Face Recognition โดยจะต้องอยู่ในระดับ Identification ตามมาตรฐาน EN 62676-4

- ความสูงในการติดตั้ง (h): 2.5 – 3.5 เมตร
- มุมก้มกล้อง (a): 15° – 30°
- ระยะตรวจจับใบหน้า (d): > 3 เมตร



การคำนวณมุมตามสมการ

$$\tan(a) = \frac{h}{d}$$

โดย

h = ความสูงการติดตั้ง (เมตร)

d = ระยะห่างจากกล้องถึงจุดที่ต้องการให้จับภาพใบหน้า (เมตร)

สำหรับในโซนที่ 2 จากแบบสนามและการเข้าไปสำรวจที่สนามจริง ได้ออกแบบโดยเน้นไปที่

การทด

แทนกล้องเดิมที่มีอยู่และเปลี่ยนเป็นกล้องแบบที่ใช้ระบบจดจำใบหน้าแทน โดยมีระยะตามแบบที่
ความสูง 3 เมตร

ตาราง 9 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความสูง, ระยะตรวจจับ และ มุมกล้อง

ความสูง (m)	ระยะตรวจจับ (m)	มุมกล้อง (องศา)	ผลลัพธ์ที่ได้
2.5	5	26.6	ดีมาก
2.5	8	17.4	ดีมาก
2.5	10	14.0	ไม่ดี
3.0	6	26.6	ดีมาก
3.0	8	20.6	ดีมาก
3.0	10	16.7	ดีมาก
3.5	6	30.2	ไม่ดี
3.5	8	23.6	ดีมาก
3.5	10	19.3	ดีมาก

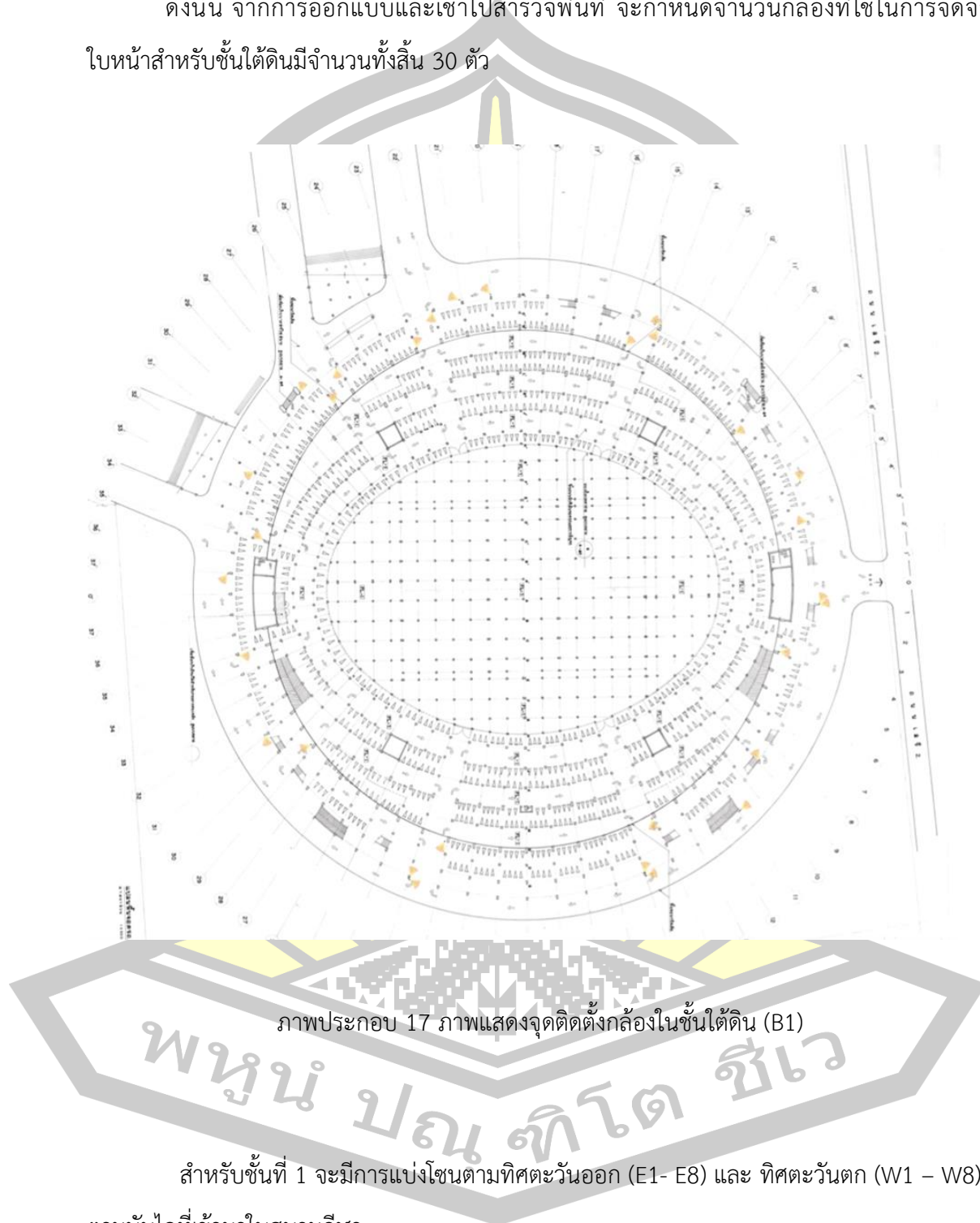
จากผลทดสอบที่ได้ตามตาราง

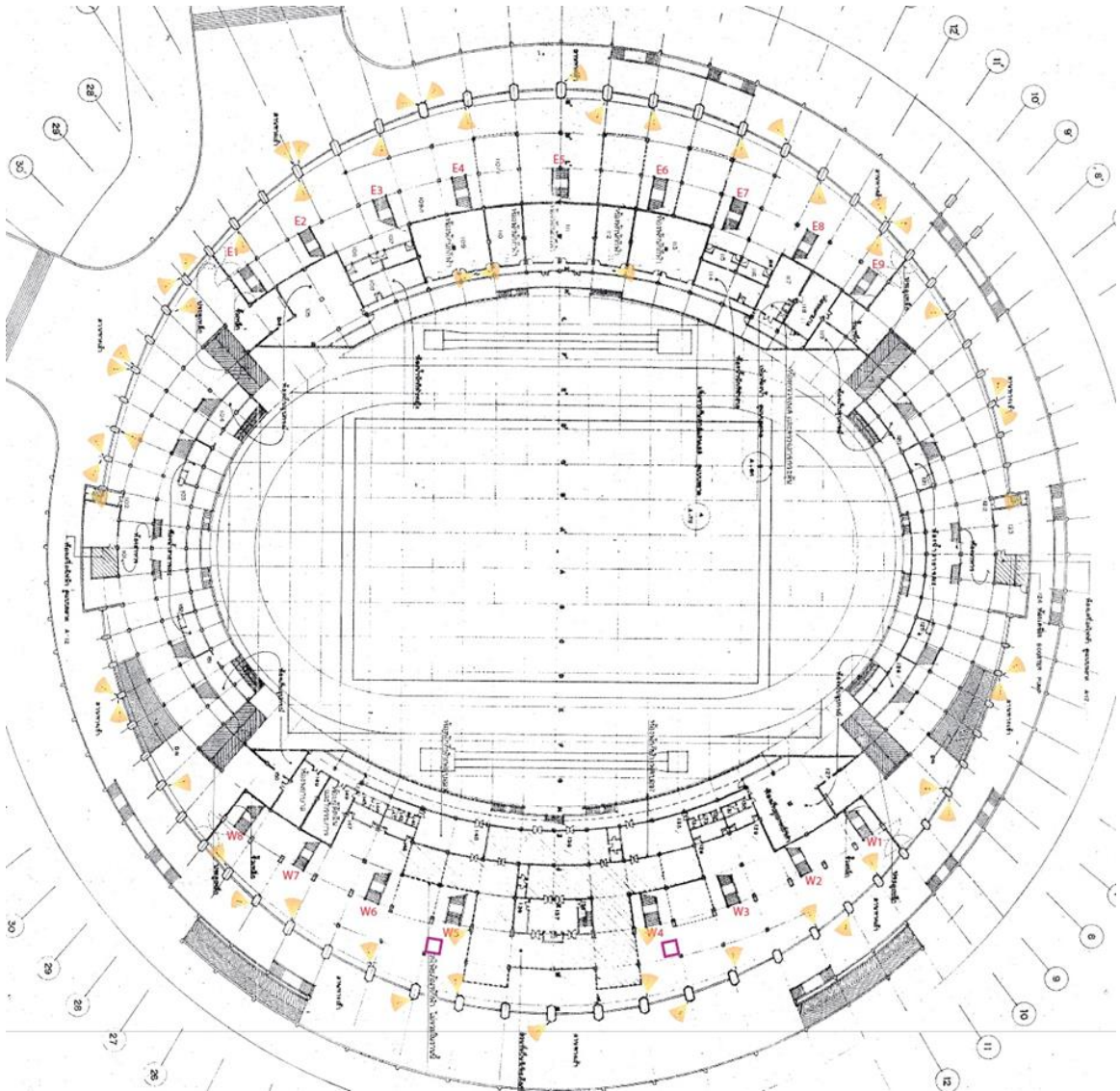
- ระยะที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานคือ ระหว่าง 5-8 เมตร จากกล้องจะได้คุณภาพ

Identification ที่ชัดเจนที่สุด

- มุมกล้องที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง $15^\circ - 27^\circ$

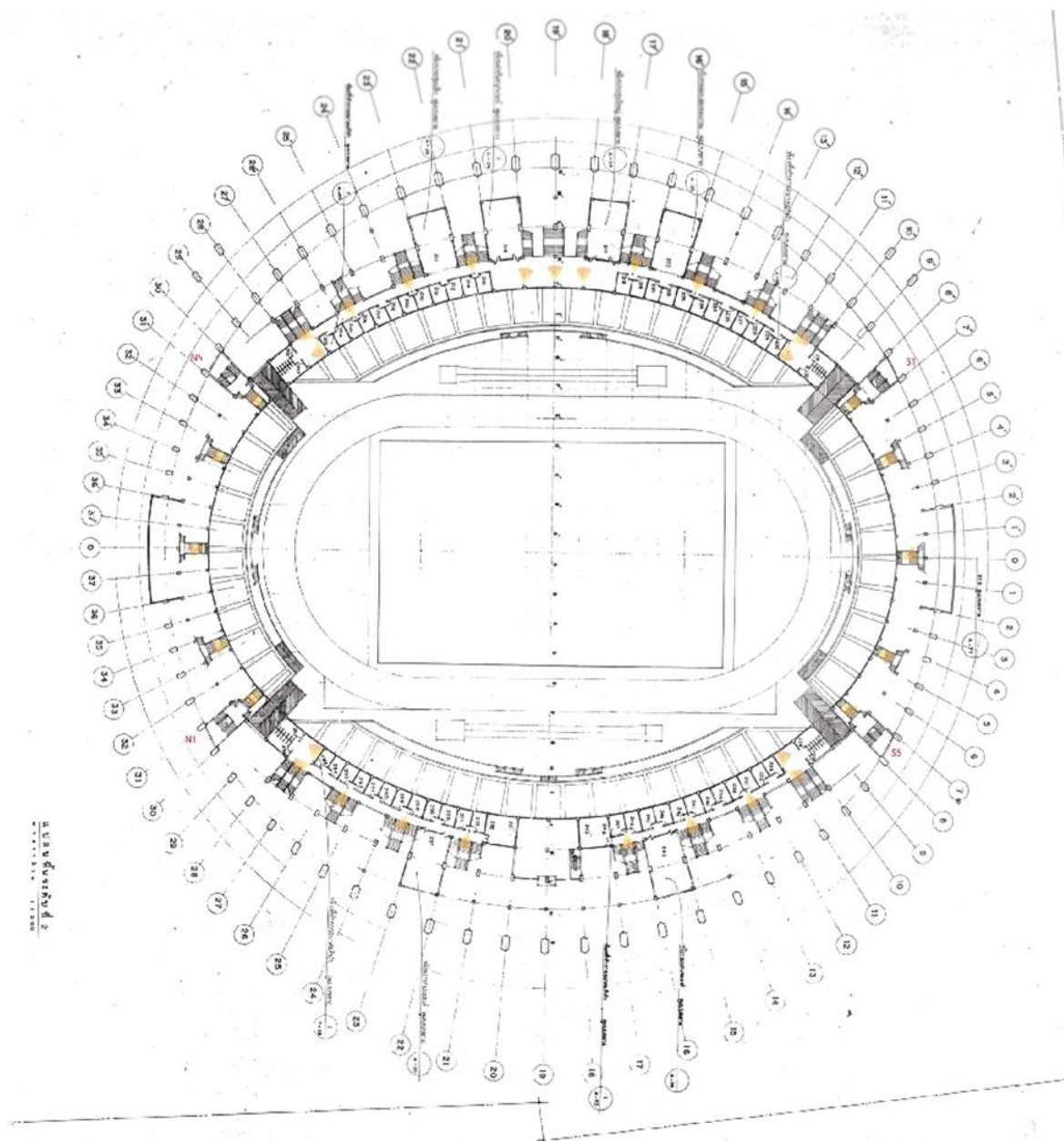
ดังนั้น จากการออกแบบและเข้าไปสำรวจพื้นที่ จะกำหนดจำนวนกล้องที่ใช้ในการจดจำใบหน้าสำหรับชั้นใต้ดินมีจำนวนทั้งสิ้น 30 ตัว





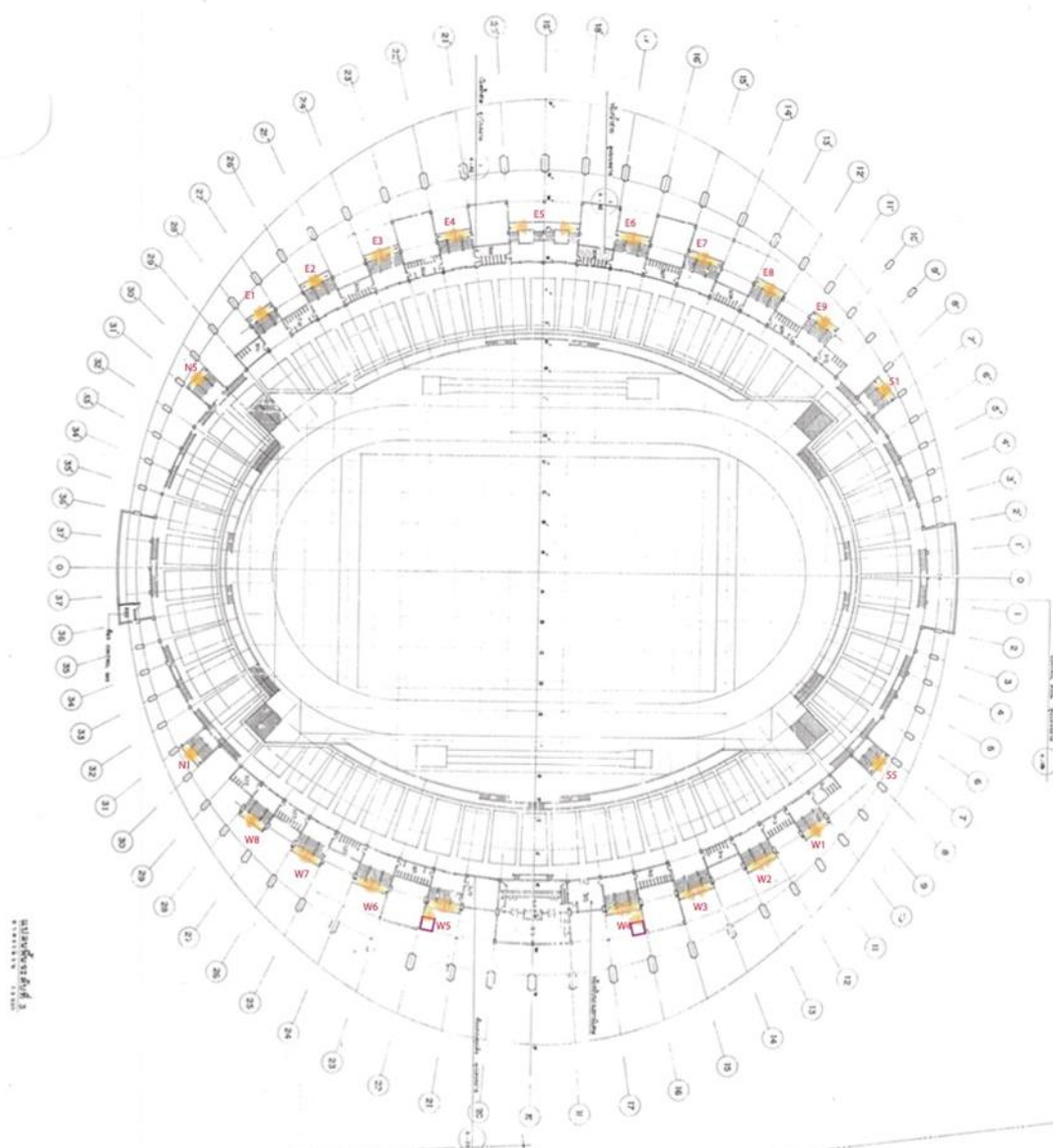
ภาพประกอบ 18 ภาพแสดงจุดติดตั้งกล้องในชั้นที่ 1

ดังนั้น จากการออกแบบและเข้าไปสำรวจพื้นที่ จะกำหนดจำนวนกล้องที่ใช้ในการจดจำ ใบหน้าสำหรับชั้นใต้ดินมีจำนวนทั้งสิ้น 55 ตัว สำหรับชั้นที่ 2 ถึง ชั้นที่ 5 ได้กำหนดจุดและจำนวน กล้องตามได้ ตามแบบที่ได้ตามลำดับการออกแบบด้านล่าง



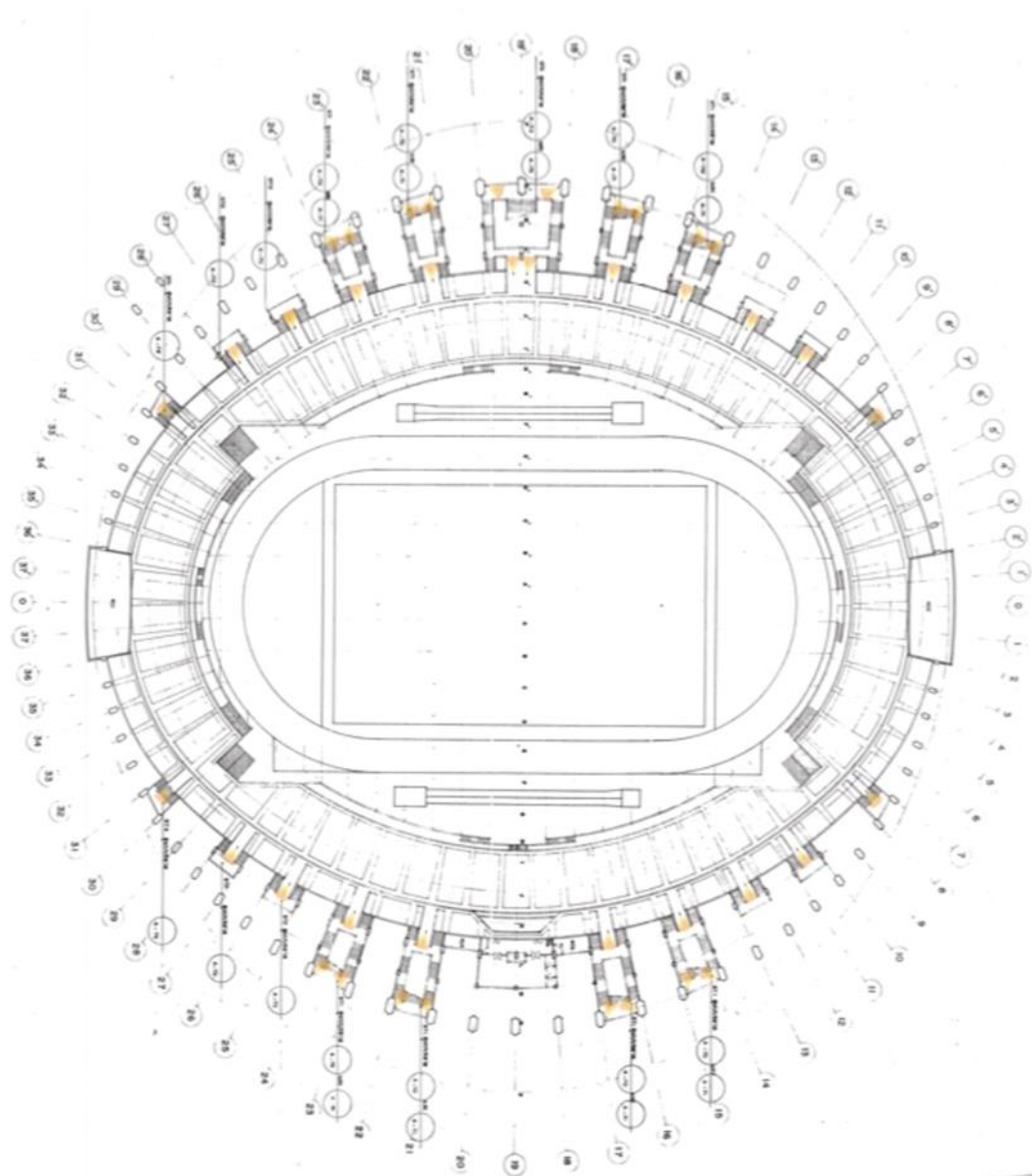
ภาพประกอบ 19 ภาพแสดงจุดติดตั้งกล้องในชั้นที่ 2

ดังนั้น จากการออกแบบและเข้าไปสำรวจพื้นที่ จะกำหนดจำนวนกล้องที่ใช้ในการจดจำใบหน้าสำหรับชั้นใต้ดินมีจำนวนทั้งสิ้น 33 ตัว



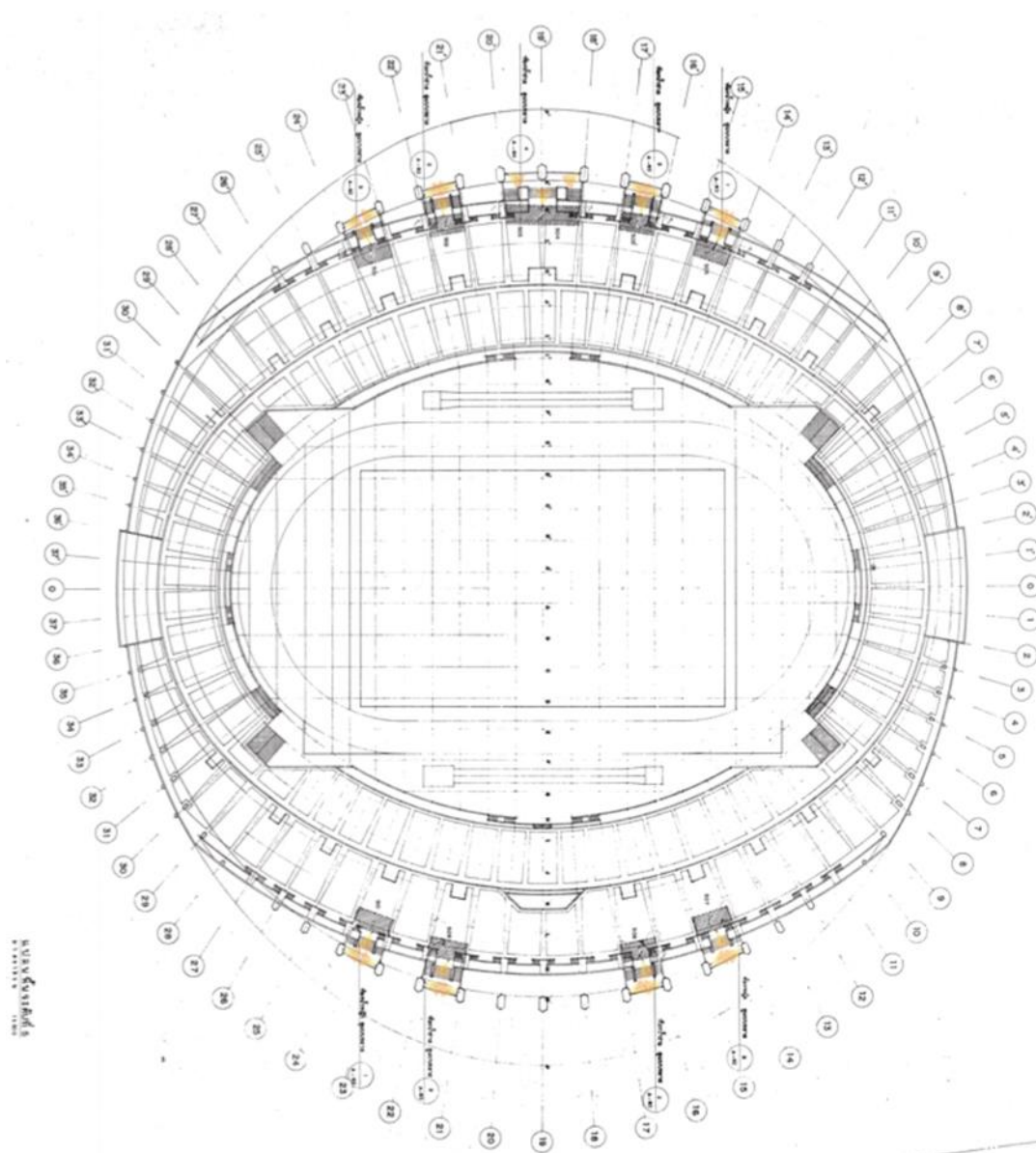
ภาพประกอบ 20 ภาพแสดงจุดติดตั้งกล้องในชั้นที่ 3

ดังนั้น จากการออกแบบและเข้าไปสำรวจพื้นที่ จะกำหนดจำนวนกล้องที่ใช้ในการจดจำใบหน้าสำหรับชั้นใต้ดินมีจำนวนทั้งสิ้น 44 ตัว



ภาพประกอบ 21 ภาพแสดงจุดติดตั้งกล้องในชั้นที่ 4

ดังนั้น จากการออกแบบและเข้าไปสำรวจพื้นที่ จะกำหนดจำนวนกล้องที่ใช้ในการจดจำใบหน้าสำหรับชั้นใต้ดินมีจำนวนทั้งสิ้น 40 ตัว



ภาพประกอบ 22 ภาพแสดงจุดติดตั้งกล้องในชั้นที่ 5

ดังนั้น จากการออกแบบและเข้าไปสำรวจพื้นที่ จะกำหนดจำนวนกล้องที่ใช้ในการจดจำใบหน้าสำหรับชั้นใต้ดินมีจำนวนทั้งสิ้น 27 ตัว

สำหรับโซนที่ 3 ชั้นบนสุด จะออกแบบโดยใช้ เทคโนโลยี AR Panorama อาศัยการประยุกต์ใช้งานด้านความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality) ควบคู่กับการผสมผสานข้อมูลการรับรู้แบบเรียลไทม์และข้อมูลเชิงสารสนเทศที่ได้รับการปรับให้เหมาะสม และส่งผลให้ระบบดังกล่าวสามารถ

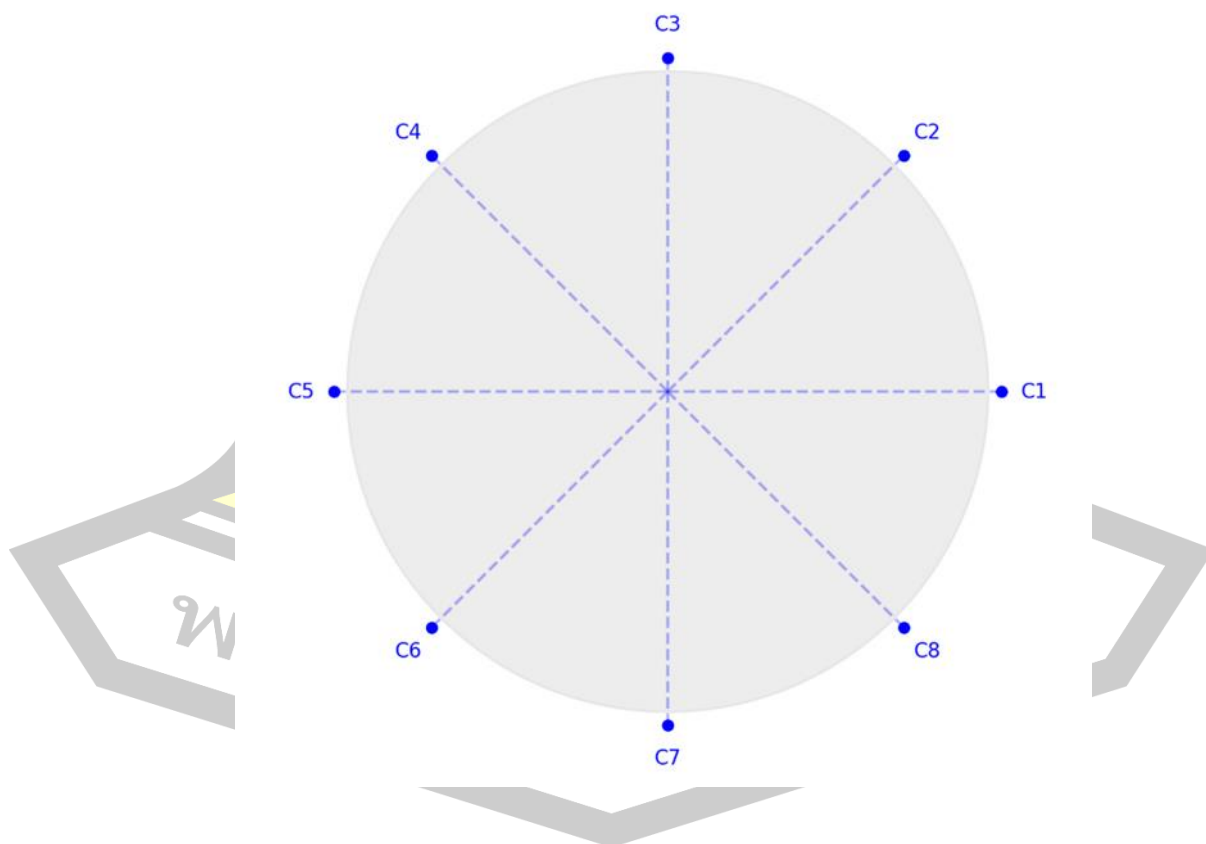
แสดงผลแบบภาพจริง, สามารถควบคุมและสั่งการได้ ซึ่งช่วยยกระดับการเฝ้าระวังให้มีความชัดเจน สะดวก และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยคุณสมบัติของกล้องโดยกล้องที่นำมาใช้งานวิจัยจะมี รายละเอียด ดังนี้

- ความละเอียด 16 MP Panorama และ 4 MP PTZ
- เลนส์สำหรับกล้อง Panoramic 1/1.8" CMOS Sensor และ กล้อง PTZ 5.5 – 220 มม.
- มุมมองกล้องได้ 360 องศา และมุมมองภาพ Panorama กว้าง 180 องศา

- รองรับระบบฟังก์ชันอัจฉริยะ Crowd density analytic

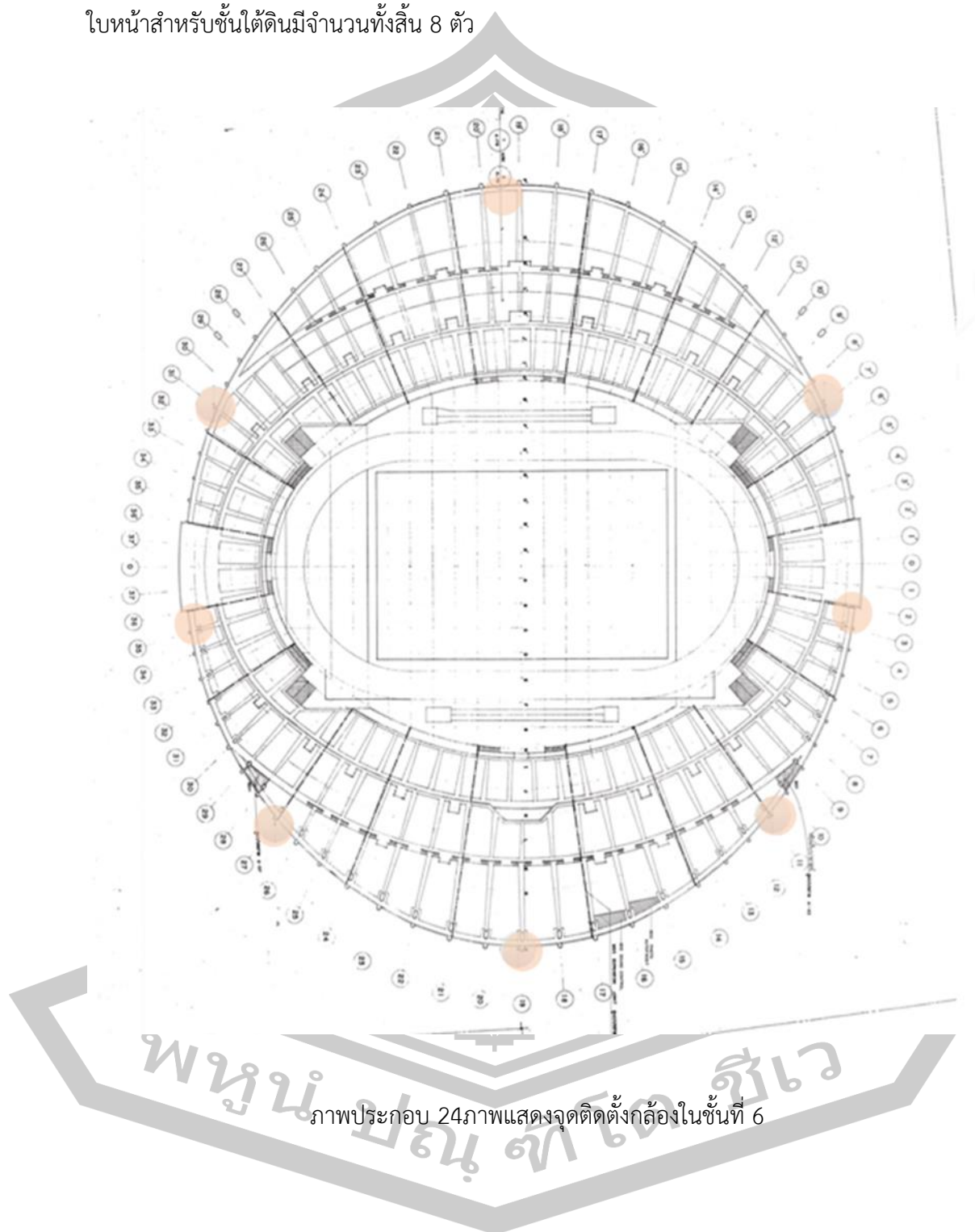
การออกแบบเพื่อรองรับการใช้งานมุมมองให้รองรับการทำงาน Crowd Analytic จะ ออกแบบโดยกำหนดรัศมีของสนามกีฬา ดังนี้
ออกแบบโดยวางกล้องๆ ตามมุม 45° จะได้จุดติดตั้งกล้อง 8 จุด

- ความสูงของอัฒจันทร์ 44.25 เมตร
- ระยะรัศมีสำหรับการตรวจจับผู้ช่น 30 เมตรรอบตำแหน่งกล้อง



ภาพประกอบ 23 ภาพแสดงจุดติดตั้งกล้องในชั้นที่ 6

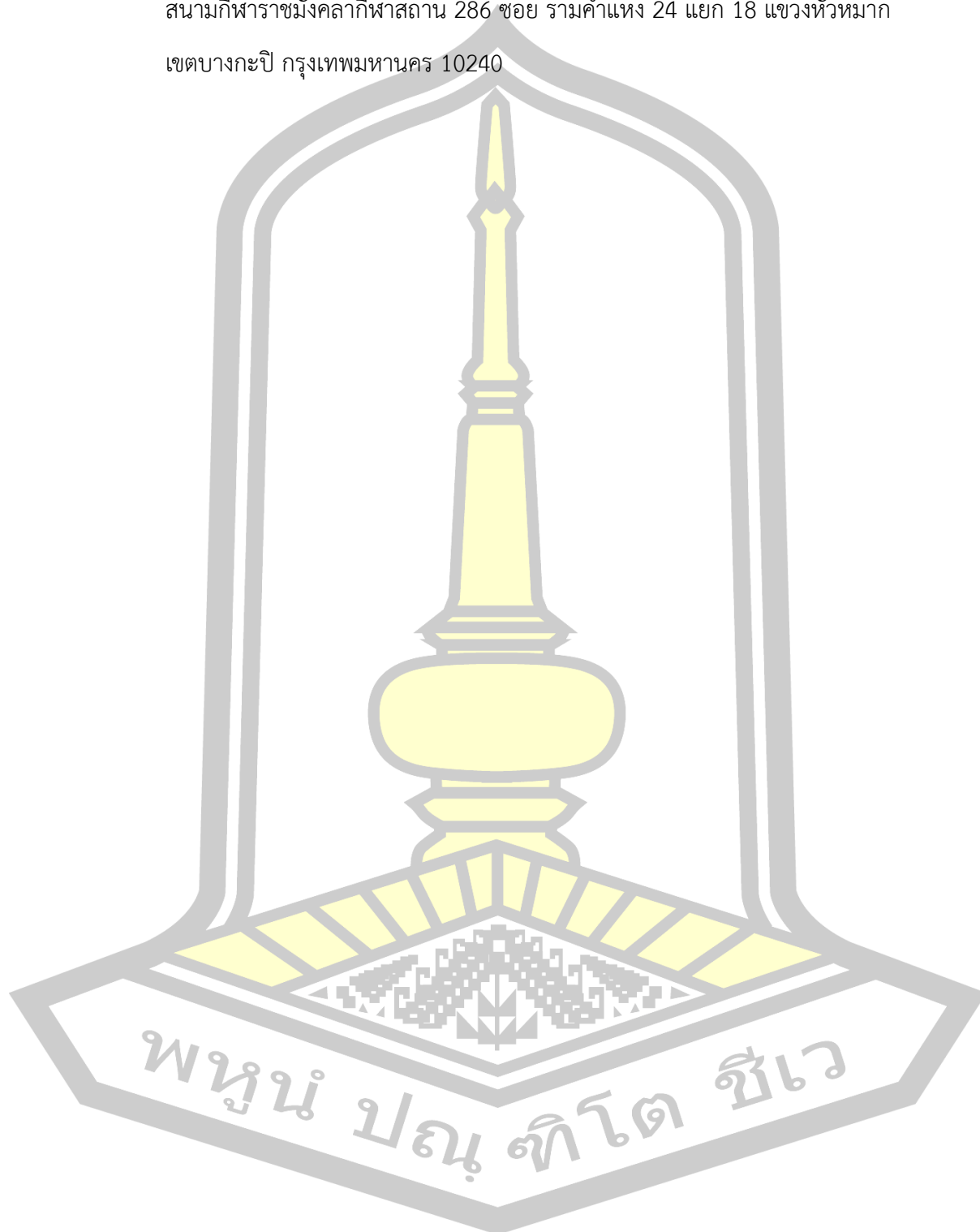
ดังนั้น จากการออกแบบและเข้าไปสำรวจพื้นที่ จะกำหนดจำนวนกล่องที่ใช้ในการจดจำ
ใบหน้าสำหรับชั้นใต้ดินมีจำนวนทั้งสิ้น 8 ตัว



3.4 พื้นที่การดำเนินงานโครงการวิจัย

สนามกีฬาราชวังคลากีฬาสถาน 286 ซอย รามคำแหง 24 แขวงหัวหมาก

เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240

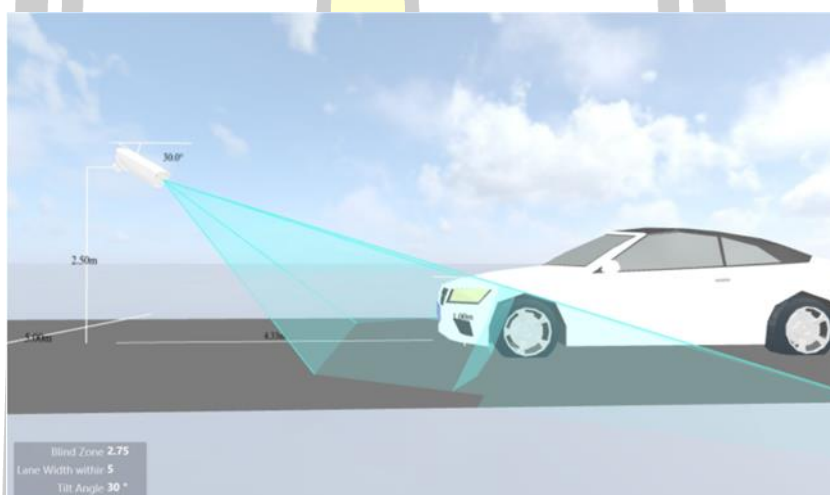


บทที่ 4

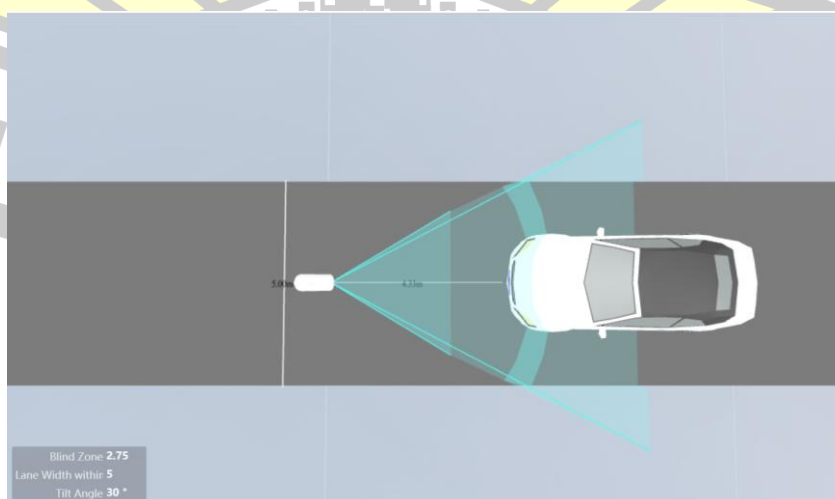
ผลการวิจัย

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการวิจัย การเลือกตำแหน่งของอุปกรณ์ในสนามกีฬาราชมังคลากีฬาสถาน โดยผู้วิจัยได้ทำการจำลอง (Simulation) จากโปรแกรมตามจุดที่ได้ออกแบบไว้เพื่อแสดงข้อมูลของจุดตามประเภทของอุปกรณ์ทั้ง 3 ชนิดคือ (1) กล้องโทรทัศน์วงจรปิดสำหรับการจับป้ายทะเบียน (CCTV for License Plate Recognition) (2) กล้องวงจรปิดสำหรับระบบจดจำใบหน้า (CCTV for Face recognition) (3) กล้องวงจรปิดแบบพาโนรามา (Panoramic CCTV Camera)

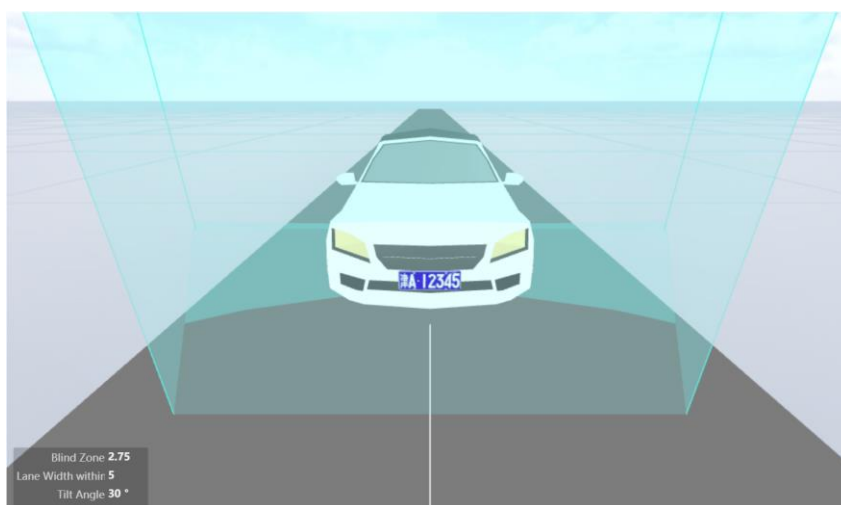
4.1 ผลจากการจำลองการติดตั้งกล้องโทรทัศน์วงจรปิดสำหรับการจับป้ายทะเบียน (CCTV for License Plate Recognition)



(a)



(b)



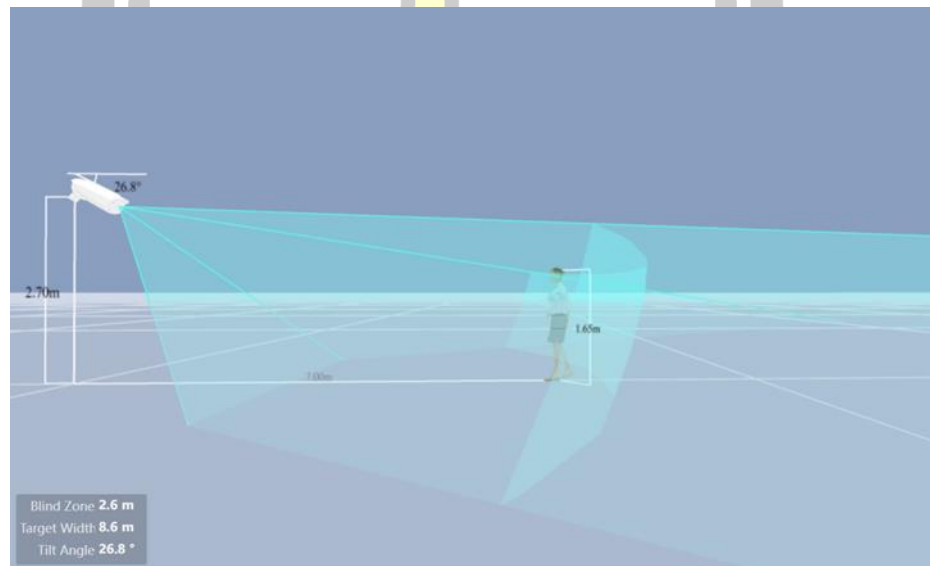
ภาพประกอบ 25 แบบด้านข้าง ด้านบน และด้านหน้า ของแบบการจำลองของกล้อง ANPR

ตาราง 10 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

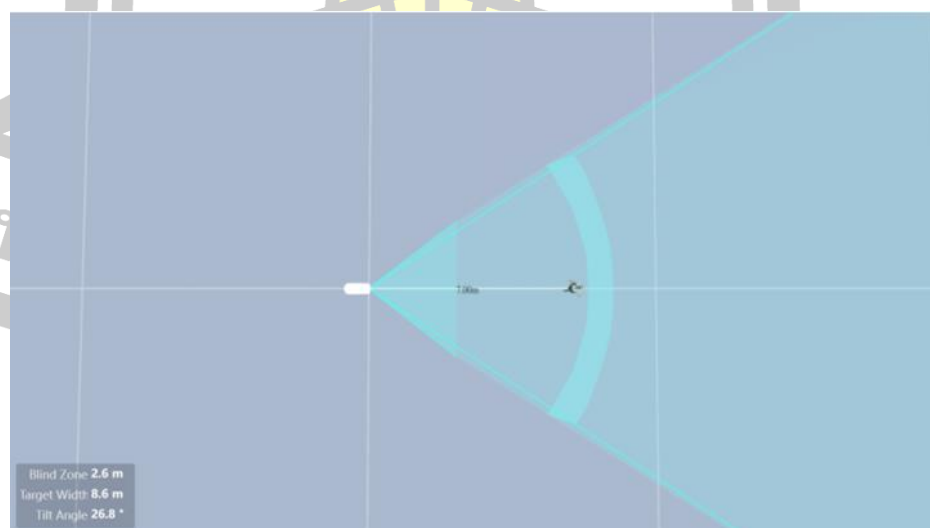
ค่าพารามิเตอร์	ผลสรุปที่ได้
ระยะจุดอับ (Blind Zone)	การจำลองแสดงให้เห็นว่ากล้อง ANPR มีระยะ (blind zone) เพียง 2.75 เมตร ซึ่งอยู่ด้านหน้ากล้องใกล้จุดติดตั้งมากที่สุด ส่งผลให้การตรวจจับป้ายทะเบียนมีประสิทธิภาพสูงเมื่อยานพาหนะเข้าสู่ช่วงตรวจจับหลัก (effective range) ลดความเสี่ยงในการจับภาพข้อมูล
ระยะความกว้างช่องถนน (Lane Width)	ค่าความกว้างช่องทาง (lane width) ที่ครอบคลุมได้ไม่เกิน 5 เมตร ทำให้ระบบเหมาะสมกับการตรวจจับในเลนมาตรฐานของประตูเข้า-ออกสนามบินกีฬา โดยผลการจำลองยืนยันว่าในระยะดังกล่าวสามารถครอบคลุมได้เต็มพื้นที่โดยไม่เกิด blind spot ข้างเลน
มุมกล้องที่ใช้ (Tilt Angle)	มุมก้ม (tilt angle) ที่ 30 องศาเป็นค่าที่เหมาะสมในการจับป้ายทะเบียนรถยนต์ทั้งในระยะกลางและระยะไกล โดยยังคงคุณภาพของภาพในระดับที่รองรับการประมวลผลแบบ Identification ตามมาตรฐาน DORI

สรุป การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แสดงให้เห็นถึงการออกแบบที่เหมาะสมกับการใช้งานในสนามกีฬาขนาดใหญ่ ทั้งด้านความครอบคลุม ความถูกต้อง และความเร็วในการประมวลผล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของระบบ ANPR ในโครงสร้างของการปรับปรุงสนามกีฬา ให้รองรับระบบความปลอดภัยให้กับสนามราชมิ่งคลากีฬาสถาน

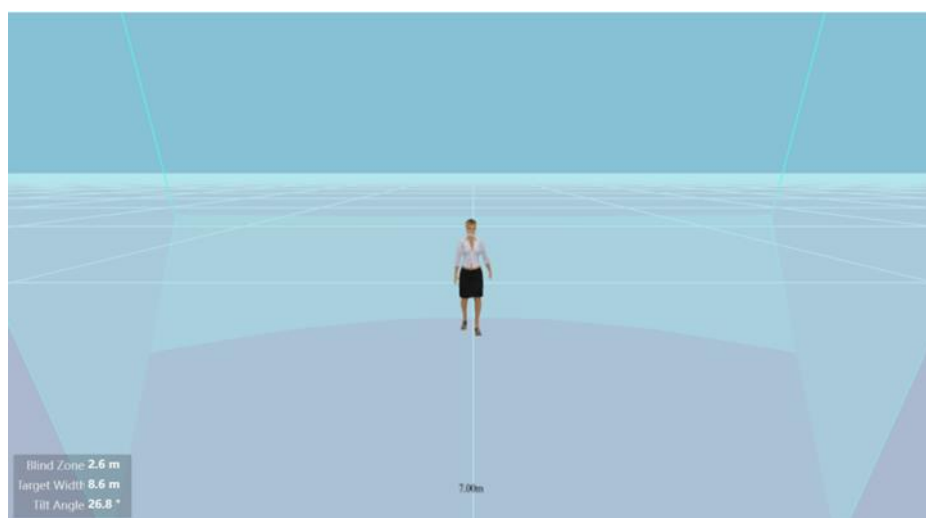
4.2 ผลจากการจำลองการติดตั้งกล้องโทรทัศน์วงจรปิดระบบจดจำใบหน้า (CCTV for Face recognition)



(a)



(b)

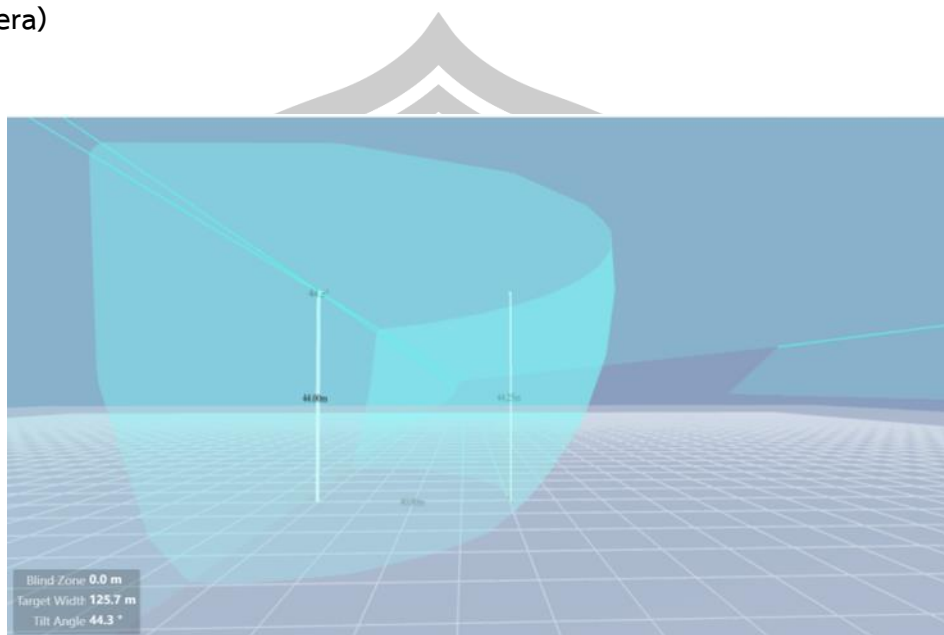


ภาพประกอบ 26 แบบด้านข้าง ด้านบน และด้านหน้า ของแบบการจำลองของกล้อง Face Recognition

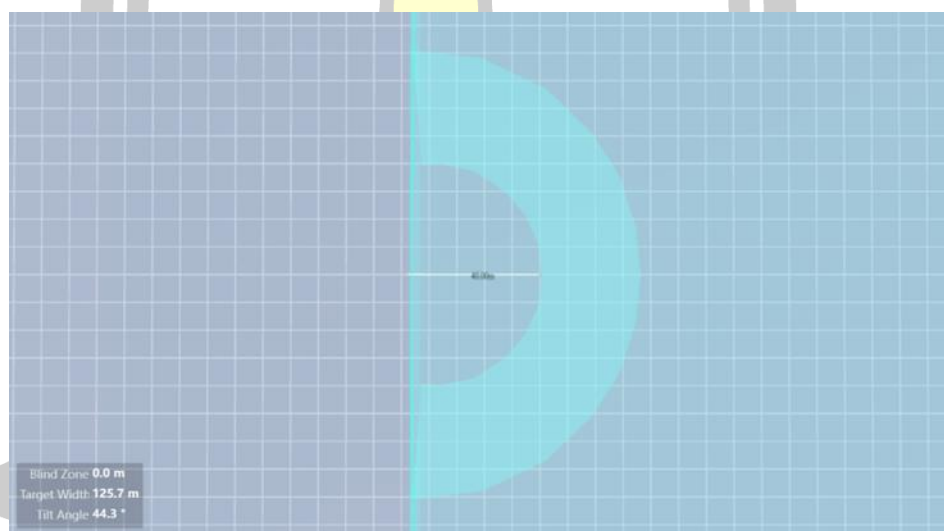
ตาราง 11 ผลการจำลอง Face Recognition ตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด

ค่าพารามิเตอร์	ผลสรุปที่ได้
ระยะจุดอับ (Blind Zone)	การจำลองแสดงให้เห็นว่ากล้อง ANPR มีระยะ (blind zone) ที่ 2.6 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่ใกล้กับกล้องเกินไปทำให้ไม่สามารถจับภาพใบหน้าได้ชัดเจน
ระยะความกว้างที่ครอบคลุม (Target Width)	ค่าระยะที่ 8.6 เมตร ทำให้ครอบคลุมความกว้างทางเข้าออกได้ซึ่งเพียงพอสำหรับการตรวจจับคนที่เข้าออกได้หลายคนพร้อมๆ กันและเหมาะกับพื้นที่ที่มีความหนาแน่น
มุมกล้องที่ใช้ (Tilt Angle)	มุมก้ม (tilt angle) ที่ 26.8 องศา ได้คุณภาพของภาพในระดับที่รองรับการประมวลผลแบบ Identification ตามมาตรฐาน DORI ซึ่งเหมาะสมกับการจับภาพใบหน้าอย่างแม่นยำ

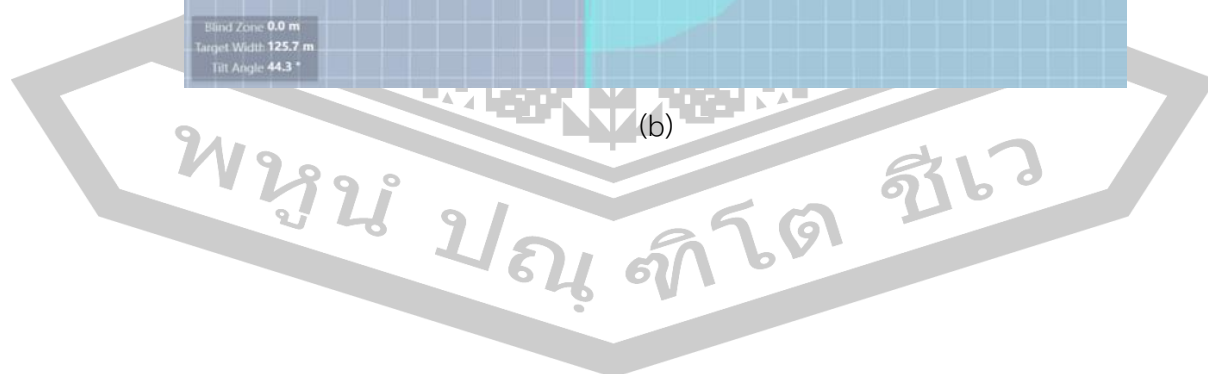
4.3 ผลจากการจำลองการติดตั้งกล้องโทรทัศน์วงจรปิดแบบพาโนรามา (Panoramic CCTV Camera)

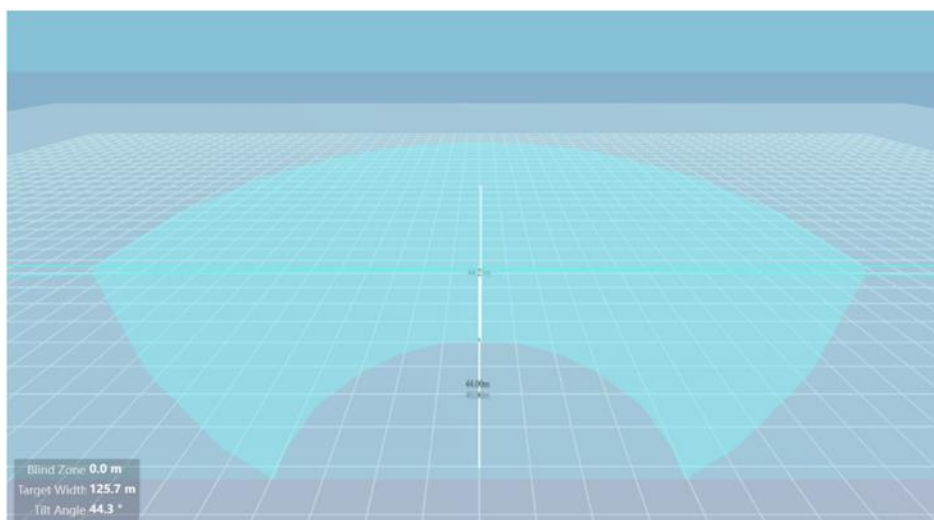


(a)



(b)





ภาพประกอบ 27 แบบการจำลองของกล้อง Panoramic

ตาราง 12 ผลการจำลอง Panoramic ตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด

ค่าพารามิเตอร์	ผลสรุปที่ได้
ระยะจุดอับ (Blind Zone)	การจำลองแสดงให้เห็นว่าไม่มีพื้นที่จุดอับใต้กล้อง โดยจะสามารถครอบคลุมอัจฉจันทร์ได้ครบถ้วน
ระยะความกว้างที่ครอบคลุม (Target Width)	ค่าระยะที่ 125.7 เมตร ทำให้ครอบคลุมความกว้างในระยะของอัจฉจันทร์เหมาะกับการใช้งานในการตรวจสอบฝูงชนบนอัจฉจันทร์
มุมกล้องที่ใช้ (Tilt Angle)	มุมก้ม (tilt angle) ที่ 44.3 องศา ได้คุณภาพของภาพในระดับที่รองรับการประมวลผลแบบ Detection ตามมาตรฐาน DORI ซึ่งเหมาะสมตรวจจับเหตุการณ์ต่างๆ บนอัจฉจันทร์

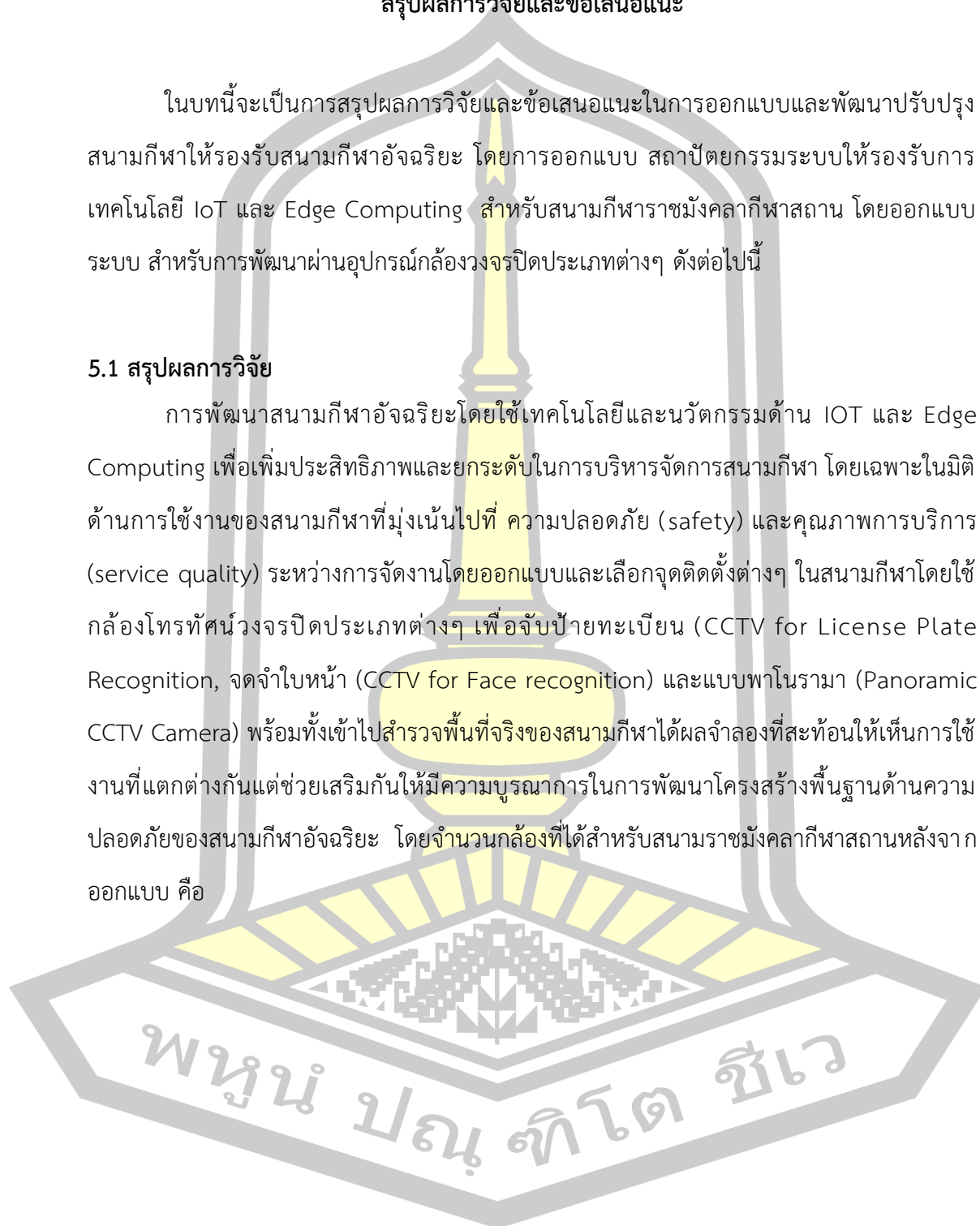
บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในการออกแบบและพัฒนาปรับปรุงสนามกีฬาให้รองรับสนามกีฬาอัจฉริยะ โดยการออกแบบ สถาปัตยกรรมระบบให้รองรับการเทคโนโลยี IoT และ Edge Computing สำหรับสนามกีฬาราชมั่งค락กีฬาสถาน โดยออกแบบระบบ สำหรับการพัฒนาผ่านอุปกรณ์กล้องวงจรปิดประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาสนามกีฬาอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมด้าน IOT และ Edge Computing เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและยกระดับในการบริหารจัดการสนามกีฬา โดยเฉพาะในมิติ ด้านการใช้งานของสนามกีฬาที่มุ่งเน้นไปที่ ความปลอดภัย (safety) และคุณภาพการบริการ (service quality) ระหว่างการจัดงานโดยออกแบบและเลือกจุดติดตั้งต่างๆ ในสนามกีฬาโดยใช้ กล้องโทรทัศน์วงจรปิดประเภทต่างๆ เพื่อจับป้ายทะเบียน (CCTV for License Plate Recognition, จดจำใบหน้า (CCTV for Face recognition) และแบบพาโนรามา (Panoramic CCTV Camera) พร้อมทั้งเข้าไปสำรวจพื้นที่จริงของสนามกีฬาได้ผลจำลองที่สะท้อนให้เห็นการใช้งานที่แตกต่างกันแต่ช่วยเสริมกันให้มีความบูรณาการในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านความปลอดภัยของสนามกีฬาอัจฉริยะ โดยจำนวนกล้องที่ได้สำหรับสนามราชมั่งค락กีฬาสถานหลังจากออกแบบ คือ



ตาราง 13 จำนวนกล้องที่ออกแบบในแต่ละชั้น

จุดติดตั้ง	จำนวนกล้อง (ตัว)
ทางเข้าออก	6
ชั้นใต้ดิน	30
ชั้นที่ 1	55
ชั้นที่ 2	33
ชั้นที่ 3	44
ชั้นที่ 4	40
ชั้นที่ 5	27
ชั้นที่ 6	8
รวมทั้งสิ้น	243

ผลการวิจัยพบว่า การตรวจจับป้ายทะเบียนมีข้อจำกัดเรื่อง มุมเอียง ระยะห่าง และสภาพแสง จึงเหมาะสมที่สุดกับ ทางเข้า-ออกของยานพาหนะและลานจอด กล้องประเภทนี้จึงมีบทบาทเสริมด้าน ระบบรักษาความปลอดภัยเชิงบูรณาการในพื้นที่ในและนอกสนามกีฬา สำหรับการตรวจจับใบหน้า ประสิทธิภาพในการระบุตัวตนขึ้นอยู่กับ ความสูงติดตั้งและมุมก้มของกล้อง โดยให้ผลดีที่สุดเมื่อใช้ที่ จุดเข้าออก ประตู และพื้นที่ควบคุม จะสามารถระบุใบหน้าได้อย่างแม่นยำ ดังนั้น กล้องชนิดนี้จึงมีบทบาทหลักในการ ยืนยันตัวบุคคลเฉพาะจุด มากกว่าการครอบคลุมพื้นที่กว้างโดยเชื่อมโยงข้อมูลการจราจรกับระบบรักษาความปลอดภัย และในส่วนของตรวจจับมุมมองแบบ Panoramic จะใช้สำหรับตรวจสอบความหนาแน่นและการเฝ้าระวังฝูงชน โดยการใช้งานกล้องทั้ง 3 ประเภทจะทำงานร่วมกันแบบบูรณาการ เป็นสถาปัตยกรรมการรักษาความปลอดภัยแบบหลายชั้นบนพื้นฐานของสถาปัตยกรรม IOT และ Edge Computing ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาสนามกีฬา

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้เป็นการหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาสนามกีฬาอัจฉริยะด้านการใช้งานสนามกีฬาในมุมมองของความปลอดภัยสำหรับผู้ชมในสนามกีฬา สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ต่อไปควรศึกษาในวัตถุประสงค์อื่นๆ เพิ่มสำหรับสนามกีฬา เช่น ในมุมมองด้านเศรษฐกิจ เรื่อง การสร้างรายได้จากการใช้งานข้อมูล (Big Data) เพื่อหาโมเดลธุรกิจสำหรับผู้เข้าชม การศึกษาการปรับปรุงพลังงานในสนามกีฬาเพื่อลดต้นทุนการใช้พลังงาน เช่น ระบบ Smart Energy (Solar rooftop, HVAC), การลดคาร์บอนของสนามกีฬา เป็นต้น

บรรณานุกรม



กรุงเทพธุรกิจออนไลน์. (2565). ก่อนแดงเดือดมา “ราชมังคลา” ย้อนดู 10 คีฏภูกหน้ใหญ่ จัดแข่งอะไรบ้าง? [ออนไลน์]. ได้จาก: <https://www.bangkokbiznews.com/lifestyle/986434> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2568].

การกีฬาแห่งประเทศไทย. (2565). รายงานผลการสำรวจความพึงพอใจการให้บริการของการกีฬาแห่งประเทศไทย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565. [ออนไลน์]. ได้จาก: <https://www.sat.or.th/2024/กทท-จัดตั้งศูนย์อำนวยความสะดวก-2/> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2568].

การกีฬาแห่งประเทศไทย. (2567). [ออนไลน์]. ได้จาก: <https://www.sat.or.th/สถิติการให้บริการ/รายงานผลการสำรวจความพึงพอใจ> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2568].

ฉนวนการ รัตนนิพนธ์. (2565). ศึกษาและพัฒนาต้นแบบการประหยัดพลังงานเพื่อสนับสนุนด้านการประหยัดการใช้พลังงาน <https://trec.mju.ac.th/ProceedingTREC14.pdf>

จรรยา สวัสดิ์. (2566). ความมั่นคงของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ *Computer Network Security* Bookplus Publishing Co.,Ltd.

ชุมพล โมฆรัตน์ และอภิรักษ์ พิชัยโรภาสวัฒน์กุล. (2022). นวัตกรรมการตรวจสอบและติดตามสภาพภูมิอากาศด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดศรีราชา จังหวัดชลบุรี. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, 19(1), 40-49.

ณัฐพงศ์ พลสม. (2566). การพัฒนาระบบควบคุมและป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ. วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, 9(2), 122-139.

ไทยพีบีเอส Thai PBS. (2566). 30 ปีสนามราชมังกลากีฬาสถาน สังเวียนพาดแข้งระดับชาติ - งานคอนเสิร์ตระดับโลก.[ออนไลน์]. ได้จาก: <https://www.thaipbs.or.th/news/content/329966> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2567].

นงเยาว์ สอนจะโปะ. (2564). การศึกษาเปรียบเทียบความถูกต้องและแม่นยำของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิสภาพอากาศ สำหรับงาน IoT ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน. วารสารวิชาการศรีปทุมชลบุรี, 17(4), 80-90. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/SPUCJ/article/view/252740>

นิติคม อริยพิมพ์ และอนุชา ดีผาง. (2021). อุปกรณ์ควบคุมการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชัน. วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา, 5(1), 128-137.

<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/245118>

- ประเสริฐศักดิ์ อู่อรุณ. (2561). การแก้แบบและการดำเนินการรวบรวมข้อมูลสำหรับอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อบ้านอัจฉริยะ. *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University* 5(3). <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/VESTSU/article/view/145711>
- พงศธร ชมดี. (2022). การพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ NMU-AQI สำหรับตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารแบบเวลาจริง. *Journal of Applied Science and Emerging Technology (JASET)* 22(2). <https://doi.org/10.14416/JASET.KMUTNB.2023.02.008>
- พรwana รัตนชูโชค. (2562). การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชัน. *วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 11(1), 79-92. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/spurst/article/view/175310/154659>
- ไพโรจน์ เหลืองวงศกร, วรพล สีสากิยารัตินกุล, สุรณพรี ภูมิวิมลสาร, & พิชัยพัทธ์ พิพัฒน์ธนอุดมดี. (2017). Home Surveillance Security Systems Using an ESP8266 Embedded Device. *JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 7(2), 44-55. <https://doi.org/10.14456/jist.2017.10>
- สามารถ สิ้นทร, สิทธิชัย บุขหมั่น, ประมุข ศรีชัยวงษ์, สมโภช ทองน้ำเที่ยง และชนัญชิตา ของผม. (2022). การพัฒนาระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับความผิดปกติของน้ำในท่อประปาภูเขา ด้วยเทคโนโลยี IoT เพื่อการเกษตรและอุปโภคของชุมชนตาตรินทอง จังหวัดชัยภูมิ. *วารสารเกษตรพระวรุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 19(2), 143-149. <https://doi.org/10.14456/paj.2022.30>
- สุชาติ คุ่มมะณี, เอกราช อาจเจริญ, และพีรวัส ชะนอมรัมย์. (2021). Development of Smart Circuit Breakers to Prevent Fire from Short Circuit Current. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 4(1), 48-61. <https://doi.org/10.14456/jait.2022.4>
- Cao, K., Liu, Y., Meng, G., & Sun, Q. (2020). An Overview on Edge Computing Research. *IEEE Access*, 8, 85714-85728. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2991734>
- Che, Y., & Zhang, T. (2021). Research on Abnormal Monitoring of Sensor Data of Stadiums Based on Internet of Things Technology. *IEEE Access*, 9, 101097-101104.
- Dai, Y., Hasanefendic, S., & Bossink, B. (2024). A systematic literature review of the smart city transformation process: The role and interaction of stakeholders and technology. *Sustainable Cities and Society*, 101, 105112. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105112>

- Deng, C., Yu, Q., & Luo, G. (2022). Construction of Smart Sports in Colleges and Universities: Influencing Factors, Design Ideas, and Model Choices. *Mobile Information Systems*, 2022, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2022/9041042>
- depa. (2567). การส่งเสริมเมืองอัจฉริยะ. [ออนไลน์]. ได้จาก: <https://www.depa.or.th/th/digitalservice/smartcity> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2567].
- Du, Y., Li, Y., Chen, J., Hao, Y., & Liu, J. (2023). Edge computing-based digital management system of game events in the era of Internet of Things. *Journal of Cloud Computing*, 12(1), 44. <https://doi.org/10.1186/s13677-023-00419-5>
- Fang, L. (2022). The deployment of smart sharing stadium based on 5G and mobile edge computing. *Wireless Networks*, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11276-021-02855-0>
- Fiske, D. H., Pongpisit Tirapas, Chamnarn Lilaonitkul, Thanan. (2020). *Smart City Handbook Thailand*.
- Francis, A. E., Webb, M., Desha, C., Rundle-Thiele, S., & Caldera, S. (2023). Environmental sustainability in stadium design and construction: A systematic literature review. *Sustainability*, 15(8), 6896.
- Gangrade, S., Chaturvedi, K., Awasthi, A., Sharma, B. M., Pandey, A., & Bhandari, V. (2023). Review: Cloud Computing and Internet of Things Plays Vital Role in Smart Stadium. *International Journal of Scientific Research & Engineering Trends* 9(2), 350-358. https://ijsret.com/wp-content/uploads/2023/04/IJSRET_V9_issue2_166.pdf
- Gassmann, O., Bohm, J., & Palmie, M. (2019). Smart cities: Introducing digital innovation to cities. In *Smart Cities* (pp. 315-332). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-78769-613-620191002>
- Gokhale, P., Bhat, O., & Bhat, S. (2018). Introduction to IOT. 5, 41-44. <https://doi.org/10.17148/IARJSET.2018.517>
- Gupta, B. B., & Quamara, M. (2020). *Internet of Things Security: Principles, Applications, Attacks, and Countermeasures*. CRC Press.

- Hou, X. (2023). *Application research of artificial intelligence technology in smart stadium management under the background of low carbon economy*.
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3201873/v1>
- IBM. (2023). *What is edge computing?* <https://www.ibm.com/topics/edge-computing>
- Ikram, M., Alshehri, M., & Hussain, F. (2015). *Architecture of an IoT-based system for football supervision (IoT Football)*. <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2015.7389029>
- Jia, L., Sun, C., Lv, W., & Li, W. (2023). Suitability Evaluation of Old Industrial Buildings Transformed into Stadiums. *Applied Sciences*, 13(14), 8065.
<https://www.mdpi.com/2076-3417/13/14/8065>
- Khan, W. Z., Ahmed, E., Hakak, S., Yaqoob, I., & Ahmed, A. (2019). Edge computing: A survey. *Future Generation Computer Systems*, 97, 219-235.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.future.2019.02.050>
- Kong, L., Tan, J., Huang, J., Chen, G., Wang, S., Jin, X., Zeng, P., Khan, M., & Das, S. K. (2022). Edge-computing-driven Internet of Things: A Survey. *ACM Comput. Surv.*, 55(8), Article 174. <https://doi.org/10.1145/3555308>
- Kozma, G., Czimre, K., Bács, B., Alexandru, I., Christa, P., Codrut, B., & Bács, Z. (2022). A Special Type of Multifunctional Stadiums: Great Forest Stadium in Debrecen (Hungary). *Buildings*, 12, 2261. <https://doi.org/10.3390/buildings12122261>
- Kubler, S., Robert, J., Hefnawy, A., Cherifi, C., Bouras, A., & Främling, K. (2016). *IoT-based Smart Parking System for Sporting Event Management*.
<https://doi.org/10.1145/2994374.2994390>
- Lin, Y., Tang, X., & Fan, X. (2022). Optimization of multi-energy grid for smart stadiums based on improved mixed integer linear algorithm. *Energy Reports*, 8, 13417-13424.
- Little, S., Zhang, D., Ballas, C., O'Connor, N. E., Prendergast, D., Nolan, K., Quinn, B., Moran, N., Myers, M., Dillon, C., & Meehan, T. (2017). *Understanding packet loss for sound monitoring in a smart stadium IoT testbed* Proceedings of the First ACM International Workshop on the Engineering of Reliable, Robust, and Secure Embedded Wireless Sensing Systems, Delft, Netherlands.
<https://doi.org/10.1145/3143337.3143341>

- Liu, X., Yu, J., Wang, J., & Gao, Y. (2020). Resource allocation with edge computing in IoT networks via machine learning. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(4), 3415-3426.
- Mahdi, M., Aljuboori, A., & Ali, M. (2021). Smart Stadium using Cloud Computing and Internet of Things (IoT): Existing and New Models. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, 10, 111-118.
<https://doi.org/10.7753/IJCATR1005.1002>
- Murat, K., Adeeb, A. K., Abathar, A.-H., Doyoon, K., Nadejhda, N., Nuri Cihat, O., Polina, E., Tareq, A.-A., Soud Khalifa, A.-T., Nasser Mohammed, A.-J., Melih, B., & Wael, A.-N. (2021). How circular design can contribute to social sustainability and legacy of the FIFA World Cup Qatar 2022™? The case of innovative shipping container stadium. *Environmental Impact Assessment Review*, 91, 106665.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106665>
- Nelson, C., Chaudhary, V., Edman, J., & Kantor, P. (2016, 10-11 May 2016). Walk-through metal detectors for stadium security. 2016 IEEE Symposium on Technologies for Homeland Security (HST),
- Omoniwa, B., Hussain, R., Javed, M. A., Bouk, S. H., & Malik, S. A. (2019). Fog/Edge Computing-Based IoT (FECIoT): Architecture, Applications, and Research Issues. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(3), 4118-4149.
<https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2875544>
- Orejón-Sánchez, R. D., Hermoso-Orzáez, M. J., & Gago-Calderón, A. (2020). LED Lighting Installations in Professional Stadiums: Energy Efficiency, Visual Comfort, and Requirements of 4K TV Broadcast. *Sustainability*, 12(18), 7684.
<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/18/7684>
- Osychenko, H. (2025). Features of the Architectural Formation of Sports Infrastructure Facilities. *Urban development and spatial planning*, 192-211.
<https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.88.192-211>
- Petrović, L., M, D., & D, M. (2014). ICT infrastructure at sports stadium: requirements and innovative solutions *ICIST 2014*, 2, 322-478.
https://www.eventiotic.com/eventiotic/files/Papers/URL/icist2014_57.pdf

- Phatcharanat Saeng-On, Noraset Thaitae, & Somchat Sonasang. (2023). Development of monitoring PM2. 5 based on IoT and Google Data Studio. 2023 International Electrical Engineering Congress (iEECON),
- Postjung. (2565). ประวัติสนามราชมั่งคณาภิพาสถาน. [ออนไลน์]. ได้จาก: <https://board.postjung.com/663923> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2567].
- ShengLing, L. (2022, 2022/12/17). Development of Intelligent Sports Stadium System Based on Internet of Things Technology. Proceedings of the 2022 2nd International Conference on Computer Technology and Media Convergence Design (CTMCD 2022),
- THAITICKET MAJOR. (2567). ผลการค้นหาสนามราชมั่งคณาภิพาสถาน. [ออนไลน์]. ได้จาก: <https://www.thaiticketmajor.com/tag/สนามราชมั่งคณาภิพาสถาน> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2567].
- Tian, Y., Zhang, H., Wang, X., He, H., & Li, Z. (2023, 14-15 Jan. 2023). Design and application of integrated energy control system for National Speed Skating Stadium. 2022 First International Conference on Cyber-Energy Systems and Intelligent Energy (ICCSIE),
- Tian, Z., Hei, X., & Dong, F. (2021). *Wisdom stadium construction based on face recognition technology (badminton direction)* 2021 4th International Conference on Information Systems and Computer Aided Education, Dalian, China. <https://doi.org/10.1145/3482632.3484130>
- van Heck, S., Valks, B., & Den Heijer, A. (2021). The added value of smart stadiums: a case study at Johan Cruijff Arena. *Journal of Corporate Real Estate*, 23(2), 130-148. <https://doi.org/10.1108/JCRE-09-2020-0033>
- Velliangiri, S., Kumar, S.A.P., & Karthikeyan, P. . (2020). *Internet of Things Integration and Security Challenges*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781003032441>
- Wang, T. (2016). Study on intelligent stadiums system and development trend based on the internet of things. *Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologias De Informação*(E8), 80.

Wergeland, E., & Hognestad, H. (2021). Reusing Stadiums for a Greener Future: The Circular Design Potential of Football Architecture. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 692632. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.692632>

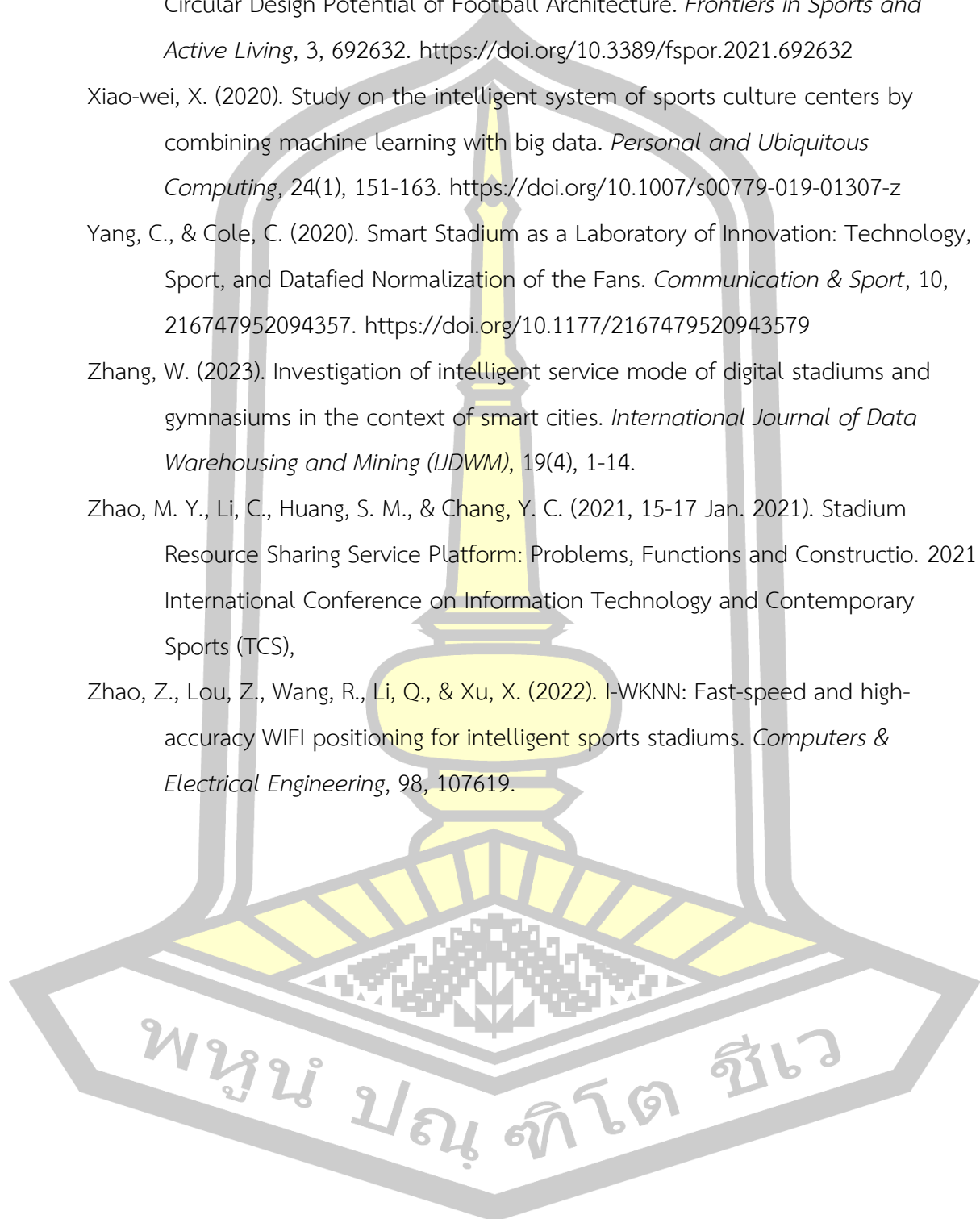
Xiao-wei, X. (2020). Study on the intelligent system of sports culture centers by combining machine learning with big data. *Personal and Ubiquitous Computing*, 24(1), 151-163. <https://doi.org/10.1007/s00779-019-01307-z>

Yang, C., & Cole, C. (2020). Smart Stadium as a Laboratory of Innovation: Technology, Sport, and Datafied Normalization of the Fans. *Communication & Sport*, 10, 216747952094357. <https://doi.org/10.1177/2167479520943579>

Zhang, W. (2023). Investigation of intelligent service mode of digital stadiums and gymnasiums in the context of smart cities. *International Journal of Data Warehousing and Mining (IJDWM)*, 19(4), 1-14.

Zhao, M. Y., Li, C., Huang, S. M., & Chang, Y. C. (2021, 15-17 Jan. 2021). Stadium Resource Sharing Service Platform: Problems, Functions and Constructio. 2021 International Conference on Information Technology and Contemporary Sports (TCS),

Zhao, Z., Lou, Z., Wang, R., Li, Q., & Xu, X. (2022). I-WKNN: Fast-speed and high-accuracy WIFI positioning for intelligent sports stadiums. *Computers & Electrical Engineering*, 98, 107619.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายณัฐวัฒน์ ภัทรเวทวงศ์
วันเกิด วันที่ 13 ธันวาคม พ.ศ.2521
สถานที่เกิด จังหวัดสุราษฎร์ธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน 300/10 ซอย. ประดิษฐ์มณูญธรรม 3 หมู่บ้านกลางเมืองเออบาเนียน
พระราม 9 - ลาดพร้าว ถนนประดิษฐ์มณูญธรรม แขวงวังทองหลาง เขตวัง
ทองหลาง กรุงเทพฯ ฯ 10310
ตำแหน่งหน้าที่การงาน ผู้จัดการ ฝ่ายขาย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน บริษัท ที.ซี.ซี. เทคโนโลยี จำกัด
1501-1504 ถนนสีลม แขวงสุริยวงศ์ เขตบางรัก กรุงเทพฯ ฯ 10500
ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2544 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ) สาขา วิศวกรรม
โทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2551 ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (บธ.ม) สาขา บริหารธุรกิจ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2568 ปริญญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขา วิชาการจัดการสารสนเทศ
และนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปณ ภัโต ชีเว