การออกแบบแบบจำลองปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

นางสาวสุนิศา ผ้าเจริญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Design of spatial data model for building space

Miss Sunisa Phacharoen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Survey Engineering

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบแบบจำลองปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร
โดย	นางสาวสุนิศา ผ้าเจริญ
สาขาวิชา	วิศวกรรมสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.กรวิก ตนักษรานนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร.กรวิก ตนักษรานนท์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา นาคะภากร)

สุนิศา ผ้าเจริญ : การออกแบบแบบจำลองปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร (Design of spatial data model for building space) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ดร.กรวิก ตนักษรานนท์, 76 หน้า.

จากข้อจำกัดของ GIS ในปัจจุบันที่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์แบบเป็นส่วนประกอบของกันและกันได้โดยตรง งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการใช้แนวความคิดเชิงวัตถุ เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร เพื่อพัฒนาเป็นแบบจำลองปริภูมิของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของ JSON โดยใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB และพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยแสดงผลและจัดการข้อมูลปริภูมิของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

ผลการศึกษา พบว่าแนวคิดเชิงวัตถุสามารถอธิบายอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ได้อย่างตรงไปตรงมา และระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อจัดการกับข้อมูลทาง GIS ได้ แต่เนื่องจากเป็นฐานข้อมูลแบบไม่มีโครงสร้างการจัดการข้อมูลจึงไม่สามารถจัดการผ่านซอฟแวร์ GIS ทั่วไปได้ งานวิจัยจึงจำเป็นต้องพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ เพื่อเป็นเครื่องมือในการจัดการข้อมูล เพื่อพิสูจน์การนำแบบจำลองที่ออกแบบสู่การใช้งานจริง

งานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า การออกแบบการจัดเก็บข้อมูล GIS โดยแนวความคิดเชิงวัตถุ โดยจัดเก็บในระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB เป็นทางออกหนึ่งในการจัดการกับข้อมูลที่มีความซับซ้อนและเป็นลำดับขั้น โดยผู้นำแบบจำลองไปใช้สามารถเลือกรูปแบบของแบบจำลองให้เหมาะสมกับข้อมูลของตนเองได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5670436421 : MAJOR SURVEY ENGINEERING
KEYWORDS: GEOSPATIAL / DATA MODEL / OBJECT-ORIENTED DESIGN

SUNISA PHACHAROEN: Design of spatial data model for building space. ADVISOR: ASST. PROF.SANPHET CHUNITHIPAISAN, Ph.D., CO-ADVISOR: GARAVIG TANAKSARANOND, Ph.D., 76 pp.

Due to the limitation of GIS, which unable to completely illustrate the relationship of objects on earth, this research aims to study object-oriented concept to apply with spatial data and create a spatial data model for building space. The model is used to explain the relationship between buildings, floors and useful space inside the buildings. Spatial data is stored in JSON format and managed by using MongoDB. Afterward, a web application is designed to help users display and manage spatial data.

The result shows that object-oriented concept can be used to explain the relationship of objects directly while MongoDB can also be applied to manage GIS data. According to MangoDB which is a non-structured database, the data is easily organized in common GIS software. Therefore, a web application is developed for users to manage spatial data by using the created model.

In conclusion, the design of spatial data collection using an object-oriented concept on MongoDB is one option to manage complicated and hierarchical spatial data which users are able to design form of model that suits to data.

Department:	Survey Engineering	Student's Signature .....
Field of Study:	Survey Engineering	Advisor's Signature .....
Academic Year:	2016	Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยการให้ความสนับสนุนและให้โอกาสจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งให้แนวคิด ให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหา ร่วมด้วย อาจารย์ดร.กรวิก ตนักษรานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์ และรองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา นาคะภากร ที่ให้คำแนะนำและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ ภาควิชาวิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ ทั้งทางด้านวิชาการ และการทำงานแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา น้องชาย น้าสาว คุณยาย และคุณตา กลุ่มเพื่อนมหิดล กลุ่มเพื่อนสุวรรณาราม ที่คอยให้การสนับสนุน และเป็นกำลังให้แก่ข้าพเจ้าเสมอมา

ขอบคุณเธอ ที่คอยสนับสนุน คอยรับส่ง และเป็นกำลังใจให้กันเสมอมา นับตั้งแต่วันที่มาสอบเข้าศึกษา จนถึงวันสำเร็จการศึกษา

ขอบคุณ บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ที่มอบทุนการศึกษาให้ข้าพเจ้ามาศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาเพื่อนำความรู้ที่ได้ไปใช้พัฒนาการทำงานในหน่วยงาน

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ พี่ น้อง ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ ที่ช่วยแนะแนวการศึกษา การจัดทำวิทยานิพนธ์ และเป็นกำลังใจให้กันเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

สารบัญตาราง ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 แบบจำลองของข้อมูล (Data Model) 5

2.2 ระบบฐานข้อมูลแบบ NoSQL (Not Only SQL) 13

2.3 ระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB 14

2.4 JSON (JavaScript Object Notation) 15

2.5 โอเพนเลเยอร์ (OpenLayers) 16

2.6 ภาษา PHP (PHP: Hypertext Preprocessor) 16

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

2.7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองของข้อมูล 17

2.7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการฐานข้อมูลและการนำไปใช้ 19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

บทที่ 3 ขั้นตอนการออกแบบแบบจำลองข้อมูลและการพัฒนา Web Application 23
3.1 การออกแบบแบบจำลองข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร 23
3.1.1 กระบวนการศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง อาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร 24
3.1.2 กระบวนการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร 25
3.1.3 กระบวนการออกแบบแบบจำลองข้อมูลปริภูมิข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารโดยใช้แนวความคิดเชิงวัตถุ 26
3.2 การออกแบบการจัดเก็บข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร 27
3.3 การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ 31
3.3.1 การทำงานของระบบ 31
3.3.2 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนา 32
3.3.3 การพัฒนาส่วนแสดงผลแผนที่ 32
3.3.4 การพัฒนาส่วนของการสร้างชั้นข้อมูลอาคาร (Create) 32
3.3.5 การพัฒนาการทำงานส่วนของการอ่านข้อมูล (Read) 34
3.3.6 การพัฒนาการทำงานส่วนของการปรับปรุงข้อมูล (Update) 34
3.3.7 การพัฒนาการทำงานส่วนของการลบข้อมูล (Delete) 36
บทที่ 4 การทดสอบการทำงานโปรแกรมประยุกต์ 37
4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ 38
4.1.1 อาคารที่ใช้ทดสอบ 39
4.2 ทดสอบการทำงานส่วนของการแสดงผลแผนที่ (View) 40
4.3 ทดสอบการทำงานส่วนของการสร้างข้อมูล (Create) 40
4.4 ทดสอบการทำงานส่วนของการปรับปรุงข้อมูล (Update) 42
4.5 ทดสอบการทำงานส่วนของการอ่านข้อมูล (Read) 45
4.5.1 การอ่านชุดข้อมูลอาคาร 45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.5.2 การอ่านชุดข้อมูลชั้น 45
4.5.3 การอ่านชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร 46
4.6 ทดสอบการทำงานส่วนของการลบข้อมูล (Delete) 47
4.6.1 การลบชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร 47
4.6.2 การลบชุดข้อมูลชั้น 48
4.6.3 การลบข้อมูลอาคาร 50
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 52
5.1 สรุปผลการวิจัย 52
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย 53
5.3 ข้อเสนอแนะ 53
ภาคผนวก 55
รายการอ้างอิง 73
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 รูปแบบของ Class Diagram 6
รูปที่ 2.2 โครงสร้างแบบจำลองฐานข้อมูลลำดับชั้น (Hierarchical Database Model) 7
รูปที่ 2.3 โครงสร้างแบบจำลองฐานข้อมูลเครือข่าย (Network Database Model) 9
รูปที่ 2.4 โครงสร้างแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Model) 10
รูปที่ 2.5 โครงสร้างแบบจำลองข้อมูลเชิงวัตถุ (Object-Oriented Database Model) (ที่มา : Chunithipaisan, 2009: 25) 12
รูปที่ 2.6 การสร้างคุณสมบัติเชิงวัตถุ ในระบบฐานข้อมูลวัตถุเชิงสัมพันธ์ 13
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างโครงสร้างข้อมูล (ที่มา : MongoDB, 2015: 140) 15
รูปที่ 2.8 การเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบ JSON format 15
รูปที่ 2.9 การแสดงข้อมูลแผนที่โดย OpenLayer 16
รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการทำงาน ของภาษา PHP 16
รูปที่ 2.11 คำสั่งสร้างคลาสใน PHP 17
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำวิจัย 23
รูปที่ 3.2 แผนภาพคลาสแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร 25
รูปที่ 3.3 แบบจำลองข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร 26
รูปที่ 3.4 แสดงการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้ JSON ในรูปแบบ Tree mode 29
รูปที่ 3.5 แสดงการจัดเก็บข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ในระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB 30
รูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการพัฒนาส่วนต่างๆของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ 31
รูปที่ 3.7 รูปแบบการทำงานของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ 32
รูปที่ 3.8 ชุดคำสั่งภาษา PHP สำหรับเชื่อมต่อกับระบบการจัดการฐานข้อมูล 33
รูปที่ 3.9 ชุดคำสั่งในการจัดเก็บข้อมูลค่าพิกัดของอาคารในรูปแบบของGeoJSON 33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3.10 ชุดคำสั่ง PHP สำหรับส่งข้อมูลไปจัดเก็บในระบบการจัดการฐานข้อมูล 34
รูปที่ 3.11 ชุดคำสั่ง PHP ที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลอาคาร 34
รูปที่ 3.12 ชุดคำสั่ง PHP ในการเพิ่มชุดข้อมูลชั้น ในชุดข้อมูลของอาคาร 35
รูปที่ 3.13 เพิ่มชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ในชุดข้อมูลชั้น 36
รูปที่ 3.14 ชุดคำสั่ง PHP สำหรับลบข้อมูลอาคาร 36
รูปที่ 3.15 ชุดคำสั่ง PHP สำหรับลบชุดข้อมูลชั้น 37
รูปที่ 3.16 ชุดคำสั่ง PHP สำหรับลบข้อมูลห้อง 37
รูปที่ 4.1 การแสดงผลของแผนที่ภายในโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ 40
รูปที่ 4.2 ขอบเขตของอาคารที่สร้างโดยใช้โปรแกรมประยุกต์บนเว็บ 41
รูปที่ 4.3 แสดงการจัดเก็บข้อมูลอาคาร ในมุมมองแบบ Tree Mode 41
รูปที่ 4.4 แสดงการจัดเก็บข้อมูลอาคาร ในมุมมองแบบ Text Mode 41
รูปที่ 4.5 การแสดงผลของข้อมูลชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร บนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ .. 42
รูปที่ 4.6 แสดงการจัดเก็บข้อมูลชั้น ในมุมมองแบบ Tree Mode 43
รูปที่ 4.7 แสดงการจัดเก็บชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ในมุมมองแบบ Tree Mode 44
รูปที่ 4.8 การจัดเก็บชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ในมุมมองแบบ Text Mode 44
รูปที่ 4.9 การแสดงผลของข้อมูลอาคาร บนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ 45
รูปที่ 4.10 การแสดงผลของข้อมูลชั้น บนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ 46
รูปที่ 4.11 การแสดงผลของข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร บนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ 46
รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบการแสดงผลของพื้นที่ภายในอาคารบนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ 47
รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบจัดเก็บข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารในระบบการจัดการฐานข้อมูล 48
รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบการแสดงผลของชั้นบนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ 49
รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบจัดเก็บข้อมูลชั้นในระบบการจัดการฐานข้อมูล 49
รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบการแสดงผลของอาคารบนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ 50
รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบจัดเก็บข้อมูลอาคารในระบบการจัดการฐานข้อมูล 51

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 กระบวนการการออกแบบแบบจำลองข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร .. 24
ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลและรายการคุณลักษณะของข้อมูลที่ต้องการจัดเก็บ..... 25
ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของข้อมูลที่ต้องการจัดเก็บ 28
ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลพื้นฐานที่ต้องจัดเตรียมสำหรับใช้ในโปรแกรมประยุกต์ 38
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงข้อมูลของอาคารที่นำมาทดสอบ 39

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) มีแนวคิดในการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) เป็นชั้นข้อมูล (Layer) โดยใช้เรขาคณิต (Geometry) แสดงพิกัดของสิ่งต่างๆบนพื้นโลกในรูปแบบของข้อมูลจุด (Point) เส้น (Line) และรูปปิด (Polygon) และตาราง (Table) เพื่อแสดงข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute) ของข้อมูลเชิงพื้นที่ จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System : RDBMS) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากแบบจำลองเชิงสัมพันธ์ (Relational Model) เป็นแบบจำลองประเภทมีโครงสร้าง (Schema) ซึ่งมีแนวคิดหลัก 2 ข้อคือ ตาราง (Table) และความสัมพันธ์ (Relational) โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตารางโดยใช้ความสัมพันธ์ของข้อมูลในแถวของตาราง (Stanescu et al, 2016) เป็นการจัดเก็บข้อมูลที่มีการกำหนดรูปแบบและโครงสร้างที่แน่นอน และเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย แต่แนวคิดดังกล่าว มีข้อจำกัดในการอธิบายความสัมพันธ์ของวัตถุบางชนิด อาทิ การเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ภายในอาคาร การใช้แนวคิดที่เก็บข้อมูลเป็นชั้นข้อมูลไม่สามารถเก็บได้โดยตรง เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ต่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันและเป็นส่วนประกอบของกันและกัน (Composition) การใช้แนวคิดแบบจำลองเชิงสัมพันธ์สามารถอธิบายได้ แต่จำเป็นต้องใช้ตารางและความสัมพันธ์ระหว่างตารางจำนวนมากมาใช้ในการออกแบบการจัดเก็บข้อมูลเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าว

เนื่องจากความสัมพันธ์แบบเป็นส่วนประกอบของกันและกันระหว่างอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร การจัดเก็บข้อมูลและการบำรุงรักษาข้อมูลจำเป็นต้องใช้เงื่อนไขทางการเขียนโปรแกรมเข้ามาช่วยในการจัดการข้อมูล แบบจำลองที่นำมาอธิบายความสัมพันธ์ในลักษณะดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม ได้แก่ แบบจำลองเชิงวัตถุ (Object – Oriented Model) ซึ่งเกิดจากการรวมกันระหว่าง การเขียนโปรแกรมภาษาเชิงวัตถุ (Object – Oriented Programming Language) และการออกแบบข้อมูล (Data Model) โดยแบบจำลองเชิงวัตถุสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆบนโลก ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงและเป็นธรรมชาติมากกว่า แบบจำลองเชิงสัมพันธ์ซึ่งเป็นที่นิยม (Isoda, 2006) ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นได้แก่ การห่อหุ้มข้อมูล (Encapsulation) โดยกำหนดความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลได้ การสืบทอด (inheritance) โดยสามารถนำสืบทอดคุณสมบัติจากคลาสหลักมาสู่คลาสย่อยได้ และการมีได้หลายรูปแบบ (polymorphism) โดยวัตถุชนิดเดียวกันสามารถเก็บข้อมูล

และตอบสนองต่อวิธีการได้หลายรูปแบบ แต่การนำแบบจำลองเชิงวัตถุมาประยุกต์ใช้ยังถือเป็นเรื่องยาก เนื่องจากผู้ใช้งานจำเป็นต้องมีพื้นฐานทางด้านการเขียนโปรแกรมร่วมด้วย จะเห็นได้ว่าในปัจจุบัน ในงานด้าน GIS ไม่นิยมใช้แนวความคิดเชิงวัตถุมาใช้ เนื่องจากซอฟแวร์ที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน อาทิ ArcGIS, PostGreSQL/PostGIS, หรือ Quamtum GIS ไม่รองรับการใช้งานเพราะแนวคิดเชิงวัตถุไม่มีมาตรฐานการจัดเก็บในเชิงโครงสร้างที่แน่นอน ซึ่งแตกต่างจากแนวคิดแบบจำลองเชิงสัมพันธ์ ซึ่งต้องมีการกำหนดรูปแบบโครงสร้างข้อมูล และชนิดของข้อมูลที่ต้องการจัดเก็บ ในรูปแบบของตารางข้อมูลซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตารางโดยใช้ข้อมูลในแถวของตารางเท่านั้น

ในปัจจุบันมีการพัฒนามาตรฐานของภาษาที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลเชิงวัตถุเรียกว่า JSON (JavaScript Object Notation) ซึ่งเป็นภาษาที่ไม่มีโครงสร้างซับซ้อน สามารถอ่านและเขียนได้ง่าย แสดงในรูปแบบของคู่ของชื่อและค่าของตัวแปร (Name/Value pair) และ ชุดของข้อมูล (List of Value) โดยสนับสนุนการใช้งานร่วมกับจาวาสคริป (JavaScript) ซึ่งเป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (Web Application) ซึ่งเป็นที่นิยมในปัจจุบัน ไม่ต้องผ่านการเปลี่ยนแปลงข้อมูลใดๆ (Barbaglia et al, 2016) และมีรูปแบบการจัดเก็บข้อมูล GeoJSON ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ อาทิ point, line, polygon เพื่อให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในซอฟท์แวร์ GIS ได้ จะเห็นได้ว่า ในบางครั้งรูปแบบของข้อมูลหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่จัดเก็บอาจมีความไม่เหมาะสมที่จะเก็บในรูปแบบของตาราง เพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว จึงมีการสร้างระบบการจัดการฐานข้อมูล NoSQL หรือNot Only SQL ซึ่งจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบที่แตกต่างกับระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์อย่างสิ้นเชิง ซึ่งแก้ปัญหาความไม่สอดคล้องกัน ระหว่างแบบข้อมูลเชิงสัมพันธ์และแบบจำลองข้อมูลเชิงวัตถุ ซึ่งไม่สามารถใช้ภาษา SQL เพื่อสืบค้นข้อมูลได้ โดย ระบบการจัดการฐานข้อมูล NoSQL ถูกพิจารณาว่าเป็นคำตอบที่ดีในการนำมาใช้กับฐานข้อมูลเชิงวัตถุ (Stanescu et al, 2016) ระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB เป็นระบบการจัดการฐานข้อมูล NoSQL ประเภทหนึ่งเก็บข้อมูลเป็นข้อมูลเอกสาร ที่มีโครงสร้างแบบไดนามิค คือ ภายในเอกสารเดียวกัน ไม่จำเป็นต้องเก็บข้อมูลที่มีค่าเหมือนกัน สามารถเก็บข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เป็นลำดับขั้น (hierarchical or nested data relationships) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ในรูปแบบของการเป็นองค์ประกอบซึ่งกันละกันได้ เป็นโครงสร้างแบบต้นไม้ (Tree Structure) ในชุดข้อมูลเดียวกันได้ โดยเก็บข้อมูลในรูปแบบของ JSON ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันจะถูกเก็บไว้ด้วยกัน ในรูปแบบของออบเจ็คต์และสามารถเข้าถึงอย่างรวดเร็วผ่าน MongoDB query language

งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการใช้แนวความคิดเชิงวัตถุ เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ซึ่งมีความสัมพันธ์แบบเป็นองค์ประกอบซึ่งกันและกัน เพื่อพัฒนาเป็นแบบจำลองปริภูมิของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของ JSON

โดยใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB และพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยแสดงผลและจัดการข้อมูลปริภูมิของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (Web Application)

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาและออกแบบแบบจำลองข้อมูลเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยใช้แนวความคิดเชิงวัตถุ

1.2.2 นำแบบจำลองข้อมูลที่ออกแบบมาประยุกต์ใช้กับระบบฐานข้อมูล และพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อเป็นเครื่องมือในการจัดการระบบฐานข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ทั้งในส่วนของข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลคุณลักษณะของพื้นที่

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา

1) ศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์และออกแบบแบบจำลองข้อมูล

- เทคนิคการออกแบบระบบเชิงวัตถุ
- ศึกษาระบบฐานข้อมูลชนิดต่างๆ

2) การออกแบบแบบจำลองข้อมูล

ออกแบบแบบจำลองข้อมูลเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอย ภายในอาคาร

3) ประยุกต์ใช้แบบจำลองร่วมกับระบบการจัดการฐานข้อมูล

นำแบบจำลองที่ทำการออกแบบมาประยุกต์ใช้กับระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB เพื่อใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ของอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

4) พัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

พัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (Web Application) เพื่อเป็นเครื่องมือในการจัดการระบบฐานข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร สนับสนุนการสร้างข้อมูล (Create) การอ่านข้อมูล (Read) การปรับปรุงข้อมูล (Update) และการลบข้อมูล (Delete)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3.2 คำจำกัดความในงานวิจัย

1) อาคาร หมายถึง พื้นที่ทั้งหมดของอาคารที่ตั้งอยู่บนพื้นโลก

2) ชั้น หมายถึง พื้นที่ในแนวราบของอาคารที่แบ่งการใช้ประโยชน์ของอาคารตามแนวความสูง

3) พื้นที่ใช้สอยภายในชั้น หมายถึง พื้นที่ของชั้นภายในอาคารที่ถูกจัดสรรการใช้ประโยชน์ตามแนวราบ และมีการกำหนดการใช้ประโยชน์ในพื้นที่นั้นๆ

1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 กำหนดขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.4.3 ออกแบบแบบจำลองข้อมูลเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

1.4.4 ออกแบบการจัดเก็บข้อมูลข้อมูลปริภูมิของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารโดยใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB

1.4.5 ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (Web Application)

1.4.6 ทดสอบและปรับปรุงการทำงานของ โปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

1.4.7 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

1.4.8 เรียบเรียงและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 แบบจำลองข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อาคาร ชั้นและพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

1.5.2 โปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (Web Application) ซึ่งเป็นเครื่องมือ สำหรับจัดการฐานข้อมูลข้อมูลภูมิปริภูมิของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แบบจำลองของข้อมูล (Data Model)

เป็นแนวทางในการอธิบายแนวคิดของวัตถุ ข้อมูล หรือเหตุการณ์ต่างๆ เพื่อสื่อสารระหว่างผู้ออกแบบฐานข้อมูลและผู้ใช้งานฐานข้อมูล สามารถจำแนกได้ 2 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองเชิงแนวคิด (Conceptual Data Model) และ แบบจำลองเพื่อการนำไปใช้ (Implementation Data Model) (โอภาส เอี่ยมศิริวงศ์, 2551)

2.1.1 แบบจำลองเชิงแนวคิด (Conceptual Data Model)

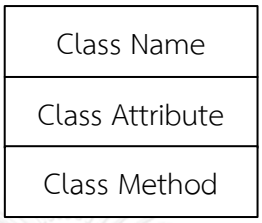
เป็นแผนภาพที่ใช้ในการอธิบายแนวความคิด องค์ประกอบและความสัมพันธ์ภายในฐานข้อมูล เพื่อนำเสนอให้เกิดความเข้าใจระหว่างผู้ออกแบบและผู้ใช้งานฐานข้อมูล โดยไม่ยึดติดกับระบบการจัดการฐานข้อมูลใดๆ สามารถนำปรับเปลี่ยนให้เข้าสอดคล้องกับระบบการจัดการฐานข้อมูลต่างๆภายหลังได้ อาทิ แผนภาพคลาส (Class diagram) หรือ ER Diagram เป็นต้น

1). แผนภาพคลาส (Class diagram)

แผนภาพคลาสเป็นแผนภาพหนึ่งในภาษา UML (Unified Modeling Language) เป็นภาษาที่มีรูปภาพเป็นมาตรฐาน (Standard Visual Modeling Language) ถือกำเนิดขึ้นในปี ค.ศ. 1997 โดยมีแกนนำคือ Rational Software Corporation ภาษา UML มีคุณสมบัติที่สามารถนำเสนอและสนับสนุนหลักการเชิงวัตถุได้อย่างครบถ้วนชัดเจนและไม่ผูกติดกับภาษาโปรแกรมภาษาใดภาษาหนึ่ง (บรรจง หะรังษี และคณะ, 2542)

แผนภาพคลาสเป็นแผนภาพแบบจำลองเชิงโครงสร้าง (Structure Model) โดยเน้นที่โครงสร้างของวัตถุ อันได้แก่ คลาส (Class) คุณลักษณะของคลาส (Attribute) วิธีการของคลาส (Method) และความสัมพันธ์ระหว่างคลาส (Relationship) ในลักษณะของความสัมพันธ์เชิงสถิตย์ (Static Relationship) คือ เป็นความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างคลาสอยู่แล้ว ไม่ใช่ความสัมพันธ์ที่เกิดจากกิจกรรม รูปที่ 2.1 แผนภาพคลาสจะประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

- ชื่อคลาส (Class Name) คือ ส่วนที่แสดงชื่อของแต่ละคลาส
- คุณลักษณะของคลาส (Class Attribute) คือ ส่วนที่แสดงรายละเอียดต่างๆของข้อมูลคุณลักษณะของคลาส
- วิธีการของคลาส (Class Method) คือ ส่วนที่แสดงวิธีการทำงานของคลาส



รูปที่ 2.1 รูปแบบของ Class Diagram

ความสัมพันธ์ระหว่างคลาส (Relationship) จำแนกได้ 4 ลักษณะ ได้แก่

1). Association เป็นความสัมพันธ์ส่วนใหญ่ของคลาสต่าง ๆ ในระบบ ที่ทำงานร่วมกันด้วยความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกัน

2). Aggregation เป็นความสัมพันธ์ระหว่างคลาสแบบ “Whole-Part” หรือ “is part of” โดยจะมีคลาสใหญ่ที่สุดที่เป็นคลาสหลัก และมีคลาสอื่นๆเป็นส่วนประกอบของคลาสหลัก

3). Composition เป็นความสัมพันธ์ระหว่างคลาสแบบขึ้นต่อกันและมีความเกี่ยวข้องกันเสมอ โดยจะมีคลาสย่อยซึ่งเป็นองค์ประกอบของคลาสที่ ใหญ่กว่า เมื่อคลาสใหญ่ถูกทำลายคลาสย่อยที่เป็นองค์ประกอบจะถูกทำลายไปด้วย

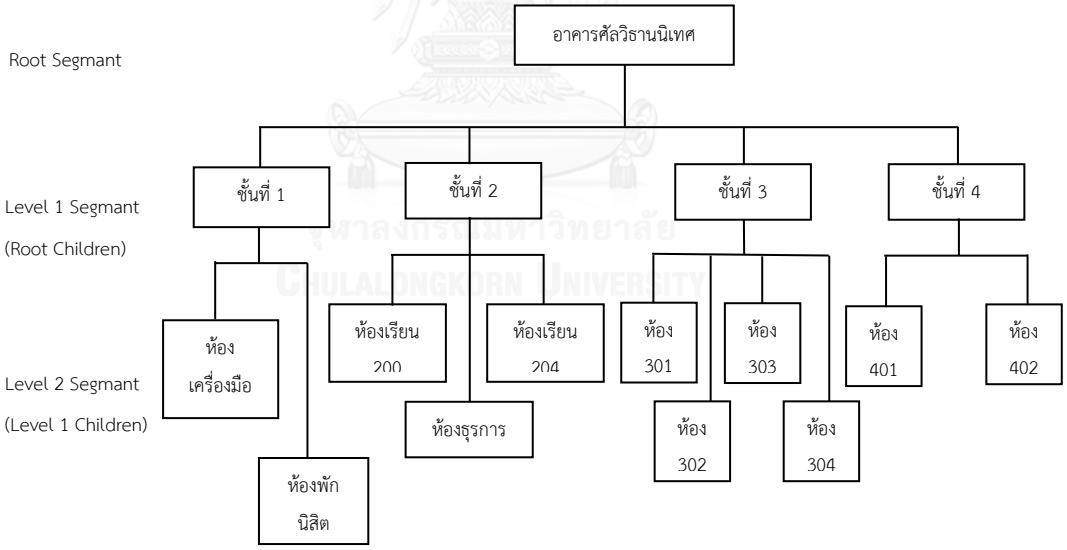
4). Generalization เป็นความสัมพันธ์ระหว่างคลาสในลักษณะของการสืบทอดคุณสมบัติจากคลาสหนึ่ง (Super class) ไปยังอีกคลาสหนึ่ง (Subclass)

2.1.2 แบบจำลองเพื่อการนำไปใช้ (Implementation Data Model)

แบบจำลองที่อธิบายถึงโครงสร้างข้อมูลโดยแสดงถึงรูปแบบที่อิงกับระบบการจัดการฐานข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในการจัดการข้อมูล สามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าแบบจำลองฐานข้อมูลแบบจำลองแต่ละประเภทเหมาะสมกับการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกัน สามารถจำแนกตามคุณสมบัติและ โครงสร้างของแบบจำลองฐานข้อมูลได้ 5 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองฐานข้อมูลลำดับชั้น (Hierarchical Database Model)

มีโครงสร้างแบบบนลงล่าง (Top - Down) หรือโครงสร้างแบบต้นไม้ เก็บข้อมูลเป็นส่วนของข้อมูล (Segment) และมีความสัมพันธ์แบบพ่อแม่-ลูก (Parent-Child Relationship: PCR) ข้อมูลส่วนที่อยู่บนสุดเป็นราก (Root) ทำหน้าที่เป็นระเบียนพ่อแม่ (Parent Record) ของทะเบียนลูก (Child Record) ในลำดับที่ต่ำลงมา โดยแต่ละลำดับมีทะเบียนลูกได้ไม่จำกัด แต่มีทะเบียนพ่อแม่ได้เพียงทะเบียนเดียว การค้นหาข้อมูลต้องทำตามลำดับจากบนลงล่าง และจากซ้ายไปขวา



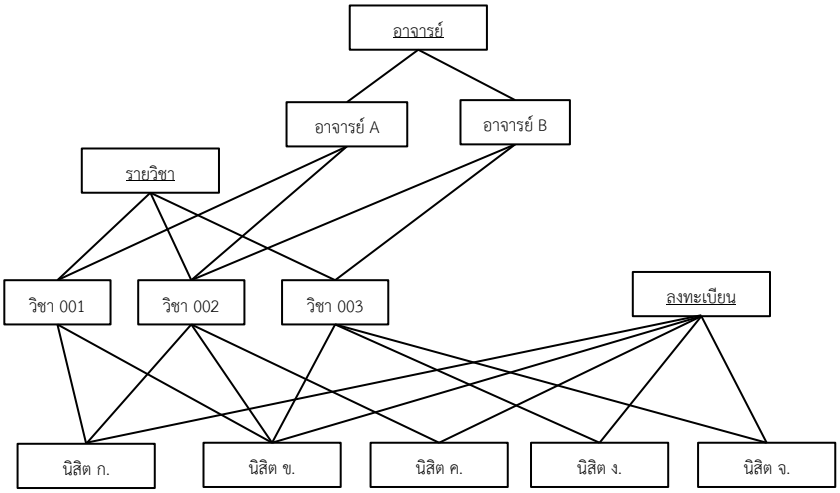
รูปที่ 2.2 โครงสร้างแบบจำลองฐานข้อมูลลำดับชั้น (Hierarchical Database Model)

รูปที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบภายในอาคารศัลวิธานนิเทศ เป็นอาคาร 4 ชั้น แต่ละชั้นประกอบห้องต่างๆ โดยมีอาคารศัลวิธานนิเทศเป็นรากทำหน้าที่เป็นพ่อแม่เชื่อมโยงไปยังระเบียนชั้นที่เป็นระเบียนลูก และระเบียนชั้นเชื่อมโยงไปยังระเบียน

ห้อง ซึ่งเป็นระเบียนลูกของระเบียนชั้นอีกต่อหนึ่ง จะเห็นได้ว่าแบบจำลองฐานข้อมูลลำดับชั้น มีโครงสร้างที่เข้าใจได้ง่าย สามารถความคุมความถูกต้องของข้อมูล (Data Integrity) ผ่านลำดับของระเบียนพ่อแม่และระเบียนลูก แต่เป็นโครงสร้างที่เหมาะกับข้อมูลแบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One-to-Many) ไม่สามารถรองรับความสัมพันธ์แบบกลุ่มต่อกลุ่ม (Many-to-Many) ได้ โครงสร้างมีความยืดหยุ่นน้อย การ เปลี่ยนแปลงโครงสร้างจึงทำได้ยากเนื่องจากต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนของข้อมูล แบบจำลองฐานข้อมูลลำดับชั้นในปัจจุบันไม่มีการกำหนดมาตรฐานและยังไม่ได้รับการยอมรับที่เห็นได้ชัดสำหรับการใช้งานในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เนื่องมาจากข้อจำกัดของจำนวนระเบียนพ่อแม่ยังไม่นำไปสู่การอธิบายปรากฏการทางภูมิศาสตร์อย่างแท้จริง

2) แบบจำลองฐานข้อมูลเครือข่าย (Network Database Model)

มีโครงสร้างที่พัฒนามาจากแบบจำลองฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น แต่ความสัมพันธ์ของข้อมูลภายในโครงสร้างมีความยืดหยุ่นกว่า สามารถมีรูปแบบความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง แบบหนึ่งต่อกลุ่ม หรือแบบกลุ่มต่อกลุ่มได้ มีความสัมพันธ์แบบเซท (Set) โดยมีระเบียนเจ้าของ (Owner Record) และระเบียนสมาชิก (Member Record) โดยระเบียนสมาชิกสามารถเชื่อมโยงกับระเบียนเจ้าของได้มากกว่าหนึ่งระเบียน (กำธรเกียรติ, 2556) (กำธรเกียรติ, 2556) ดังรูปที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบภายในฐานข้อมูล ประกอบด้วยระเบียนอาจารย์ ระเบียนรายวิชา และระเบียนลงทะเบียน ซึ่งเป็นระเบียนเจ้าของ ซึ่งมีระเบียนสมาชิกเป็นชื่ออาจารย์ รหัสรายวิชา และชื่อนิสิตที่ลงทะเบียนเรียนตามลำดับ โดยระเบียนสมาชิกสามารถเชื่อมโยงกับระเบียนอื่นได้ การเข้าถึงข้อมูลสามารถทำได้โดยตรง ไม่จำเป็นต้องเข้าถึงจากบนลงล่าง หรืออ่านตามลำดับจากซ้ายไปขวา แต่หากโครงสร้างข้อมูลมีจำนวนของข้อมูลมาก จะทำให้การค้นหาข้อมูลทำได้ช้า แบบจำลองฐานข้อมูลเครือข่ายสามารถควบคุมความถูกต้องของระเบียนสมาชิกได้ผ่านระเบียนเจ้าของ แต่ในด้านการเปลี่ยนแปลงข้อมูลสามารถทำได้ยากเนื่องจากต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างระเบียนอื่นๆด้วย ทำให้ความยากต่อการนำไปพัฒนาและจัดการเนื่องจากฐานข้อมูลไม่เป็นอิสระต่อกัน และขาดความเป็นมาตรฐานเดียวกัน

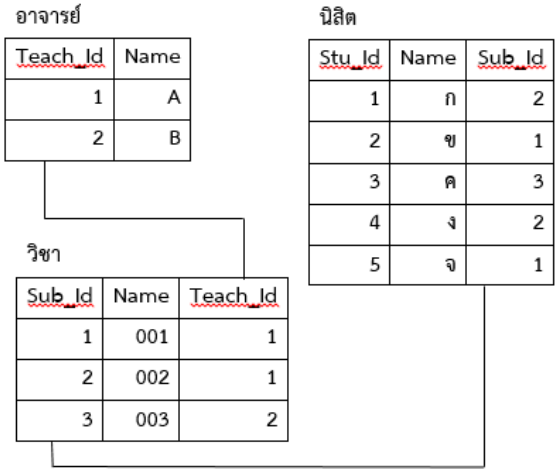


รูปที่ 2.3 โครงสร้างแบบจำลองฐานข้อมูลเครือข่าย (Network Database Model)

3) แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Model)

เป็นแบบจำลองที่แพร่หลายมากที่สุด ออกแบบมาเพื่อจัดการกับข้อมูลจำนวนมากโดยนำเสนอในรูปแบบของตาราง (Table) ซึ่งประกอบไปด้วยแถว (Row) และ สดมภ์ (Column) โดยข้อมูลที่อยู่ในแถวของตารางสามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลในแถวที่อยู่ภายในตารางอื่นๆได้ ตามหลักการของคณิตศาสตร์ที่มี ดร.อี เอฟ คอร์ด (Dr. E.F.Codd) วางรากฐานแนวคิดฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ในช่วงปี ค.ศ. 1969-1970 ซึ่งเป็นแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับเป็นสากลและมีอิทธิพลต่อเทคโนโลยีฐานข้อมูลมาจนถึงปัจจุบัน (กำธรเกียรติ, 2556) แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในการจัดการข้อมูลทางภูมิศาสตร์ เนื่องจากมีความเรียบง่ายในการสร้างและการออกแบบ มีลักษณะการเก็บที่ไม่มีขั้นตอนเนื่องจากไม่ต้องคำนึงถึงลำดับของข้อมูล มีประสิทธิภาพในการเก็บข้อมูลโดยการลดความซ้ำซ้อนจากข้อมูล มีความยืดหยุ่นทางการใช้งาน ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องทราบโครงสร้างภายในฐานข้อมูลที่แท้จริงและมีภาษา SQL (Standard Query Language) ในการกรองข้อมูล โดยที่ภาษา SQL เป็นภาษามาตราฐานบนระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และเป็นระบบเปิด (Open System) คือสามารถใช้งานกับระบบจัดการฐานข้อมูลใดก็ได้ โดยที่คำสั่งงานเดียวกันจะให้ผลลัพธ์ออกมาเหมือนกัน รูปที่ 2.4 แสดง

ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอาจารย์ วิชา และนิสิตที่ลงทะเบียนเรียนในวิชาต่างๆ โดยมีตารางอาจารย์สัมพันธ์กับตารางวิชาที่สอนโดยใช้ข้อมูลแถวภายในสดมภ์ Teach_ID และตารางวิชาที่สัมพันธ์กับตารางนิสิตที่ลงทะเบียนเรียนโดยใช้ข้อมูลแถวภายในสดมภ์ Sub_ID จะสังเกตได้ว่าแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย การออกแบบการจัดเก็บไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงลำดับของข้อมูล และมีโครงสร้างที่ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลโดยการเก็บข้อมูลแยกออกเป็นตารางต่างๆ และสามารถเชื่อมโยงกัน โดยใช้ข้อมูลในแถวของตาราง ทำให้ผู้ใช้ฐานข้อมูลไม่จำเป็นต้องทราบถึงโครงสร้างภายใน แต่ในทางกลับกันความสามารถในการซ่อนรายละเอียดที่ซับซ้อนต่างๆ ทำให้แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ต้องการคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพมาใช้ในการประมวลผล เนื่องจากหากฐานข้อมูลมีขนาดใหญ่ ในแบบจำลองจำเป็นต้องประกอบไปด้วยตารางจำนวนมาก อาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการค้นหาและการเข้าถึงข้อมูลช้าลง



รูปที่ 2.4 โครงสร้างแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Model)

4) แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงวัตถุ (Object-Oriented Database Model)

แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงวัตถุเป็นแบบจำลองที่ถูกประยุกต์ขึ้น เนื่องจากปัญหาของการเก็บข้อมูลที่มีปริมาณมากในแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ทำให้เกิดปัญหาจากวิธีการค้นหาข้อมูลโดยใช้ลำดับของข้อมูล และปัญหาในการจัดการข้อมูลสารสนเทศที่มีความซับซ้อน แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงวัตถุเกิดจากการรวมกันระหว่างโปรแกรมเชิงวัตถุและเทคโนโลยีฐานข้อมูล และถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาของโปรแกรมเชิงวัตถุร่วมกับความเร็วของการออกแบบฐานข้อมูลแบบลำดับชั้นและเครือข่าย (Chunithipaisan, 2009) แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงวัตถุ มีแนวคิดคือ การมองทุกสิ่งทุกอย่างทั้งสิ่งที่จับต้องได้และจับต้องไม่ได้เป็นวัตถุ แบ่งประเภทของวัตถุโดยใช้คลาส (Class) แต่ละคลาสจะประกอบไปด้วย ข้อมูลคุณลักษณะและวิธีการ (Method) ของตัวเอง ซึ่งข้อมูลคุณลักษณะและวิธีการจะถูกสืบทอดไปยังวัตถุภายในคลาสนั้นๆ

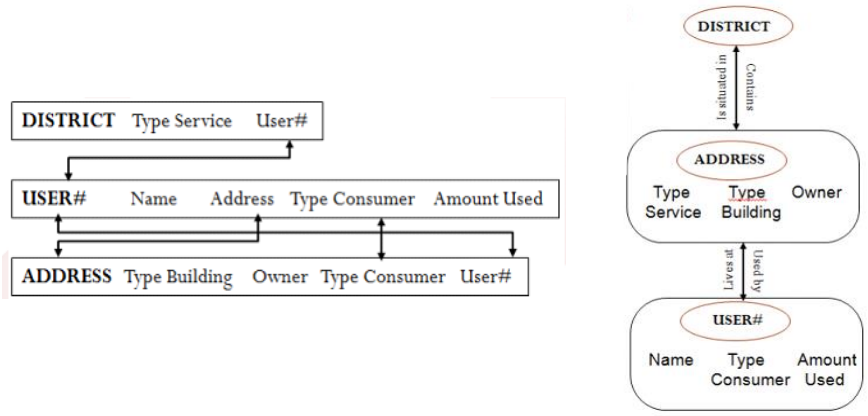
คุณลักษณะเด่นของแนวความคิดเชิงวัตถุ ได้แก่

- การห่อหุ้ม (Encapsulation) การปกปิดข้อมูลคุณลักษณะ และ วิธีการโดยมีการกำหนดความสามารถในการเข้าถึงและมองเห็น (Visibility)

- การสืบทอด (Inheritance) การนิยามคลาสใหม่จากคลาสที่มีอยู่แล้ว โดยคลาสใหม่จะได้รับการสืบทอด คุณสมบัติและวิธีการของคลาสเดิมมาด้วย

- การมีได้หลายรูปแบบ (Polymorphism) ความสามารถในการตอบสนองต่อวิธีการเดียวกัน ด้วยวิธีที่ต่างกันทำให้สามารถกำหนดวัตถุ ได้หลายรูปแบบ

ข้อดีของแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงวัตถุ คือ สามารถอธิบายความซับซ้อนของสิ่งต่างๆบนโลกในด้านของความสัมพันธ์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุต่างๆ สามารถจัดการกับข้อมูล อาทิ ข้อมูลกราฟฟิก วิดีโอ และเสียงได้เป็นอย่างดี มีความคงสภาพของข้อมูลสูงจากคุณสมบัติด้านการสืบทอด แต่มีข้อเสียคือ แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงวัตถุต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญโดยเฉพาะในการปรับปรุงและพัฒนา เนื่องจากต้องมีความเข้าใจในโครงสร้างของข้อมูลภายในระบบฐานข้อมูล และยังไม่มีความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องมาจากแบบจำลองข้อมูลเชิงวัตถุยังไม่มีมาตรฐานรองรับที่ชัดเจนเมื่อเทียบกับแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2551)



รูปที่ 2.5 โครงสร้างแบบจำลองข้อมูลเชิงวัตถุ (Object-Oriented Database Model)
(ที่มา : Chunithipaisan, 2009: 25)

แสดงการเปรียบเทียบโครงสร้างระหว่างแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และโครงสร้างแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงวัตถุ ดังรูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเขต (District) ที่อยู่ (Address) และ ผู้ใช้งาน (User) โดยแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์จะต้องออกแบบตาราง เขต ที่อยู่ และผู้ใช้งาน โดยจัดเก็บข้อมูลคุณลักษณะไว้ภายในสดมภ์ และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตารางโดยใช้ข้อมูลภายในสดมภ์ ส่วนแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงวัตถุ จะต้องออกแบบคลาสที่เป็นตัวแทนของเขต ที่อยู่ และผู้ใช้งาน โดยภายในคลาสจะประกอบไปด้วยข้อมูลคุณลักษณะ และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลาสโดยใช้แผนภาพจำลองปฏิสัมพันธ์และความสัมพันธ์ระหว่างคลาส

5) แบบจำลองฐานข้อมูลวัตถุเชิงสัมพันธ์ (Object-Relational Database Model)

แบบจำลองฐานข้อมูลวัตถุเชิงสัมพันธ์ เป็นแบบจำลองที่อยู่ระหว่างแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ และ แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงวัตถุ โดยนำลักษณะเด่นของแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ได้แก่ การจัดเก็บข้อมูลเป็นตารางที่สามารถอ่านทำความเข้าใจได้ง่าย และความสามารถในการกรองข้อมูลจากตาราง (Query) มารวมกับลักษณะเด่นของแบบจำลองข้อมูลเชิงวัตถุ ได้แก่ การสืบทอด การเป็นได้หลายรูปแบบ เป็นต้น มารวมกัน ทำให้สามารถเก็บข้อมูลเชิงวัตถุลงในตารางได้

```
CREATE TABLE province (
name  text,
population  float,
);

CREATE TABLE district (
Tambol_code  char(2)
) INHERITS (province);
```

รูปที่ 2.6 การสร้างคุณสมบัติเชิงวัตถุ ในระบบฐานข้อมูลวัตถุเชิงสัมพันธ์

ข้อดีของระบบฐานข้อมูลวัตถุเชิงสัมพันธ์ คือลดเวลาในการพัฒนาระบบจากเดิมที่ใช้เพียงระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์อย่างเดียว ระบบฐานข้อมูลวัตถุเชิงสัมพันธ์จะเป็นการเพิ่มเติมส่วนเสริมเพื่อทำให้ระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ สามารถทำงานร่วมกับระบบฐานข้อมูลเชิงวัตถุได้ ทำให้เกิดความยืดหยุ่นและเพิ่มฟังก์ชั่นในการใช้งานมากขึ้น แต่มีข้อเสียคือระบบฐานข้อมูลวัตถุเชิงสัมพันธ์ ทำให้วัตถุที่เก็บอยู่ภายในสูญเสียคุณสมบัติบางอย่างอาทิเช่น การอยู่ได้ด้วยตนเอง เพราะต้องจัดเก็บในรูปแบบของตาราง

2.2 ระบบฐานข้อมูลแบบ NoSQL (Not Only SQL)

เป็นระบบฐานข้อมูลแบบที่ไม่มีโครงสร้างที่ตายตัว (Dynamic Schemas) ถูกพัฒนาขึ้นเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของข้อมูลแบบกึ่งไร้โครงสร้าง (Semi-Unstructured) และแบบไร้โครงสร้าง (Unstructured) ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างของข้อมูล และเกิดปริมาณข้อมูลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (MongoDB, 2015) และเป็นเทคโนโลยีที่ต่างจากการเก็บข้อมูลแบบเชิงสัมพันธ์ (Relational Databases) สามารถจำแนกได้ 4 ประเภทตามรูปแบบของการเก็บข้อมูล (Cattell, 2010) ได้แก่

1) Key-value data stores คือ ฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลโดยการระบุ Key และ Value เป็นการเก็บข้อมูลแบบไม่ซับซ้อน การค้นหาข้อมูลสามารถทำได้โดยการ ระบุ Key และให้ Database ส่งค่า Value กลับมา

2) Column-based databases คือ ฐานข้อมูลที่สามารถเก็บข้อมูลโดยการเพิ่ม Record แล้วยังเพิ่ม Column ได้อีกด้วย เหมาะกับระบบที่ต้องการกระจายข้อมูล และโครงสร้างข้อมูลที่ใหญ่

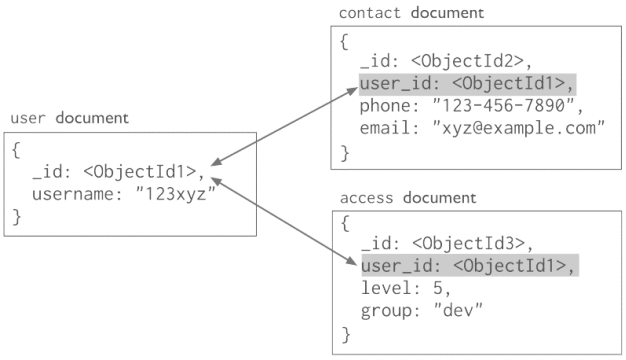
3) Document-based databases คือ ฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลในรูปแบบกลุ่มของเอกสารซึ่งง่ายต่อการแก้ไขโครงสร้างโดยแต่ละเอกสารสามารถมีจำนวนฟิลล์ที่แตกต่างกันได้ ตัวอย่างของฐานข้อมูลที่เป็นลักษณะนี้ได้แก่ Apache, CouchDB และ MongoDB เป็นต้น การเก็บข้อมูลมีรูปแบบที่เข้าใจง่าย และสามารถเก็บข้อมูลได้หลายรูปแบบ อาทิ XML BSON (Binary JSON) และสามารถจัดการกับข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถเรียกใช้ได้ด้วยคำสั่งที่มีความยืดหยุ่น ทำให้สามารถจัดการกับข้อมูลได้หลายรูปแบบ (Amirian. P., 2013)

4) Graph-based data-stores คือ ฐานข้อมูลที่ที่มีความซับซ้อนสูงที่สุด เนื่องจากใช้จัดเก็บข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน ในโดยใช้ Node เป็นตัวแทนของข้อมูล และ Edge เป็นเส้นที่แสดงความสัมพันธ์และทิศทางระหว่างข้อมูล

2.3 ระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB

MongoDB เป็นระบบฐานข้อมูล NoSQL ประเภทหนึ่ง ถูกจัดอยู่ในประเภทของ Document-based databases เป็นฐานข้อมูลรหัสเปิดที่พัฒนาโดย บริษัท MongoDB, Inc. เก็บข้อมูลใน BSON (Binary JSON) format สามารถเก็บข้อมูลที่มีโครงสร้างต่างๆกันได้ โดยข้อมูลที่เกี่ยวข้องจะถูกเก็บไว้ด้วยกัน ในรูปแบบของออบเจ็คต์ และสามารถเข้าถึงอย่างรวดเร็วผ่าน MongoDB query language ที่สนับสนุนการสร้างข้อมูล (Create) การอ่านข้อมูล (Read) การปรับปรุงข้อมูล (Update) และการลบข้อมูล (Delete) หรือเรียกสั้นๆว่า CRUD เก็บข้อมูลในรูปแบบของคอลเล็คชั่น (Collection) โดยใช้โครงสร้างของ JSON ซึ่งภายในบรรจุข้อมูลเอกสารในรูปแบบของออบเจ็คต์ และสามารถเก็บข้อมูลเป็นลำดับขั้น ในรูปแบบของชุดข้อมูล (Array) ได้

การสร้างข้อมูลไม่จำเป็นต้องกำหนดโครงสร้าง ตารางข้อมูล ชนิดของข้อมูล และลักษณะพิเศษอีกหนึ่งข้อของฐานข้อมูล MongoDB คือผู้ใช้ฐานข้อมูลไม่จำเป็นต้องกำหนดดัชนี (Index) หรือคีย์ ของข้อมูลเนื่องจากฐานข้อมูลจะทำการกำหนดให้โดยอัตโนมัติ การเปลี่ยนโครงสร้างของข้อมูล สามารถทำได้โดยการลบหรือเพิ่มชนิดของข้อมูลที่มีอยู่ รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างโครงสร้างข้อมูลภายใน MongoDB ที่จัดเก็บโดยใช้ JSON ในรูปแบบของคู่ของชื่อและค่าของตัวแปร อาทิ username: “123xyz”



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างโครงสร้างข้อมูล
(ที่มา : MongoDB, 2015: 140)

2.4 JSON (JavaScript Object Notation)

รูปแบบการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่มนุษย์สามารถอ่านและเขียนได้ง่าย สามารถเก็บข้อมูลได้ 2 รูปแบบ 1.) คู่ของชื่อและค่าของตัวแปร (Name/Value pair) ได้แก่ record, structure, หรือ object 2.) ชุดของข้อมูล (List of Value) ได้แก่ array list หรือ vector (International, 2013) โดยผู้ใช้งานสามารถเพิ่มชนิดของข้อมูลได้ตามต้องการ นอกจากนี้ JSON ยังสามารถจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่อาทิ point, line, polygon, MultiPoint, MultiLineString, MultiPolygon และ Geometry Collection โดยใช้ GeoJSON format ซึ่งเป็นรูปแบบการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ของ JSON format ประโยชน์ของการใช้รูปแบบข้อมูลในลักษณะนี้ คือสามารถนำมาใช้ในซอฟท์แวร์ GIS ได้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.8 แสดงการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบของ GeoJSON โดยเก็บในอยู่ในชุดของข้อมูล geometry

```
{"type" :
"Feature","properties" :
{"name":"bangkok"},
"geometry": {"type" : "Polygon",
"coordinates":
[[[99.569,12.661],[99.569,15.019],[101.337,15.019],[101.337,
12.661],[99.569,12.661]]]}
```

รูปที่ 2.8 การเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบ JSON format

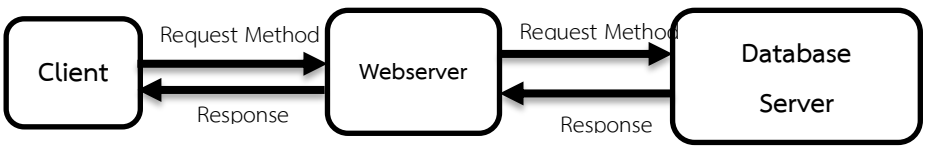
2.5 โอเพนเลเยอร์ (OpenLayers)

โอเพนเลเยอร์เป็นซอฟแวร์รหัสเปิด ควบคุมการแสดงผลแผนที่โดยใช้ชุดคำสั่ง JavaScript สำหรับแสดงข้อมูลแผนที่บนเว็ปไซด์ รองรับมาตรฐาน OGC (Open Geospatial Consortium) ซึ่งเป็นองค์กรความร่วมมือข้อมูลภูมิศาสตร์ระบบเปิด มีบทบาทสำคัญคือเป็นผู้กำหนดมาตรฐานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีระบบเปิด (Open system) ในการประมวลผลข้อมูลภูมิศาสตร์ โดยการร่วมกันพัฒนาข้อกำหนดต่างๆสำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์และฐานข้อมูลซึ่งสามารถติดต่อร่วมกันทำงานได้

รูปที่ 2.9 การแสดงข้อมูลแผนที่โดย OpenLayer

2.6 ภาษา PHP (PHP: Hypertext Preprocessor)

ภาษา PHP เป็น server side scripting language ที่ถูกสร้างขึ้นมาสำหรับงานด้าน Web Application ทำหน้าที่ประมวลผลทางฝั่งเครื่องแม่ข่าย และส่งผลลัพธ์ ไปยังเครื่องลูกข่าย โดยมีลักษณะการทำงาน ดังรูปที่ 2.10 คือ เครื่องลูกข่าย (Client) ส่งคำร้อง (Request) ผ่าน Internet ไปยัง Webserver เพื่อทำการประมวลผลและส่งคำร้อง ต่อไปยัง Database Server/ Script Server เช่น PHP เพื่อตรวจสอบหรือประมวลผลข้อมูล และส่งข้อมูลกลับมายัง Webserver เพื่อส่งต่อข้อมูลมายัง เครื่องลูกข่าย ที่ทำการส่ง request



รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการทำงาน ของภาษา PHP

ข้อดีของภาษา PHP คือ

- สามารถใช้ได้ฟรี
- สามารถทำงานได้กับทุกระบบปฏิบัติการ อาทิ Microsoft และ Linux เป็นต้น
- ใช้ภาษาเขียนที่สามารถเข้าใจได้ง่าย และมีขั้นตอนการเขียนที่ไม่ยุ่งยาก สามารถเขียนโค้ด PHP เข้าไปในภาษา HTML ได้เลย
- สามารถเก็บข้อมูลตัวอักษร รูปภาพ และ ทำงานร่วมกับระบบแฟ้มข้อมูลได้
- สามารถเขียนเป็นโปรแกรมเชิงวัตถุได้

```
<?php
class testClass {
      var $var1;
      var $var2 = "constant
string";
      function myfunction
$arg1,$arg2){
            [..]
      }
      [..]
}
?>
```

รูปที่ 2.11 คำสั่งสร้างคลาสใน PHP

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองของข้อมูล

Codd (1970) ได้นำเสนอแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีความสัมพันธ์ในการจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ ให้สามารถมีการใช้ข้อมูลร่วมกันได้โดยการประยุกต์ใช้หลักการความสัมพันธ์กับข้อมูลที่ได้รับไปยังระบบถามตอบ และ จัดให้มีการอ้างอิงในพื้นที่จัดเก็บข้อมูล โดยใช้ทฤษฎีเซท (Set) ทางคณิตศาสตร์ มาอธิบายการจัดเก็บข้อมูล เนื่องจากการจัดเก็บโดยโครงสร้างฐานข้อมูลแบบเดิม อาทิ การจัดเก็บโดยใช้โครงสร้างฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น หรือ โครงสร้างฐานข้อมูลแบบโครงข่ายนั้น รูปแบบของข้อมูลไม่เป็นอิสระต่อกัน ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการ จัดเก็บและการปรับปรุงข้อมูล รวมไปถึงการสืบค้นและการเข้าถึงข้อมูล โดยแสดงรูปแบบของการจัดเก็บข้อมูลให้สามารถเข้าใจได้ง่ายในรูปแบบ 2 มิติ ที่เรียกว่ารีเลชั่นหรือตาราง ประกอบไปด้วยแถวและสดมภ์ โดยใช้คีย์ (Keys) สำหรับอ้างอิงข้อมูลระหว่างตาราง และใช้พีชคณิตเชิงสัมพันธ์ (The Relation

Algebra) ซึ่งเป็นทฤษฎีทางภาษาสำหรับปฏิบัติการระหว่างข้อมูล ในการจัดการข้อมูลให้เกิดเป็นรีเลชั่นใหม่ โดยรีเลชั่นใหม่ที่เกิดขึ้นจะไม่ส่งผลกระทบต่อรีเลชั่นหลักที่ได้สร้างขึ้นมา ส่งผลให้ผู้ใช้งานระบบฐานข้อมูลสามารถใช้งานระบบฐานข้อมูลร่วมกันได้และช่วยลดความซ้ำซ้อนของการจัดเก็บข้อมูล มีความถูกต้องสูง ทำให้แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เป็นที่นิยมในการนำมาใช้งาน เนื่องจากผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้ง่าย มีความปลอดภัยของข้อมูลสูง เนื่องจากผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทราบถึงโครงสร้างการจัดเก็บภายใน มีความถูกต้องและความมั่นคงน่าเชื่อถือของข้อมูล และมีศักยภาพในการจัดการข้อมูล

Suri and Sharma (2011) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของแบบจำลองข้อมูลเชิงสัมพันธ์ในการเก็บข้อมูลปริมาณมากในด้านต่างๆ ได้แก่

- ประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูล เนื่องจากในระบบฐานข้อมูลขนาดใหญ่จะประกอบไปด้วยตารางจำนวนมาก ทำให้โครงสร้างในการออกแบบเกิดความซับซ้อน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการค้นหาและการเข้าถึงข้อมูลทำได้ช้าลง

- มีค่าใช้จ่ายทางด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สูง เนื่องมาจากความสามารถในด้านการซ่อนการจัดเก็บข้อมูลที่ซับซ้อนจากผู้ใช้งานระบบฐานข้อมูล ยิ่งข้อมูลมีปริมาณมากและมีความซับซ้อนสูงเท่าใด ความต้องการอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและการประมวลผลก็จะเพิ่มขึ้นตามเช่นกัน

- การออกแบบการจัดเก็บที่ง่ายดายส่งผลให้เกิดการออกแบบการจัดเก็บที่ไม่ดี เนื่องจากผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องทราบถึงความซับซ้อนของการเก็บข้อมูลภายในระบบการจัดการฐานข้อมูล และแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์มีความสะดวกและง่ายดายในการสร้างข้อมูลสำหรับผู้ใช้งาน ในฐานข้อมูลขนาดเล็กที่มีปริมาณข้อมูลมีไม่มาก อาจไม่มีความจำเป็นในการคำนึงถึงประสิทธิภาพของข้อมูล แต่หากข้อมูลมีปริมาณมากขึ้นการออกแบบการจัดเก็บข้อมูลที่ไม่ดีจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบการจัดการฐานข้อมูลลดลง และก่อให้เกิดความเสียหายต่อข้อมูลภายในระบบการจัดการฐานข้อมูล

- ประเภทของข้อมูลที่มากขึ้น อาทิ ข้อมูลเชิงพื้นที่ รูปภาพ มัลติมีเดียต่างๆ ทำให้เกิดอุปสรรคในการจัดเก็บข้อมูล นำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองฐานข้อมูลวัตถุเชิงสัมพันธ์เพื่อจัดการกับรูปแบบของข้อมูลที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

- ข้อจำกัดในเชิงโครงสร้าง เนื่องจากแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ จะมีการกำหนดประเภท และ ขนาดของข้อมูลที่จัดเก็บภายในตาราง การกรองข้อมูลโดยใช้ชื่อย่อบางส่วน อาจนำไปสู่การสูญเสียข้อมูลได้

Carrion et al (2009) ได้ออกแบบโปรแกรมประยุกต์ทางสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนการวางแผนและการบริหารที่ของสมาคมเทศบาลท้องถิ่น ในแคว้นลอมบาเดีย ประเทศอิตาลี โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะนำโครงสร้างของข้อมูลเดิมที่มีการจัดเก็บในรูปแบบของ Database Topographic (DBT) ซึ่งเป็นชุดภาพวาดภูมิประเทศ มารวมกับข้อมูลระบบฐานข้อมูลแผนที่ที่มีการสร้างขึ้นมาใหม่ ซึ่งจัดเก็บในรูปแบบของระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยให้คงไว้ซึ่งโครงสร้างของระบบฐานข้อมูลใหม่ โดยให้ความสำคัญกับการออกแบบโครงสร้างข้อมูลในระดับแนวคิด (Conceptual model) ในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล และการออกแบบโครงสร้างข้อมูลในระดับตรรกะ (Logical model) เพื่อให้สอดคล้องกับระบบฐานข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูล โดยแสดงให้เห็นว่าการออกแบบโครงสร้างข้อมูลในระดับแนวคิดและระดับตรรกะ เป็นประเด็นสำคัญของการจัดการปัญหาเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูล

Chen et al (2015) ได้ศึกษาการปรับปรุงระบบบริการการนำทางสำหรับผู้พิการทางสายตา เพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทาง โดยนำแนวความคิดเชิงวัตถุมาออกแบบโครงสร้างข้อมูลระดับแนวความคิด เนื่องจากลักษณะเด่นของแนวความคิดเชิงวัตถุ ได้แก่ การจำแนกสิ่งต่างๆตามความสัมพันธ์ ทำให้สามารถแยกวัตถุต่างๆอาทิ ถนน หรือ อาคารต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการพื้นฐานทางด้านต่างๆของผู้พิการทางสายตา และบันทึกข้อมูลรูปร่างทางเรขาคณิตวัตถุของวัตถุต่างๆเพื่อการวางแผนการใช้เส้นทางที่เหมาะสม พัฒนาโดยใช้ภาษา C# และ NetTopologySuite ซึ่งเป็นภาษาเชิงวัตถุ และจัดเก็บข้อมูลโดยระบบจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL โดยมีพื้นที่ศึกษาภายใน Chinese university of Hong Kong

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแนวคิดเชิงวัตถุ โดยอาศัยเทคนิคการจำแนกวัตถุออกเป็นคลาสต่างๆ และสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลาสของวัตถุที่ทำการจำแนก สามารถจำแนกและแสดงความสัมพันธ์ของวัตถุบนโลกได้ให้เคียงกับความเป็นจริง เพื่อการนำไปใช้วางแผนการใช้เส้นทางที่เหมาะสม

2.7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการฐานข้อมูลและการนำไปใช้

Wassan (2015) ได้นำเสนอวิธีการจัดการข้อมูลเกี่ยวกับการศึกษา อาทิ โมดูลการศึกษาแบบอิเล็กทรอนิคส์ (e-learning) หนังสือ แบบทดสอบ การสมัครเรียน การเก็บข้อมูลผลการศึกษา คะแนนสอบเข้า ข้อมูลการลงทะเบียนเรียน ซึ่งมีปริมาณข้อมูลมาก มีความหลากหลาย ความแตกต่างของข้อมูล และความเร็วของข้อมูลที่ต่างกัน เช่น

ภาพเคลื่อนไหว(VDO) ข้อความ เสียงบรรยาย หรือแผนภาพ เป็นต้น โดยใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB ซึ่งเป็นการจัดเก็บข้อมูลแบบ NOSQL เก็บข้อมูลโดยใช้ JSON ซึ่งเหมาะกับการจัดเก็บข้อมูลการศึกษาเนื่องจาก สามารถขยายขีดความสามารถและมีความยืดหยุ่นต่อโครงสร้างการจัดเก็บ และสนับสนุน CRUD (Create, Read, Update และ Delete) ซึ่งเป็นการจัดการข้อมูลเบื้องต้น โดยทำการเปรียบเทียบกับการ CRUD กับ SQL แบบเดิม เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสามารถของ NOSQL ในการจัดการข้อมูลเกี่ยวกับการศึกษา

จะสังเกตได้ว่าการจัดเก็บโดยใช้ MongoDB สามารถจัดเก็บข้อมูลได้สะดวกกว่า เพราะจำเป็นต้องสร้างตารางและความสัมพันธ์ระหว่างตาราง โดยสามารถสร้างฟิลด์ของข้อมูลที่ต้องการจัดเก็บขึ้นมาได้เลย ส่วนของการค้นหาข้อมูล หากทราบว่าข้อมูลถูกเก็บอยู่ในฟิลล์ที่ใดก็สามารถเรียกขึ้นมาได้เลยเช่นกัน เปรียบเทียบกับการจัดเก็บข้อมูลแบบ SQL การสร้างข้อมูลจำเป็นต้องสร้างตาราง และกำหนดชนิดของข้อมูล และขนาดของข้อมูลในตาราง และความสัมพันธ์ระหว่างตารางขึ้นมาก่อน การค้นหาข้อมูล จำเป็นต้องรู้โครงสร้างของข้อมูลว่าเก็บอยู่ในตารางใด มีความสัมพันธ์ต่อกันแบบใด จึงจะสามารถแสดงออกมาได้ แต่ด้านการบำรุงรักษา การจัดเก็บแบบ NOSQL หากผู้ใช้งานไม่ทราบโครงสร้างของการจัดเก็บ การบำรุงรักษาจะเป็นไปได้ยาก แต่การจัดเก็บแบบ SQL เป็นการจัดเก็บที่มีโครงสร้างเป็นมาตรฐานสามารถบำรุงรักษาได้ง่าย

Agarwal S. and Rajan K. S. (2016) ศึกษาสมรรถนะของระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB และ ระบบการจัดการฐานข้อมูล PostGreSQL/PostGIS ในการตรวจสอบจุดพื้นที่ และจุดตัดถนน เนื่องจากปัจจุบัน ระบบการจัดการฐานข้อมูลแบบ NoSQL ถูกนำมาใช้ในการจัดเก็บและจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ และมีการเข้าถึงข้อมูลเชิงพื้นที่ในหลายรูปแบบมากขึ้น อาทิ การให้บริการแผนที่บนเว็บ หรือการใช้บริการแผนที่บนโทรศัพท์มือถือ โดยประเมินประสิทธิภาพระหว่างระบบการจัดการฐานข้อมูลทั้งสองประเภท จากผลการประเมินพบว่า ฐานข้อมูล NoSQL ระบุข้อมูลได้ดีกว่า สำหรับระบบสืบค้นข้อมูลของผู้ใช้หลายรายพร้อมกันผ่านการให้บริการแผนที่บนเว็บ หรือการใช้บริการแผนที่บนโทรศัพท์มือถือ แต่ยังไม่มีการสนับสนุนการใช้ MongoDB ใน PostGIS แต่สามารถส่งออกผลการค้นหาในรูปแบบของ JSON ได้

Duan M. and Chen G.(2016) ประเมินสมรรถนะการสืบค้นข้อมูลเชิงพื้นที่ของระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB เปรียบเทียบกับ ArcGIS โดยใช้ชุดข้อมูลจุดตัวอย่าง 4 ชุด จำนวน 10,000 , 250,000 , 1,000,000 , และ 4,000,000 จุด ตามลำดับ และทำการสืบค้นข้อมูลผ่าน MongoDB และ ArcGIS พบว่า 1) MongoDB มีประสิทธิภาพในการสืบค้นข้อมูลมากกว่า ArcGIS แต่ความสามารถของการสืบค้นข้อมูลของระบบปฏิบัติการทั้งสอง อยู่ในระดับปกติ 2) MongoDB .ใช้ระยะเวลาเท่าๆกันในการสืบค้นข้อมูล แต่ ArcGIS จะใช้เวลาในการดึงข้อมูลเพิ่มขึ้นจากการดึงข้อมูลที่เพิ่มขึ้น 3) ประสิทธิภาพการสืบค้นข้อมูลของ MongoDB และ ArcGIS ต่างก็มีความคงที่

Meijers et al (2017) ได้วิจัยเรื่องการจัดเก็บข้อมูลระบบรายงานตัวตนอัตโนมัติ (Automatic Identification System : AIS) ระบบการสื่อสารเพื่อแจ้งแสดงตัวระหว่างเรือกับเรือ และ เรือกับฝั่ง เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการควบคุมจราจรทางน้ำ โดยวิเคราะห์การจัดเก็บข้อมูลในระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB และระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL เพื่อวิเคราะห์ว่าระบบการจัดการฐานข้อมูลแบบใดเหมาะสมในการจัดเก็บข้อมูลดังกล่าว เปรียบเทียบในด้านการเก็บข้อมูลพบว่า ระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB และ PostgreSQL เก็บข้อมูลโดยใช้พื้นที่ไม่มาก แต่อย่างไรก็ตามการเก็บข้อมูลในรูปแบบของ JSON ในระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL มีความต้องการการใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลมากกว่า ในด้านการ แสดงข้อมูลตำแหน่งทางภูมิศาสตร์งานวิจัยนี้ แสดงข้อมูลภาพ และจัดการข้อมูลโดยใช้ QUANTUM GIS ผลจากงานวิจัยนี้พบว่า การจัดเก็บโดยใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB สามารถเก็บข้อมูล AIS ได้กระทัดรัด แต่ในขณะเดียวกัน การจัดเก็บข้อมูลโดยใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL ก็สามารถเก็บข้อมูลได้กระทัดรัด และเป็นตัวเลือกที่เป็นไปได้ในการใช้งานมากกว่า เนื่องจากสามารถนำไปใช้กับซอฟแวร์ที่เป็นที่นิยมในท้องตลาดได้

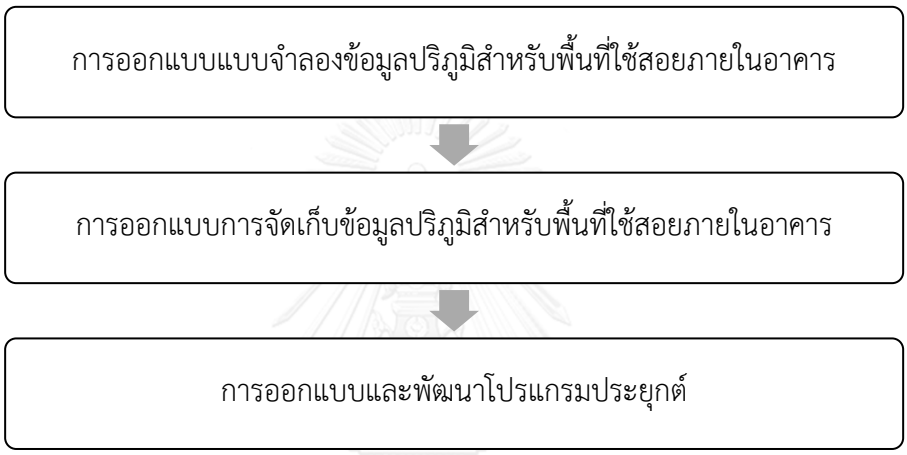
Kalogirou V. and Boehm J. (2017) พัฒนาปลั๊กอินชื่อว่า “Save Layer in MongoDB” ใน QUANTUM GIS เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันกับระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB เพื่อประยุกต์การใช้งานเชิงพื้นที่ โดยประเมินข้อจำกัด และข้อบกพร่องของปลั๊กอินที่มีอยู่เดิมได้แก่ “Mongo Connector” และ “Load MongoDB” อาทิ การไม่สามารถนำเข้าคอลเล็คชั่นบางส่วนจากระบบการจัดการฐานข้อมูล ชั้นข้อมูลที่สร้างไม่อาจคงความสัมพันธ์ตามที่ต้องการ หรือความถูกต้องของจำนวนและชื่อของแอททริบิวส์ เป็นต้น โดยปลั๊กอินที่พัฒนาสามารถเชื่อมต่อและแก้ไข

ข้อจำกัดบางประการของปลั๊กอินเดิมได้ และสามารถเป็นเครื่องมือช่วยในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่าน QUANTUM GIS โดยที่ข้อมูลสามารถจัดเก็บในระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
ขั้นตอนการออกแบบแบบจำลองข้อมูลและการพัฒนา Web Application

เนื้อหาภายในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบแบบจำลองข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารโดยใช้แนวความคิดเชิงวัตถุและการพัฒนา Web Application เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับสนับสนุนการจัดเก็บข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยขั้นตอนการวิจัยซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำวิจัย

3.1 การออกแบบแบบจำลองข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

การออกแบบแบบจำลองข้อมูลเป็นการอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลในเชิงแนวคิด เพื่อแสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ภายในอาคาร ได้แก่ความสัมพันธ์ระหว่าง อาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร เพื่อนำเสนอให้เกิดความเข้าใจระหว่างผู้ออกแบบและผู้ใช้งานฐานข้อมูล สามารถจำแนกกระบวนการการศึกษาและออกแบบออกเป็น 3 กระบวนการพร้อมด้วยวัตถุประสงค์ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กระบวนการการออกแบบแบบจำลองข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

ลำดับที่	กระบวนการ	วัตถุประสงค์
1.	ศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง อาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร	เพื่อออกแบบความสัมพันธ์อาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร
2.	สำรวจข้อมูลพื้นฐานของอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร	เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลคุณลักษณะพื้นฐานของอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร สำหรับจัดเก็บข้อมูลปริภูมิข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร
3.	ออกแบบแบบจำลองข้อมูลปริภูมิข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารโดยใช้แนวความคิดเชิงวัตถุ	เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร พร้อมทั้งข้อมูลคุณลักษณะ ให้ได้มาซึ่งแบบจำลองข้อมูลปริภูมิข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

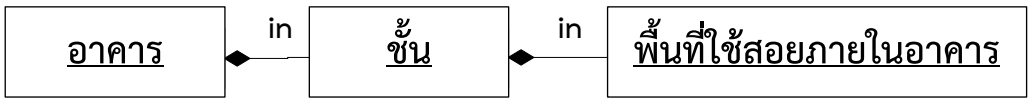
3.1.1 กระบวนการศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง อาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

ในโลกจริงนั้นพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร จะตั้งอยู่ภายในชั้นของอาคาร และชั้นของอาคารจะอยู่ภายในอาคาร จากการวิเคราะห์ดังกล่าว สามารถจำแนกได้ว่าใน อาคารประกอบด้วย 3 ส่วนหลักได้แก่

1) อาคาร หมายถึง พื้นที่ทั้งหมดของอาคารซึ่งเป็นตำแหน่งที่ตั้งอยู่บนผิวโลก
2) ชั้น หมายถึง พื้นที่แนวราบที่แบ่งการใช้ประโยชน์ของอาคารตามแนวความสูง
3) พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร หมายถึง พื้นที่ของชั้นภายในอาคารที่ถูกจัดสรรการใช้ประโยชน์ตามแนวราบ

จะเห็นได้ว่าทั้ง 3 ส่วนที่จำแนกต่างเป็นองค์ประกอบซึ่งกันและกันไม่สามารถแยกจากกันได้ กล่าวคือ อาคารต้องประกอบไปด้วยชั้นและพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร หรือพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารไม่สามารถเกิดขึ้นได้ถ้าไม่มีชั้น ชั้นไม่สามารถเกิดขึ้นได้ถ้าไม่มีอาคาร หากไม่มีอาคารก็จะไม่มีชั้นและพื้นที่ใช้สอยภายในชั้น

สามารถสรุปได้ว่าพื้นที่ใช้สอยจะต้องอยู่ในชั้น และชั้นจะต้องอยู่ภายในอาคารเสมอ สามารถอธิบายโดยใช้แผนภาพคลาส แสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่ภายในอาคาร ดังรูปที่ 3.2 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยใช้ลูกศรแบบหัวทึบแทนความสัมพันธ์ที่แสดงถึงความเป็นส่วนประกอบของกันและกันไม่สามารถแยกออกจากกัน (Composition) โดยอธิบายว่า พื้นที่ใช้สอยอยู่ในชั้น และชั้นอยู่ในอาคาร



รูปที่ 3.2 แผนภาพคลาสแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

3.1.2 กระบวนการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

เป็นกระบวนการเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลพื้นฐานของอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารเพื่อกำหนดเป็นข้อมูลคุณลักษณะของอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร งานวิจัยนี้จัดเก็บข้อมูลโดยไม่เฉพาะเจาะจงถึงประเภทของอาคารและพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ข้อมูลคุณลักษณะที่จัดเก็บจึงเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สามารถใช้ได้กับอาคารทั่วไป ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลและรายการคุณลักษณะของข้อมูลที่ต้องการจัดเก็บ

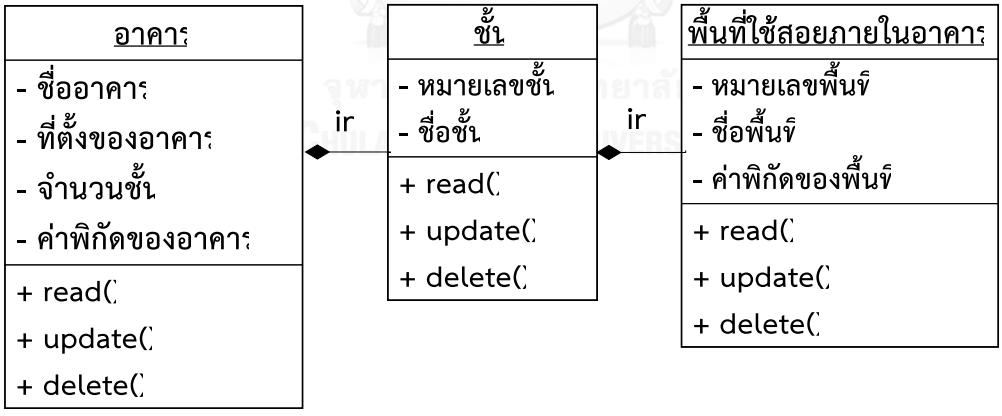
Chulalongkorn University

ข้อมูล	รายการข้อมูลคุณลักษณะ
อาคาร	1.ชื่ออาคาร 2.ที่ตั้งของอาคาร 3.จำนวนชั้นภายในอาคาร 4.ค่าพิกัดของอาคาร
ชั้น	1.ชื่อชั้น 2.จำนวนห้องภายในชั้น
พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร	1.หมายเลขพื้นที่ 2.ชื่อพื้นที่ 3.ค่าพิกัดของพื้นที่

3.1.3 กระบวนการออกแบบแบบจำลองข้อมูลปริภูมิข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารโดยใช้แนวความคิดเชิงวัตถุ

ในการออกแบบแบบจำลองข้อมูลโดยใช้แนวความคิดเชิงวัตถุนั้น สิ่งที่ต้องการจำแนกจะถูกกำหนดให้เป็นวัตถุหรือออบเจ็คต์ซึ่งหุ้มห่อข้อมูลคุณลักษณะและการทำงานที่เกี่ยวกับออบเจ็คต์นั้นๆ จากความสัมพันธ์ระหว่าง อาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงออกแบบแบบจำลองโดยกำหนดให้อาคารหนึ่งๆ ประกอบไปด้วยออบเจ็คต์ 3 ออบเจ็คต์ ได้แก่ ออบเจ็คต์อาคาร ออบเจ็คต์ชั้น และออบเจ็คต์พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ซึ่งมีความสัมพันธ์เป็นองค์ประกอบซึ่งกันและกัน (composition) ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ โดยพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารอยู่ในชั้น ลั้นอยู่ในอาคาร

ออบเจ็คต์ที่มีลักษณะเหมือนกัน อาทิ มีข้อมูลคุณลักษณะเดียวกัน ชนิดข้อมูลเดียวกัน จะถูกกำหนดให้เป็นคลาสออบเจ็คต์เดียวกัน จะแตกต่างกันที่ค่าของข้อมูลคุณลักษณะที่ถูกกำหนดภายในออบเจ็คต์นั้นๆ ดังนั้นออบเจ็คต์ที่มีลักษณะเหมือนกัน จะถูกกำหนดให้มีคลาสต้นแบบ (instance) เดียวกัน ดังนั้น แบบจำลองปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารในงานวิจัยนี้ จึงประกอบไปด้วย คลาสต้นแบบทั้งสิ้น 3 คลาส จากออบเจ็คต์อาคาร ออบเจ็คต์ชั้น และ ออบเจ็คต์พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ได้แก่ คลาสอาคาร คลาสชั้น และคลาสพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ตามลำดับ



รูปที่ 3.3 แบบจำลองข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

รูปที่ 3.3 แผนภาพคลาสแสดงความสัมพันธ์ของแบบจำลองข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ที่ประกอบไปด้วย 3 คลาสได้แก่ คลาสอาคาร คลาสชั้น และคลาสพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ที่มีความสัมพันธ์เป็นส่วนประกอบของกันและกันและมีความเกี่ยวข้องกันเสมอ ในรูปแบบของคลาสหลักที่มีคลาสย่อย

เป็นส่วนประกอบ โดยคลาสอาคารเป็นคลาสหลักประกอบไปด้วยคลาสชั้นซึ่งเป็นคลาสย่อยอยู่ในคลาสอาคารและภายในหนึ่งคลาสอาคารสามารถมีคลาสชั้นได้มากกว่าหนึ่งคลาส และในลำดับขั้นถัดไป คลาสชั้นจะเป็นคลาสหลักประกอบไปด้วยคลาสพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารซึ่งเป็นคลาสย่อยอยู่ภายในคลาสชั้น โดยภายในหนึ่งคลาสชั้นสามารถมีคลาสพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารได้มากกว่าหนึ่งคลาส

จากความสัมพันธ์ระหว่างคลาสทั้งสาม ที่อธิบายข้างต้นแสดงให้เห็นว่า หากคลาสหลักว่าถูกทำลาย คลาสย่อยที่เป็นองค์ประกอบของคลาสหลักก็จะถูกทำลายไปด้วย เช่น หากคลาสชั้นถูกทำลาย คลาสพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารจะถูกทำลายไปด้วย หรือ หากคลาสอาคารถูกทำลาย คลาสชั้นทั้งหมดภายในคลาสอาคารและคลาสพื้นที่ใช้สอยภายในคลาสชั้น ก็จะถูกทำลายเช่นกัน นอกจากนี้แต่ละคลาสจะมีการทำงานคือ สามารถอ่านข้อมูล แก้ไขข้อมูล และลบข้อมูลได้

3.2 การออกแบบการจัดเก็บข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

เป็นกระบวนการออกแบบในระดับกายภาพเพื่อการนำไปใช้เก็บข้อมูลจริงในระบบการจัดการฐานข้อมูล โดยออกแบบการจัดเก็บข้อมูล ให้สอดคล้องกับแบบจำลองข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารที่ได้ทำการออกแบบไว้

งานวิจัยนี้ใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB ซึ่งเป็นระบบการจัดการฐานข้อมูลแบบ NoSQL ประเภท document base เก็บข้อมูลเป็นคอลเล็คชั่น (Collection) โดยใช้โครงสร้างของ JSON ซึ่งภายในบรรจุข้อมูลเอกสารในรูปแบบของออบเจ็คต์ และสามารถเก็บข้อมูลเป็นลำดับขั้น ในรูปแบบของชุดข้อมูล (Array) ได้

แบบจำลองข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารที่ออกแบบโดยใช้แนวคิดเชิงวัตถุเป็นรูปแบบของคลาสหลักซึ่งภายในมีคลาสย่อยเป็นองค์ประกอบ โดยในคลาสอาคาร จะประกอบไปด้วยคลาสชั้น และภายในคลาสชั้นจะประกอบไปด้วยคลาสพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ดังนั้น งานวิจัยนี้จึง ออกแบบการจัดเก็บข้อมูล โดยให้เอกสารหนึ่งๆ ที่ถูกจัดเก็บในคอลเลคชั่นเป็นตัวแทนของข้อมูลอาคารหนึ่งอาคาร และใช้ความสามารถด้านการเก็บข้อมูลเป็นลำดับขั้นในรูปแบบของชุดข้อมูล เป็นตัวแทนของคลาสชั้นภายในคลาสอาคาร และคลาสพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารภายในคลาสชั้นตามลำดับ โดยทำการกำหนดข้อมูลคุณลักษณะที่ต้องการจัดเก็บในเอกสาร ดังตาราง ที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของข้อมูลที่ต้องการจัดเก็บ

ชื่อคลาส	ชื่อข้อมูลคุณลักษณะ	คำอธิบาย
1.คลาสอาคาร	BuildingName	ชื่ออาคารภาษาอังกฤษ
	BuildingNameTH	ชื่ออาคารภาษาไทย
	Address	ที่อยู่
	Description	คำอธิบายอาคาร
	BuildingImage	รูปภาพอาคาร (ไฟล์ภาพ)
	FloorAmount	จำนวนชั้นภายในอาคาร
	Coordinates	พิกัดของอาคาร
	MemberId	ผู้สร้างข้อมูล
	FloorPlan (array)	คลาสชั้น
2.คลาสชั้น	FloorName	ชื่อชั้น
	RoomsAmount	จำนวนห้องทั้งหมดภายในชั้น
	floorPlan	รูปแผนผังชั้น (ไฟล์ภาพ)
	RoomNo	หมายเลขห้อง
	room (array)	คลาสพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร
	RoomName	ชื่อห้อง
3.คลาสพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร	RoomDescription	คำอธิบายห้อง
	ContactorName	ชื่อเจ้าของ/ผู้ดูแล
	RoomContactor	เบอร์สำหรับติดต่อ
	RoomCoordinates	พิกัดของห้อง

การจัดเก็บข้อมูลอาคารในหนึ่งเอกสาร จะมีความสอดคล้องกับแบบจำลองคือ ในการเก็บข้อมูลจำเป็นต้องสร้างข้อมูลของคลาสหลักที่อยู่ชั้นนอกสุดเป็นอันดับแรก คือ ข้อมูลของคลาสอาคาร จึงจะสามารถสร้างข้อมูลของคลาสชั้น และข้อมูลของคลาสพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารได้ตามลำดับ โดยข้อมูลที่จัดเก็บจะยังคงสภาพของความเป็นวัตถุคือ การแก้ไขข้อมูลภายในแต่ละคลาส จะไม่กระทบต่อการจัดเก็บข้อมูลภายในคลาสอื่นๆ

ดังรูปที่ 3.4 แสดงการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้ JSON ในรูปแบบ Tree mode แสดงการจัดเก็บเป็นลำดับขั้นของข้อมูล โดยแสดงการจัดเก็บข้อมูลชั้นเป็นลำดับขั้นภายในข้อมูลอาคาร และจัดเก็บข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารเป็นลำดับขั้นในข้อมูลชั้น และ รูปที่ 3.5 แสดงรูปแบบของข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ที่จัดเก็บในระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB โดยจัดเก็บข้อมูลคลาสอาคารเป็นเอกสารหนึ่งภายในคอลเล็คชั่นโดยไม่จำเป็นต้องกำหนดคีย์ของข้อมูล เนื่องจากระบบการจัดการฐานข้อมูลจะมีการกำหนดคีย์ของข้อมูลในข้อมูลคุณลักษณะที่ชื่อว่า “_id” ให้โดยอัตโนมัติ ภายในคอลเล็คชั่นของข้อมูลประกอบไปด้วยข้อมูลคุณลักษณะต่างๆของคลาสอาคาร และเก็บข้อมูลของคลาสชั้นเป็นชุดข้อมูลหนึ่งในคลาสอาคาร ชื่อว่า “FloorPlan” ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลคุณลักษณะต่างๆของคลาสชั้น และเก็บข้อมูลคลาสพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร เป็นชุดข้อมูลหนึ่งในคลาสชั้น ชื่อว่า “room” ซึ่งภายในประกอบไปด้วยข้อมูลคุณลักษณะต่างๆของคลาสพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร และ

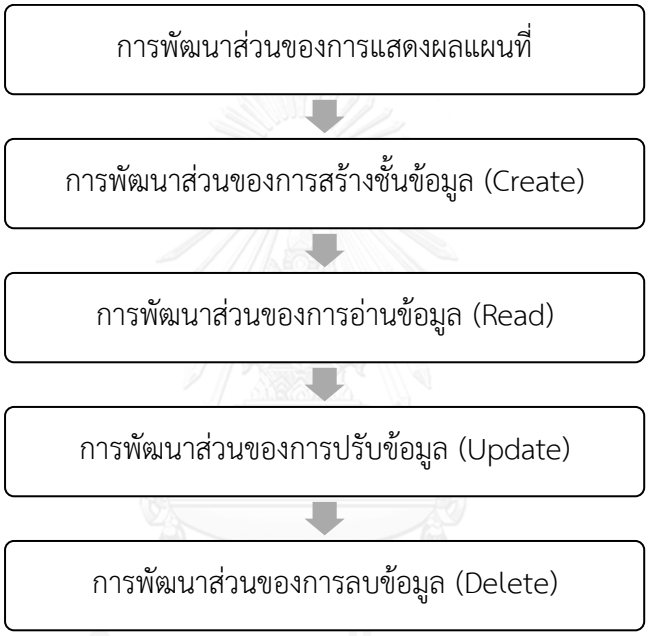
รูปที่ 3.4 แสดงการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้ JSON ในรูปแบบ Tree mode

```
{
    "_id" : ObjectId("591be6a25ff5085c09000047"),
    "BuildingName" : "อาคารศัลวิชานิเทศ",
    "Address" : "จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย",
    "Province" : "10",
    "Amphoe" : "1007",
    "Tambon" : "100702",
    "Description" : "ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ  คณะวิศวกรรมศาสตร์  จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย",
    "BuildingImage" : "../uploads/5885a5855ff508940a000029_170517125858.jpg",
    "FloorAmount" : "4",
    "Coordinates" :
"{\"type\":\"Feature\",\"geometry\":{\"type\":\"Polygon\",\"coordinates\
":[[[11191201.4446753,1543889.5785378644],[11191228.615650197,1543885.696970021
8],[11191226.226993063,1543869.274952226],[11191198.458853882,1543874.052266494
],[11191201.4446753,1543889.5785378644]]]},\"properties\":null}",
    "MemberId" : "5885a5855ff508940a000029",
    "FloorPlan" : [
        {
            "FloorNo" : "2",
            "FloorName" : "2",
            "RoomsAmount" : "6",
            "floorPlan" :
"../uploads/5885a5855ff508940a000029_fl_2_190517120821.JPG",
            "room" : [
                {
                    "RoomNo" : "200",
                    "RoomName" : "ห้องเรียน 200",
                    "RoomDescription" : "ห้องเรียนขนาด 30 ที่นั่ง",
                    "ContactorName" : "เจ้าหน้าที่ธุรการ",
                    "RoomContactor" : "022186651",
                    "RoomCoordinates" :
"{\"type\":\"Feature\",\"geometry\":{\"type\":\"Polygon\",\"coordinates\
":[[[27.832028595730662,1322.8359374999998],[637.3535129707307,1336.75195312499
98],[634.5703098457307,295.8339843749998],[25.048825470730662,318.0996093749998
],[27.832028595730662,1322.8359374999998]]]},\"properties\":null}"
        }
        ]
…
}
```


รูปที่ 3.5 แสดงการจัดเก็บข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ในระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB

3.3 การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์

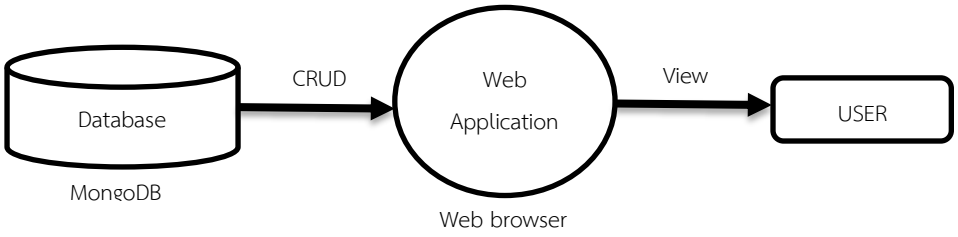
การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับเป็นเครื่องมือสนับสนุนในการจัดเก็บข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยในงานวิจัยนี้ ทำการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (Web Application) เป็นเครื่องมือสนับสนุนจัดการข้อมูลปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร เพื่อรองรับการสร้างข้อมูล อ่านข้อมูล แก้ไขข้อมูล และลบข้อมูล ทั้งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และข้อมูลคุณลักษณะ จัดเก็บและแสดงผลในรูปแบบของชั้นข้อมูล (Layer) โดยการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเว็บที่ทำการออกแบบ สามารถจำแนกเป็นส่วนได้ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการพัฒนาส่วนต่างๆของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

3.3.1 การทำงานของระบบ

การทำงานของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ คือ ผู้ใช้งานสามารถใช้งานบนเว็บเบราเซอร์ (Web Browser) ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (Internet) หรืออินทราเน็ต (Intranet) ในการสื่อสารกับระบบการจัดการฐานข้อมูล ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 รูปแบบการทำงานของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

3.3.2 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนา

1) ภาษา HTML (Hypertext Markup Language) เป็นภาษาหลักที่ใช้ในการสร้างเว็บเพจ
2) ภาษาจาวาสคริป (JavaScript) เป็นภาษาที่ใช้ในการพัฒนาข้อมูลแผนที่ร่วมกับโอเพนเลเยอร์
3) ภาษาพีเอชพี (PHP) เป็นภาษาที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ และ ระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB

3.3.3 การพัฒนาส่วนแสดงผลแผนที่

ในงานวิจัยนี้ใช้โอเพนเลเยอร์ซึ่งเป็นซอฟแวร์รหัสเปิด สำหรับเป็นส่วนแสดงข้อมูลแผนที่บนเว็บเบราเซอร์ ควบคุมการแสดงผลแผนที่โดยใช้ชุดคำสั่งจาวาสคริปโดยการแสดงผลแผนที่ จะแสดงเป็น 2 ส่วนได้แก่

1) แสดงผลแผนที่ฐาน (Base Map) ในโปรแกรมประยุกต์บนเว็บโดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้ Bingmap ซึ่งเป็นผู้ให้บริการแผนที่ทางอากาศ และสามารถเรียกใช้บริการผ่านโอเพนเลเยอร์ได้
2) การแสดงผลของขอบเขตอาคาร ซึ่งผู้ใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนเว็บเป็นผู้สร้างข้อมูล โดยเรียกข้อมูลจากระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB

3.3.4 การพัฒนาส่วนของการสร้างชั้นข้อมูลอาคาร (Create)

โอเพนเลเยอร์มีชุดคำสั่งจาวาสคริปที่ช่วยในการสร้างชั้นข้อมูลอาคาร แต่การจัดเก็บชั้นข้อมูลและข้อมูลคุณลักษณะ จำเป็นต้องใช้ภาษา PHP สำหรับการประมวลผลข้อมูลระหว่างเครื่องลูกข่ายและเครื่องแม่ข่าย โดยเริ่มจากการสร้างคอน

เน็คชั่น ระหว่างโปรแกรมประยุกต์บนเว็บและระบบการจัดการฐานข้อมูลที่ติดตั้งบนเครื่องแม่ข่าย โดยใช้ชุดคำสั่ง ดังรูปที่ 3.8 เพื่อเชื่อมต่อกับระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB

```
<?PHP
$conn = new MongoClient();
$db   = $conn->selectDB('learning');
?>
```

รูปที่ 3.8 ชุดคำสั่งภาษา PHP สำหรับเชื่อมต่อกับระบบการจัดการฐานข้อมูล

การสร้างชั้นข้อมูลอาคารจะประกอบไปด้วยข้อมูล 2 ส่วนได้แก่

1).ข้อมูลพิกัดที่ตั้งของอาคารซึ่งได้มาจากการวาดกรอบอาคารบนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ โดยในงานวิจัยนี้จะกำหนดให้ค่าพิกัดของอาคารจัดเก็บในรูปแบบโพลีกอน (Polygon) เก็บข้อมูลในรูปแบบของ GeoJSON ดังรูปที่ 3.9

```
drawInteraction = new ol.interaction.Draw({
source:vectorSource, type:"Polygon" });
var formatGeoJSON = new ol.format.GeoJSON();
$('input[name="coords"').val(geojson);
```

รูปที่ 3.9 ชุดคำสั่งในการจัดเก็บข้อมูลค่าพิกัดของอาคารในรูปแบบของGeoJSON

2.) ข้อมูลคุณลักษณะของอาคาร ซึ่งได้มาจากการกรอกข้อมูล ลงในฟอร์มของ HTML

โดยข้อมูลทั้ง 2 ส่วนนี้ จะถูกส่งไปยังระบบการจัดการฐานข้อมูล เพื่อนำไปสร้างเป็นข้อมูลเอกสาร โดยเมธอด POST ของ PHP ดังรูปที่ 3.10

```
$data = array(BuildingData);
    $collection->insert($data);
```

รูปที่ 3.10 ชุดคำสั่ง PHP สำหรับส่งข้อมูลไปจัดเก็บในระบบการจัดการฐานข้อมูล

3.3.5 การพัฒนาการทำงานส่วนของการอ่านข้อมูล (Read)

ในส่วนของการอ่านข้อมูลนั้น งานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้แสดงผลจากการที่ผู้ใช้เลือกอาคารที่ต้องการให้แสดงผลข้อมูล และทำการค้นหาข้อมูลของอาคาร โดยใช้ชุดคำสั่ง PHP และใช้ _id ของอาคารในการค้นหาข้อมูล ดังรูปที่ 3.11

```
$collection = $conn->selectCollection($db,"building");
$item = $collection->find(array('_id' => new
MongoId($_REQUEST['id'])));
$b = $collection->find($where);
    $building = array();
    foreach ($b as $key => $value) {
        $building[] = $value["Coordinates"];
        $building['id'][] = $value["_id"];
        $building['name'][] = $value["BuildingName"];
```

รูปที่ 3.11 ชุดคำสั่ง PHP ที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลอาคาร

3.3.6 การพัฒนาการทำงานส่วนของการปรับปรุงข้อมูล (Update)

เนื่องจากการจำเก็บข้อมูลได้ถูกออกแบบมาให้จัดเก็บเป็นลำดับขั้น การเพิ่มชุดข้อมูลชั้นซึ่งเป็นชุดข้อมูลภายในข้อมูลคุณลักษณะของข้อมูลอาคาร และการเพิ่มชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารซึ่งเป็นชุดข้อมูลภายในข้อมูลคุณลักษณะของข้อมูลชั้น จึงถูกจัดอยู่ในส่วนของการปรับปรุงข้อมูล ดังนั้น ในส่วนของการปรับปรุงข้อมูลจะประกอบไปด้วย

- การเพิ่มข้อมูลชั้น
- การเพิ่มข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร
- การแก้ไขปรับปรุงข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลคุณลักษณะของข้อมูลที่ได้ทำการสร้างไว้

1) การเพิ่มข้อมูลชั้น

ข้อมูลชั้นของอาคารจะถูกจัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลไฟล์ภาพแผนผังชั้นของอาคาร และข้อมูลคุณลักษณะของชั้น จัดเก็บในรูปแบบของชุดข้อมูลสามารถ

ทำได้โดยใช้ชุดคำสั่งของ PHP เมธอด POST เพื่อหา _id ของอาคาร และใช้คำสั่ง $push เพื่อเพิ่มชุดข้อมูลชั้น ในชุดข้อมูลของอาคารดังรูปที่ 3.12

```
($method == 'addNewPlan'){
  $target_dir = "../uploads/";
  $arrFloorPlanDetail = array();
  foreach($_POST['floorNo'] as $key => $floorNo){
    if($_POST['floorName'][$key] != ''){
      $floorNo=date('dmyHis').rand();
      $img_name =
$_SESSION['memberId'].'_fl_'.$floorNo.'_'.date('dmyHis');
      $img_type =
explode('.',$_FILES["floorPlan"]["name"][$key]);
      $target_file = $target_dir .
$img_name.'.'.$img_type[1];

move_uploaded_file($_FILES["floorPlan"]["tmp_name"][$key],
$target_file);
      $arrFloorPlanDetail['FloorNo']=$floorNo;

$arrFloorPlanDetail['FloorName']=$_POST['floorName'][$key];

$arrFloorPlanDetail['RoomsAmount']=$_POST['roomsAmount'][$ke
y];
      $arrFloorPlanDetail['floorPlan']=$target_file;

      $collection->update(array('_id'=>new
MongoId($_POST["building"])),
      array('$push' =>
array("FloorPlan"=>$arrFloorPlanDetail)));
```

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3.12 ชุดคำสั่ง PHP ในการเพิ่มชุดข้อมูลชั้น ในชุดข้อมูลของอาคาร

2) การเพิ่มข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

ข้อมูลชั้นของอาคารจะถูกจัดเก็บในรูปแบบข้อมูล Geometry และข้อมูลคุณลักษณะของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร จัดเก็บในรูปแบบของชุดข้อมูล ซึ่งอยู่ภายใต้ชุดข้อมูลชั้นอีกชั้นหนึ่ง สามารถทำได้โดยใช้ชุดคำสั่งของ PHP เมธอด POST เพื่อหา _id ของอาคาร และใช้คำสั่ง Update เพื่อปรับปรุงข้อมูลในชุดข้อมูลชั้น และใช้คำสั่ง $push เพื่อเพิ่มชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ในชุดข้อมูลชั้น ดังรูปที่ 3.13

```
$data = array('RoomNo' =>$_POST["roomNo"],
      'RoomName' => $_POST["roomName"],
      'RoomDescription' => $_POST["roomDescription"],
       'ContactorName' => $_POST["contactorName"],
       'RoomContactor' => $_POST["roomContactor"],
       'RoomCoordinates' => $_POST["roomCoords"]
        );
 $collection->update(array('_id'=>new MongoId($_POST["buildingId"]),
'FloorPlan.FloorNo'=>$_POST["floorPlanId"]),
    array('$push' => array("FloorPlan.$.room"=>$data)));
```

รูปที่ 3.13 เพิ่มชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ในชุดข้อมูลชั้น

3).การแก้ไขปรับปรุงข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลคุณลักษณะของข้อมูลที่ได้ทำการสร้างไว้

ออกแบบให้ทำการปรับปรุงข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลคุณลักษณะของพื้นที่ และทำการบันทึกกลับเข้าไปในชุดข้อมูลเดิมที่ทำการแก้ไขได้

3.3.7 การพัฒนาการทำงานส่วนของการลบข้อมูล (Delete)

การจัดเก็บข้อมูลเป็นรูปแบบของคลาสใหญ่ซึ่งภายในมีคลาสย่อยเป็นองค์ประกอบ โดยชุดข้อมูลของอาคารจะประกอบไปด้วยชุดข้อมูลชั้นของอาคาร และชุดข้อมูลชั้นของอาคารจะประกอบไปด้วยชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ดังนั้น เมื่อทำการลบชุดข้อมูลที่มีขนาดใหญ่กว่า ชุดข้อมูลย่อยที่อยู่ภายในก็จะถูกลบไปด้วย ดังรูปที่ 3.14 ชุดคำสั่ง PHP เมธอด POST สำหรับลบข้อมูลอาคาร จะทำให้ชุดข้อมูลอาคาร รวมไปถึงชุดข้อมูลชั้นและชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดภายในอาคารถูกลบออกไปด้วย

```
$collection->remove(array("_id"=>new MongoId($_GET["id"])));
```

รูปที่ 3.14 ชุดคำสั่ง PHP สำหรับลบข้อมูลอาคาร

การลบชุดข้อมูลชั้น สามารถทำได้โดยการใช้คำสั่ง Update เพื่อปรับปรุงข้อมูลอาคาร และใช้คำสั่ง $pull เพื่อลบชุดข้อมูลชั้นภายในอาคารที่เลือก โดยการลบชุดข้อมูลชั้นจะทำให้ชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ที่อยู่ภายในชั้นถูกลบ

ออกไปด้วย แต่จะไม่ส่งผลกระทบต่อชุดข้อมูลอาคารซึ่งเป็นชุดข้อมูลที่อยู่ระดับนอกสุด ดังรูปที่ 3.15

```
$collection->update(array('_id'=>new MongoId($_GET["id"])),
      array('$pull' =>
array("FloorPlan"=>array("FloorNo"=>$_GET["floorNo"]))));
```

รูปที่ 3.15 ชุดคำสั่ง PHP สำหรับลบชุดข้อมูลชั้น

การลบชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารซึ่งเป็นชุดข้อมูลที่อยู่ในสุดในการจัดเก็บข้อมูล สามารถทำได้โดยการใช้คำสั่ง Update เพื่อปรับปรุงข้อมูลอาคาร และใช้คำสั่งดอท FloorPlan.FloorNo เพื่อเข้าไปที่ชุดข้อมูลชั้นที่ต้องการปรับปรุงข้อมูล และใช้คำสั่ง $pull เพื่อลบชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยจำทำให้ข้อมูล Geometry และข้อมูลคุณลักษณะของชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารนั้นๆหายไป โดยไม่กระทบต่อชุดข้อมูลอื่นๆภายในเอกสาร ดังรูปที่ 3.16

```
$collection->update(array('_id'=>new
MongoId($_POST["buildingId"]),
'FloorPlan.FloorNo'=>$_POST["floor"]),
array('$pull' =>
array("FloorPlan.$.room"=>array("RoomNo"=>$_POST[
```

Chulalongkorn University

รูปที่ 3.16 ชุดคำสั่ง PHP สำหรับลบข้อมูลห้อง

บทที่ 4
การทดสอบการทำงานโปรแกรมประยุกต์

เนื้อหาในบทนี้ กล่าวถึงการทดสอบการโปรแกรมประยุกต์บนเว็บที่จัดทำขึ้นมาเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการข้อมูลปริภูมิของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยสอบการจัดการข้อมูล

ปริภูมิของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ และตรวจสอบการจัดเก็บข้อมูลภายในระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB ที่ติดตั้งบนเครื่องแม่ข่าย (Server) ว่าสามารถจัดเก็บข้อมูลได้จริง และถูกต้องตามแบบจำลองข้อมูล และถูกต้องตามรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลที่ออกแบบไว้ โดยทดสอบรูปแบบการทำงานหลัก ดังนี้

- ทดสอบการทำงานส่วนของการแสดงผลแผนที่ (View)
- ทดสอบการทำงานส่วนของการสร้างชั้นข้อมูล (Create)
- ทดสอบการทำงานส่วนของการปรับปรุงข้อมูล (Update)
- ทดสอบการทำงานส่วนของการอ่านข้อมูล (Read)
- ทดสอบการทำงานส่วนของการลบข้อมูล (Delete)

การทดสอบการทำงานของโปรแกรมประยุกต์จะทดสอบทั้งส่วนของการแสดงผลบนเว็บบนเครื่องลูกข่าย และตรวจสอบการจัดเก็บข้อมูลในระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB ที่ติดตั้งบนเครื่องแม่ข่าย

4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

ผู้ใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำหรับจัดเก็บข้อมูลปริภูมิของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร จะต้องจัดเตรียมข้อมูลพื้นฐานของอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร อาทิ ไฟล์ภาพแผนผังของชั้น (Floor Plan) และข้อมูลของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารในแต่ละชั้น ดังตารางที่ 4.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลพื้นฐานที่ต้องจัดเตรียมสำหรับใช้ในโปรแกรมประยุกต์

ชุดข้อมูล	รายการข้อมูล	รูปแบบของข้อมูล
1.ชุดข้อมูลอาคาร	ชื่ออาคารภาษาไทยและอังกฤษ	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล

	ที่อยู่ของอาคาร	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	คำอธิบายอาคาร	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	รูปภาพอาคาร	ไฟล์ภาพ นามสกุล.JPG, .PNG
	จำนวนชั้นภายในอาคาร	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
2.ชุดข้อมูลชั้น	หมายเลขชั้น	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	ชื่อชั้น	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	จำนวนห้องทั้งหมดภายในชั้น	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	แผนผังชั้น	ไฟล์ภาพ นามสกุล.JPG, .PNG
3.ชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร	หมายเลขห้อง/หมายเลขพื้นที่	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	ชื่อห้อง/ชื่อพื้นที่	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	คำอธิบายห้อง/พื้นที่	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	ชื่อเจ้าของ/ผู้ดูแลห้อง	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	หมายเลขติดต่อเจ้าของ/ผู้ดูแล	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล

4.1.1 อาคารที่ใช้ทดสอบ

งานวิจัยนี้ ได้นำข้อมูลของห้างสรรพสินค้าสยามพารากอน มาเป็นข้อมูลตัวอย่างในการจัดเก็บข้อมูลโดยห้างสรรพสินค้าสยามพารากอน มีข้อมูลพื้นฐาน ดังตารางที่ 4.2

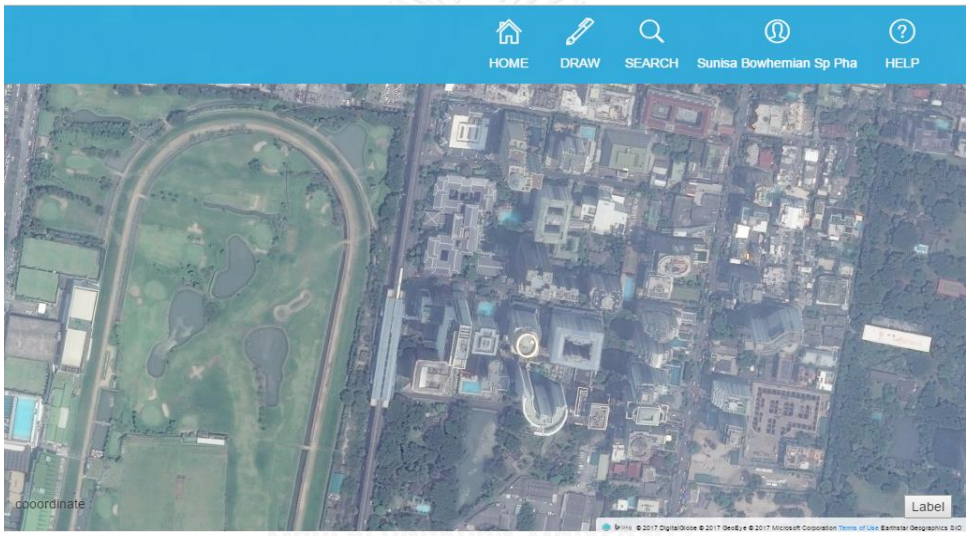
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงข้อมูลของอาคารที่นำมาทดสอบ

รายการข้อมูล	รายละเอียด
ชื่ออาคารภาษาอังกฤษ	Siam Paragon
ชื่ออาคารภาษาไทย	สยามพารากอน

ที่อยู่ของอาคาร	991/1 ถนนพระราม 1 แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กทม 10330 โทรศัพท์: 0-2690-1000
คำอธิบายอาคาร	ศูนย์การค้าสยามพารากอน (Siam Paragon) เป็นศูนย์การค้าขนาดใหญ่ในกลุ่มพลังสยาม บริหารงาน ในนาม บริษัท สยามพารากอน ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด และ บริษัท สยามพารากอน รีเทล จำกัด
รูปภาพอาคาร	Siamparagon.jpg
จำนวนชั้นภายในอาคาร	7

4.2 ทดสอบการทำงานส่วนของการแสดงผลแผนที่ (View)



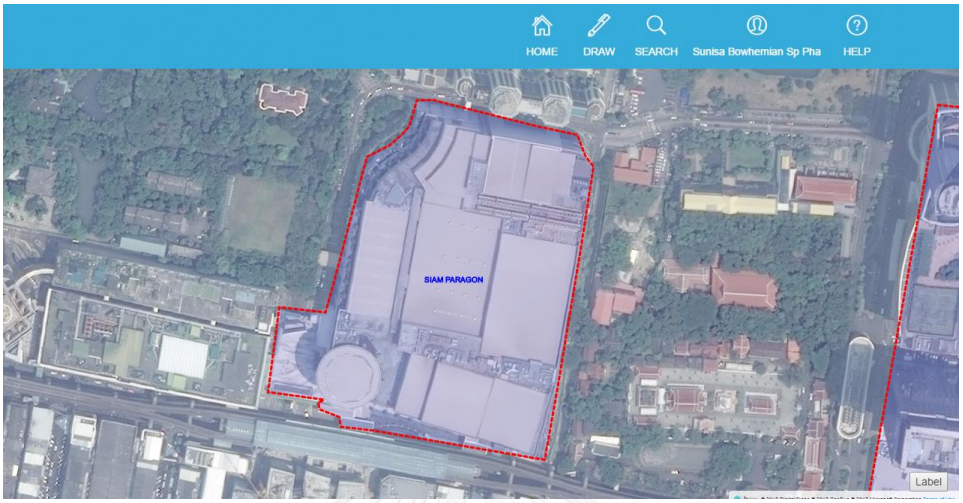
รูปที่ 4.1 การแสดงผลของแผนที่ภายในโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

4.3 ทดสอบการทำงานส่วนของการสร้างข้อมูล (Create)

เป็นขั้นตอนของการสร้างข้อมูลอาคาร ชั้นและพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร เพื่อในระบบการจัดการฐานข้อมูล โดยใช้โปรแกรมประยุกต์บนเว็บเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดเก็บข้อมูลอาคาร โดยการวาดขอบเขตของอาคารเพื่อจัดเก็บเป็นข้อมูลทางภูมิศาสตร์ และกรอกข้อมูลรายละเอียดต่างๆ เพื่อเก็บเป็นข้อมูลคุณลักษณะของอาคารโดย

เมื่อทำการเพิ่มข้อมูลอาคารในโปรแกรมประยุกต์บนเว็บสำเร็จ จะปรากฏข้อมูลของเขตอาคารที่ทำการเพิ่มข้อมูลบนแผนที่ ดังรูปที่ 4.2 และแสดงการจัดเก็บข้อมูลอาคาร ภายในระบบการ

จัดการฐานข้อมูล MongoDB ที่ติดตั้งไว้ที่เครื่องแม่ข่าย โดยสามารถดูข้อมูลสรุปจำนวนฟิลล์ของข้อมูล และรูปแบบข้อมูลในมุมมองแบบ Tree Mode ดังรูปที่ 4.3 และแสดงการจัดเก็บข้อมูลอาคารรูปแบบ JSON ในมุมมองแบบ Text Mode ในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.2 ขอบเขตของอาคารที่สร้างโดยใช้โปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

```
db.getCollection('building').find({})
```

building 0.002 sec. 0

Key	Value	Type
(1) ObjectId("5923dcac5ff508b809000054")	{ 13 fields }	Object
(2) ObjectId("596a3c1f5ff508ac0900003e")	{ 13 fields }	Object
_id	ObjectId("596a3c1f5ff508ac0900003e")	ObjectId
BuildingName	Siam Paragon	String
BuildingNameTH	ศูนย์การค้าสยามพารากอน	String
Address	990/1	String
Province	10	String
Amphoe	1007	String
Tambon	100702	String
Description	ศูนย์การค้าสยามพารากอน (Siam Paragon) เป็นศูนย์การค้าขนาดใหญ่ในกลุ่มพลังสยาม บริหารงาน ในนาม บริษัท ...	String
BuildingImage	../uploads/5885a5855ff508940a000029_150717230031.jpg	String
FloorAmount	6	String
Coordinates	{"type":"Feature","geometry":{"type":"Polygon","coordinates":[[[11191480.021893423,1545304.1114343...	String
MemberId	5885a5855ff508940a000029	String

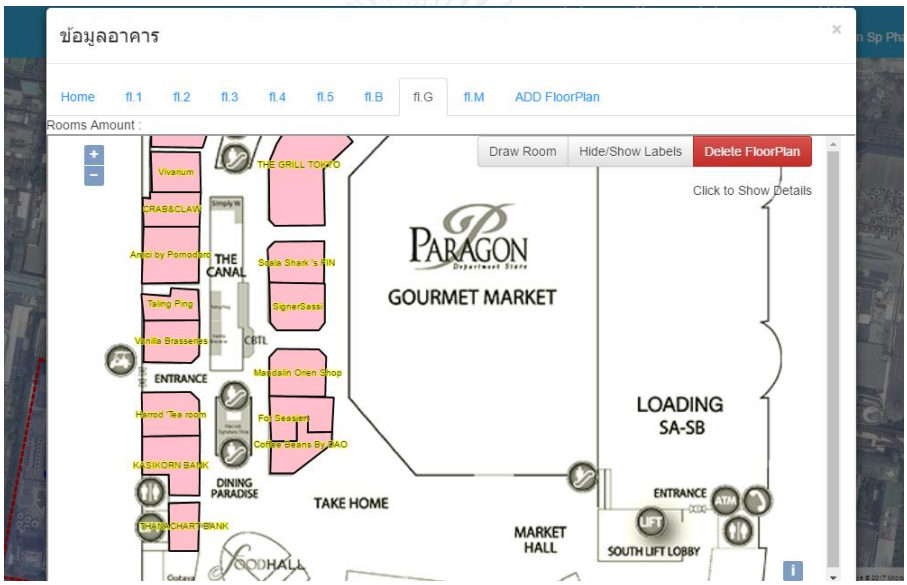
รูปที่ 4.3 แสดงการจัดเก็บข้อมูลอาคาร ในมุมมองแบบ Tree Mode


```
/* 2 */
{
    "_id" : ObjectId("591be6a25ff5085c09000047"),
    "BuildingName" : "อาคารศิลวิธานนิเทศ",
    "Address" : "จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย",
    "Province" : "10",
    "Amphoe" : "1007",
    "Tambon" : "100702",
    "Description" : "ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย",
    "BuildingImage" : "../uploads/5885a5855ff508940a000029_170517125858.jpg",
    "FloorAmount" : "4",
    "Coordinates" : "{\"type\":\"Feature\",\"geometry\":{\"type\":\"Polygon\",\"coordinates\":[[[11191201.4446753,15
    "MemberId" : "5885a5855ff508940a000029",
```


รูปที่ 4.4 แสดงการจัดเก็บข้อมูลอาคาร ในมุมมองแบบ Text Mode

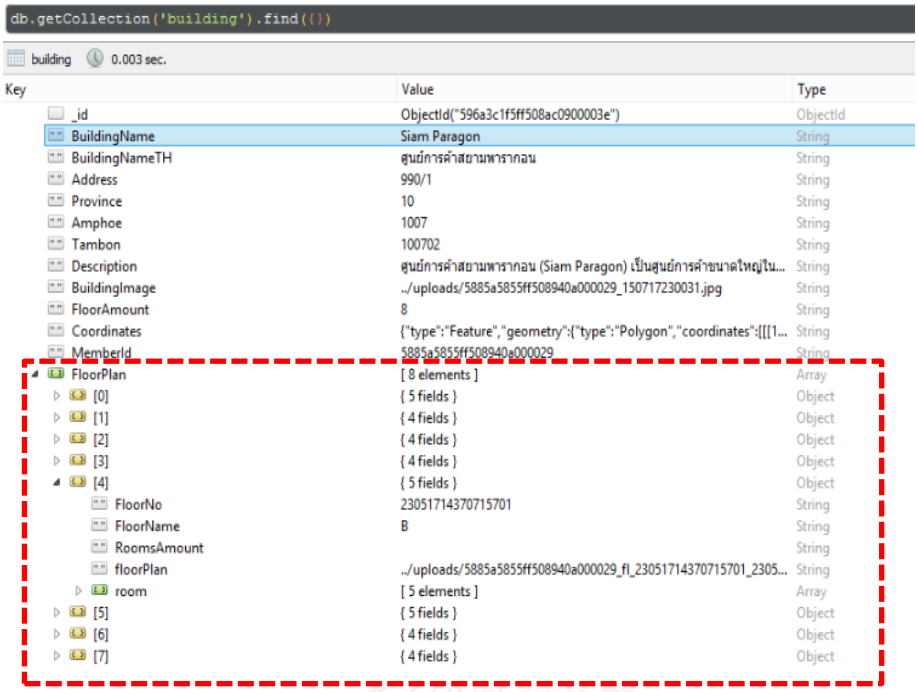
4.4 ทดสอบการทำงานส่วนของการปรับปรุงข้อมูล (Update)

เนื่องจากรูปแบบของการจัดเก็บข้อมูลปริภูมิของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร จะต้องทำการเพิ่มข้อมูลอาคารก่อนเป็นอันดับแรก จึงจะสามารถเพิ่มข้อมูลชั้น และเพิ่มข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารได้ตามลำดับ การเพิ่มข้อมูลชั้น และเพิ่มข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร จึงถูกจัดอยู่ในการทำงานส่วนของการปรับปรุงข้อมูล เมื่อเพิ่มข้อมูลชั้นสำเร็จจะปรากฏแท็บบาร์ที่ระบุชื่อของชั้นและภาพของแผนผังชั้นที่เพิ่มข้อมูล ตามจำนวนของรูปภาพแผนผังชั้นที่ผู้ใช้งานเพิ่มเข้าไป ส่วนข้อมูลองพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร จะปรากฏเป็นขอบเขตของพื้นที่ตามจำนวนของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารที่เพิ่มเข้าไป ดังรูปที่ 4.5



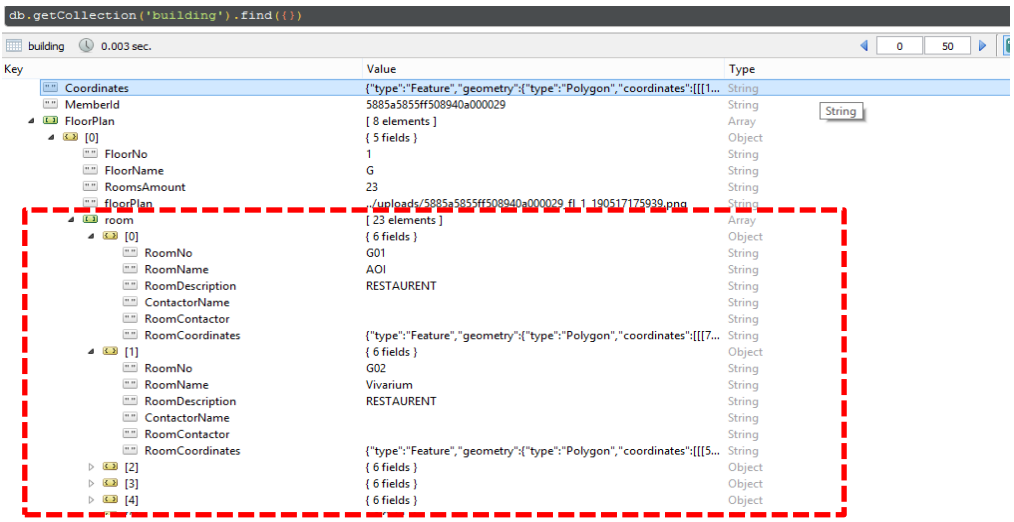
รูปที่ 4.5 การแสดงผลของข้อมูลชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร บนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

การจัดเก็บข้อมูลชั้น ภายในระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB ที่ติดตั้งไว้ที่เครื่องแม่จะจัดเก็บชุดข้อมูลชั้นเป็นลำดับขั้นที่ย่อยลงมา ภายใต้ข้อมูลคุณลักษณะของอาคารที่มีชื่อว่า “Floorplan” โดยเก็บเป็นชุดข้อมูลของชั้น ประกอบไปด้วยชุดข้อมูลชั้นที่ภายในประกอบไปด้วยข้อมูลคุณลักษณะของแต่ละชั้น โดยชุดข้อมูลจะมีจำนวนเท่ากับชุดข้อมูลชั้นที่ทำการเพิ่มเข้าไป โดยสามารถดูข้อมูลสรุปจำนวนฟิลล์ของข้อมูล และรูปแบบข้อมูลในมุมมองแบบ Tree Mode สามารถแสดงดังรูปที่ 4.6

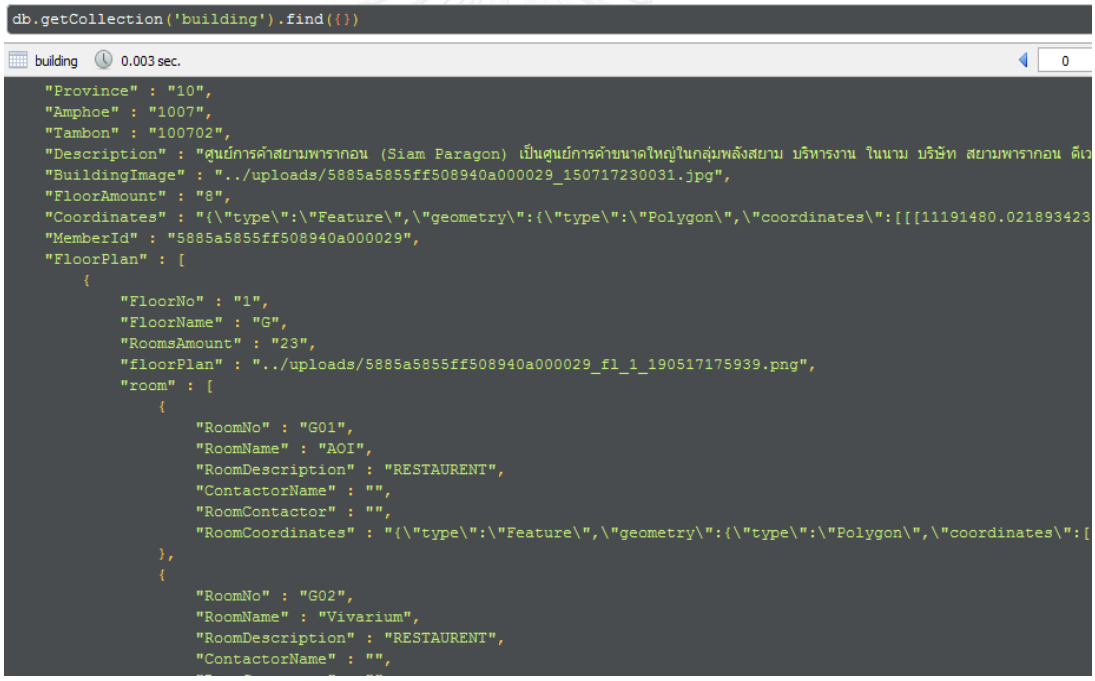


รูปที่ 4.6 แสดงการจัดเก็บข้อมูลชั้น ในมุมมองแบบ Tree Mode

การจัดเก็บข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ภายในระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB ที่ติดตั้งไว้ที่เครื่องแม่จะจัดเก็บชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารเป็นลำดับขั้นที่ย่อยลงมาจากชุดข้อมูลชั้น ภายใต้ข้อมูลคุณลักษณะของอาคารที่มีชื่อว่า “room” โดยเก็บเป็นชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ภายในประกอบไปด้วยข้อมูลคุณลักษณะของแต่พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยชุดข้อมูลจะมีจำนวนเท่ากับชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ที่ทำการเพิ่มเข้าไป โดยสามารถดูข้อมูลสรุปจำนวนฟิลล์ของข้อมูล และรูปแบบข้อมูลในมุมมองแบบ Tree Mode สามารถแสดงดังรูปที่ 4.7 และสามารถแสดงการจัดเก็บข้อมูลชั้นและพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารรูปแบบของ JSON ในมุมมองแบบ Text mode ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 แสดงการจัดเก็บชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ในมุมมองแบบ Tree Mode



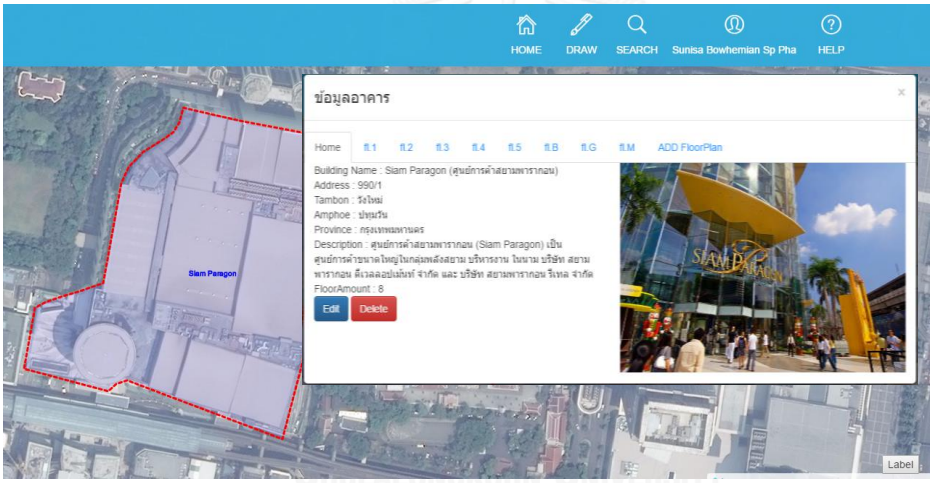
รูปที่ 4.8 การจัดเก็บชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ในมุมมองแบบ Text Mode

4.5 ทดสอบการทำงานส่วนของการอ่านข้อมูล (Read)

เป็นเป็นการทดสอบการแสดงผลของข้อมูลที่ทำการบันทึกลงในระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ ว่าเมื่อทำการบันทึกข้อมูลแล้ว สามารถนำข้อมูลที่บันทึกมาประมวลผลเพื่อนำมาแสดงบนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

4.5.1 การอ่านชุดข้อมูลอาคาร

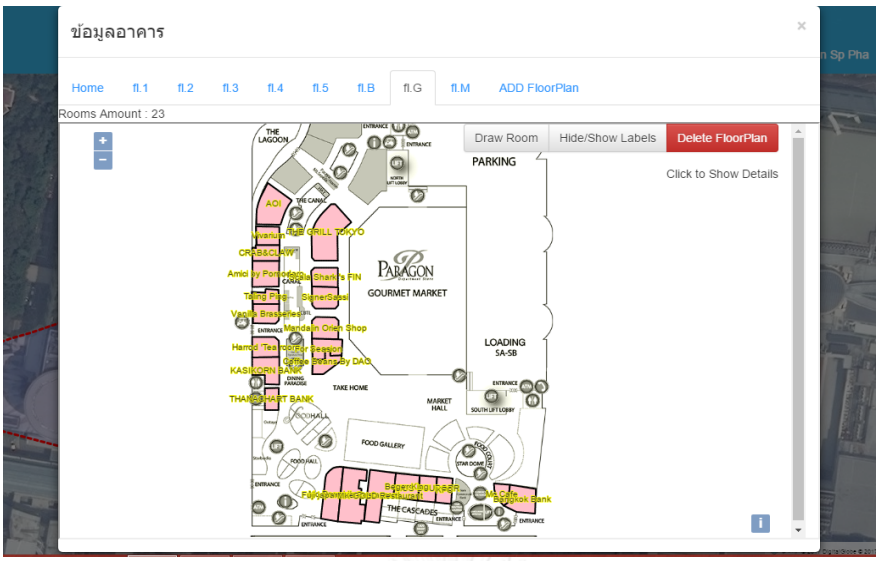
ชุดข้อมูลอาคารจะถูกนำมาแสดงผล 2 รูปแบบได้แก่ ข้อมูลเชิงพื้นที่ของอาคาร ได้แก่ที่ตั้งของอาคาร โดยอ่านจากข้อมูลคุณลักษณะของชุดข้อมูลอาคารที่มีชื่อว่า “Coordinates” และ ข้อมูลคุณลักษณะอื่นๆภายในชุดข้อมูลอาคาร จะผลในรูปแบบของข้อมูลทั่วไปของอาคารในเชิงบรรยาย ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การแสดงผลของข้อมูลอาคาร บนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

4.5.2 การอ่านชุดข้อมูลชั้น

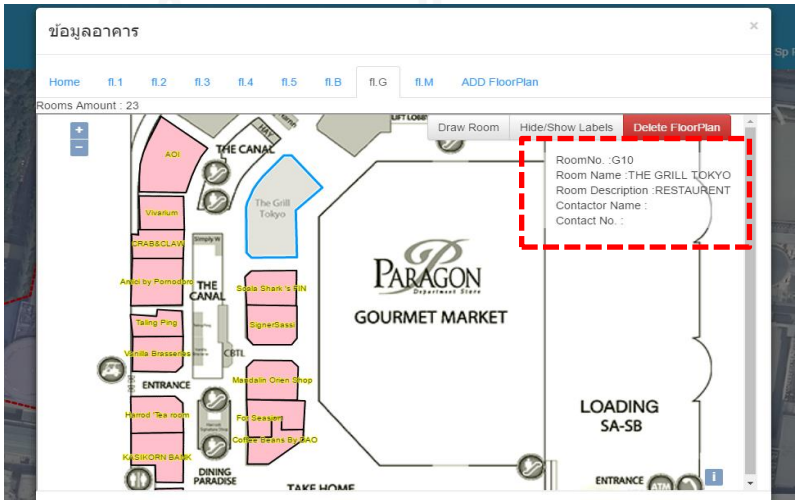
ชุดข้อมูลชั้นจะถูกนำมาแสดงผล 2 รูปแบบได้แก่ ข้อมูลรูปภาพแผนผังชั้น โดยแสดงรูปภาพแผนผังชั้นจากไฟล์รูปภาพ โดยอ่านจากข้อมูลคุณลักษณะของชุดชั้นที่มีชื่อว่า “floorPlan” และ ข้อมูลคุณลักษณะอื่นๆภายในชุดข้อมูลชั้น จะผลในรูปแบบของข้อมูลทั่วไปของอาคารในเชิงบรรยาย ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การแสดงผลของข้อมูลชั้น บนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

4.5.3 การอ่านชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

ชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร จะถูกนำมาแสดงผล 2 รูปแบบได้แก่ ข้อมูลเชิงพื้นที่ของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ได้แก่ตำแหน่งของห้องที่ปรากฏบนชั้น โดยอ่านจากข้อมูลคุณลักษณะของชุดข้อมูลอาคารที่มีชื่อว่า “RoomCoordinates” และเลือกพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารเพื่อแสดง ข้อมูลคุณลักษณะอื่นๆภายในชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร จะผลในรูปแบบของข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ในเชิงบรรยาย ดังรูปที่ 4.11



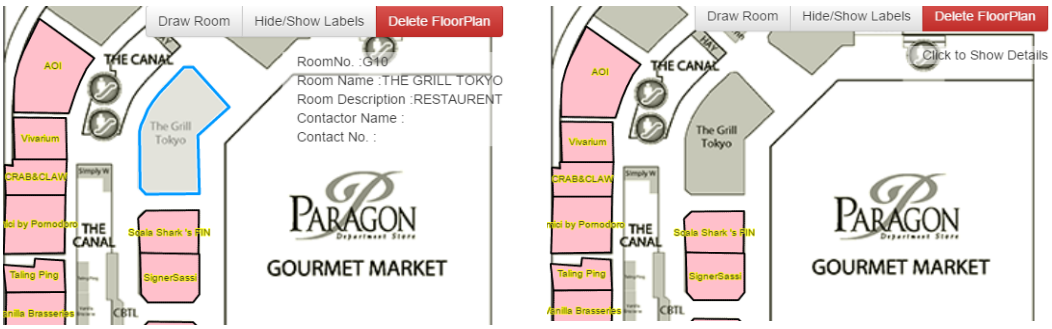
รูปที่ 4.11 การแสดงผลของข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร บนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

4.6 ทดสอบการทำงานส่วนของการลบข้อมูล (Delete)

เนื่องจากข้อมูลภายในฐานข้อมูลปริภูมิข้อมูลอาคารจัดเก็บเป็นลำดับขั้น การลบข้อมูลภายในฐานข้อมูลปริภูมิอาคาร จึงมีความสำพันธ์กันเป็นลำดับขั้นเช่นกัน กล่าวคือหากลบข้อมูลในลำดับขั้นที่ย่อยกว่า จะไม่ส่งผลกระทบต่อข้อมูลของลำดับขั้นที่ใหญ่กว่า แต่การลบข้อมูลในลำดับขั้นที่ใหญ่กว่าจะทำให้ทำให้ลำดับขั้นย่อยที่อยู่ภายในถูกลบออกไปด้วย .ในส่วนของการทดสอบนี้จึงทำการทดสอบการลบข้อมูลในลำดับขั้นที่ย่อยที่สุด ไปจนถึงลำดับขั้นที่ใหญ่ที่สุด ได้แก่ชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ชุดข้อมูลชั้น และชุดข้อมูลอาคาร ตามลำดับ

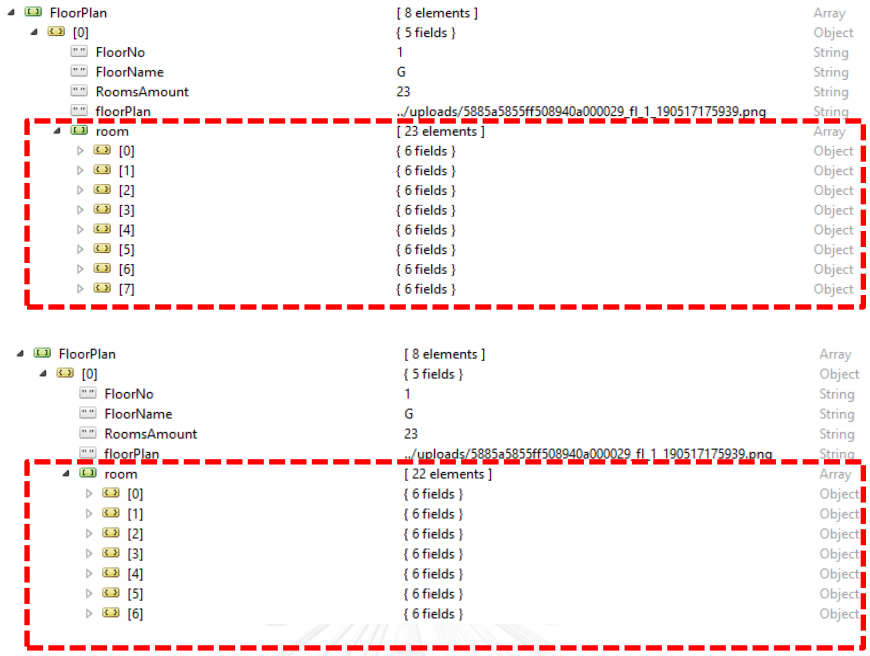
4.6.1 การลบชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

เมื่อทำการลบข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร จะส่งให้การแสดงผลของพื้นที่ภายในอาคาร และชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารของพื้นที่นั้นๆที่จัดเก็บในระบบการจัดการฐานข้อมูลหายไป ดังรูปที่ 4.12 เปรียบเทียบการแสดงผลก่อนและหลังทำการลบพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารบนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บจะพบว่าก่อนทำการลบข้อมูลจะมีการแสดงขอบเขตและข้อมูลคุณลักษณะของพื้นที่ภายในอาคาร หลังทำการลบข้อมูลจะพบว่าการแสดงผลของขอบเขตและข้อมูลคุณลักษณะของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารจะหายไป และเปรียบเทียบระบบการจัดการฐานข้อมูลก่อนและหลังทำการลบพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยก่อนทำการลบจะพบว่ามีจำนวนชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารในชั้นมีทั้งสิ้น 23 ชุดข้อมูล หลังจากทำการลบแล้วทำให้จำนวนชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารในชั้นลดลงเหลือ 22 ชุดข้อมูล ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบการแสดงผลของพื้นที่ภายในอาคารบนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

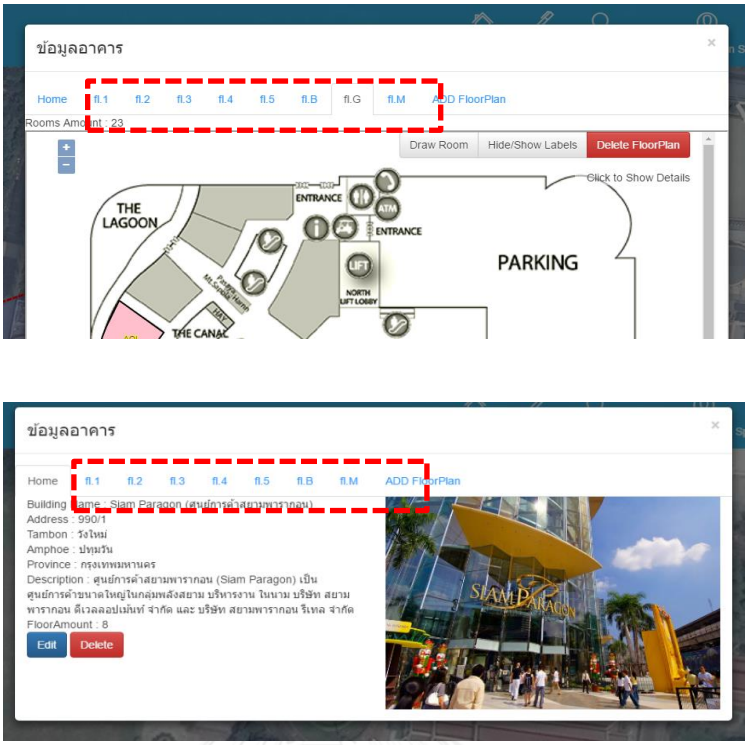
(ซ้าย) การแสดงผลก่อนทำการลบ (ขวา) การแสดงผลหลังจากทำการลบ



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบจัดเก็บข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารในระบบการจัดการฐานข้อมูล (บน) การจัดเก็บข้อมูลก่อนทำการลบ (ล่าง) การจัดเก็บข้อมูลหลังจากทำการลบ

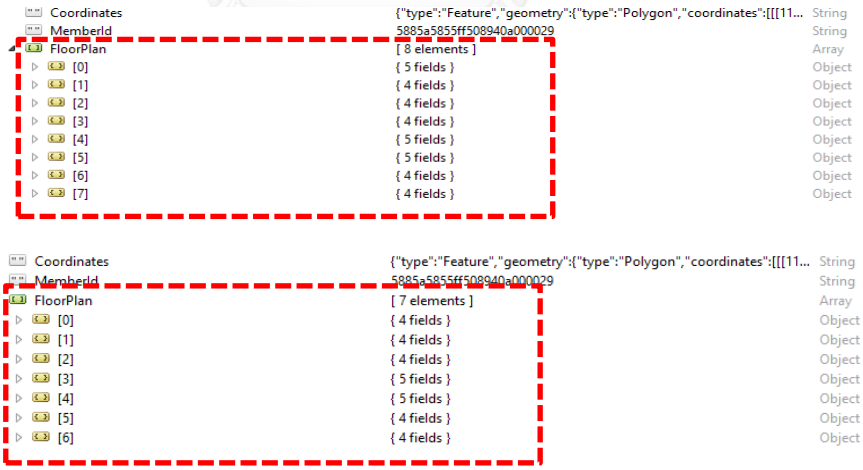
4.6.2 การลบชุดข้อมูลชั้น

เมื่อทำการลบข้อมูลชั้นจะส่งผลกระทบต่อชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารที่จัดเก็บอยู่ภายใต้ชุดข้อมูลชั้นนั้นๆ เนื่องจากมีการจัดเก็บเป็นลำดับขั้น ดังนั้นการลบข้อมูลชั้นจะส่งผลให้ชั้นและชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารของพื้นที่ภายในชั้นหายไปทั้งหมด ดังรูปที่ 4.14 เปรียบเทียบการแสดงผลก่อนและหลังทำการลบชั้นบนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ จะพบว่าก่อนทำการลบข้อมูลจะมีการรูปภาพแผนผังของชั้นตามจำนวนชั้นที่ได้ทำการเพิ่มข้อมูลเข้าไป หลังทำการลบข้อมูลชั้น จะพบว่าการแสดงผลของที่ทำการลบจะหายไป และเปรียบเทียบระบบการจัดการฐานข้อมูลก่อนและหลังทำการลบชั้น โดยก่อนทำการลบชั้น จะพบว่ามีจำนวนชุดข้อมูลชั้นในอาคารทั้งสิ้น 8 ชุดข้อมูล หลังจากทำการลบแล้วทำให้จำนวนชุดข้อมูลชั้นลดลงเหลือ 7 ชุดข้อมูล ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบการแสดงผลของชั้นบนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

(บน) การแสดงผลก่อนทำการลบ (ล่าง) การแสดงผลหลังจากทำการลบ



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบจัดเก็บข้อมูลชั้นในระบบการจัดการฐานข้อมูล

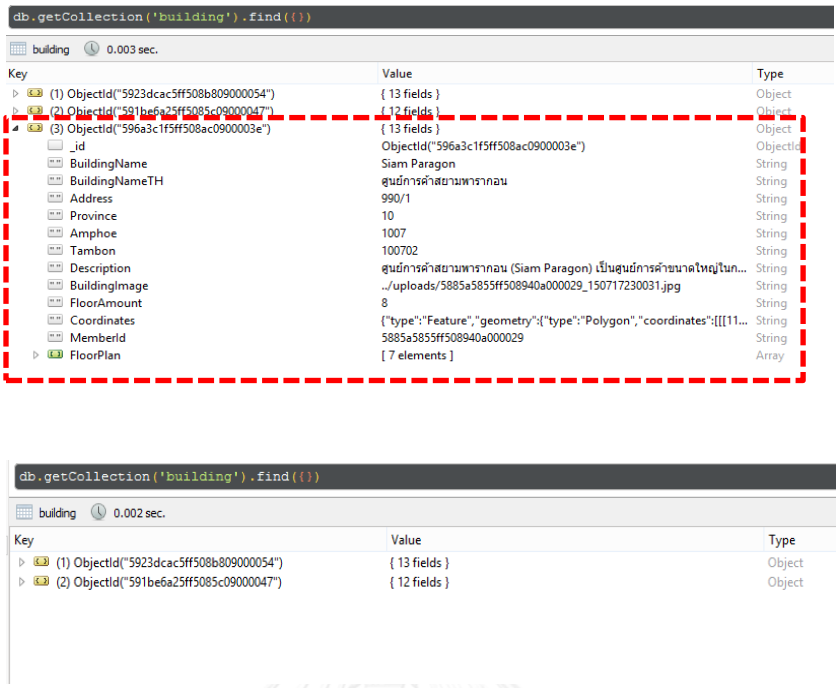
(บน) การจัดเก็บข้อมูลก่อนทำการลบ (ล่าง) การจัดเก็บข้อมูลหลังจากทำการลบ

4.6.3 การลบข้อมูลอาคาร

เมื่อทำการลบข้อมูลอาคาร จะส่งผลกระทบต่อชุดข้อมูลชั้น ที่จัดเก็บอยู่ภายใต้ชุดข้อมูลอาคาร และชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารที่จดเก็บภายใต้ชุดข้อมูลชั้นของอาคารนั้นๆ เนื่องจากมีการจัดเก็บเป็นลำดับขั้น ดังนั้นการลบข้อมูลอาคารจะทำให้ ข้อมูลที่อยู่ภายในอาคารทั้งหมด ได้แก่ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลคุณลักษณะ ของอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ทุกชุดข้อมูลถูกลบออกไปด้วยทั้งหมด ดังรูปที่ 4.16 เปรียบเทียบการแสดงผลก่อนและหลังทำการลบอาคารบนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ จะพบว่าก่อนทำการลบข้อมูลจะมีการแสดงผลของขอบเขตอาคารบนแผนที่ หลังทำการลบข้อมูลอาคาร จะพบว่าการแสดงผลอาคารที่ทำการลบจะหายไป และเปรียบเทียบระบบการจัดการฐานข้อมูลก่อนและหลังทำการลบอาคาร จะพบว่าหลังจากทำการลบอาคารแล้ว ชุดข้อมูลที่จัดเก็บข้อมูลอาคารนั้นๆจะถูกลบออกไปจากระบบการจัดการฐานข้อมูล ดังรูปที่ 4.17

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบการแสดงผลของอาคารบนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ
(บน) การแสดงผลก่อนทำการลบ (ล่าง) การแสดงผลหลังจากทำการลบ



รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบจัดเก็บข้อมูลอาคารในระบบการจัดการฐานข้อมูล

(บน) การจัดเก็บข้อมูลก่อนทำการลบ (ล่าง) การจัดเก็บข้อมูลหลังจากทำการลบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

เนื่องจากแนวคิดในการจัดเก็บข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในปัจจุบันไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์บางอย่างบนโลกได้อย่างตรงไปตรงมา อาทิ ความสัมพันธ์ของ อาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่ การออกแบบแบบจำลองข้อมูลเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยใช้แนวความคิดแบบจำลองเชิงวัตถุ และนำมาประยุกต์ใช้กับระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB และพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยแสดงผลและจัดการข้อมูลปริภูมิของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ สามารถสรุปได้ว่า

การออกแบบแบบจำลองปริภูมิข้อมูลของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารโดยใช้แนวความคิดเชิงวัตถุ สามารถอธิบายความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจริง ในรูปแบบของความสัมพันธ์ที่เป็นองค์ประกอบซึ่งกันและกัน ในลักษณะขององค์ประกอบหลัก ที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อย กล่าวคือ สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของอาคาร ชั้น และ พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ได้ว่าพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารอยู่ในชั้น และชั้นอยู่ภายในอาคาร ซึ่งอาคารต้องประกอบไปด้วยชั้น และชั้นประกอบต้องไปด้วยพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

แบบจำลองปริภูมิข้อมูลของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารที่ทำการออกแบบ สามารถนำมาประยุกต์กับระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB ได้อย่างตรงไปตรงมา เนื่องจากเป็นระบบการจัดการที่มีความยืดหยุ่นสูง สามารถจัดเก็บข้อมูลได้หลายประเภท รวมถึงสามารถเก็บข้อมูลทางภูมิศาสตร์ได้ นอกจากนี้ระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB ยังมีลักษณะเด่นคือสามารถเก็บข้อมูลเป็นลำดับขั้นได้ ซึ่งลักษณะเด่นนี้สามารถนำมาจัดเก็บข้อมูลตามแบบจำลอง ซึ่งอธิบายความสัมพันธ์แบบเป็นองค์ประกอบซึ่งกันและกัน คือ พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารอยู่ในชั้น และชั้นอยู่ภายในอาคารได้

แต่ข้อจำกัดของการนำระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB ไปประยุกต์ใช้ในงานด้าน GIS ในปัจจุบันคือ ยังไม่สามารถดึงข้อมูลที่จัดเก็บภายในระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB ไปใช้งานในซอฟแวร์ที่เป็นที่นิยมในท้องตลาดได้โดยตรง เนื่องจากรูปแบบการจัดเก็บข้อมูล และแนวคิดของระบบการจัดการฐานข้อมูลที่แตกต่างกัน โดยการจัดเก็บในระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB จะมีความยืดหยุ่นสูง และมีรูปแบบที่ไม่แน่นอน เนื่องจากรูปแบบของการจัดเก็บข้อมูลจะขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบการจัดเก็บข้อมูลเป็นหลัก ดังนั้นหากผู้ใช้งานแบบจำลองต้องการใช้งานระบบการจัดการ

ฐานข้อมูล MongoDB เพื่องานทางด้าน GIS ก็จำเป็นจะต้องพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ขึ้นมารองรับการใช้งานเฉพาะด้านนั้นๆ

งานวิจัยนี้จึงสามารถสรุปได้ว่า การออกแบบแบบจำลองปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารโดยใช้แนวความคิดเชิงวัตถุ สามารถอธิบายความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน ในรูปแบบของ พื้นที่ใช้สอยเป็นองค์ประกอบในชั้น และชั้นเป็นองค์ประกอบหนึ่งในอาคารได้ และสามารถจัดเก็บข้อมูล GIS ที่ออกแบบโดยใช้แนวคิดเชิงวัตถุได้ โดยใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB ซึ่งเป็นระบบการจัดการฐานข้อมูลแบบ NoSQL ซึ่งมีความยืดหยุ่นสูง และผู้ใช้งานสามารถออกแบบโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลได้เอง โดยจัดเก็บข้อมูลได้อย่างตรงไปตรงมา ตามแบบจำลองที่ได้ทำการออกแบบ การออกแบบแบบจำลองเชิงวัตถุและจัดเก็บโดยใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB จึงถือเปนทางเลือกหนึ่งในการจัดเก็บข้อมูลที่มีความซับซ้อน และมีความสัมพันธ์เป็นลำดับขั้น โดยผู้ทำการออกแบบแบบจำลองสามารถนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ต้องการจัดเก็บ โดยเลือกแบบจำลองให้มความเหมาะสมกับประเภทงานของตน

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย

ในปัจจุบันซอฟแวร์ทางด้าน GIS ยังไม่สามารถจัดการกับข้อมูลสารสนเทศที่เก็บอยู่ภายในระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB ได้โดยตรง การใช้งานข้อมูลเชิงพื้นที่ในซอฟแวร์ทางด้าน GIS อาจจะต้องนำเข้าในรูปแบบของ JSON หรือ เขียนโปรแกรมประยุกต์เฉพาะงานขึ้นมาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3 ข้อเสนอแนะ

แบบจำลองปริภูมิสำหรับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ที่ได้ทำการออกแบบ เป็นแบบจำลองที่มีลักษณะพื้นฐานคือเก็บเพียงข้อมูลพื้นฐานของ อาคาร ชั้น และพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร เช่น ชื่ออาคาร ที่ตั้งของอาคาร ชื่อชั้น ชื่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร เท่านั้น เนื่องจากระบบการจัดการฐานข้อมูล MongoDB มีลักษณะที่ไม่มีโครงสร้าง การจัดเก็บข้อมูลสามารถจัดเก็บได้หลายรูปแบบ และสามารถเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่หลายรูปแบบไว้ในชุดข้อมูลเดียวกันได้ จึงสามารถนำไปพัฒนาต่อเนื่องตามแนวทางต่างๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น อาทิ

- การพัฒนาการจัดเก็บข้อมูลจุด (Point) และเส้น (Line) เพื่อให้สามารถจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ทุกรูปแบบ

- ปรับปรุงหรือเพิ่มเติมข้อมูลคุณลักษณะอื่นๆ ในชุดข้อมูลของอาคาร ชั้น และ ห้อง เช่น ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้า ข้อมูลผังหลอดไฟฟ้า หรือข้อมูลสารธณูปโภคต่างๆ เพื่อพัฒนาเป็นระบบการจัดการอาคาร เป็นต้น
- แบบจำลองปริภูมิของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารที่ออกแบบ เป็นการแสดงความสัมพันธ์จากระดับอาคารไปจนถึงระดับของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถนำไปพัฒนา เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ในระดับที่อยู่ในระดับที่เล็กลงกว่าของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร อาทิความสัมพันธ์ระหว่างของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารและสิ่งต่างๆที่อยู่ภายในของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างการจัดเก็บข้อมูลอาคารและการแสดงผลของข้อมูล

- ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

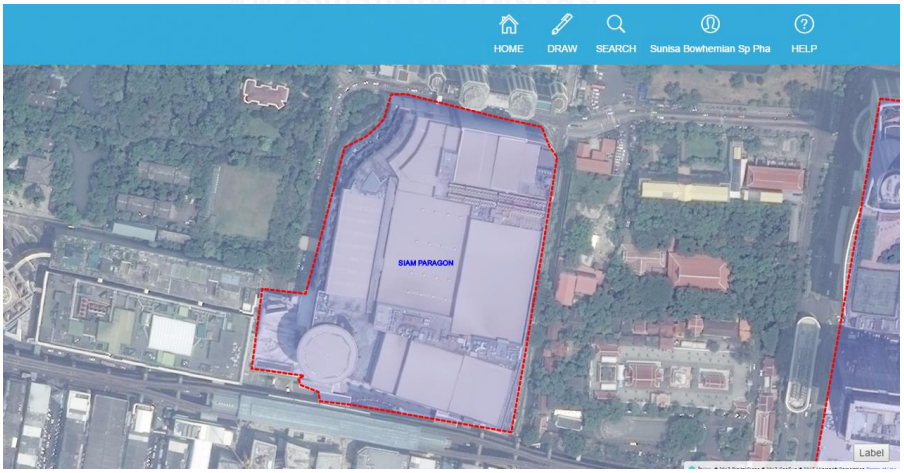
ชุดข้อมูล	รายการข้อมูล	รูปแบบของข้อมูล
1.ชุดข้อมูลอาคาร	ชื่ออาคารภาษาไทยและอังกฤษ	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	ที่อยู่ของอาคาร	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	คำอธิบายอาคาร	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	รูปภาพอาคาร	ไฟล์ภาพ นามสกุล.JPG, .PNG
	จำนวนชั้นภายในอาคาร	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
2.ชุดข้อมูลชั้น	หมายเลขชั้น	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	ชื่อชั้น	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	จำนวนห้องทั้งหมดภายในชั้น	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	แผนผังชั้น	ไฟล์ภาพ นามสกุล.JPG, .PNG
3.ชุดข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร	หมายเลขห้อง/หมายเลขพื้นที่	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	ชื่อห้อง/ชื่อพื้นที่	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	คำอธิบายห้อง/พื้นที่	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	ชื่อเจ้าของ/ผู้ดูแลห้อง	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล
	หมายเลขติดต่อเจ้าของ/ผู้ดูแล	เอกสารสำหรับกรอกข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

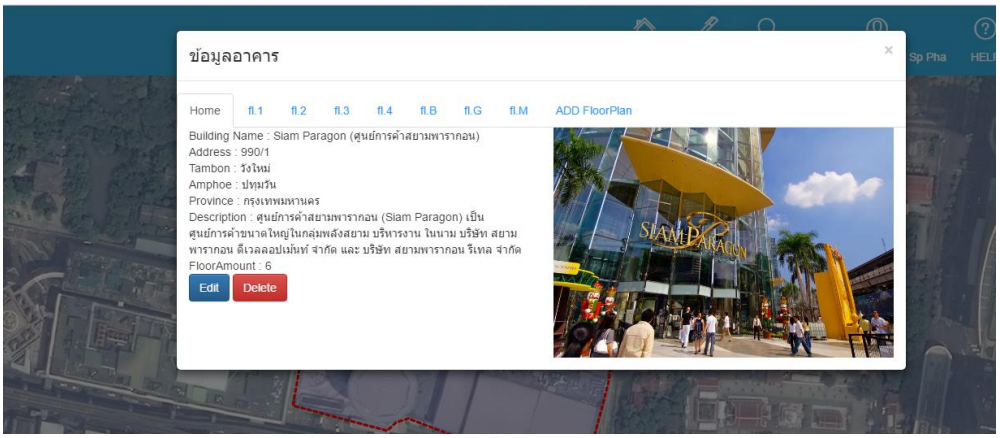
- อาคารตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

รายการข้อมูล	รายละเอียด
ชื่ออาคารภาษาอังกฤษ	Siam Paragon
ชื่ออาคารภาษาไทย	สยามพารากอน
ที่อยู่ของอาคาร	991/1 ถนนพระราม 1 แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กทม 10330 โทรศัพท์: 0-2690-1000
คำอธิบายอาคาร	ศูนย์การค้าสยามพารากอน (Siam Paragon) เป็นศูนย์การค้าขนาดใหญ่ในกลุ่มพลังสยาม บริหารงาน ในนาม บริษัท สยามพารากอน ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด และ บริษัท สยามพารากอน รีเทล จำกัด
รูปภาพอาคาร	Siamparagon.jpg
จำนวนชั้นภายในอาคาร	7

- การแสดงผลเชิงพื้นที่ของอาคารผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ



- การแสดงผลของข้อมูลคุณลักษณะของอาคาร



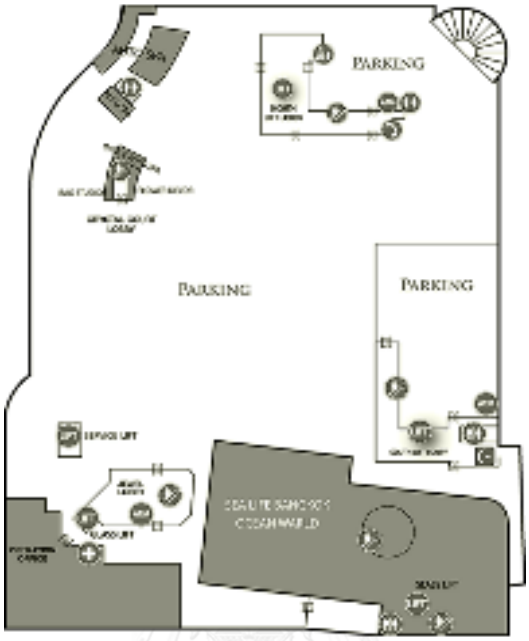
- การจัดเก็บข้อมูลอาคารในรูปแบบ JSON


```
ROOT
    _id : ObjectId
    ( : "Siam Paragon"
    BuildingNameTH : "ศูนย์การค้าสยามพารากอน"
    Address : "990/1"
    Province : "10"
    Amphoe : "1007"
    Tambon : "100702"
    Description : "ศูนย์การค้าสยามพารากอน (Siam Paragon) เป็นศูนย์การค้าขนาดใหญ่ในกลุ่มพลังสยาม บริหารงาน ในนาม บริษัท สยามพารากอน ดีเวลลอปเ
    BuildingImage : "../uploads/5885a5855ff508940a000029_150717230031.jpg"
    FloorAmount : "6"
    Coordinates : "{\"type\":\"Feature\",\"geometry\":{\"type\":\"Polygon\",\"coordinates\":[[[1191480.021893423,1545304.111434354],[111914
    MemberId : "5885a5855ff508940a000029"
⊞   FloorPlan : [Array]
```

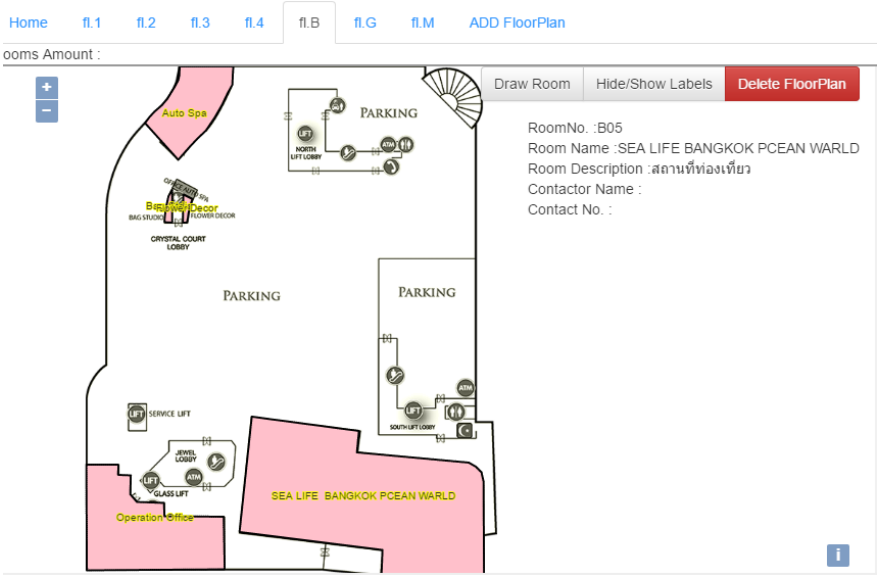

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชั้น B อาคารสยามพารากอน

- ภาพแผนผังชั้น



- การแสดงผลของข้อมูลผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ



- การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ JSON ของชั้น B และพื้นที่ใช้สอยในชั้น B


```
_id : ObjectId
( : "Siam Paragon"
BuildingNameTH : "ศูนย์การค้าสยามพารากอน"
Address : "990/1"
Province : "10"
Amphoe : "1007"
Tambon : "100702"
Description : "ศูนย์การค้าสยามพารากอน (Siam Paragon) เป็นศูนย์การค้าขนาดใหญ่ในกลุ่มพลังสยาม บริหารงาน ในนาม บริษัท สยามพารากอน ดีเวลลอ
BuildingImage : "../uploads/5885a5855ff508940a000029_150717230031.jpg"
FloorAmount : "6"
Coordinates : "{\"type\":\"Feature\",\"geometry\":{\"type\":\"Polygon\",\"coordinates\":[[[11191480.021893423,1545304.111434354],[111
MemberId : "5885a5855ff508940a000029"
FloorPlan : [Array]
  [0] : [Object]
  [1] : [Object]
  [2] : [Object]
  [3] : [Object]
  [4] : [Object]
    FloorNo : "23051714370715701"
    FloorName : "B"
    RoomsAmount : ""
    floorPlan : "../uploads/5885a5855ff508940a000029_fl_23051714370715701_230517143707.png"
    room : [Array]
      [0] : [Object]
        RoomNo : "B01"
        RoomName : "Auto Spa"
        RoomDescription : "Service"
        ContactorName : ""
        RoomContactor : ""
        RoomCoordinates : "{\"type\":\"Feature\",\"geometry\":{\"type\":\"Polygon\",\"coordinates\":[[[127.40358628874439,696.2
      [1] : [Object]
      [2] : [Object]
      [3] : [Object]
```


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชั้น G อาคารสยามพารากอน

- ภาพแผนผังชั้น

- การแสดงผลของข้อมูลผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

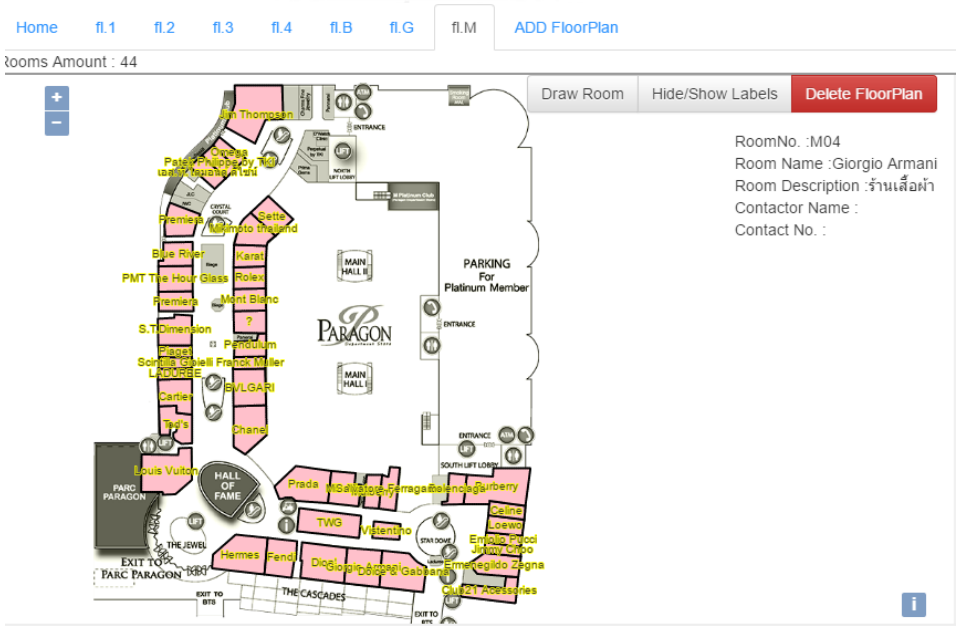
- การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ JSON ของชั้น G และพื้นที่ใช้สอยในชั้น G

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

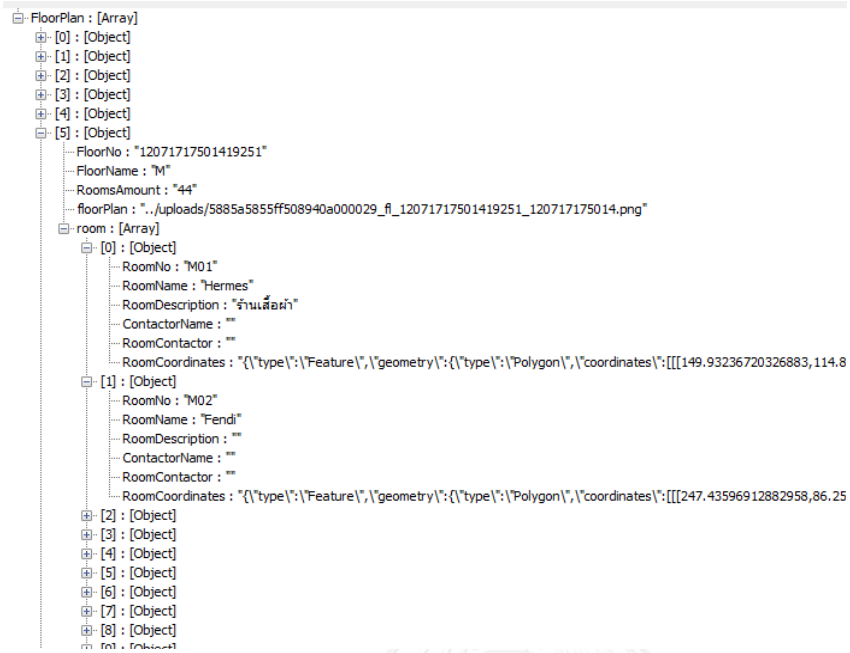
ชั้น M อาคารสยามพารากอน

- ภาพแผนผังชั้น

- การแสดงผลของข้อมูลผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ



- การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ JSON ของชั้น M และพื้นที่ใช้สอยในชั้น M

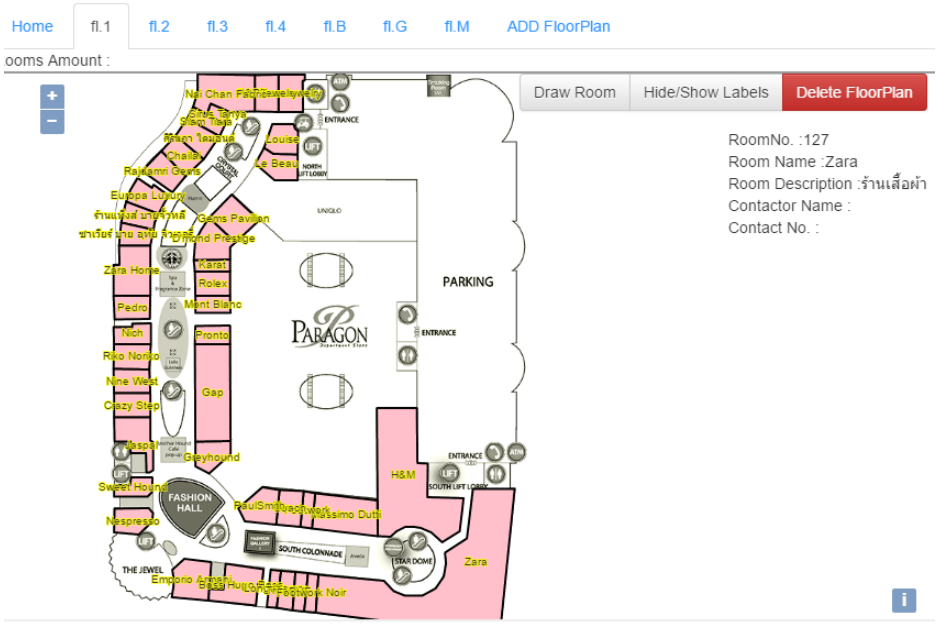


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

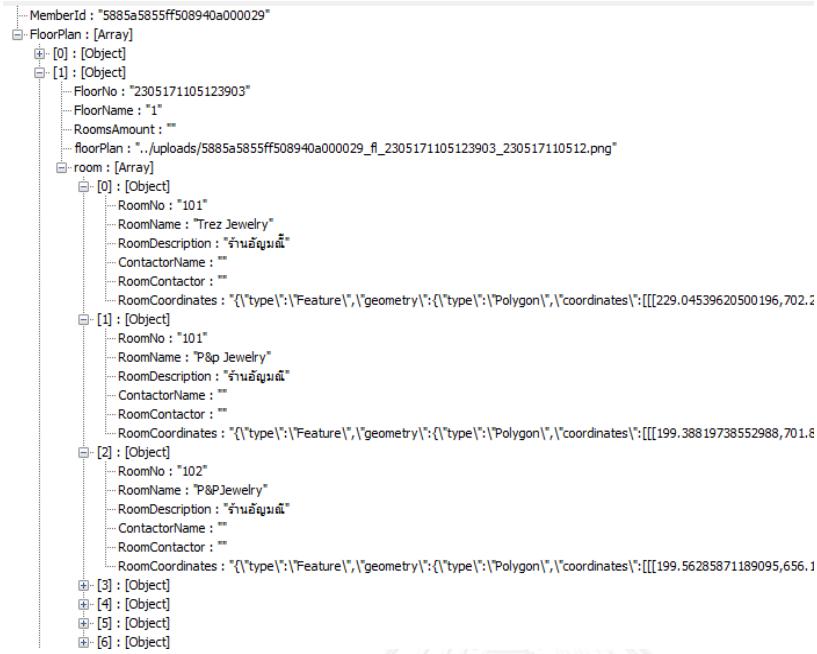
ชั้น 1 อาคารสยามพารากอน

- ภาพแผนผังชั้น

- การแสดงผลของข้อมูลผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ



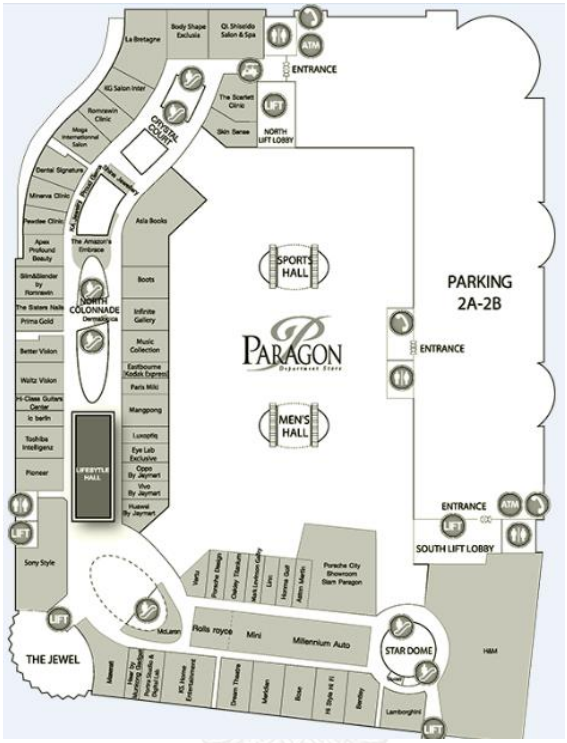
- การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ JSON ของชั้น 1 และพื้นที่ใช้สอยในชั้น 1



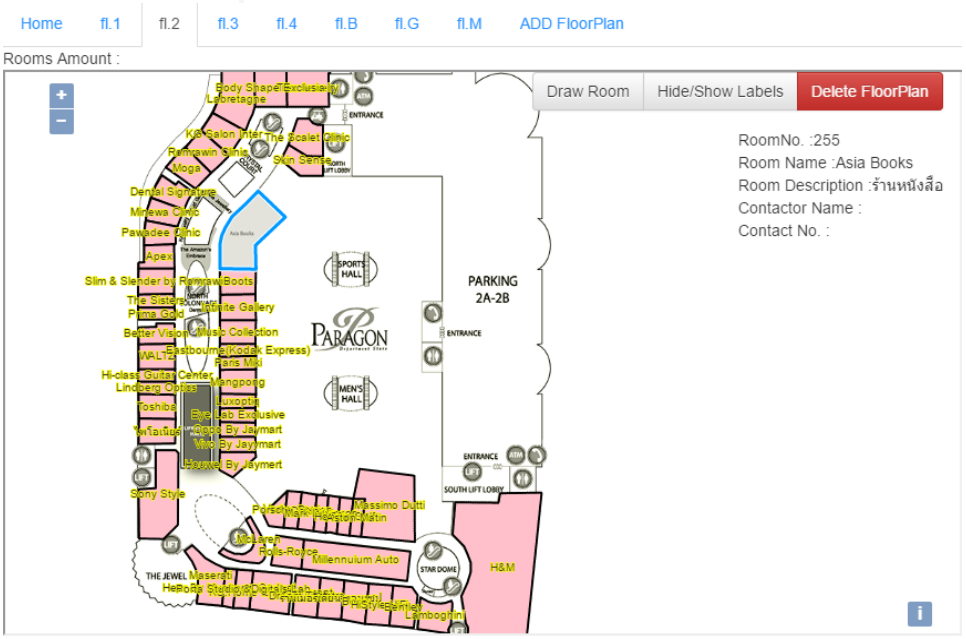
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชั้น 2 อาคารสยามพารากอน

- ภาพแผนผังชั้น



- การแสดงผลของข้อมูลผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ

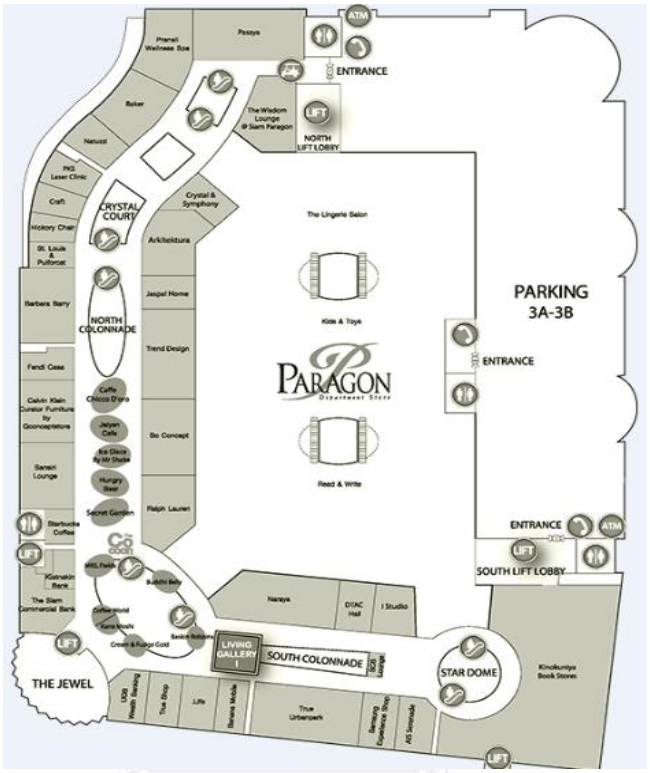


- การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ JSON ของชั้น 2 และพื้นที่ใช้สอยในชั้น 2

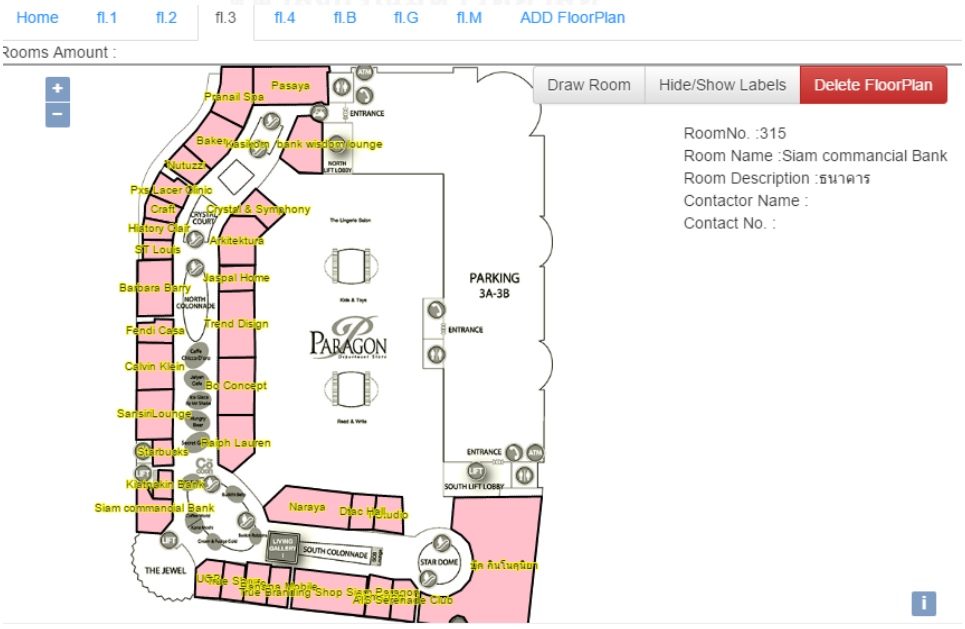
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชั้น 3 อาคารสยามพารากอน

- ภาพแผนผังชั้น



- การแสดงผลของข้อมูลผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ



- การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ JSON ของชั้น 3 และพื้นที่ใช้สอยในชั้น 3

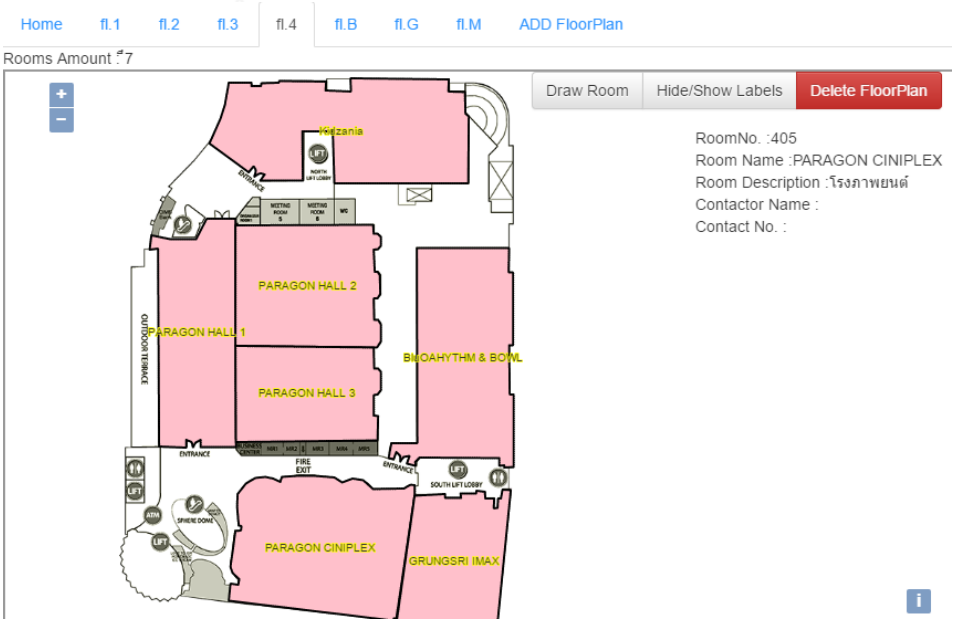

```
Coordinates : "{\"type\":\"Feature\",\"geometry\":{\"type\":\"Polygon\",\"coordinates\":[[[11191480.021893423,1545304.111434354],[11
MemberId : "5885a5855ff508940a000029"
FloorPlan : [Array]
  [0] : [Object]
  [1] : [Object]
  [2] : [Object]
    FloorNo : "23051711051324588"
    FloorName : "3"
    RoomsAmount : ""
    floorPlan : "../uploads/5885a5855ff508940a000029_fl_23051711051324588_230517110513.png"
    room : [Array]
      [0] : [Object]
        RoomNo : "301"
        RoomName : "Pasaya"
        RoomDescription : "ร้านเครื่องนอน"
        ContactorName : ""
        RoomContactor : ""
        RoomCoordinates : "{\"type\":\"Feature\",\"geometry\":{\"type\":\"Polygon\",\"coordinates\":[[[261.10839843749994,653
      [1] : [Object]
        RoomNo : "302"
        RoomName : "Pranail Spa"
        RoomDescription : "สถานเสริมความงาม"
        ContactorName : ""
        RoomContactor : ""
        RoomCoordinates : "{\"type\":\"Feature\",\"geometry\":{\"type\":\"Polygon\",\"coordinates\":[[[168.37695312499994,699
      [2] : [Object]
      [3] : [Object]
      [4] : [Object]
      [5] : [Object]
      [6] : [Object]
      [7] : [Object]
      [8] : [Object]
      [9] : [Object]
      [10] : [Object]
```


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชั้น 4 อาคารสยามพารากอน

- ภาพแผนผังชั้น

- การแสดงผลของข้อมูลผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ



- การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ JSON ของชั้น 4 และพื้นที่ใช้สอยในชั้น 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ดรุณวรรณ กำธรเกียรติ (2556). การจัดการฐานข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์เชิงพื้นที่. ปทุมธานี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

บรรจง หะรังษีและคณะ (1999). แนะนำ UML เบื้องต้น. *Nestec Technical Jouurnal, 1*(5), 184-198.

ภาษาอังกฤษ

Agarwa S., a. R. K. S. (2016). Performance analysis of MongoDB versus PostGIS/PostGreSQL databases for line intersection and point containment spatial queries. *FOSS4G Seoul 2015 Conference*.

Amirian. P., W. A., and Basiri. A. (2013). NoSQL storage and management of geospatial data with emphasis on serving geospatial data using standard geospatial web services.

Barbaglia.G., Murzilli.S., a., & Cudini.S. (2017). Definition of REST web services with JSON schema. *SOFTWARE: PRACTICE AND EXPERIENCE, 47*, 907-920.

Carrion, D., Maffeis, A., and Migliaccio, F. (2009). A database-oriented approach to GIS designing. *Applied Geomatics, 1*(3), 75-84.

Cattell, R. (2010). Scalable SQL and NoSQL Data Stores. *SIGMOD Record, 39*(4).

Chen, M., Lin, H., Liu, D., Zhang, H., and Yue, S. (2015). An Object-Oriented data model built for blind navigation in outdoor space. *Applied Geography, 60*, 84-94.

Chunithipaisan, S. (2009). *Network Connectivity Model*. USA: Lambert Acadamic Publishing.

Codd, E. F. (1970). A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks. *Information Retrieval. Communications of the ACM, 13*.

Duan. M., a. C. G. (2016). Assessment of MongoDB's Spatial Retrieval Performance. *The National Natural Science Foundation of China*.

International, E. (2013). The JSON Data Interchange Format : standard ECMA-404 1st Edition October.

Meijjers M., Q. W., Oosterom P. (2017). Archiving AIS messages in a Geo-DBMS. *AGILE 2017 Wageningen*.

MongoDB, I. (2015). MongoDB Documentation Release 3.0.4.

S., I. (2001). Object-Oriented real-world modeling revisited. *The journal of System and Software, 59*, 153-162.

Stanescu. L., Brezovan.M., & Burdescu.D. (2016). Automatic Mapping of MySQL Databases to NoSQL MongoDB. *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems, 8*, 837–840.

Suri, P., and Sharma, M. (2011). A Comparative Study Between the Performance of Relational& Object Oriented Database In Data Warehousing. *International Journal of Database Management Systems (IJDMS), 3*.

Wasson, J. (2015). Discoverying Big Data Modelling for Education World. *Applied Procedia - Social and Behavioral Science 176*, 642-649.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นางสาวสุนิศา ผ้าเจริญ

เกิดเมื่อ วันที่ 29 เมษายน 2531

คุณวุฒิทางการศึกษา

พ.ศ. 2553 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม) คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ประสบการณ์ทำงาน

พ.ศ. 2553 นักวิชาการสิ่งแวดล้อมปฏิบัติการ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม

พ.ศ. 2554 - ปัจจุบัน พนักงานไปรษณีย์ ระดับ 3 บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University