รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสร้างแบบจำลองอัจฉริยะในการวิเคราะห์พฤติกรรมการทำกิจกรรมของผู้สูงอายุ โดยใช้กระแสข้อมูลกิจกรรมในเวลาจริงจากอุปกรณ์สวมใส่ สำหรับพัฒนานวัตกรรมในการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนอันตรายกับผู้ดูแลแบบทันทีทันใด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุรีรัฐ สุขสวัสดิ์ชน	หัวหน้าโครงการวิจัย
ศาสตราจารย์ชิดชนก เหลือสินทรัพย์	ผู้ร่วมวิจัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักริน สุขสวัสดิ์ชน	ผู้ร่วมวิจัย
รองศาสตราจารย์วิรุฬห์ ศรีบริรักษ์	ผู้ร่วมวิจัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชนัญชิดาดุษฎี ทูลศิริ	ผู้ร่วมวิจัย
อาจารย์เหมรัศมิ์ วชิรหัตถพงศ์	ผู้ร่วมวิจัย

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา

สัญญาเลขที่ 88/2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสร้างแบบจำลองอัจฉริยะในการวิเคราะห์พฤติกรรมการทำกิจกรรมของผู้สูงอายุ โดยใช้กระแสข้อมูลกิจกรรมในเวลาจริงจากอุปกรณ์สวมใส่ สำหรับพัฒนานวัตกรรมในการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนอันตรายกับผู้ดูแลแบบทันทีทันใด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุรีรัฐ สุขสวัสดิ์ชน	หัวหน้าโครงการวิจัย
ศาสตราจารย์ชิดชนก เหลือสินทรัพย์	ผู้ร่วมวิจัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักริน สุขสวัสดิ์ชน	ผู้ร่วมวิจัย
รองศาสตราจารย์วิรุฬห์ ศรีบริรักษ์	ผู้ร่วมวิจัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชนัญชิดาดุษฎี ทูลศิริ	ผู้ร่วมวิจัย
อาจารย์เหมรัศมิ์ วชิรหัตถพงศ์	ผู้ร่วมวิจัย

คณะวิทยาการสารสนเทศ

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีด้วยการสนับสนุนจากทีมคณะผู้วิจัยทุกท่าน ที่ช่วยแนะนำให้คำปรึกษา และแนะแนวทางในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณนายนัฐพงศ์ เนตรหนู นิสิตระดับปริญญาโท และนิสิตระดับปริญญาตรีทุกคน ที่มาช่วยในงานวิจัย และเป็นกำลังสำคัญในการร่วมทำงานวิจัยชิ้นนี้ให้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณพื้นที่ทำงานและพื้นที่ทดลองเก็บข้อมูลจาก อาคารสิรินธร คณะวิทยาศาสตร์ และห้องปฏิบัติการวิจัย Mobile Application Developers Incubation คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา อาคารใหม่

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 88/2561

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุรีรัฐ สุขสวัสดิ์ชน

หัวหน้าโครงการวิจัย

บทคัดย่อ

จากปัญหาและความสำคัญของการดูแลและเฝ้าระวังสุขภาพโดยเฉพาะผู้สูงอายุ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอโมเดลสำหรับการดูแลเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุ โดยโมเดลนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนแรกเป็นแดชบอร์ดแบบเวลาจริง เป็นการนำข้อมูลของผู้ใช้มาแสดงร่วมกันด้วยการแสดงผลหลาย ๆ แบบ ผ่านการวิเคราะห์และประมวลผลแบบเรียลไทม์ด้วยเทคโนโลยีที่จัดการเกี่ยวกับ Big Data มาใช้ ในส่วนนี้ประกอบไปด้วยส่วนของการรับข้อมูล ส่วนของการประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ ส่วนของการจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลที่มีปริมาณมากและต่อเนื่อง และส่วนของในการเฝ้าระวังและตรวจจับความผิดปกติจากพฤติกรรมของผู้สูงอายุแบบเวลาจริงจากอุปกรณ์สวมใส่ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้กฎเกณฑ์สุขภาพ เพื่อจำแนกระหว่างข้อมูลสุขภาพที่ปกติกับไม่ปกติ เช่น การดูอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความดันโลหิต ค่าระดับน้ำตาลในเลือด ค่าอุณหภูมิร่างกาย เป็นต้น โดยจะแสดงออกมาในรูปแบบของเว็บไซต์ที่มีการแสดงผลแบบทันทีที่มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล โมเดลส่วนที่สองที่นำเสนอในโครงการวิจัยนี้ เป็นโมเดลการตรวจจับพฤติกรรมที่ผิดปกติ โดยจะวิเคราะห์จากข้อมูลการทำกิจกรรมในอดีตจนถึงเวลาปัจจุบัน เพื่อหาเวลา ระยะเวลา และรูปแบบของพฤติกรรมที่ผิดปกติ การตรวจจับความผิดปกติที่งานวิจัยนำเสนอแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้ คือ 1) การทำกิจกรรมในเวลาที่ผิดปกติ 2) การทำกิจกรรมเป็นระยะเวลานานเกินไป 3) การทำกิจกรรมที่ผิดไปจากลำดับกิจกรรมปกติ ซึ่งผลการดำเนินงานในโครงการวิจัยนี้ได้โมเดลสำหรับการดูแลเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุ ที่เป็นโมเดลต้นแบบที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นนวัตกรรมในรูปแบบแอปพลิเคชัน เพื่อการบริการและดูแลผู้สูงอายุที่ต้องการการเฝ้าระวัง รวมถึงการแจ้งเตือนภัยอันตรายต่อผู้ดูแลผู้สูงอายุให้สามารถช่วยเหลือชีวิตได้ทันเวลา

Abstract

From the problems and importance of health care and surveillance, especially the elderly, this research presents a model for health surveillance of the elderly. The proposed model is divided into 2 parts as follows: first part is real time dashboard. The user data are displayed together with many kinds of charts through real-time analysis and processing with technology that deal with Big Data. This part consists of receiving data, real-time data processing, storing data in the database for use in storing large and continuous data. The second part is used for monitoring and detecting abnormalities from elderly behavior in real time from wearable devices. In this research, health rules are used to distinguish between normal and abnormal from health data such as heart rate monitoring, blood pressure values, blood glucose level, the body temperature, etc. The results will be displayed in the form of a responsive website with real time display. The second part of the proposed model is a model for detecting abnormal behavior. The model will analyze data from past activities to the present time in order to find the time, duration and pattern of abnormal behavior. Abnormaly detected by the research are divided into 3 types as follows: 1) activities at unusual times 2) activities for too long 3) activities that are different from the sequence of activity normal. The results of this research project is the framework which were developed on health surveillance of the elderly. This framework is a prototype system that can be further developed into an innovation in the form of an application for service and care for the elderly that need surveillance inncluding warning of danger to elderly caregivers to be able to save lives in time.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... **ก**
บทคัดย่อ ..... **ข**
Abstract ..... **ค**
สารบัญ ..... **ง**
สารบัญรูปภาพ ..... **ฉ**
สารบัญตาราง ..... **ซ**
บทที่ 1 ..... **1**
บทนำ **1**
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7
1.5 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย 7
1.6 แผนการดำเนินงานวิจัย 11
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **13**
2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง 14
2.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องการเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุ 16
2.3 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องการสร้างแบบจำลองเพื่อตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรม 20
2.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน 24
2.5 การสร้างเฟรมเวิร์กที่ใช้จัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analytics Frameworks) . 27
บทที่ 3 วิธีการที่นำเสนอ **36**
3.1 Real-time Dashboard 36
3.2 กฎเกณฑ์สุขภาพ (Health Rules Based) 40
3.3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ 43
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย **82**
4.1 Real-Time Dashboard 82

4.2 Abnormally Behavior Detection 98
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 101
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย 101
5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย และอุปสรรคในทำงานวิจัย 102
5.3 ข้อเสนอแนะ 102
บรรณานุกรม.....103
ภาคผนวก ก ประวัติผู้วิจัย 111

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ หน้า

ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดงานวิจัยและการนำไปใช้ประโยชน์ ในระยะเวลาดำเนินการ 2 ปี.....9
ภาพที่ 1-2 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัยในช่วงปีที่ 1 10
ภาพที่ 2-1 กระบวนการสร้างตัวแบบจำลองตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรม..... 21
ภาพที่ 2-2 Hidden Markov Model แบบ Left-to-Right Model..... 25
ภาพที่ 2-3 ขั้นตอนการสอนแบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้น 25
ภาพที่ 2-4 แบบจำลองของวิธีการข่ายประสาทเทียมที่มีทั้งหมด 3 ชั้น..... 26
ภาพที่ 2-5 ลักษณะโครงสร้างของข่ายงานประสาทเทียมแบบวนซ้ำ..... 27
ภาพที่ 2-6 ข่ายงานประสาทเทียมแบบวนซ้ำที่คลี่หนึ่งโหนดตามเวลา 27
ภาพที่ 2-7 โครงสร้างของ Apache Flume 28
ภาพที่ 2-8 โครงสร้างของ Agent..... 29
ภาพที่ 2-9 โครงสร้างของระบบ Kafka Messaging..... 30
ภาพที่ 2-10 โครงสร้างของระบบ Spark Streaming..... 32
ภาพที่ 2-11 ลักษณะโครงสร้างข้อมูลแบบ Batches..... 32
ภาพที่ 2-12 โครงสร้างของ Spark Engine..... 34
ภาพที่ 2-13 สถาปัตยกรรมการทำงานของ RethinkDB..... 34
ภาพที่ 2-14 สถาปัตยกรรมการทำงานของ Cassandra..... 35
ภาพที่ 3-1 โครงสร้างของเฟรมเวิร์กที่งานวิจัยนำเสนอ 36
ภาพที่ 3-2 โครงสร้างของเฟรมเวิร์กที่ใช้สร้าง Real-Time Dashboard..... 37
ภาพที่ 3-3 โครงสร้างการทำงานระหว่าง Flume และ Kafka..... 37
ภาพที่ 3-4 โครงสร้างการทำงานระหว่าง Kafka และ Spark Streaming 38
ภาพที่ 3-5 โครงสร้างการทำงานระหว่าง Spark Streaming และ RethinkDB 38
ภาพที่ 3-6 โครงสร้างการทำงานระหว่าง RethinkDB และส่วนของการสร้าง Real-Time Dashboard 40
ภาพที่ 3-7 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ของระบบติดตามพฤติกรรม 44
ภาพที่ 3-8 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ของระบบแดชบอร์ด 45
ภาพที่ 3-9 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ของระบบจัดการข้อมูลทั่วไป..... 46
ภาพที่ 3-10 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ของระบบแจ้งเตือนความผิดปกติ..... 46
ตารางที่ 3-26 คำอธิบายยูสเคส U0303 แจ้งเตือนความผิดปกติระดับน้ำตาลในเลือด 77
ภาพที่ 4-1 โปรแกรมที่ใช้สร้างข้อมูลสังเคราะห์บน Apple Watch..... 82
ภาพที่ 4-2 (a) ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกส่งมาจาก Apple Watch (b) ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกบันทึกลงฐานข้อมูล RethinkDB..... 83

ภาพที่ 4-3 Real-Time Dashboard ของผู้สูงอายุติดสังคม 84
ภาพที่ 4-4 Real-Time Dashboard ของผู้สูงอายุติดบ้าน 85
ภาพที่ 4-5 Real-Time Dashboard ของผู้สูงอายุติดเตียง 86
ภาพที่ 4-6 Real-Time Dashboard ของผู้สูงอายุติดสังคมในกรณีที่ไม่มีข้อมูลความดันโลหิต อุณหภูมิ และระดับน้ำตาลในเลือด 86
ภาพที่ 4-7 การแสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจรายวัน 87
ภาพที่ 4-8 การแสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจรายสัปดาห์ 88
ภาพที่ 4-9 การแสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจรายเดือน 88
ภาพที่ 4-10 การเพิ่มข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจด้วยตัวผู้ใช้เอง 89
ภาพที่ 4-11 การแสดงข้อมูลกิจกรรมการเดินรายวัน 89
ภาพที่ 4-12 การแสดงข้อมูลกิจกรรมการเดินรายสัปดาห์ 90
ภาพที่ 4-13 การแสดงข้อมูลกิจกรรมการเดินรายเดือน 90
ภาพที่ 4-14 การแสดงข้อมูลอุณหภูมิร่างกายรายวัน 91
ภาพที่ 4-15 การแสดงข้อมูลอุณหภูมิร่างกายรายสัปดาห์ 91
ภาพที่ 4-16 การเพิ่มข้อมูลอุณหภูมิร่างกายด้วยตัวของผู้ใช้เอง 92
ภาพที่ 4-17 การแสดงข้อมูลระดับน้ำตาลในเลือดรายวัน 92
ภาพที่ 4-18 แสดงข้อมูลระดับน้ำตาลในเลือดรายสัปดาห์ 93
ภาพที่ 4-19 การแสดงข้อมูลความดันโลหิตรายวัน 93
ภาพที่ 4-20 การเพิ่มข้อมูลระดับน้ำตาลในเลือดด้วยตัวผู้ใช้เอง 94
ภาพที่ 4-21 การแสดงข้อมูลความดันโลหิตรายสัปดาห์ 94
ภาพที่ 4-22 การแสดงข้อมูลความดันโลหิตรายเดือน 95
ภาพที่ 4-23 การเพิ่มข้อมูลความดันโลหิตด้วยตัวผู้ใช้เอง 95
ภาพที่ 4-24 การแจ้งเตือนในกรณีที่อัตราการเต้นของหัวใจผิดปกติ 96
ภาพที่ 4-25 การแจ้งเตือนในกรณีที่ความดันโลหิตผิดปกติ 96
ภาพที่ 4-26 การแจ้งเตือนในกรณีที่ระดับน้ำตาลในเลือดผิดปกติ 97
ภาพที่ 4-27 การแจ้งเตือนในกรณีที่อุณหภูมิร่างกายผิดปกติ 97
ภาพที่ 4-28 โครงสร้างการวิเคราะห์พฤติกรรมที่ผิดปกติ 98
ภาพที่ 4-29 การแจ้งเตือนเมื่อมีการทำกิจกรรมในเวลาที่ผิดปกติ (Time Anomaly) 99
ภาพที่ 4-30 การแจ้งเตือนเมื่อการทำกิจกรรมระยะเวลาที่ผิดปกติ (Duration Anomaly) 100
ภาพที่ 4-31 การแจ้งเตือนเมื่อมีการทำกิจกรรมที่ผิดปกติไปจากลำดับของกิจกรรม (Sequence Anomaly) 100

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า
ตารางที่ 1-1 ตัวอย่างของข้อมูล Activity recognition with healthy older people using a batteryless wearable sensor Data set (Healthy Older People, 2016).....5
ตารางที่ 1-2 ตัวอย่างของข้อมูล Physical Activity Monitoring Data Set (PAMAP2, 2012).....6
ตารางที่ 2-1 การสำรวจแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนที่เกี่ยวกับผู้สูงอายุ 14
ตารางที่ 2-1 การสำรวจแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนที่เกี่ยวกับผู้สูงอายุ (ต่อ) 15
ตารางที่ 2-1 การสำรวจแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนที่เกี่ยวกับผู้สูงอายุ (ต่อ) 16
ตารางที่ 2-2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของเครื่องมือที่ใช้การนำเข้าข้อมูล 30
ตารางที่ 2-3 ตารางเปรียบเทียบคุณลักษณะของเครื่องมือที่ใช้การจัดเก็บข้อมูลชั่วคราว 31
ตารางที่ 2-4 ตารางเปรียบเทียบคุณลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการประมวลผลแบบเรียลไทม์..... 33
ตารางที่ 3-1 พจนานุกรมข้อมูลกิจกรรม..... 43
ตารางที่ 3-2 พจนานุกรมข้อมูลผู้ใช้..... 44
ตารางที่ 3-3 คำอธิบายยูสเคสของระบบ 47
ตารางที่ 3-3 คำอธิบายยูสเคสของระบบ (ต่อ)..... 50
ตารางที่ 3-4 คำอธิบายยูสเคส U0101 ข้อมูลทั่วไป..... 51
ตารางที่ 3-5 คำอธิบายยูสเคส U0102 กิจกรรมที่ทำ ณ เวลานั้น..... 52
ตารางที่ 3-6 คำอธิบายยูสเคส U0103 อัตราการเต้นของหัวใจ ณ เวลานั้น 53
ตารางที่ 3-7 คำอธิบายยูสเคส U0104 ความดันโลหิต ณ เวลานั้น..... 54
ตารางที่ 3-8 คำอธิบายยูสเคส U0105 ระดับน้ำตาลในเลือด ณ เวลานั้น..... 55
ตารางที่ 3-9 คำอธิบายยูสเคส U0106 อุณหภูมิร่างกาย ณ เวลานั้น..... 56
ตารางที่ 3-10 คำอธิบายยูสเคส U0107 ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม 57
ตารางที่ 3-11 คำอธิบายยูสเคส U0108 จำนวนนับก้าว..... 58
ตารางที่ 3-12 คำอธิบายยูสเคส U0109 การเผาผลาญแคลอรี่..... 59
ตารางที่ 3-13 คำอธิบายยูสเคส U0110 ระยะทางรวม 60
ตารางที่ 3-14 คำอธิบายยูสเคส U0111 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจ 61
ตารางที่ 3-15 คำอธิบายยูสเคส U0112 กราฟเปรียบเทียบความดันโลหิต..... 63
ตารางที่ 3-16 คำอธิบายยูสเคส U0113 กราฟเปรียบเทียบระดับน้ำตาลในเลือด..... 65
ตารางที่ 3-17 คำอธิบายยูสเคส U0114 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิร่างกาย..... 67
ตารางที่ 3-18 คำอธิบายยูสเคส U0115 กราฟเปรียบเทียบเวลาการทำกิจกรรม..... 69
ตารางที่ 3-19 คำอธิบายยูสเคส U0116 กราฟความเปลี่ยนของกิจกรรม 70
ตารางที่ 3-20 คำอธิบายยูสเคส U0201 สมัครใช้งานระบบ 71
ตารางที่ 3-21 คำอธิบายยูสเคส U0202 เข้าใช้งานระบบ..... 72

ตารางที่ 3-22 คำอธิบายยูสเคส U0203 แก้ไขข้อมูลทั่วไป 73
ตารางที่ 3-24 คำอธิบายยูสเคส U0301 แจ้งเตือนความผิดปกติอัตราการเต้นของหัวใจ 75
ตารางที่ 3-25 คำอธิบายยูสเคส U0302 แจ้งเตือนความผิดปกติความดันโลหิต 76
ตารางที่ 3-27 คำอธิบายยูสเคส U0305 แจ้งเตือนความผิดปกติเวลาในการทำกิจกรรม 79
ตารางที่ 3-28 คำอธิบายยูสเคส U0306 แจ้งเตือนความผิดปกติระยะเวลาการทำกิจกรรม 80
ตารางที่ 3-29 คำอธิบายยูสเคส U0307 แจ้งเตือนความผิดปกติของลำดับการทำกิจกรรม 81

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การสูงวัยของประชากรเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทั่วโลก ประชากรเกือบทุกประเทศในโลกกำลังมีอายุสูงขึ้น อันเนื่องมาจากอัตราการเกิดของประเทศต่าง ๆ ได้ลดต่ำลง ในขณะที่ผู้คนมีอายุยืนยาวขึ้น เป็นผลพวงมาจากการพัฒนาประเทศทั้งในด้านการเปลี่ยนแปลงทางด้านการเมือง เศรษฐกิจ สังคม ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พฤติกรรมการบริโภค รวมไปถึงความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และในรอบครึ่งศตวรรษที่ผ่านมาประชากรไทยมีอายุสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว อัตราการเกิดที่ลดต่ำลงอย่างมาก อายุของคนไทยที่ยืนยาวทำให้โครงสร้างอายุของประชากรไทยได้เปลี่ยนผ่านจากที่เคยเป็นประชากรวัยเยาว์กลายเป็นประชากรสูงวัย ตัวเลขจากการคาดประมาณประชากรของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้แสดงให้เห็นว่าในปี 2566 ประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป ในประเทศไทยจะเพิ่มขึ้นเป็น 14.1 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 21 ของประชากรไทยทั้งหมด นั่นหมายความว่า ประเทศไทยจะกลายเป็น “สังคมสูงวัย” (Aging Society) อย่างสมบูรณ์ และนับจากนี้อีกประมาณ 17 ปี ในปี 2576 ประเทศไทยจะมีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปมากถึง 18.7 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 29 ของประชากรทั้งหมด หรือมากถึงหนึ่งในสี่ของประชากรทั้งหมดประเทศไทยก็จะกลายเป็น “สังคมสูงวัยระดับสุดยอด” (Super Aged Society)

โครงสร้างอายุของประชากรที่เปลี่ยนแปลงไปเข้าสู่การเป็นสังคมผู้สูงอายุ และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง กลายเป็นสถานะของประเทศที่ประเด็นท้าทาย และถูกบรรจุไว้ในทิศทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 – 2564) ทั้งนี้เนื่องจากการสูงวัยของประชากรย่อมมีผลกระทบต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยอย่างมาก มีค่าใช้จ่ายทั้งของรัฐและครอบครัวที่เพิ่มขึ้นในด้านที่เกี่ยวกับผู้สูงอายุ เช่น การประกันสังคม สุขภาพอนามัย และสวัสดิการของผู้สูงอายุต่างๆ ดังจะเห็นได้จากในปี พ.ศ. 2558 มีจำนวนผู้สูงอายุที่ได้รับเบี้ยยังชีพจากภาครัฐสูงถึง 8,030,300 คน คิดเป็นงบประมาณจำนวน 64,302.11 ล้านบาท และจะเป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

การที่สังคมไทยก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ทำให้ความต้องการด้านบริการรักษาพยาบาลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการรักษาความเจ็บป่วยจากโรคเรื้อรัง และพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรัง ทั้งที่โรคภัยไข้เจ็บส่วนหนึ่งสามารถป้องกันได้ และจากข้อมูลการสำรวจสุขภาวะผู้สูงอายุไทยปี 2556 พบว่าผู้สูงอายุร้อยละ 2 อยู่ในสภาวะติดเตียง คืออยู่สภาพพิการที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ร้อยละ 19 กลุ่มติดบ้าน คือมีปัญหาการเคลื่อนไหว ช่วยเหลือตนเอง

ได้บ้าง ไม่สามารถออกจากบ้านได้โดยสะดวก ที่เหลือเป็นกลุ่มติดสังคม คือผู้สูงอายุที่พึ่งตนเองได้ สามารถช่วยเหลือผู้อื่นและสังคมได้ ผู้สูงอายุบางคนยังสามารถทำงานนอกบ้านได้ ซึ่งกลุ่มติดบ้านและกลุ่มติดสังคม หากไม่ใส่ใจดูแลรักษาสุขภาพ รวมไปถึงพฤติกรรมการใช้ชีวิตที่ปฏิบัติตนไม่ถูกต้องและเหมาะสมตามหลักการดูแลสุขภาพ ก็จะทำให้เกิดภาวะการเจ็บป่วยได้ง่าย เนื่องจากผู้สุงอายุเป็นกลุ่มประชากรที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคต่าง ๆ สูง นอกจากนี้การสำรวจเดียวกันยังพบว่า ปัญหาด้านสุขภาพของผู้สูงอายุที่สูงเป็นอันดับแรก คือการเคลื่อนไหวร่างกาย (คิดเป็นร้อยละ 57.8) หากปัญหาสุขภาพด้านนี้ไม่รีบแก้ไข ก็จะมีผลให้มีจำนวนผู้สูงอายุที่เคลื่อนไหวร่างกายไม่ได้เพิ่มมากขึ้น การที่ผู้สูงอายุจะมีสุขภาพที่แข็งแรง มีคุณภาพชีวิตที่ดี และลดค่าใช้จ่ายที่ต้องรักษาโรคได้นั้น การเตรียมความพร้อมเพื่อเป็นสังคมผู้สูงอายุจึงเป็นประเด็นที่สำคัญ ดังนั้นทิศทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 จึงได้วางแนวทางการพัฒนา ในเรื่อง “การพัฒนาศักยภาพคนตามช่วงวัยและการปฏิรูประบบเพื่อสร้างสังคมสูงวัยอย่างมีคุณภาพ” และ “การสร้างสภาพแวดล้อมและนวัตกรรมที่เอื้อต่อการดำรงชีพในสังคมสูงวัย” โดยส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมใช้การใช้ชีวิตประจำวันสำหรับผู้สูงอายุ การพัฒนาระบบการดูแลผู้สูงอายุในรูปแบบที่หลากหลาย เพื่อรองรับการเป็นสังคมผู้สูงอายุและสร้างความยั่งยืนในระยะยาว

แนวทางในการป้องกันหรือเป้าหมายเพื่อให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น เจ็บป่วยน้อยลง คือการทำให้ประชากรผู้สูงอายุมีสมรรถภาพและสามารถดำรงชีวิตได้อย่างอิสระให้มากที่สุด และดำรงให้นานที่สุด (Active Elderly) ด้วยการพัฒนาเทคโนโลยีหรือเครื่องมือในการดูแลเฝ้าระวังสุขภาพผู้สูงอายุ จากการติดตามพฤติกรรมจากกิจกรรมทางกายภาพที่ทำในชีวิตประจำวัน รวมไปถึงการช่วยเหลือผู้สูงอายุให้สามารถพึ่งพาตนเองหรือลดภาระในการดูแลผู้สูงอายุ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้สำรวจข้อมูลทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับการเฝ้าระวังผู้สูงอายุ พบว่าในปัจจุบันมีซอฟต์แวร์หรือแอปพลิเคชันเกี่ยวกับผู้สูงอายุมากมาย ส่วนใหญ่เป็นแอปพลิเคชันที่เป็นของต่างชาติ ที่เน้นการเตือนความจำ เช่น เตือนความจำในเรื่องการทานยา โดยตั้งเวลาและให้ผู้สูงอายุกดยืนยันเมื่อได้ทำสิ่งที่ตั้งเตือนไว้แล้ว รวมไปถึงวัดความดัน อัตราการเต้นหัวใจ การทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การเดิน การนั่ง การนอน เป็นต้น โดยทำงานร่วมกับอุปกรณ์ อาทิเช่น กล้องวิดีโอ ตัวรับรู้ข้อมูล (Sensor) ที่ติดไว้ภายในบ้านของผู้สูงอายุ หรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ขนาดพกพา อย่างโทรศัพท์สมาร์ทโฟนหรือนาฬิกาอัจฉริยะที่เซนเซอร์รับข้อมูลที่หลากหลายแบบ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามแอปพลิเคชันเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดหากจะนำมาเป็นเครื่องมือในการเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุ ติดตามพฤติกรรมจากกิจกรรมทางกายภาพที่ทำในชีวิตประจำวันในระยะยาว เนื่องจากคณะผู้วิจัยไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ และไม่มีแอปพลิเคชันใดที่มีส่วนการวิเคราะห์พฤติกรรมจากกิจกรรมทางกายภาพที่ผู้สูงอายุทำในชีวิตประจำวัน เช่น นั่ง ยืน เดิน วิ่ง เป็นต้น รวมถึงการตรวจจับพฤติกรรมที่มีความผิดปกติจากกิจกรรมที่ทำอยู่ในชีวิตประจำวัน เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มภาวะการเจ็บป่วยที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้สำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุและการสร้างแบบจำลองเพื่อตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรม พบว่ามีหลายงานวิจัยที่ทำให้ที่อยู่อาศัยเป็นแบบอัจฉริยะหรือที่รู้จักกันในชื่อว่า Smart Home โดยการนำเซนเซอร์ดักจับสัญญาณต่าง ๆ หรือกล้องวิดีโอ ติดไว้ตามตำแหน่งต่าง ๆ ภายในบ้านและอุปกรณ์ งานวิจัยบางงานใช้การติดเซนเซอร์ไว้ตามตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกายของผู้ใช้หลายตำแหน่ง แม้ว่าจะทำให้ทราบว่าผู้ใช้ทำกิจกรรมอะไรบ้างในช่วงเวลาใดได้อย่างแม่นยำก็จริง แต่ก็ทำให้ผู้ใช้ไม่สะดวกสบายในการดำเนินชีวิตทั้งภายในบ้านและนอกบ้าน รวมไปถึงการติดเซนเซอร์จำนวนมากภายในบ้าน ทำให้ผู้ใช้ต้องมีการลงทุนค่อนข้างสูง และงานวิจัยส่วนใหญ่พัฒนาขั้นตอนวิธีในการวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างแบบจำลองเพื่อตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรมโดยใช้ข้อมูลพฤติกรรมในอดีต (Historical Data) ทำให้มีข้อจำกัดเมื่อนำไปใช้งานจริง เนื่องจากตัวแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่มีความยืดหยุ่น หรือปรับตัวแบบตามการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของผู้ใช้

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาและความสำคัญของการดูแลและเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุ โดยได้ศึกษาและวิเคราะห์ข้อจำกัดจากแอปพลิเคชันที่มีอยู่ในปัจจุบัน รวมทั้งข้อจำกัดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาปรับปรุงและพัฒนาขั้นตอนวิธีการใหม่ที่มีประสิทธิภาพเพื่อนำมาพัฒนา

(1) โมเดลสำหรับการดูแลเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุ ตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรมจากกิจกรรมทางกายภาพที่ทำในชีวิตประจำวัน จากกระแสข้อมูลการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน (Daily Activity Log) ที่เกิดขึ้นในเวลาจริงจากอุปกรณ์สวมใส่อัจฉริยะ เช่นนาฬิกาอัจฉริยะที่มีเซนเซอร์ที่สามารถระบุกิจกรรมทางกายภาพของผู้ใช้ในช่วงเวลาจริงได้

(2) การนำเสนอแบบจำลอง ที่จำลองพฤติกรรมของผู้สูงอายุแต่ละคนที่แตกต่างกันจากข้อมูลกิจกรรมทางกายภาพที่ทำประจำวัน

และเป้าหมายสูงสุดการของพัฒนางานวิจัยนี้คือ การนำแบบจำลองนี้ไปพัฒนาต่อยอดเป็นนวัตกรรมในรูปแบบแอปพลิเคชัน เพื่อการบริการและดูแลผู้สูงอายุที่ต้องการการเฝ้าระวัง รวมถึงการแจ้งเตือนภัยอันตรายต่อผู้ดูแลผู้สูงอายุให้สามารถช่วยเหลือชีวิตได้ทันเวลา ซึ่งสนับสนุนแนวคิดในการพัฒนากรอบของ Thailand 4.0 และนโยบายของรัฐบาลต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองรูปแบบพฤติกรรมที่สามารถวิเคราะห์ ติดตาม และตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรมจากข้อมูลกิจกรรมทางกายภาพที่ทำประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลสำหรับใช้ในการเก็บข้อมูลที่มีปริมาณมากและต่อเนื่องกิจกรรมจากอุปกรณ์ที่ผู้สูงอายุสวมใส่ในการทำกิจกรรม

3. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์พฤติกรรม และแจ้งเตือนความผิดปกติของพฤติกรรมของผู้สูงอายุต่อผู้ดูแลได้

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่การพัฒนาขั้นตอนวิธีการสร้างตัวแบบจำลองรูปแบบพฤติกรรม โดยใช้กระแสข้อมูลกิจกรรมที่ทำประจำวันที่ได้จากเซนเซอร์ของอุปกรณ์สวมใส่ รวมถึงข้อมูลอื่นๆ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ

2. กระแสข้อมูลกิจกรรมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นกระแสข้อมูลกิจกรรมเชิงเวลาที่ได้อุปกรณ์สวมใส่ อย่างเช่น นาฬิกาอัจฉริยะ เป็นต้น เนื่องจากมีขนาดเล็ก มีความสะดวกในการสวมใส่และพกพา และไม่ก่อความรำคาญให้กับผู้สูงอายุที่ต้องสวมใส่ตลอดเวลา โดยจะใช้นาฬิกาหรืออุปกรณ์สวมใส่

3. งานวิจัยนี้เน้นการสร้างตัวแบบจำลองรูปแบบพฤติกรรมจากการทำกิจกรรมทางกายภาพ เช่น การเดิน (walking), การยืน (standing), การนั่ง (sitting), การพักผ่อน (rest), การวิ่งอย่างช้า ๆ (jogging), การวิ่ง (running), การนอน (sleeping) เป็นต้น

4. ฐานข้อมูลที่ใช้สำหรับสร้างตัวแบบจำลองและทดสอบความถูกต้องก่อนนำไปทดสอบใช้งานจริง ในโครงการวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจาก 2 ฐานข้อมูลดังนี้

4.1 ฐานข้อมูลสาธารณะที่อนุญาตให้นำมาใช้ในงานวิจัยได้ เช่น ฐานข้อมูลจากงานวิจัยของ [5], [6] รวมถึงฐานข้อมูลที่เปิดบริการการเข้าถึงข้อมูลด้วยใช้ Web Service ตัวอย่างเช่น

- ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองเป็นข้อมูลสังเคราะห์ที่สร้างขึ้นเองและข้อมูลจากฐานข้อมูลสาธารณะ UCI Machine Learning Repository ซึ่งเป็นข้อมูลสาธารณะ โดยมีรายละเอียดดังนี้ ข้อมูล Activity recognition with healthy older people using a battery less wearable sensor Data set เก็บข้อมูลจากคลินิก 2 ห้อง ครั้งละ 5 - 10 นาที โดยติดอุปกรณ์ RFID ไว้ที่เสื้อของผู้เข้าร่วมการทดลอง ผู้เข้าร่วมการทดลองมี 14 คน อายุ 66 - 86 ปี ประกอบไปด้วย เวลาที่บันทึกการทำกิจกรรม กิจกรรมที่ทดสอบ ค่า Accelerometer Sensor แนวแกน X, Y และ Z รหัสประจำเครื่อง RFID ความถี่ที่ใช้งาน ค่า RSSI รายละเอียดดังตารางที่ 1-1
- ข้อมูล Physical Activity Monitoring Data Set เก็บข้อมูลจากห้องทดลองภายในมหาวิทยาลัย จากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนหรือคนวัยทำงาน จำนวน 9 คน เป็นผู้หญิง 1 คน ผู้ชาย 8 คน อายุตั้งแต่ 24 – 30 ปี โดยติดอุปกรณ์ไว้ทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลข้างที่ถนัด หัวเข่า และข้อเท้าข้างที่ถนัด ประกอบไปด้วยเวลาที่บันทึกการทำกิจกรรม กิจกรรมที่ทดสอบ อัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิ ค่า Accelerometer Sensor แนวแกน X, Y และ Z ที่ค่า g มีค่าเท่ากับ 6 ค่า Accelerometer Sensor แนวแกน X, Y และ Z ที่ค่า g มีค่าเท่ากับ 16 ค่า Gyroscope Sensor แนวแกน X, Y และ Z ค่า Magnetometer แนวแกน X, Y และ Z ค่า Orientation เนื่องจากข้อมูล

มีจำนวนคอลัมน์ที่ค่อนข้างเยอะ แต่ข้อมูลที่นำมาใช้กับงานวิจัยมีเพียง 6 คอลัมน์ ดังตัวอย่างในตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1-1 ตัวอย่างของข้อมูล Activity recognition with healthy older people using a batteryless wearable sensor Data set (Healthy Older People, 2016)

เวลาที่ทำกิจกรรม (วินาที)	ค่า Acceleration ในแนวแกน Z	ค่า Acceleration ในแนวแกน Y	ค่า Acceleration ในแนวแกน X	หมายเลขของเซ็นเซอร์	ระยะห่างจากเซ็นเซอร์	ช่วงของคลื่น	ความถี่ของคลื่น	กิจกรรมที่ทำ
0	0.096148	0.90487	-0.0022806	1	-49.5	2.413	923.25	4
0.025	0.096148	0.90487	-0.0022806	1	-473.5	3.7429	922.25	4
1.5	0.014071	0.99674	0.10035	2	-58	1.2149	925.75	2
2.75	0.22513	0.92784	0.23718	2	-57	4.8658	923.75	2
3	0.10787	0.96229	-0.59296	2	-56.5	2.0402	924.25	4
4.25	0.10787	0.96229	-0.59296	4	-58	1.5263	920.75	1
4.75	-0.068007	0.99675	0.043332	3	-67.5	0.88511	923.75	1
5.75	0.92865	0.3422	0.088944	4	-63	1.4021	925.25	3
6.25	0.92865	0.3422	0.088944	4	-63	1.4021	925.25	3

ตัวเลขของกิจกรรมที่ทำ (Activity Label ID) มีความหมายดังนี้
หมายเลข 1 หมายถึงการนั่งบนเตียง (Sit on bed)
หมายเลข 2 หมายถึงการนั่งบนเก้าอี้ (Sit on chair)
หมายเลข 3 หมายถึงการนอน (Lying)
หมายเลข 4 หมายถึงการลุกออกจากที่นั่งหรือเตียง (Ambulating)

ตารางที่ 1-2 ตัวอย่างของข้อมูล Physical Activity Monitoring Data Set (PAMAP2, 2012)

เวลาที่ทำกิจกรรม (วินาที)	กิจกรรมที่ทำ (Activity Label ID)	อัตราการเต้นของหัวใจ (BPM)	อุณหภูมิที่ข้อมือ	อุณหภูมิที่หน้าอก	อุณหภูมิที่ข้อเท้า
8.39	1	83	30	31.8125	30.3125
8.4	1	83	30	31.8125	30.3125
8.41	1	83	30	31.8125	30.3125
8.45	2	95	32.125	33.875	32.5625
8.46	2	95	32.125	33.875	32.5625
8.47	2	95	32.125	33.875	32.5625
9.01	3	97	32.6785	34.3125	33.0625
9.02	3	97	32.6785	34.3125	33.0625
9.03	3	97	32.6785	34.3125	33.0625
10.11	4	122	33	37.1875	34.5
10.12	4	122	33	37.1875	34.5
20.20	5	171	30.5625	33.75	33.125
20.20	5	171	30.5625	33.75	33.125

ตัวเลขของกิจกรรมที่ทำ (Activity Label ID) มีความหมายดังนี้

หมายเลข 1 หมายถึงการนอน (Lying)
หมายเลข 2 หมายถึงการนั่ง (Sitting)
หมายเลข 3 หมายถึงการยืน (Standing)
หมายเลข 4 หมายถึงการเดิน (Walking)
หมายเลข 5 หมายถึงการวิ่ง (Running)

4.2 ฐานข้อมูลที่จัดเก็บเองของคณะผู้วิจัยจากห้องปฏิบัติการวิจัย โดยกำหนดขอบเขตและวิธีการจัดเก็บข้อมูลให้ใกล้เคียงกับกลุ่มผู้ใช้งานจริง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ขั้นตอนวิธีที่สามารถวิเคราะห์ ติดตาม และตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรมจากกระแสข้อมูลกิจกรรมทางกายภาพที่ทำประจำวัน ในด้านความถูกต้องและเวลาในการประมวลผล

2. ได้แอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์พฤติกรรม เฝ้าระวัง และแจ้งเตือนความผิดปกติของพฤติกรรมของผู้สูงอายุต่อผู้ดูแลหรือบุคคลที่เกี่ยวข้อง

3. ได้เปิดโอกาสให้นักวิจัยรุ่นใหม่ที่ยังขาดประสบการณ์เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานวิจัยและเรียนรู้กระบวนการทำงานวิจัย

1.5 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

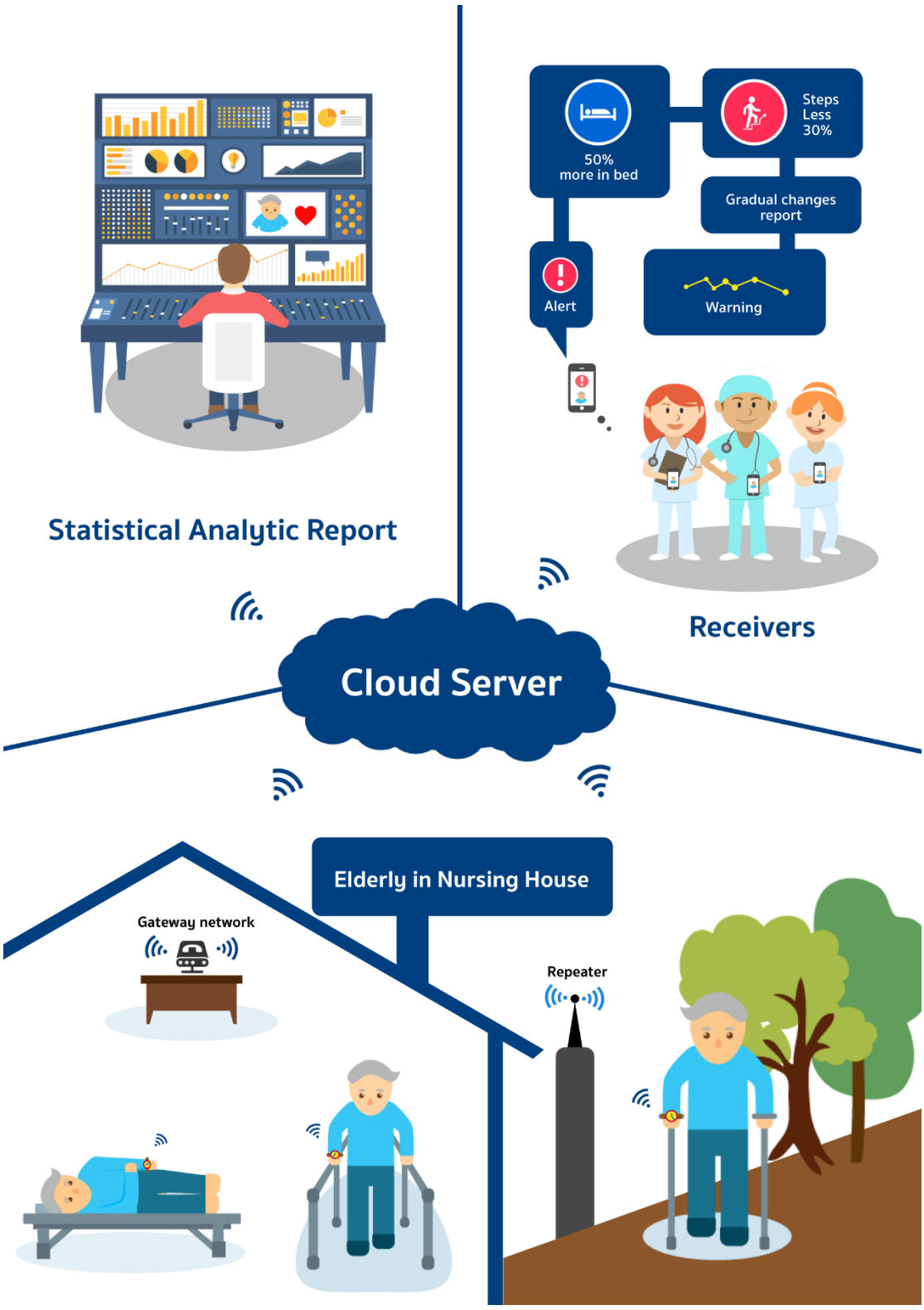
จากการสำรวจวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเพื่อรวบรวมปัญหาและข้อจำกัดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น คณะผู้วิจัยจึงได้เสนอกรอบแนวคิดในการดำเนินการวิจัยดังภาพที่ 1-1 ซึ่งเป็นภาพรวมของกรอบแนวคิดทั้งโครงการวิจัยที่ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยใน 2 ปี โดยมีรายละเอียดดังนี้

โครงการวิจัยนี้จะพัฒนาตัวแบบจำลองการวิเคราะห์พฤติกรรม “Smart Activities Analytic Model” ที่แทนรูปแบบพฤติกรรมของผู้สูงอายุจากข้อมูลการทำกิจกรรมทางกายภาพที่ทำประจำวัน อาทิเช่น การนั่ง การนอน การเดิน การยืน เป็นต้น เพื่อนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันต้นแบบสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรม ดูแลเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุ และแจ้งเตือนความผิดปกติของพฤติกรรมจากกิจกรรมทางกายภาพที่ทำในชีวิตประจำวัน โดยข้อมูลการทำกิจกรรมทางกายภาพที่ทำประจำวันจะถูกส่งเป็นกระแสข้อมูลเชิงเวลาจากเซนเซอร์ของอุปกรณ์สวมใส่อัจฉริยะที่ผู้สูงอายุต้องสวมใส่ ซึ่งข้อมูลกิจกรรมนี้จะถูกส่งอย่างต่อเนื่องไปยัง Cloud Server เพื่อนำประมวลผลและวิเคราะห์พฤติกรรม พร้อมแจ้งเตือนความผิดปกติของพฤติกรรมไปยังบุคคลที่เกี่ยวข้อง (Receivers) อาทิเช่น พยาบาลผู้ดูแล ญาติผู้ดูแลผู้สูงอายุ เป็นต้น โดยการแจ้งเตือนจะแจ้งเตือนในลักษณะข้อความ SMS และบอกลักษณะความผิดปกติเพื่อให้ผู้ดูแลได้โทรกลับได้ทันถ่วงที นอกจากนี้บุคคลที่เกี่ยวข้องสามารถเรียกดูผลการวิเคราะห์พฤติกรรมในแต่ละวัน หรือแต่ละสัปดาห์ หรือแต่ละเดือน ด้วยการแสดงผลในรูปแบบรายงานการวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical Analytic Report) ซึ่งจะทำให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้สูงอายุที่ต้องดูแลได้ เพื่อกระตุ้น ป้องกันหรือชะลอความทุพพลภาพ และโรคเรื้อรังต่างๆ ให้ผู้สูงอายุรวมไปถึงบุคคลในครอบครัว ได้ตระหนักถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้น

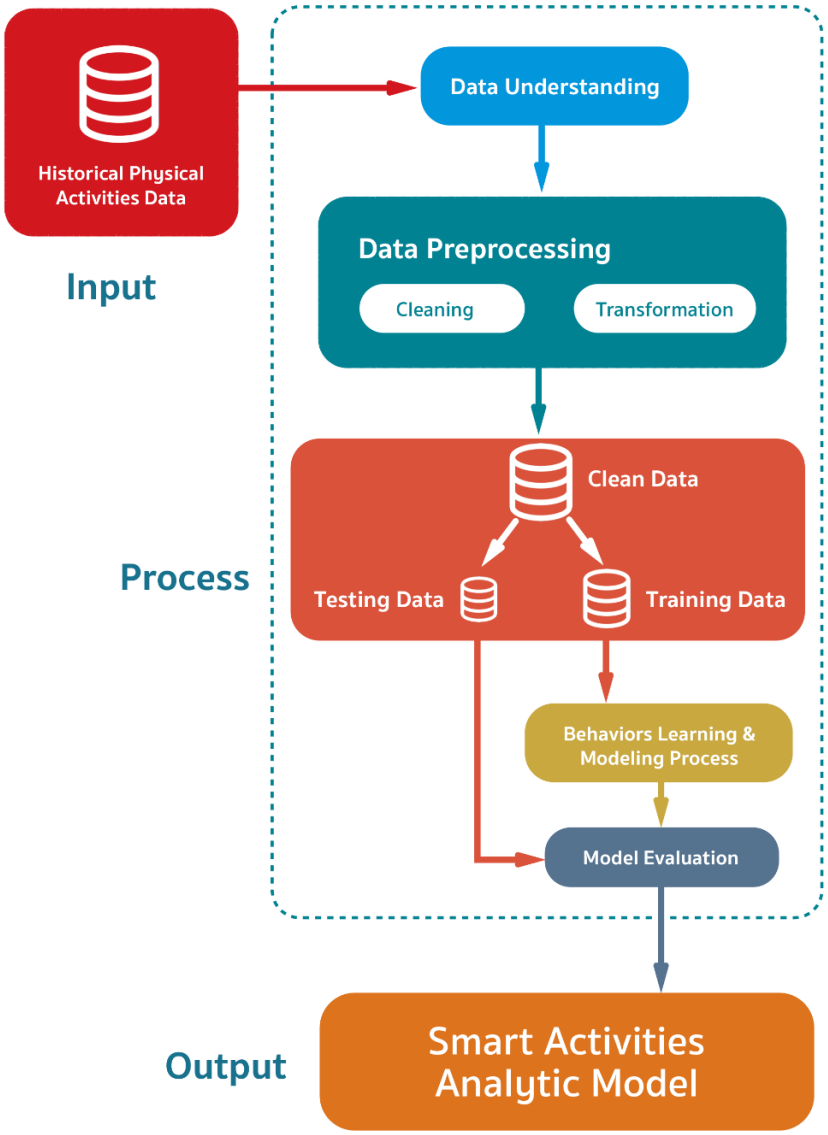
กรอบแนวคิดของโครงการวิจัยในช่วงปีที่ 1

ในระยะเริ่มต้นปีที่ 1 คณะผู้วิจัยเน้นการสร้างตัวแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพทั้งความถูกต้องและความรวดเร็ว สำหรับการวิเคราะห์รูปแบบพฤติกรรมจากกิจกรรมทางกายภายที่ทำในแต่ละวัน ที่

เรียกว่า “**Smart Activities Analytic Model**” เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์และเฝ้าระวังพฤติกรรมว่ามีความผิดปกติไปจากพฤติกรรมต่าง ๆ ที่เคยทำหรือไม่ และมีความผิดปกติอย่างไร โดยใช้ข้อมูลกิจกรรมและข้อมูลอื่นเช่น อัตราการเต้นของหัวใจ, อุณหภูมิร่างกาย ที่ส่งมาจากอุปกรณ์ที่ผู้สูงอายุสวมใส่เป็นจำนวนมากแบบตลอดเวลา โดย Smart Activities Analytic Model นี้จะมีความสามารถในปรับเปลี่ยนตัวแบบการวิเคราะห์พฤติกรรมได้อย่างอัตโนมัติตามกิจกรรมทางกายภาพที่เปลี่ยนไปตามบริบทของแต่ละบุคคลเมื่อนำไปใช้งานจริง (ดำเนินการช่วงปีที่ 2) กรอบแนวคิดงานวิจัยในปีที่ 1 แสดงขั้นตอนดังภาพที่ 1-2



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดงานวิจัยและการนำไปใช้ประโยชน์ ในระยะเวลาดำเนินการ 2 ปี



ภาพที่ 1-2 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัยในช่วงปีที่ 1

1.6 แผนการดำเนินงานวิจัย

ปี	กิจกรรม	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
2561	ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง อย่างละเอียด	X	X										
2561	เริ่มต้นศึกษาการทำงานของอุปกรณ์สวมใส่อัจฉริยะ	X											
2561	ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมจากที่ได้ศึกษามา	X	X										
2561	ศึกษาวิธีการรับส่งสัญญาณวิธีการส่งข้อมูลกิจกรรมจากอุปกรณ์สวมใส่	X											
2561	ทดสอบวิธีการรับส่งสัญญาณและการจัดเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์สวมใส่อัจฉริยะ		X										
2561	เก็บรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลสาธารณะ	X	X										
2561	ออกแบบและพัฒนาตัวแบบจำลองพฤติกรรม			X	X	X	X	X	X				
2561	ออกแบบฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลขนาดใหญ่จากอุปกรณ์สวมใส่								X	X			
2561	เริ่มพัฒนาแอปพลิเคชันต้นแบบสำหรับวิเคราะห์พฤติกรรม แจ้งเตือนพฤติกรรมที่มีความผิดปกติ										X	X	X

2562	สรุปผลงานวิจัยที่ดำเนินงานในปีที่ 1 เพื่อจัดทำรายงานความก้าวหน้า และจัดทำบทความวิจัย										X	X	X

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสร้างแบบจำลองอัจฉริยะในการวิเคราะห์พฤติกรรมการทำกิจกรรมของผู้สูงอายุโดยใช้กระแสข้อมูลกิจกรรมในเวลาจริงจากอุปกรณ์สวมใส่ สำหรับพัฒนานวัตกรรมในการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนอันตรายกับผู้ดูแลแบบทันทีทันใด ในบทนี้คณะผู้วิจัยจะนำเสนอหลักการและทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมที่รองรับข้อมูลขนาดใหญ่ โดยหัวข้อดังนี้

1. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง
2. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องการเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุ
3. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องการสร้างแบบจำลองเพื่อตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรม
4. ทฤษฎีและสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
5. การสร้างเฟรมเวิร์กที่ใช้จัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analytics Frameworks) ประกอบด้วย
   2.1 ชั้นของการนำเข้าข้อมูล (Data Collection Layer)
   2.2 ชั้นของการประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Streaming/Real-time Layer)
   2.3 ชั้นของการประมวลผลข้อมูลแบบเป็นชุด (Batch Layer)
   2.4 ชั้นของการบริการข้อมูล (Serving Layer)
   2.5 ชั้นของการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analytic Layer)

2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การสำรวจแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สมาร์โฟนที่เกี่ยวกับผู้สูงอายุ

ตารางที่ 2-1 การสำรวจแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนที่เกี่ยวกับผู้สูงอายุ

แอปพลิเคชั่น	ประเทศ	คุณสมบัติ	หมายเหตุ
self-help Elderly	อังกฤษ	มีตารางใช้สำหรับบันทึกงานเพื่อเตือนความจำสำหรับผู้สูงอายุ สามารถแสดงกิจกรรมหรืองานที่สำคัญสำหรับผู้สูงอายุ มีส่วนของการติดต่อไปยังผู้ดูแลผู้สูงอายุ หากเกิดอุบัติเหตุ	
Elderly care	สวีเดน	มีระบบค้นหาร้านขายยาที่อยู่ใกล้เคียง มีการแนะนำผู้สูงอายุเกี่ยวกับการตรวจสอบสุขภาพของตัวเอง แนะนำอาหารที่ควรรับประทาน สามารถแชร์เรื่องราวที่เกี่ยวกับสุขภาพของตัวเอง	ต้องมีเซนเซอร์สำหรับค้นหาร้านยาที่อยู่ใกล้เคียง
GSM Elderly Care Alarm	จีน	ใช้สำหรับการตรวจจับพฤติกรรมของผู้สูงอายุ ภายในบ้าน แสดงตำแหน่งของผู้สูงอายุจากเซนเซอร์ที่ติดตั้งภายในบ้าน และส่งข้อมูลให้ผู้ดูแลสามารถทราบถึงตำแหน่งของผู้สูงอายุภายในบ้าน	เซนเซอร์ที่ติดภายในบ้านผู้สูงอายุ
Elderly Mobility Scale	อังกฤษ	สำหรับทดสอบผู้สูงอายุ โดยให้ผู้สูงอายุทำกิจกรรมต่างๆ แล้วมาเลือกคำตอบที่ตนเองได้ทำกิจกรรมตามคำสั่งภายในแอพพลิเคชั่น	
Instant Heart Rate	อเมริกา	สามารถวัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยใช้มือของผู้สูงอายุไปสัมผัสที่กล้อง เพื่อแสดงชีพจรของผู้สูงอายุ	ใช้เซนเซอร์ในสมาร์ทโฟน

ตารางที่ 2-1 การสำรวจแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนที่เกี่ยวกับผู้สูงอายุ (ต่อ)

แอปพลิเคชั่น	ประเทศ	คุณสมบัติ	หมายเหตุ
LanggaTeam	อังกฤษ	ใช้เตือนความจำสำหรับผู้สูงอายุ โดยการตั้งเวลา และให้ผู้สูงอายุมากดยืนยันว่าได้ทำสิ่งนั้นไปแล้วหรือไม่ ถ้าทำแล้วให้กดยืนยันสิ่งที่ได้ทำแล้ว แต่ถ้ายังจะมีการแจ้งเตือนไปเรื่อยๆ	
Care Watch Guardian	จีน	สามารถแจ้งเตือนหากเกิดอุบัติเหตุ โดยจะใช้ตัวรับรู้จากอุปกรณ์ติดตามตัว เช่น นาฬิกา Apple watch หรือสายรัดข้อมือที่มีตัวรับรู้บอกตำแหน่ง มีการแสดงผลถึงตำแหน่งของผู้สูงอายุ และสามารถแจ้งเตือนไปยังอุปกรณ์ชิ้นนั้นได้	ใช้เซนเซอร์ในสมาร์ทโฟน
Napier HomeCare	อังกฤษ	สามารถแสดงผลความดันเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ น้ำตาลในเส้นเลือด น้ำหนักส่วนสูง ค่าBMI และค่าออกซิเจนในเส้นเลือดของผู้สูงอายุ โดยที่ผู้สูงอายุต้องกรอกข้อมูลดังกล่าว เพื่อให้หมอสามารถสรุปผล และดูแลผู้สูงอายุเกี่ยวกับความเปลี่ยนแปลงแต่ละอย่างได้	
Homeasy	จีน อังกฤษ	ตรวจจับการทำกิจกรรมต่างๆ เช่น การนอน การเข้าห้องน้ำ การนั่งรับประทานอาหาร การออกจากห้องต่าง ๆ โดยต้องนำตัวรับรู้ไปติดตามจุดต่างๆ ที่ต้องการตรวจจับพฤติกรรมของผู้สูงอายุ	ใช้เซนเซอร์ที่ติดภายในบ้านผู้สูงอายุ

ตารางที่ 2-1 การสำรวจแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนที่เกี่ยวกับผู้สูงอายุ (ต่อ)

แอปพลิเคชั่น	ประเทศ	คุณสมบัติ	หมายเหตุ
smart EAs	อังกฤษ	ตรวจจับกิจกรรมต่างจากเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในห้องนั้น	ใช้เซนเซอร์ที่ติดภายในบ้านผู้สูงอายุ
elder care finder	อังกฤษ	ช่วยค้นหาสถานที่ที่ดูแลสำหรับผู้สูงอายุ	ใช้เซนเซอร์ในสมาร์ทโฟน
AIS safe and care	ไทย	สามารถตรวจสอบตำแหน่งต่าง ๆ ของคนครอบครัว สามารถค้นหาและแจ้งเตือนไปยังผู้สูงอายุได้	ใช้เซนเซอร์ในสมาร์ทโฟน

จากการสำรวจตลาดแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนที่เน้นสำหรับผู้สูงอายุ พบว่าโดยทั่วไปจะเป็นลักษณะดังนี้ (1) เน้นการบันทึกงานหรือกิจกรรมที่ต้องทำ และแจ้งเตือนเมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้ (2) สามารถระบุตำแหน่งที่อยู่ของผู้สูงอายุภายในบ้านว่าอยู่ที่ห้องไหนโดยอาศัยเซนเซอร์ (Sensors) ที่ติดตามอุปกรณ์ (3) ตรวจจับการทำกิจกรรมต่างๆ เช่น การนอน การเข้าห้องน้ำ การนั่งรับประทานอาหาร การออกจากห้องต่าง ๆ โดยต้องนำเซนเซอร์ไปติดตามจุดต่างๆ ภายในบ้านหรืออุปกรณ์ แต่แอปพลิเคชันที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ ไม่มีแอปพลิเคชันใดที่มีส่วนการวิเคราะห์รูปแบบของพฤติกรรมโดยตรง โดยเฉพาะการวิเคราะห์ เฝ้าระวัง และการตรวจจับพฤติกรรมที่มีความผิดปกติจากกิจกรรมที่ทำอยู่ในชีวิตประจำวัน

2.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องการเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุ

การเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุ (Health Monitoring for the Elderly) เป็นเรื่องที่น่าสนใจและมีความสำคัญอย่างมาก ซึ่งมีหลายงานวิจัยด้วยกันที่พัฒนาระบบเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุโดยการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้และทำงานร่วมกัน อาทิเช่น เทคโนโลยี Mobile Computing ที่เป็นการนำเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และโทรศัพท์ไร้สายมาเชื่อมโยงกัน ทำให้สามารถใช้โทรศัพท์ไร้สายติดต่อทำงานร่วมกับระบบคอมพิวเตอร์ได้ รวมไปถึงเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network) เป็นต้น ตัวอย่างเช่น

ในการสร้างแบบจำลองรูปแบบพฤติกรรมที่สามารถวิเคราะห์ติดตามและตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรมจากข้อมูลทางกายภาพเทคนิคส่วนใหญ่ที่นำมาใช้คือ การจำแนกประเภท

(Classification) เช่น Support Vector Machine, Hidden Markov Model, Bayesian Network, Neural Network เป็นต้น และรูปแบบของการตรวจจับความผิดปกติมีอยู่ 4 รูปแบบ คือ 1. การทำกิจกรรมผิดสถานที่ (Spatial Anomaly) เช่น การนอนลงบนพื้น 2. การทำกิจกรรมในเวลาที่ผิดปกติ (Time Anomaly) เช่น การเดินละเมอตอนเที่ยงคืน การนอนในช่วงหัวค่ำ เป็นต้น 3. การทำกิจกรรมเป็นระยะเวลานานเกินไป (Duration Anomaly เช่น การทำงานเกินเวลา การนอนตื่นสาย เป็นต้น 4. การทำกิจกรรมที่ผิดไปจากลำดับกิจกรรมปกติ (Sequence Anomaly) เช่น หลังจากการเตรียมอาหารแล้วผู้ใช้ลืมรับประทานอาหารและเริ่มทำงานที่คอมพิวเตอร์แทน เป็นต้น

Sensor-Based Abnormal Human-Activity Detection เป็นงานวิจัยที่ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ใช้ด้วยข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่ติดอยู่ตามร่างกาย (Wearable Senor) โดยติดเอาไว้ 3 ส่วน ได้แก่ ไหล่ เอว และเข่า ใช้วิธีการ Support Vector Machine (SVM) และ Kernel nonlinear regression (KNLR) ในการสร้างแบบจำลองลำดับของการทำกิจกรรมที่ปกติและการทำกิจกรรมที่ผิดปกติ เพื่อตรวจจับการล้มในแต่ละกิจกรรมจากลำดับของการทำกิจกรรมที่ผิดปกติ **(Sequence Anomaly)** รวมถึงลดอัตราการของการจำแนกพฤติกรรมที่ผิดพลาด (False Positive Rate)

Toward Real time Detection Living Activity in Home Using a Wearable Sensor and Smart Home Sensor เป็นงานวิจัยที่ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ใช้ด้วยข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่ติดอยู่ตามร่างกายโดยติดเอาไว้ที่เอว ร่วมกับเซ็นเซอร์ที่ติดอยู่ตามเครื่องใช้ต่าง ๆ ภายในบ้าน ใช้วิธีการ The Combination Probabilities of changing states คือการนำความน่าจะเป็นในการทำกิจกรรมถัดไปมาสร้างเป็น Finite State Machine เพื่อตรวจจับการล้มจากการทำกิจกรรมที่ผิดปกติไปจากลำดับของการทำกิจกรรม **(Sequence Anomaly)**

Anomalous Behavior Detection: Supporting Independent Living เป็นงานวิจัยที่ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ใช้ด้วยข้อมูลจากเซ็นเซอร์ติดอยู่ตามเครื่องใช้ต่าง ๆ ภายในบ้าน เช่น ประตู เตียงนอน ห้องน้ำ ห้องครัว โซฟา เป็นต้น ใช้วิธีการ K-mean clustering เพื่อจัดกลุ่มของเวลาในการทำกิจกรรมที่ปกติของแต่ห้องและใช้วิธีการ Hidden Markov Model (HMM) สร้างแบบจำลองของลำดับการทำกิจกรรมปกติ และใช้ตรวจจับการทำกิจกรรมที่ผิดปกติไปจากลำดับของการทำกิจกรรม **(Sequence Anomaly)**

Smart Homes for the Elderly Dementia Sufferers: Identification and Prediction of Abnormal Behaviour เป็นงานวิจัยที่ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคความจำเสื่อมด้วยข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่ติดไว้ที่ประตูและเซ็นเซอร์ Infra-red ใช้วิธีการ Fuzzy C-mean เพื่อจัดกลุ่มของเวลาในการทำกิจกรรมที่ปกติของแต่ห้องและใช้วิธีการ Echo State Networks มาใช้ในการทำนาย (Prediction) ระยะเวลาการทำกิจกรรมในอนาคต เพื่อตรวจจับความผิดปกติของการใช้เวลา **(Duration Anomaly)** อยู่ในห้องต่าง ๆ ภายในบ้านของผู้สูงอายุ

Detecting Abnormal Patterns of Daily Activities for the Elderly Living Alone เป็นงานวิจัยที่ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้สูงอายุด้วยข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่ประตูของแต่ละห้อง ใช้วิธีการ K-mean Clustering เพื่อจัดกลุ่มของเวลาในการทำกิจกรรมที่ปกติของแต่ห้อง และ Markov Chains Model สร้างลำดับของการเข้าและออกห้องตามเวลา ใช้ตรวจจับรูปแบบที่ผิดปกติของพฤติกรรมเวลาการเข้าและออกจากห้องต่าง ๆ ภายในบ้าน **(Time Anomaly)**

Wearable Sensor-Based Behavioral Anomaly Detection in Smart Assisted Living Systems เป็นงานวิจัยที่ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ใช้ด้วยข้อมูลเซ็นเซอร์ที่ติดอยู่ตามร่างกาย (Wearable Senor) โดยติดเอาไว้ 3 ส่วน ได้แก่ ต้นขา เอว และมือ ร่วมกับเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยวิดีโอ (Motion Video Capture) ติดไว้ตามผนังห้อง ใช้วิธีการ Dynamic Bayesian network เพื่อหาความน่าจะเป็นในการจำแนกความผิดปกติ โดยความผิดปกติมีทั้งหมด 4 แบบ 1. การกิจกรรมผิดสถานที่ **(Spatial Anomaly)** เช่น การล้มลงบนพื้น 2. การทำกิจกรรมในเวลาที่ผิดปกติ **(Time Anomaly)** เช่น การเดินละเมอ 3. การทำกิจกรรมนานกว่าปกติ **(Duration Anomaly)** เช่น การนั่งทำงานเกินเวลา 4. การทำกิจกรรมที่ผิดจากลำดับของกิจกรรม **(Sequence Anomaly)** เช่น การลืมทานยาหลังอาหาร เป็นต้น

Hidden State Conditional Random Field for Abnormal Activity Recognition in Smart Homes เป็นงานวิจัยที่ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ใช้ด้วยข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เซ็นเซอร์บอกสถานะของเครื่องใช้ต่าง ๆ ภายในบ้าน ใช้วิธีการ Hidden State Condition Random Field สร้างแบบจำลองลำดับพฤติกรรมที่ปกติ เพื่อตรวจจับการทำกิจกรรมที่ผิดปกติจากลำดับกิจกรรม **(Sequence Anomaly)** ซึ่งมี 2 แบบคือ 1. การลืม 2. การทำกิจกรรมใหม่

Sequence Learning with Passive RFID Sensors for Real-Time Bed-Egress Recognition in Older People เป็นงานวิจัยที่ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้สูงอายุด้วยข้อมูลเซ็นเซอร์ติดอยู่ตามร่างกายโดยติดเอาไว้ที่หน้าอก ร่วมกับเซ็นเซอร์ RFID และ Antenna ใช้วิธีการ Support Vector Machine สร้างลำดับของกิจกรรมและทำนายกิจกรรมที่จะเกิดถัดไป **(Sequence Anomaly)** เพื่อการลุกออกจากเตียงของผู้สูงอายุ

Activity Recognition and Abnormal Behaviour Detection with Recurrent Neural Networks เป็นงานวิจัยที่ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคความจำเสื่อมด้วยข้อมูลจากเซ็นเซอร์เซ็นเซอร์ติดอยู่ตามจุดต่าง ๆ ภายในบ้าน เช่น Passive infrared ตรวจจับการเคลื่อนไหว Antenna RFID สำหรับระบุตำแหน่งของผู้อยู่อาศัย ใช้วิธีการ Vanilla Recurrent Neural Networks, Long Short Term Memory Recurrent Neural Networks, Gated Recurrent Unit เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับวิธีการ Naïve Bayes, Hidden Markov Model,

Hidden-Semi Markov Model, Conditional Random Fields เพื่อตรวจจับพฤติกรรมที่ผิดปกติจากลำดับของพฤติกรรม **(Sequence Anomaly)** ซึ่งความผิดปกติที่สนใจมี 2 แบบคือ 1. การลืมหรือการทำซ้ำกิจกรรม 2. การทำกิจกรรมที่ผิดปกติในช่วงเวลานอน

งานวิจัยของ Shigeru Ohta และคณะ ได้นำเสนอ “A health monitoring system for elderly people living alone” เป็นการติดตามการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่างจำนวน 8 คนที่มีอายุเฉลี่ย 81 ปี โดยการติดตั้งเซนเซอร์อินฟาเรด (Infrared Sensors) ในแต่ละห้องภายในบ้านเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวจากรังสีอินฟาเรด เมื่อเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวในห้องก็จะส่งข้อมูลที่เป็นเวลา หมายเลขเซนเซอร์ และสัญญาณ ON/OFF ไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูล การทดลองนี้ได้เก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 80 เดือน และพบว่ากลุ่มตัวอย่างแต่ละคนมีรูปแบบการเคลื่อนไหวที่มีความเฉพาะในแต่ละวัน เนื่องจากสภาพอากาศหรืออุณหภูมิ ระบบติดตามการเคลื่อนไหวนี้สามารถตรวจจับสถานะที่ผิดปกติ โดยการวิเคราะห์จากข้อมูลการเคลื่อนไหวในวันปัจจุบันเทียบกับข้อมูลการเคลื่อนไหวในอดีตด้วยค่าทางสถิติ ถ้ามีการตรวจพบสถานะที่ผิดปกติระบบติดตามนี้ก็จะส่งสัญญานไปบอกคนในครอบครัว เพื่อให้คนในครอบครัวตัดสินใจว่าต้องทำอย่างไรต่อไปเช่น เรียกรถพยาบาลฉุกเฉิน หรือ โทรปรึกษาคุณหมอเป็นต้น

“iCare: A mobile health monitoring system for the elderly” เป็นงานวิจัยของ Ziyu Lv และคณะ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบการติดตามสุขภาพผู้สูงอายุที่ทำงานบนสมาร์โฟน โดยใช้เซนเซอร์ไร้สายที่ติดตามร่างกาย ได้แก่ integrated Bluetooth ECG/Accelerometer sensor, Bluetooth blood pressure และอุปกรณ์ทางการแพทย์ สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลอัตราการเต้นหัวใจและความดันโลหิต จากนั้นจะถูกส่งไปยังเครื่องแม่ข่ายด้วยสมาร์ทโฟน ทำให้สามารถติดตามสุขภาพของผู้สูงอายุได้ทุกที่ทุกเวลา ในการติดตามสุขภาพผู้สูงอายุ จะให้คุณหมอกำหนดค่าขีดแบ่งหรือระดับของความเสี่ยงโดยพิจารณาจากประวัติและข้อมูลทางกายภาพของผู้สูงอายุแต่ละคน เมื่อระบบวิเคราะห์และตรวจสอบได้ว่า ผู้สูงอายุมีอาการที่ผิดปกติ นั่นหมายความว่าอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตเกินกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ สมาร์ทโฟนจะแจ้งเตือนโดยอัตโนมัติกับคนในครอบครัวที่กำหนดไว้ล่วงหน้า เพื่อน หรือเรียกรถพยาบาลศูนย์ฉุกเฉิน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นระบบข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคลและคำแนะนำทางการแพทย์อีกด้วย

“A Fuzzy Logic System For Home Elderly Prople Monitoring” เป็นงานวิจัยของ Hamid Medjahed และคณะ นำเสนอวิธีการติดตามผู้สูงอายุจากไมโครโฟน และเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่ติดตามตำแหน่งต่างๆภายในบ้าน โดยเซ็นเซอร์อินฟราเรดจะใช้ตรวจจับสภาพของร่างกาย และใช้ไมโครโฟนในการฟังคลื่นความถี่ของหัวใจ ระบบก็จะตรวจสอบว่าอินฟราเรดนั้นมีความผิดปกติจากเดิม และมีคลื่นความถี่ของหัวใจจากไมโครโฟนที่มีความผิดปกติไปจากเดิมหรือไม่ ระบบสามารถวิเคราะห์และตรวจสอบได้อีกว่าผู้สูงอายุมีอาการที่ผิดปกตินั้นหมายความว่าผู้สูงอายุ

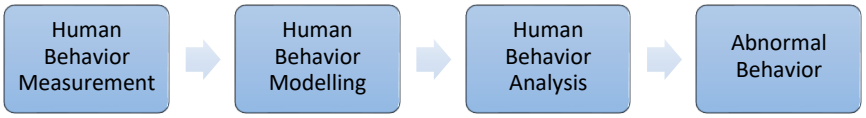
อาจเกิดอุบติเหตุขึ้นก็ได้ ระบบก็จะแจ้งไปยังสมาร์ทโฟนเพื่อแจ้งเตือนผู้ที่ดูแลให้เข้ามาดูแล หรือเรียกรถพยาบาลฉุกเฉิน

“UbiHeld - Ubiquitous Healthcare Monitoring System for Elderly and Chronic Patients” เป็นงานวิจัยของ Avik Ghose และคณะ ได้นำเสนอระบบการตรวจสอบสำหรับผู้สูงอายุและผู้ป่วยเรื้อรัง โดยใช้ social network โดยใช้การประมวลผลภาษาธรรมชาติในการวิเคราะห์และประมวลผลการทำนายถึงสุขภาพจิตใจของผู้สูงอายุ และใช้ Kinect ซึ่งเป็น Iot และสมาร์ทโฟนในการตรวจสอบสถานที่และกิจกรรม โดยที่สมาร์ทโฟนจะใช้ตรวจสอบ การนั่ง การยืน การเดิน และสามารถใช้กล้องในการตรวจสอบอัตราการเต้นของหัวใจ SpO2 (ความอิ่มตัวของออกซิเจน) และความดันโลหิต ส่วน Kinect ใช้ในการตรวจสอบวิสัยทัศน์ของผู้สูงอายุเช่น การดูทีวี การอ่านหนังสือ การบริโภคยา การเข้าห้องน้ำ และการเข้าห้องนอน จากนั้นระบบก็จะทำการวิเคราะห์และประมวลผลแจ้งข้อมูลให้กับแพทย์ และผู้ดูแลผู้สูงอายุ หากเกิดความผิดปกติในการใช้ชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ ระบบนี้จะส่งสัญญาณไปให้ผู้ดูแลผู้สูงอายุ เพื่อให้ผู้ดูแลผู้สูงอายุตัดสินใจว่าต้องทำอย่างไรต่อไปเช่น โทรปรึกษาแพทย์ หรือเรียกรถพยาบาลฉุกเฉิน

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุ พบว่าส่วนใหญ่เป็นระบบที่เน้นการตรวจจับว่าผู้สูงอายุทำกิจกรรมอะไร โดยใช้อุปกรณ์ที่มีเซนเซอร์ติดตามตำแหน่งต่าง ๆ ภายในบ้านและอุปกรณ์ รวมถึงการใช้กล้องร่วมด้วย หรือแม้กระทั่งต้องติดไว้ตามตัวของผู้สูงอายุหลายจุด ซึ่งมีโอกาสก่อความรำคาญให้กับผู้สูงอายุ หรือขาดความเป็นส่วนตัวเหมือนมีกล้องตรวจจับอยู่ตลอดเวลา แต่ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ไม่มีงานวิจัยที่มีเน้นส่วนการวิเคราะห์ความผิดปกติของผู้สูงอายุจากรูปแบบของพฤติกรรมโดยตรง เพื่อติดตามสุขภาพของผู้สูงอายุในระยะยาว การเฝ้าระวัง และการตรวจจับพฤติกรรมที่มีความผิดปกติจากกิจกรรมที่ทำอยู่ในชีวิตประจำวัน โดยใช้อุปกรณ์สวมใส่อัจฉริยะเพียง 1 อุปกรณ์เท่านั้น

2.3 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องการสร้างแบบจำลองเพื่อตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรม

ในปัจจุบันเริ่มมีงานวิจัยหลายงานด้วยกันที่ศึกษาด้านพฤติกรรมของมนุษย์ [15] เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมและระบุพฤติกรรมที่มีความผิดปกติจากกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ ที่สามารถนำไปใช้เฝ้าระวังติดตามสุขภาพในอนาคตได้ การตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรมประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลัก แสดงดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 กระบวนการสร้างตัวแบบจำลองตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรม

- Human Behavior Measurement เป็นการศึกษาเกี่ยวกับเซนเซอร์และมาตรวัดที่ใช้สำหรับแปลงสัญญาณจากเซนเซอร์ เพื่อสามารถระบุว่าผู้ใช้ทำกิจกรรมทางกายภาพ (Physical Activity) อะไร เช่น นั่ง เดิน นอน วิ่ง เป็นต้น และในช่วงเวลาใด หรือที่เรียกว่า daily activity log หรือ activity information งานวิจัยส่วนใหญ่จะใช้ ambient sensors ที่ติดตามตำแหน่งต่าง ๆ ภายในบ้านหรืออุปกรณ์ เพื่อให้เป็นบ้านอัจฉริยะหรือที่เรียกว่า Smart home และ wearable sensors ซึ่งเป็นเซนเซอร์ที่ติดตามตัวของผู้ใช้หรือให้ผู้ใช้สวมใส่
- Human Behavior Modelling เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลการทำกิจกรรมที่ระบุจากขั้นตอน Human Behavior Measurement มาสร้างเป็นตัวแบบที่จำลองพฤติกรรม ซึ่งขั้นตอนวิธีที่ใช้สำหรับสร้างตัวแบบนั้นจะต้องเป็นขั้นตอนวิธีที่มีความยืดหยุ่นและปรับตัวแบบได้ง่ายตามการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม
- Human Behavior Analysis เป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์ว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นหรือไม่ โดยใช้ Human Behavior Modelling ที่สร้างขึ้น

ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้การระบุว่าผู้ใช้ทำกิจกรรมอะไรโดยใช้เซนเซอร์มีความแม่นยำที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นความท้าทายของการตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรม จึงเป็นเรื่องของการสร้างแบบจำลองพฤติกรรม หรือ Human Behavior Modelling ที่มีความยืดหยุ่นปรับตัวแบบ และมีความถูกต้องที่ดีพอ ซึ่งก็มีหลายงานวิจัยด้วยกันที่เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลในการสร้างตัวแบบจำลองพฤติกรรมและตรวจจับความผิดปกติ ไม่ว่าจะเป็น ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree), วิธีการแบบเบย์ (Bayesian Methods), ฟัซซี่โลจิก (Fuzzy Logic), โครงข่ายประสาทเทียว (Neural Network), หรือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine หรือ SVM) แต่วิธีการที่นิยมนำมาสร้างแบบจำลองมากที่สุดคือ Hidden Markov Model (HMM) แต่วิธีการที่กล่าวมาข้างต้นเป็นวิธีการสร้างตัวแบบที่ใช้วิธีการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) ที่จำเป็นต้องเตรียมข้อมูลสำหรับสอน (Training Data) โดยต้องระบุว่าพฤติกรรมใดเป็นพฤติกรรมที่ปกติ และพฤติกรรมใดเป็นพฤติกรรมที่ผิดปกติ ซึ่งเป็นการยากที่จะระบุได้อย่างแน่นอน และตัวแบบที่ได้จะเป็นตัวแบบที่ตายตัวไม่สามารถปรับตัวแบบจำลองได้ (Offline Modeling)

หลายงานวิจัยที่พยายามนำเสนอขั้นตอนวิธีการสร้างตัวแบบจำลองพฤติกรรมโดยใช้การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) อาทิเช่น

งานวิจัยของ Fabien Cardinaux และคณะ นำเสนองานวิจัย “Modelling of behavioural patterns for abnormality detection in the context of liftstyle reassurance” ซึ่งการนำเสนอขั้นตอนวิธีการสร้างแบบจำลองแทนรูปแบบพฤติกรรมเพื่อตรวจจับพฤติกรรมที่มีความผิดปกติหรือมีการเปลี่ยนแปลงจากที่เคยทำเป็นประจำ ซึ่งแบบจำลองที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เป็นแบบจำลองที่อาศัยความน่าจะเป็นโดยใช้ Gaussian mixture model (GMM) และใช้ข้อมูลการทำกิจกรรมได้แก่ การนอน และการดูทีวี ที่เคยทำในช่วงเวลาที่ผ่านมา เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการสอนและสร้างตัวแบบจำลอง จากการทดลองโดยใช้กรณีศึกษากับตัวอย่างจริงสามารถแสดงให้เห็นว่า ตัวแบบจำลองสามารถติดตามพฤติกรรมของผู้ใช้ได้ และสามารถแจ้งเตือนเมื่อมีการทำกิจกรรมที่เปลี่ยนไปจากเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น งานวิจัยนี้สรุปผลได้ว่ามีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการที่นำมาเปรียบเทียบ

งานวิจัยของ Ahmad Lotfi และคณะ นำเสนอ “Smart homes for the elderly dementia suffers: identification and prediction of abnormal behavior” เป็นงานวิจัยที่สนับสนุนการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่บ้านเพียงลำพังคนเดียว โดยการทำให้เป็นบ้านอัจฉริยะด้วยการนำเซนเซอร์ติดตามอุปกรณ์และตำแหน่งต่าง ๆ ภายในบ้าน อาทิเช่นเซนเซอร์ที่ตรวจจับการเคลื่อนไหว เซนเซอร์ตรวจจับการเปิดปิดประตู เพื่อเฝ้าระวังติดตามผู้สูงอายุ โดยนำข้อมูลการทำกิจกรรมเชิงเวลาที่มีลักษณะสองสถานะ คือ 0 (ทำกิจกรรม) และ 1 (ไม่ได้ทำกิจกรรม) ของผู้ใช้แต่ละคนมาสร้างเป็นตัวแบบ กิจกรรมแต่ละกิจกรรมจะถูกนำไปพิจารณาจากเวลาที่เริ่มต้นทำกิจกรรมและทำกิจกรรมนั้น ๆ เป็นเวลาเท่าไร จากนั้นใช้วิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูล Self Organizing Maps (SOM), การแบ่งกลุ่มวิธีการแบบเคมีนส์ (K-means Clustering) และ Fuzzy C-means (FCM) แล้วเลือกวิธีการที่ให้การแบ่งกลุ่มที่เหมาะสมที่สุดเป็นตัวแบบในการตรวจจับความผิดปกติของกิจกรรมที่ทำ

งานวิจัยของ Sukanya และ Gayathri นำเสนองานวิจัยเรื่อง “An unsupervised pattern clustering approach for identifying abnormal user behaviors in smart homes” โดยการนำข้อมูลการทำกิจกรรมที่ตรวจจับได้จากเซนเซอร์ที่ติดไว้ตามตำแหน่งต่าง ๆ ของบ้าน มาสร้างเป็นตัวแบบจำลองของการทำกิจกรรมเพื่อตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรมจากการทำกิจกรรมประจำวัน การสร้างแบบจำลองจะเริ่มต้นจากการนำข้อมูลการทำกิจกรรม มาผ่านขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพื่อให้รูปแบบที่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้ จากนั้นนำข้อมูลรูปแบบของกิจกรรมที่เกิดขึ้นบ่อยด้วยเทคิค Frequent Pattern Mining ที่เรียกว่า FP Growth และนำเข้าสู่ขั้นตอนการแบ่งกลุ่มข้อมูลเพื่อแบ่งกลุ่มการทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม ๆ ด้วยวิธีการ K-Pattern Clustering ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ หลังจากนั้นนำข้อมูลกิจกรรมที่แบ่งเป็นกลุ่มแล้ว มาสร้างเป็นตัวแบบในการระบุกิจกรรมที่มีความผิดปกติโดยใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม (Artificial Neural Network) โดยในงานวิจัยนี้ทดลองเก็บข้อมูลจากบ้านที่ติดอุปกรณ์อัจฉริยะจำนวน 1 หลัง ซึ่งผลการทดลองนั้นงานวิจัยนี้ได้

รายงานเพียงว่าสามารถทำนายกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นต่อไป แต่ยังไม่สามารถระบุกิจกรรมที่ผิดปกติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ส่วนงานวิจัยของ Juan Luis Carús Candás และคณะ ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง “An automatic data mining method to detect abnormal human behavior using physical activity measurements” ซึ่งเป็นการนำเสนอวิธีการตรวจจับความผิดปกติของพฤตกรรมโดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลและสถิติ ภายใต้ความเป็นอยู่ที่อิสระไม่ว่าจะเป็นภายในบ้านหรือนอกบ้าน โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวแบบสวมใส่ (Motion Wearable Sensor) และใช้การคำนวณ jerk-based inactivity magnitude (JIM) วัดระดับของการตอบสนองของการทำกิจกรรมต่าง ๆ และใช้ข้อมูลของระดับการตอบสนองของการทำกิจกรรมในวันก่อน ๆ (Historical Data) ในการสร้างแบบจำลองของพฤติกรรมด้วยฟังก์ชันฟัซซี่ที่สามารถตรวจจับความผิดปกติได้ในเวลาจริง (Real-time) โดยถ้าให้ค่าฟัซซี่จาก -1 เป็น 1 แสดงว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้น ผลการทดลองตรวจจับความผิดปกติกับข้อมูลพฤติกรรมในอดีตพบว่าให้ค่าความแม่นยำ (Precision) 100% และค่าเรียกกลับ (Recall) 92%

งานวิจัยของ Valeria Soto-Mendoza และคณะ นำเสนอ “Abnormal behavioral patterns detection from activity records of institutionalized older adults” ซึ่งเกี่ยวกับการตรวจจับความผิดปกติในกิจกรรมในชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ โดยใช้อุปกรณ์สวมใส่ที่มีเซนเซอร์ได้แก่ accelerometers, infrared, cameras เป็นต้น ในการติดตามเฝ้าสังเกตผู้สูงอายุจะให้ผู้ดูแลจะบันทึกการทำกิจกรรมของผู้สุงอายุในแต่ละวันที่ตรวจจับได้จากอุปกรณ์ต่าง ๆ และโดยปกติผู้ดูแลจะต้องประเมินระดับของความผิดปกติ ซึ่งมีทั้งหมด 4 ระดับด้วยกันได้แก่ N (Normal), Light abnormality (AbL), Moderated abnormality (AbM) และ Severe abnormality (AbS) ซึ่งในงานวิจัยของ Valeria Soto-Mendoza และคณะได้ใช้แบบบันทึกการทำกิจกรรมของผู้สุงอายุนี้มาวิเคราะห์และประมวลผลโดยใช้วิธีการสร้างตัวแบบเพื่อแยกระดับความผิดปกติด้วย วิธีการการแบ่งกลุ่มข้อมูล (Data Clustering) จากการทดลองพบว่าช่วยให้ผู้ดูแลสามารถประเมินระดับความผิดปกติได้สะดวกและถูกต้องมากยิ่งขึ้น แต่เนื่องจากการสร้างตัวแบบในการแยกความผิดปกตินั้นใช้แบบบันทึกการทำกิจกรรมของผู้ดูแล ซึ่งในบางเหตุการณ์ทำให้ผู้ดูแลไม่สามารถกำหนดระดับที่ชัดเจนได้แน่นอน ก็เป็นผลให้ตัวแบบที่ได้มีความคลาดเคลื่อนในการแยกแยะ

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นมีหลายงานวิจัยที่นำเสนอวิธีการทำให้ที่อยู่อาศัยเป็นแบบอัจฉริยะหรือที่รู้จักกันในชื่อว่า Smart Home โดยการนำเซนเซอร์ตรวจจับสัญญาณต่าง ๆ รวมไปถึงกล้องวิดีโอ ติดไว้ตามตำแหน่งต่าง ๆ ภายในบ้านและอุปกรณ์ ก็มีบางงานวิจัยที่ใช้วิธีการติดเซนเซอร์ไว้ตามตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกายของผู้ใช้หลายตำแหน่ง เพื่อเก็บข้อมูลการทำกิจกรรมของผู้ใช้ แม้ว่าวิธีการดังกล่าวทำให้ทราบว่าผู้ใช้ทำกิจกรรมอะไรบ้างในช่วงเวลาใด แต่ก็ทำให้ผู้ใช้ไม่

สะดวกสบาย รู้สึกรำคาญ ในการดำเนินชีวิตทั้งภายในบ้านและนอกบ้าน และการติดเซนเซอร์จำนวนมากภายในบ้าน ทำให้ผู้ใช้ต้องลงทุนค่อนข้างสูงในการซื้ออุปกรณ์หลายชิ้น นอกจากนี้งานวิจัยส่วนใหญ่พัฒนาขั้นตอนวิธีในการวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างแบบจำลองเพื่อตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรมโดยใช้ข้อมูลพฤติกรรมในอดีต (Historical Data) ที่ต้องระบุว่าพฤติกรรมใดคือพฤติกรรมที่ปกติ รวมทั้งตัวแบบที่นำเสนอนั้นมีข้อจำกัดเมื่อนำไปใช้งานจริง เนื่องจากตัวแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่มีความยืดหยุ่น หรือปรับตัวแบบตามการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมในแต่ละช่วงเวลาที่เปลี่ยนไปให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของผู้ใช้

2.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน

2.4.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบจำลอง

แบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้น (Hidden Markov Model หรือ HMM) เป็นแบบจำลองมาร์คอฟทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์พฤติกรรมของตัวแปร เพื่อพยากรณ์พฤติกรรมในอนาคตของตัวแปรนั้น โดยมีสมมติฐานว่าระบบจำลองนั้นเกิดกระบวนการมาร์คอฟกับสถานะที่ยังไม่ได้สังเกตการณ์ (ซ่อนอยู่) แบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้นถือว่าเป็นเครือข่ายแบบเบย์พลวัตอย่างหนึ่ง

ในแบบจำลองมาร์คอฟอย่างง่ายนั้น ผู้สังเกต (observer) จะมองเห็นสถานะ (state) ได้โดยตรง ดังนั้นตัวแปรเดียวที่มีอยู่ คือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะ แต่ในแบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้น ผู้สังเกตไม่สามารถมองเห็นสถานะได้โดยตรง แต่จะเห็นผลลัพธ์ (output) ได้ โดยผลลัพธ์ที่ออกมานั้นขึ้นอยู่กับสถานะ ซึ่งแต่ละสถานะมีการกระจายความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นลำดับของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองก็จะทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับลำดับของสถานะได้เช่นกัน ทั้งนี้ คำว่า 'ซ่อนเร้น' นั้นหมายถึงลำดับของสถานะที่แบบจำลองผ่านไป ไม่ใช่ตัวแปรของแบบจำลอง แบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสาขาการเรียนรู้ของเครื่อง โดยเฉพาะการรู้จำแบบที่มีเวลามาเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นการรู้จำเสียงพูด การรู้จำลายมือ การรู้จำท่าทาง และชีวสารสนเทศศาสตร์ โดยใช้ลำดับของเหตุการณ์ที่สนใจ เช่น ลำดับสัญญาณเสียงพูด ลำดับของข้อมูลภูมิอากาศ เป็นต้น เป็นข้อมูลนำเข้าให้กับแบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้น

ส่วนประกอบของแบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้นมีพารามิเตอร์ ดังนี้

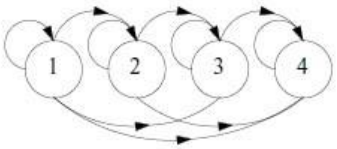
N คือ จำนวนของสถานะในแบบจำลอง

T คือ ความยาวของลำดับของค่าที่ปรากฏ

η คือ ค่าการกระจายความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะ โดยกำหนดให้ $A = \{a_{ij}\}$

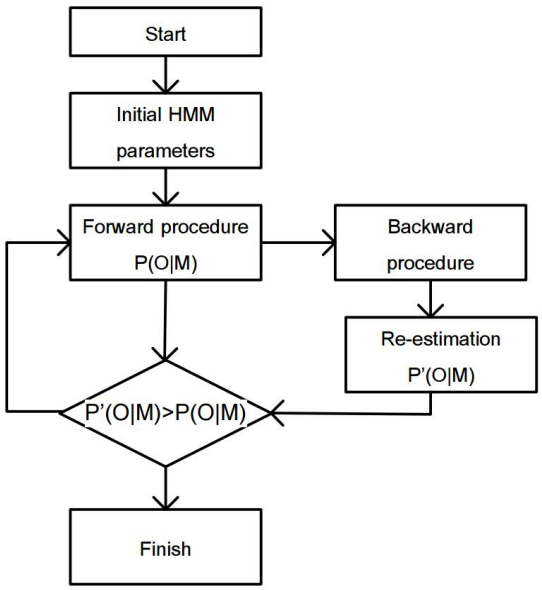
B คือ ค่าการกระจายความน่าจะเป็นของข้อมูลในสถานะต่าง ๆ ลักษณะเหมือนกับเป็นเครื่องจักรสถานะ (State Machine) เขียนเป็น $B = \{b_{ij}\}$ และ π คือ ค่าเริ่มต้นของสถานะ

ดังนั้นในแบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้นจึงเขียนแทนด้วย $\lambda = \{A, B, \pi\}$ มักจะเขียนแทนด้วย $\lambda = M$ ลำดับข้อมูลที่ป้อนให้แก่ตัวแบบจะอยู่ในรูป $O_T = \{o_1, o_2, \ldots, o_t\}$ ภาพที่ 2-2 เป็นตัวอย่างหนึ่งของตัวแบบที่มีลักษณะการเปลี่ยนแบบสถานะจากซ้ายไปขวา



ภาพที่ 2-2 Hidden Markov Model แบบ Left-to-Right Model

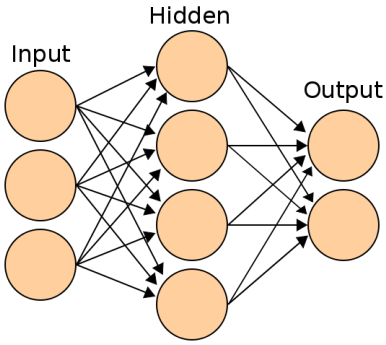
กระบวนการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของแบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้น ซึ่งเป็นส่วนการสอนแบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้นให้รู้จำ ทำได้โดยการนำข้อมูลเหล่าที่อยู่ในรูปแบบของลำดับข้อมูลที่ปรากฏ สอนให้แบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้นรู้จำ โดยมีขั้นตอนดังภาพที่ 2 เริ่มต้น Initial HMM parameter คือการสุ่มค่าพารามิเตอร์ให้กับตัวแบบจำลอง พร้อมกับรับอินพุท แล้วหาค่าความน่าจะเป็นด้วย Forward Procedure จะได้ค่าความน่าจะเป็นของตัวแบบ จากนั้นจึงแยกเป็นสองทาง ทางหนึ่งสร้างเป็น เพื่อคำนวณ Backward Procedure และ Reestimation ปรับเพื่อให้ได้ค่าความน่าจะเป็นที่สูงขึ้น การคำนวณดังกล่าวเป็นการทำซ้ำ จากนั้นนำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นเดิมในรอบที่แล้ว หากมีค่าความน่าจะเป็นสูงขึ้น และยังไม่ถึงเวลาที่กำหนดให้สิ้นสุดการทำงาน ขั้นตอนการเรียนรู้ก็จะวนกลับไปทำ Forward Procedure, Backward Procedure และ Reestimation ซ้ำจนกระทั่งสิ้นสุดตามเวลาที่กำหนด ค่าพามิเตอร์ที่ได้จากการเรียนรู้จะนำไปใช้งาน



ภาพที่ 2-3 ขั้นตอนการสอนแบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้น

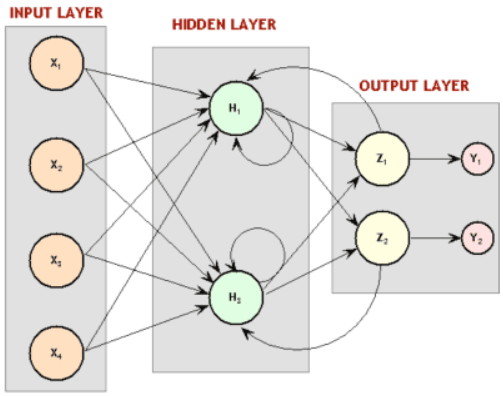
2.4.2 Recurrent Neural Network (RNN)

ข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) คือตัวแบบทางคณิตศาสตร์หรือตัวแบบทางคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลสารสนเทศ ซึ่งเป็นวิธีการที่เลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยประสาทหลายหน่วยที่เชื่อมโยงต่อกันเป็นระบบประสาทขึ้นมา ภาพที่ 2-3 เป็นตัวอย่างแบบจำลองของวิธีการข่ายประสาทเทียม โดยทั่วไปมีประกอบไปด้วยเซตของโหนด (Node) แทนด้วยรูปวงกลมในแต่ละชั้นของข่ายประสาท ซึ่งกำหนดให้เป็นนิวรอลหรือโหนดนำข้อมูลเข้า (Input Nodes) โหนดเอาต์พุต (Output Nodes) หรือโหนดอยู่ระหว่างกลางซึ่งเรียกว่า โหนดชั้นซ่อน (Hidden nodes) และมีการเชื่อมต่อระหว่างโหนด (หรือนิวรอน) โดยกำหนดค่าน้ำหนัก (Weight) กำกับอยู่ที่เส้นเชื่อมทุกเส้น เมื่อข่ายงานเริ่มทำงาน ข้อมูลจะถูกนำเข้ามาที่ชั้นข้อมูลนำเข้าโดย Input Nodes โดยแต่ละโหนดแสดงถึงคุณลักษณะของข้อมูลนำเข้า (Attributes) และจะส่งค่าที่ได้รับ ไปตามเส้นเชื่อมขาออก โดยที่ค่าที่ส่งออกไปจะถูกคูณกับค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อม โหนดในชั้นถัดไปจะรับค่า ซึ่งเป็นผลรวมจากโหนดต่างๆ แล้วจึงคำนวณผลอย่างง่าย โดยทั่วไปจะใช้ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid function) แล้วส่งค่าไปยังชั้นถัดไป การคำนวณเช่นนี้จะเกิดขึ้นไปเรื่อยๆ ทีละชั้นจนถึงโหนดเอาต์พุต ตัวแบบของข่ายประสาทเทียมอาศัยการปรับค่าน้ำหนักระหว่างโหนดจนทำให้ได้ค่าน้ำหนักที่ทำให้ตัวแบบมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด



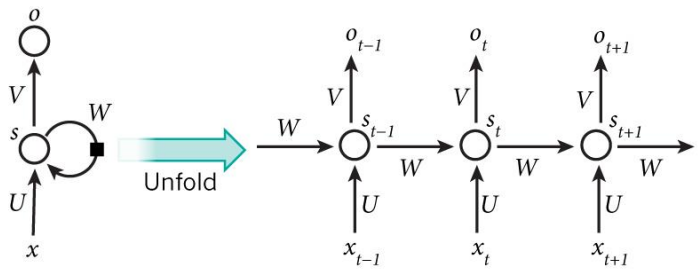
ภาพที่ 2-4 แบบจำลองของวิธีการข่ายประสาทเทียมที่มีทั้งหมด 3 ชั้น

Recurrent Neural Network หรือข่ายงานประสาทเทียมแบบวนซ้ำ เรียกย่อ ๆ ว่า RNN เป็นประเภทของข่ายประสาทเทียม ในอีกรูปแบบหนึ่ง ที่มีโครงสร้างเหมือนข่ายประสาทเทียมแต่จะมีเส้นเชื่อมย้อนกลับ (Feed-back Concection) ตังอย่างโครงสร้างแสดงดังภาพที่ 2-4 ข่ายงานประสาทเทียมแบบวนซ้ำนิยมนำมาแก้ปัญหาที่มีช่วงเวลาเกี่ยวข้องหรือมีลำดับของการเรียนรู้ ซึ่งลำดับก่อนหน้ามีผลกับลำดับการเรียนรู้ถัดไป



ภาพที่ 2-5 ลักษณะโครงสร้างของข่ายงานประสาทเทียมแบบวนซ้ำ

ข่ายงานประสาทเทียมแบบวนซ้ำมีโครงสร้างหลากหลายรูปแบบ รูปแบบที่ง่ายที่สุดคือรูปแบบโครงสร้างมาตราฐานของข่ายงานประสาทเทียมที่แสดงในภาพที่ 2-4 แต่เพิ่มส่วนที่เป็นลูป (Loop) หรือเส้นเชื่อมย้อนกลับ ซึ่งช่วยแก้ปัญหาไม่เชิงเส้นได้ นอกจากนี้ข่ายงานประสาทเทียมแบบวนซ้ำมีส่วนที่เรียกว่า memory ไว้สำหรับเก็บข้อมูลที่ได้คำนวนหรือประมวลผลแล้วก่อนหน้า ดังภาพที่ 2-5 โดย x_t เป็นข้อมูลนำเข้า ณ ช่วงเวลา t s_t เป็นสถานะในชั้นซ่อน (Hidden State) ณ ช่วงเวลา t หรือจะเรียกว่า memory ของตัวแบบที่คำนวณจากสถานะในชั้นซ่อน ณ ช่วงเวลา $t-1$ และข้อมูลนำเข้า ณ ช่วงเวลา t ดังนั้น $s_t = f\left(Ux_t + Ws_{t-1}\right)$ โดยส่วนใหญ่ฟังก์ชัน f จะใช้ฟังก์ชันไม่เชิงเส้น อาทิเช่น tanh เป็นต้น



ภาพที่ 2-6 ข่ายงานประสาทเทียมแบบวนซ้ำที่คลี่หนึ่งโหนดตามเวลา

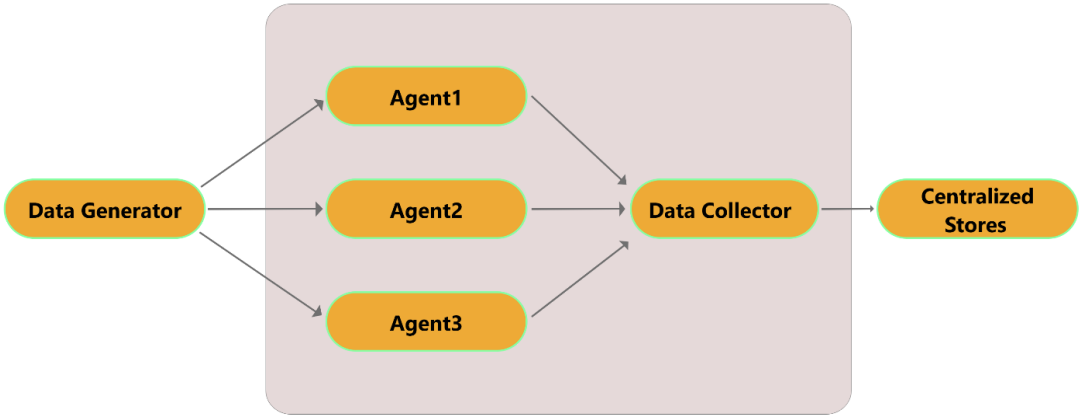
2.5 การสร้างเฟรมเวิร์กที่ใช้จัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analytics Frameworks)

เฟรมเวิร์กของระบบเฝ้าระวังและตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรมแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้ 1. Data Consumption เป็นส่วนที่จะคอยรับข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ อาจจะรับจากอุปกรณ์สวมใส่โดยตรงหรือรับจาก Web API และรวบรวมข้อมูลเก็บไว้ชั่วคราวรอการดึงข้อมูลจากส่วนประมวลผล โดยจะใช้ Apache Flume เป็นเครื่องมือที่คอยรับข้อมูลและใช้ Apache Kafka

เป็นที่เก็บข้อมูลชั่วคราว 2. Speed / Real Time Layer ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลที่เป็นข้อมูลแบบที่จะนำไปใช้งานทันที ในส่วนนี้จะการปรับโครงสร้างข้อมูลให้เหมาะสมกับการเอาไปใช้งาน หรืออาจจะเป็นการทำ Descriptive Analytics ไว้ใช้สำหรับการแสดงข้อมูลหรือแจ้งเตือนแบบทันที โดยใช้ไลบรารี่ของ Spark Framework ที่ชื่อว่า Spark Streaming เป็นเครื่องมือที่ใช้จัดการในส่วนนี้ 3. Batch Layer เป็นส่วนที่ทำการประมวลผลข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงและมีขนาดใหญ่เพื่อสร้างโมเดลสำหรับการตรวจจับพฤติกรรมที่ผิดปกติซึ่งจะใช้ Apache Spark ในการประมวลผลข้อมูลและใช้ Hadoop HDFS ในการเก็บข้อมูลทั้งหมดก่อนที่ Apache Spark จะนำไปประมวลผล 4. Serving Layer จะส่วนที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลทั้ง Real Time และ Batch หรือฐานข้อมูลนั้นเอง เครื่องมือที่ใช้คือ Apache Cassandra 5. Analytic เป็นส่วนของการดึงข้อมูลจาก Serving Layer มาทำการสร้างระบบติดตามพฤติกรรมในชีวิตประจำวันและระบบตรวจจับพฤติกรรมที่ผิดปกติ

2.5.1 ชั้นของการนำเข้าข้อมูล (Data Collection Layer)

Apache Flume เป็นเครื่องมือที่ช่วยจัดเก็บข้อมูล Log Collector หรือ Event Log จากแหล่งต่าง ๆ แบบ Real-time เพื่อนำไปบันทึกไว้บนที่เก็บข้อมูลใด ๆ โดยทำงานอยู่บนพื้นฐานของระบบ Fault Tolerance (Fault Tolerance เป็นความสามารถของระบบที่จะทำงานต่อไปได้ ในสภาวะที่มีความเสียหายเกิดขึ้น หรือ หมายความว่าถึงมีบางส่วนของระบบเสียหาย แต่ระบบก็ยังสามารถทำงานต่อไปได้ปกติ) การใช้งาน Apache Flume นั้นคือการฝัง Apache Flume เอาไว้ที่ Web Server เราจะเรียก Apache Flume ที่ถูกฝังไว้ว่า Agent



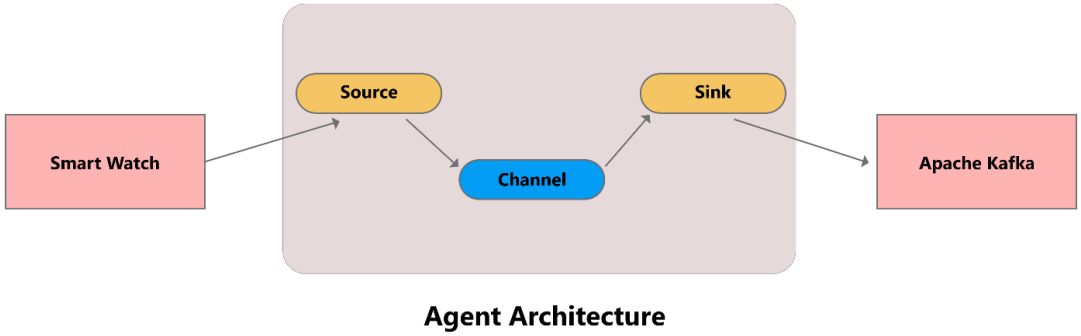
ภาพที่ 2-7 โครงสร้างของ Apache Flume

Agent ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่

Source จะเป็นส่วนที่คอยรับข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ที่ถูกส่งเข้ามาที่ Agent เครื่องมือส่วนนี้ถูกเรียกว่า Apache Flume Source โดย source type มีให้เลือกใช้หลายอย่าง เช่น Avro Flume Source, Flume Kafka Source, Netcat TCP Source, HTTPSource เป็นต้น

Channels ทำหน้าที่เก็บข้อมูลจาก Source เอาไว้ชั่วคราวและทำการโอนถ่ายไปให้กับ Sink หรือ เป็นช่องทางใช้ในการสื่อสารระหว่าง Source กับ Sink ซึ่งมีให้เลือกใช้หลายอย่าง ตัวอย่างเช่น File Channel, Memory Channel, Kafka Channel เป็นต้น

Sink เป็นเครื่องมือในการส่งข้อมูลเพื่อไปบันทึกลงบนที่เก็บข้อมูลอย่าง HBase หรือ HDFS การใช้ sink เราจะต้องเลือกใช้รูปแบบที่ถูกต้อง เช่น การบันทึกข้อมูลลงบน HBase ต้องเลือกใช้ HBase Sink การบันทึกข้อมูลลงบน Kafka ต้องใช้ Kafka Sink



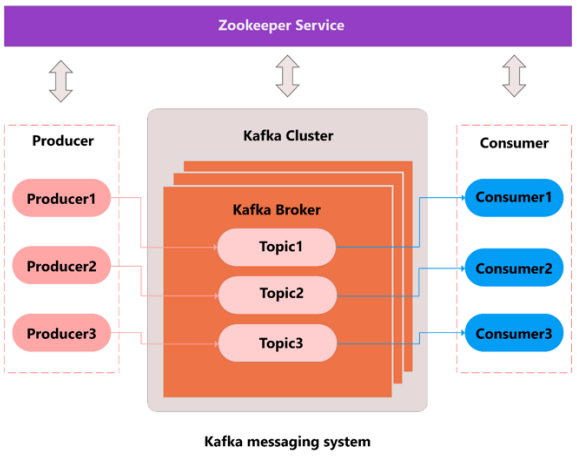
ภาพที่ 2-8 โครงสร้างของ Agent

จากการสำรวจการเปรียบเทียบความสามารถของเครื่องที่ใช้ในการนำเข้าข้อมูล Apache Flume มีคุณสมบัติหลายอย่างที่เครื่องมืออื่นไม่มี เช่น ความคงทนต่อความผิดพลาด (Fault-Tolerant) การเก็บข้อมูลแบบกระจาย (Data Distributed) การรองรับแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย (Various Sources) และ การส่งข้อความที่เชื่อถือได้ (Reliable Message Delivery) เป็นต้น โดยรายละเอียดการสำรวจการเปรียบเทียบความสามารถของเครื่องที่ใช้ในการนำเข้าข้อมูลเป็นดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของเครื่องมือที่ใช้การนำเข้าข้อมูล

Features	Sqoop	Fluentd	Flume
Fault-tolerant	No	Yes	Yes
Event-driven.	No	Yes	Yes
Data Distributed	No	No	Yes
Various Sources	No	No	Yes
reliable message delivery	No	No	Yes

Apache Kafka ทำหน้าที่เป็น Broker ที่รับเอา message จากที่นึงไปอีกที่นึง หรือที่เรียกว่า Message Broker (Message Broker คือ โมดูลโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตัวกลางที่ทำหน้าที่แปลข้อมูลจากรูปแบบ messaging protocol ของผู้ส่งให้เป็นรูปแบบ messaging protocol ของผู้รับ) ซึ่งถูกออกแบบมาให้มีความเร็ว ปรับขนาด ความทนทาน โดยที่ Apache Kafka 1 โหนดสามารถรองรับการอ่านข้อมูลได้หลายร้อยเมกะไบต์และการเขียนจากหลายพันผู้ใช้ต่อวินาที โดยโครงสร้างของระบบ Kafka Messaging เป็นดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 โครงสร้างของระบบ Kafka Messaging

หลักการทำงานพื้นฐานของ Kafka ผู้ผลิต (Producer) จะทำการประกาศ (Publish) ข้อมูลลงบนที่เก็บข้อมูลของ Kafka ที่เรียกว่า Topic ซึ่ง Topic จะถูกสร้างและจัดการด้วย Kafka Broker เนื่องจากโครงสร้างพื้นฐานของ Kafka เป็นแบบกระจาย (Distributed System) ดังนั้น Topic จึงถูกแบ่งออกเป็นหลายๆส่วน (Partition) การเขียนหรืออ่านข้อมูลจึงจำเป็นต้องมี Kafka Broker คอยช่วยจัดการ ในส่วนของผู้รับ (Consumer) เมื่อต้องการดึงข้อมูลจาก Topic ก็จะเป็นในลักษณะเดียวกันคือทำงานผ่าน Kafka Broker

จากการสำรวจการเปรียบเทียบความสามารถของเครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลชั่วคราว คุณสมบัติที่สำคัญของการจัดเก็บข้อมูลคือ การคงทนต่อความผิดพลาด (Fault-tolerant) ความเข้มงวดของลำดับการเข้ามาของข้อมูล (Strict Ordering) ตัวช่วยในการจัดการและประสานงาน (Zookeeper Coordination) เป็นต้น โดยจากตารางที่ 2-3 เป็นข้อมูลที่แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะของเครื่องมือใช้ที่ในการจัดเก็บข้อมูลชั่วคราว จะเห็นว่า Apache Kafka เป็นเครื่องมือที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดในการใช้งาน

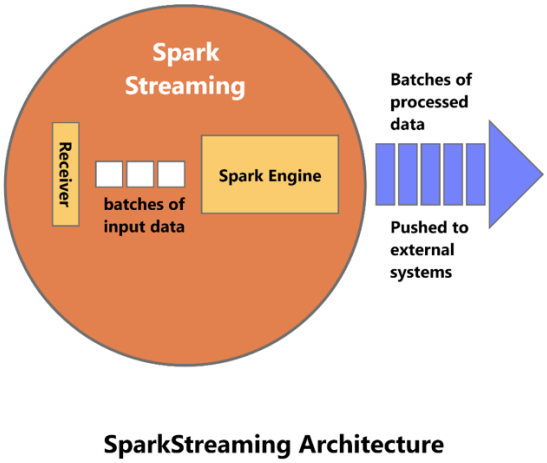
ตารางที่ 2-3 ตารางเปรียบเทียบคุณลักษณะของเครื่องมือที่ใช้การจัดเก็บข้อมูลชั่วคราว

Features	Kestrel	Google pub/sub	Kinesis	Kafka
Fault-tolerant	No	Yes	Yes	Yes
Multiple queuing	No	Yes	No	Yes
Strict Ordering	No	No	Yes	Yes
Unique Delivery	No	Yes	No	Yes
Zookeeper Coordination	No	No	No	Yes

2.5.2 ชั้นของการประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Streaming/Real-time Layer)

Spark Streaming เป็นหนึ่งในไลบรารีของ Spark Framework ที่ทำหน้าที่จัดการกับข้อมูลที่เข้ามาแบบกระแส (Streaming) ก่อนที่จะส่งให้ Spark Engine เพื่อทำการคำนวณตามวิธีการต่าง ๆ เช่น Map, Reduce, join เป็นต้น การทำงานของ Spark Streaming จะเป็นการจัดการกับข้อมูลที่ไหลเข้ามาด้วยการเก็บพักข้อมูลไว้ก่อนซึ่งมีลักษณะการเก็บข้อมูลเป็นชุด (Batch of input

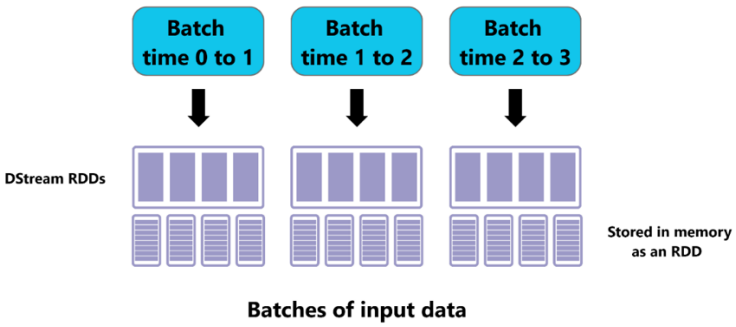
data) โดยแบ่งเป็นชุดตามเวลาที่เข้ามาของข้อมูล และทยอยส่งข้อมูลให้กับ Apache Spark ตามลำดับ



ภาพที่ 2-10 โครงสร้างของระบบ Spark Streaming

การจัดการกับข้อมูลกระแสที่เข้ามาของ Spark Streaming จะเป็นบันทึกข้อมูลแบ่งเป็นชุดตามเวลาที่เข้ามา โดยจะทำการบันทึกข้อมูลลงบนหน่วยความจำซึ่งจะบันทึกข้อมูลในรูปแบบที่เรียกว่า Resilient Distributed Datasets (RDDs) รูปแบบข้อมูล RDDs เป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้ Spark Core สามารถประมวลผลข้อมูลทั้งหมดบนหน่วยความจำได้อย่างรวดเร็ว (RDDs คือ Dataset ที่กระจายข้อมูลอยู่บนหลาย ๆ Node ของ Cluster ซึ่งมีความสามารถที่จะประมวลผลแบบขนาน อีกทั้งยังมีความยืดหยุ่น หากมี Node ที่ Down ขณะทำงาน Spark จะไปกระจายงานให้กับ Node อื่นที่มีข้อมูลแบบเดียวกับ Node ที่ Down ไปทำการประมวลผลต่อได้)

DStream (Discretized Stream) เป็นโครงสร้างพื้นฐานในการทำงานของ Spark Streaming หมายถึงลำดับความต่อเนื่องของ RDD ที่แสดงให้เห็นความต่อเนื่องของกระแสข้อมูล โครงสร้างของการจัดการข้อมูล Batch เป็นดังภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 ลักษณะโครงสร้างข้อมูลแบบ Batches

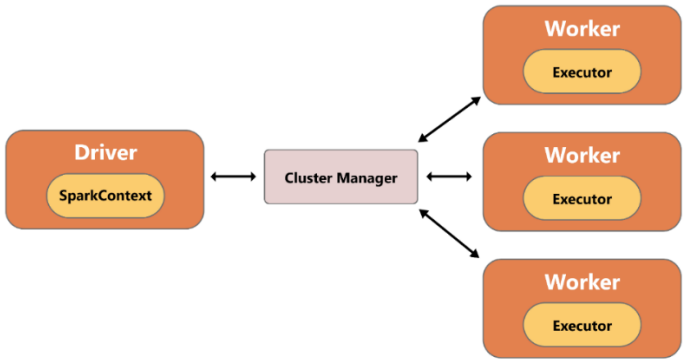
จากการสำรวจการเปรียบเทียบความสามารถของเครื่องที่ใช้ในการประมวลผลแบบเรียลไทม์ คุณสมบัติที่สำคัญของเครื่องมือประมวลผลแบบเรียลไทม์คือ การคงทนต่อความผิดพลาด (Fault-Tolerant) การรองรับการขยายแบบไดนามิก (Dynamic Scaling) จัดการสมดุลในการใช้หน่วยประมวลผล (Dynamic Load Balancing) เป็นต้น โดยจากตารางที่ 2-4 ซึ่งเป็นข้อมูลที่แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะของที่ใช้ในการประมวลผลแบบเรียลไทม์ จะเห็นว่า Apache Spark Streaming เป็นเครื่องมือที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดในการใช้งาน

ตารางที่ 2-4 ตารางเปรียบเทียบคุณลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการประมวลผลแบบเรียลไทม์

Features	Storm	S4	Flink	Trill	Spark Streaming
Dynamic load balancing	No	No	No	No	Yes
Fault-tolerant	Yes	No	No	No	Yes
Unification of streaming	No	No	Yes	Yes	Yes
Dynamic scaling	No	No	No	No	Yes

2.5.3 ชั้นของการประมวลผลข้อมูลแบบเป็นชุด (Batch Layer)

Apache Spark หรือ Spark Core เป็นหัวใจหลักของระบบทำหน้าที่จัดการการกระจายและรวบรวมข้อมูลที่นำไปประมวลผลบนทุก ๆ cluster เราจะใช้งาน Apache Spark ทั้งในส่วนของ Speed / Real Time Layer และ Batch Layer โดยหลักการทำงานของ Apache Spark จะเป็นแบบกระจายการประมวลออกไปในหลาย ๆ เครื่องคอมพิวเตอร์และทำการประมวลผลข้อมูลบนหน่วยความจำ ซึ่งมี service ที่คอยทำหน้าที่จัดการการกระจาย รวบรวมคำสั่งและข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งหมดเรียก Cluster Manager เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ได้รับคำสั่งให้ไปประมวลผลเรียกว่า Worker

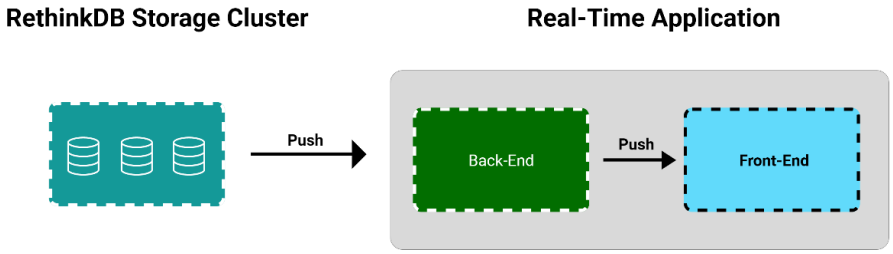


ภาพที่ 2-12 โครงสร้างของ Spark Engine

2.5.4 ชั้นของการบริการข้อมูล (Serving Layer)

ในส่วนของชั้นการทำงานนี้เป็นส่วนในการจัดเก็บข้อมูลที่ผ่านการประมวลในชั้นของการประมวลผลข้อมูลแบบเป็นชุด (Batch Layer) และชั้นของการประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Streaming/Real-time Layer) มาแล้วนั้นเอง

RethinkDB เป็นฐานข้อมูล JSON แบบโอเพ่นซอร์สตัวแรกที่สามารถปรับ-ลดขนาดได้ ซึ่งสร้างจากพื้นฐานสำหรับเว็บเรียลไทม์ โดยปกติแล้วสถาปัตยกรรมของฐานข้อมูลดั้งเดิมจะทำหน้าที่ให้บริการข้อมูลเมื่อมีการร้องขอ แต่ RethinkDB ย้อนกลับสถาปัตยกรรมฐานข้อมูลดั้งเดิม แทนที่จะรอให้มีการร้องขอมาจากแอปพลิเคชันเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของข้อมูล เปลี่ยนเป็น RethinkDB ส่งข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไปยังแอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์แทน เรียกสถาปัตยกรรมนี้ว่าสถาปัตยกรรมพุชเรียลไทม์ (Real-time Push Architecture) ซึ่งช่วยลดเวลาและความพยายามที่จะเชื่อมต่อมายังฐานข้อมูลโดยไม่จำเป็น

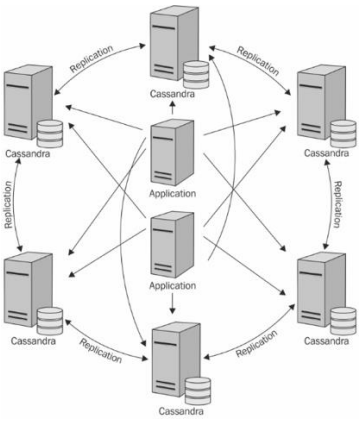


ภาพที่ 2-13 สถาปัตยกรรมการทำงานของ RethinkDB

Cassandra เป็นฐานข้อมูลที่เหมาะกับงานที่ต้องการความหยืดหยุ่นและความพร้อมใช้งานสูง (Scalability and High Availability) โดยไม่สูญเสียประสิทธิภาพ อีกทั้งยังได้รับการพิสูจน์ใน

เรื่องความคงทนต่อความผิดพลาด (Fault-tolerance) บนอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลทั่วไปหรือโครงสร้างแบบคลาวด์ (Cloud Infrastructure)

Cassandra รองรับการคัดลอกข้อมูลซ้ำ ๆ ไปเก็บไว้ในหลาย ๆ แหล่งข้อมูล (Replicating Across Multiple Datacenters) หรือเราสามารถเรียกคุณสมบัตินี้ว่า ระบบ Decentralized คือ ระบบที่ไม่มีศูนย์กลางสำหรับดูแลข้อมูล เพราะมีการกระจายข้อมูลออกไปสู่ทุก ๆ คนที่เกี่ยวข้องในระบบ ให้ดูแล และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลระหว่างกันเอง



ภาพที่ 2-14 สถาปัตยกรรมการทำงานของ Cassandra

2.5.5 ชั้นของการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analytic Layer)

ในส่วนนี้จะเป็นนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลข้อมูลทั้งแบบเรียลไทม์และแบบชุดเพื่อนำมาแสดงผลให้อยู่ในรูปแบบที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้ง่าย โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

Real-time Dashboard จะเป็นการนำข้อมูลมาแสดงร่วมกันด้วยการแสดงผลหลาย ๆ แบบ จนรวมกันเป็นแดชบอร์ด โดยจะผ่านการวิเคราะห์และประมวลผลแบบเรียลไทม์ เช่น การใช้กฎเกณฑ์ (Rules Base) ทำให้สามารถแจ้งเตือนข้อมูลที่มีความผิดปกติจากกฎเกณฑ์ที่ใช้ได้ในทันที แดชบอร์ดจะออกมาในรูปแบบของเว็บไซต์ที่มีการแสดงผลแบบทันทีที่มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล (Real-time Web)

Abnormally Behavior Detection จะเป็นส่วนของการตรวจจับพฤติกรรมที่ผิดปกติจากแบบจำลองพฤติกรรมที่ เช่น การล้ม การลืมทานยา การทำงานเป็นเวลานานเกินไป หรือ การเดินละเมอ เป็นต้น

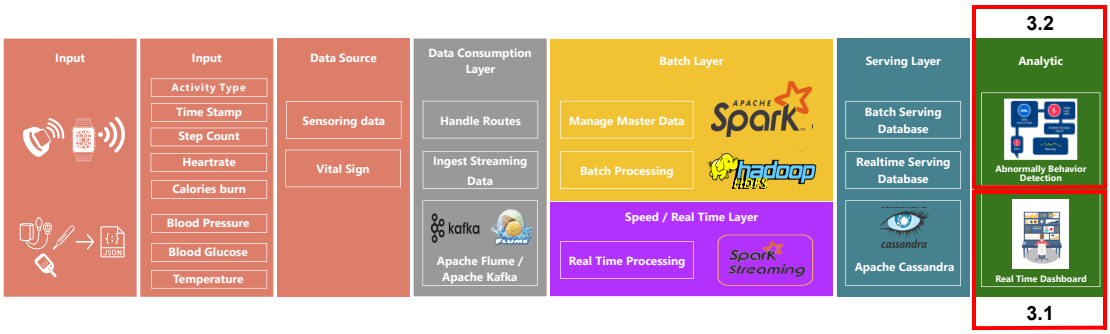
บทที่ 3

วิธีการที่นำเสนอ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเฟรมเวิร์กที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 3-1 โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. Real-time Dashboard เป็นส่วนที่เก็บข้อมูลจากอุปกรณ์สวมใส่ แจ้งเตือนและแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์แบบเรียลไทม์

2. Abnormally Behavior Detection



ภาพที่ 3-1 โครงสร้างของเฟรมเวิร์กที่งานวิจัยนำเสนอ

3.1 Real-time Dashboard

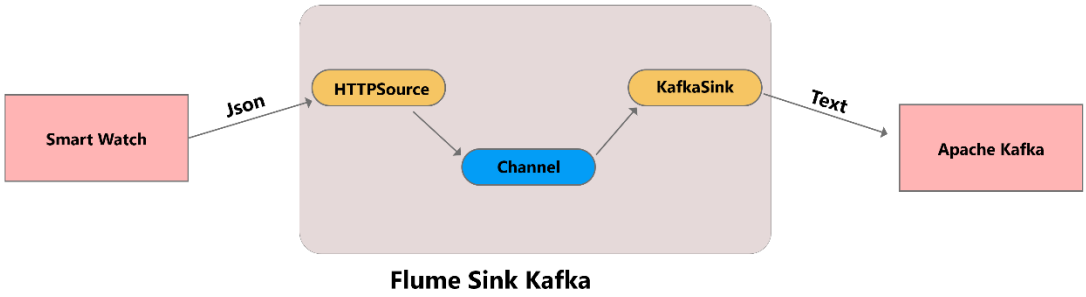
การสร้าง Real-time Dashboard เป็นการนำเทคโนโลยีที่จัดการเกี่ยวกับ Big Data มาใช้ ประกอบไปด้วยส่วนของการรับข้อมูล ส่วนของการประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ ส่วนของการจัดเก็บข้อมูล และส่วนของการสร้าง Real-time Dashboard เพื่อให้เห็นภาพอย่างชัดเจน ผู้วิจัยจะเป็นการอธิบายออกเป็น 4 ส่วน แต่ละส่วนจะเป็นรายละเอียดของการทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องมือต่าง ๆ เช่น ข้อกำหนดที่ใช้ในการส่งข้อมูลระหว่างกัน (Protocol) รูปแบบของข้อมูลที่ได้จากแต่ละเครื่องมือ เป็นต้น โดยลำดับของการทำงานมีดังนี้ 1) Flume ส่งข้อมูลกิจกรรมที่ได้รับมาจากอุปกรณ์สวมใส่ให้กับ Kafka นำไปจัดเก็บไว้ชั่วคราวเพื่อรอการประมวลข้อมูลตามลำดับ 2) Spark Streaming จะนำข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้ที่ Kafka มาประมวลตามลำดับของข้อมูล 3) Spark Streaming ทำการประมวลข้อมูลและนำไปบันทึกที่ RethinkDB 4) RethinkDB ส่งข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไปให้กับเซิร์ฟเวอร์ที่ทำการสร้าง Real-Time Dashboard รายละเอียดของการทำงานเป็นดังภาพที่ 3-2

ภาพที่ 3-2 โครงสร้างของเฟรมเวิร์กที่ใช้สร้าง Real-Time Dashboard

3.1.1 การส่งข้อมูลระหว่าง Flume และ Kafka

เครื่องมือทั้ง 2 ทำหน้าที่แบบเดียวกันคือเป็นตัวจัดการเรื่องการรับและพักข้อมูล แต่รูปแบบของตัวรับข้อมูลของ Kafka มีให้เลือกใช้ไม่มากนักแต่สามารถจัดการเรื่องการพักข้อมูลได้เป็นอย่างดี มีความคงทนต่อความเสียหาย (Fault-Tolerant) และ Flume ก็มีจุดอ่อนในเรื่องของการพักข้อมูล แต่ตัวรับข้อมูลของ Flume มีให้เลือกใช้อย่างหลากหลาย การใช้งานเครื่องมือ 2 อย่างนี้ร่วมกันจึงทำให้เฟรมเวิร์กมีตัวรับข้อมูลที่รองรับการใช้งานหลาย Protocol และสามารถเก็บพักข้อมูลได้อีกด้วย

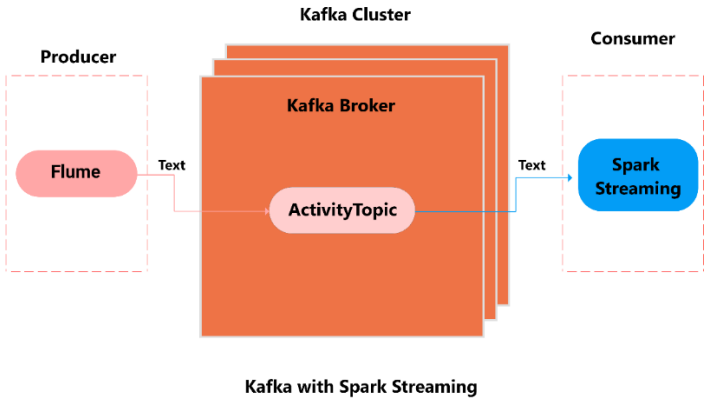
ตามโครงสร้างของ Flume ส่วนของการรับข้อมูล (Source) นั้นจะรับข้อมูลมาจากอุปกรณ์สวมใส่ซึ่งรูปแบบของตัวรับข้อมูลจะเลือกเป็น HTTP และโครงสร้างของข้อมูลเลือกเป็น JavaScript Object Notation (JSON) เป็นโครงสร้างข้อมูลที่นิยมใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง Server และ Client ข้อมูลจะถูกส่งผ่านช่องทางที่เชื่อมระหว่างส่วนของการรับและส่งข้อมูล ในการส่งข้อมูลจะเลือกเป็น KafkaSink ซึ่งเป็นรูปแบบในการส่งจาก Flume เพื่อไปจัดเก็บข้อมูลชั่วคราวเอาไว้ที่ Kafka และโครงสร้างของข้อมูลจะกลายเป็น Text รายละเอียดดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 โครงสร้างการทำงานระหว่าง Flume และ Kafka

3.1.2 การส่งข้อมูลระหว่าง Kafka และ Spark Streaming

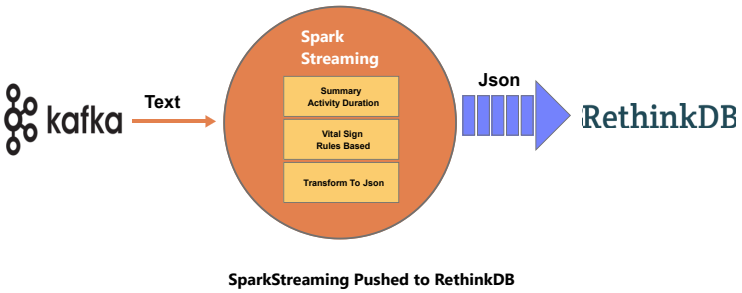
ข้อมูลที่ถูกพักเอาไว้ที่ Kafka จะมาถูกดึงข้อมูลออกไปด้วย Spark Streaming เพื่อนำไปประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ ในงานวิจัยผู้ผลิต (Producer) ข้อมูลเพื่อบันทึกข้อมูลลงในที่จัดเก็บข้อมูลของ Kafka หรือที่เรียกว่า Topic คือ Flume ชื่อของ Topic คือ ActivityTopic และผู้ที่รอรับข้อมูล (Consumer) คือ Spark Streaming โดยโครงสร้างของข้อมูลทั้งจาก Producer และ Consumer จะเป็น Text ทั้งหมด รายละเอียดดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 โครงสร้างการทำงานระหว่าง Kafka และ Spark Streaming

3.1.3 การบันทึกข้อมูลจาก Spark Streaming ไปที่ Rethink-DB

ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งกระบวนการที่เราได้ทำนั้น คือ 1) การรวมเวลาในการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น เวลาในการเดิน (Walking Duration) 2) การทำ Transformation ข้อมูลที่ดึงมาจาก Kafka เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับมาจาก Kafka อยู่ในรูปแบบของ Text จำเป็นต้องแปลงให้อยู่ในรูปแบบ JavaScript Object Notation (JSON) เพราะโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลของฐานข้อมูล Rethink DB เป็นรูปแบบ JSON และ 3) ยังมีการประมวลข้อมูลเพื่อทำการแจ้งเตือนข้อมูลที่มีความผิดปกติด้วยกฎต่าง ๆ เช่น อัตราการเต้นหัวใจมากหรือน้อยกว่าปกติ ความดันโลหิตต่ำหรือสูงกว่าปกติ เป็นต้น รายละเอียดดังภาพที่ 3-5

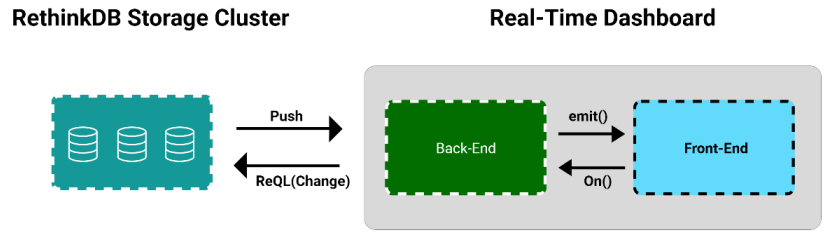


ภาพที่ 3-5 โครงสร้างการทำงานระหว่าง Spark Streaming และ RethinkDB

3.1.4 การอัพเดทข้อมูลจาก Rethink-DB ไปยัง Real-time Dashboard

เป็นขั้นตอนที่ฐานข้อมูลจะทำการส่งข้อมูลไปให้กับส่วนของการสร้าง Real-Time Dashboard ซึ่งนี้เป็นคุณสมบัติพิเศษของฐานข้อมูล RethinkDB ที่มีฟังก์ชันในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลได้แบบ Real-Time และยังสามารถส่งชุดข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไปให้กับเซิร์ฟเวอร์ที่ติดต่ออยู่กับฐานข้อมูลโดยที่ไม่ต้องมีการร้องขอมาจากเซิร์ฟเวอร์ แต่จะมีการใช้ภาษาพิเศษเฉพาะของฐานข้อมูลที่มีชื่อว่า RethinkDB query language (ReQL) ซึ่งเซิร์ฟเวอร์ในงานวิจัยนี้ก็คือ ส่วนของการสร้าง Real-Time Dashboard ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. Back-End โดยทั่วไปจะทำหน้าที่เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลที่ฐานข้อมูลตามการร้องขอจาก Front-End แต่ในงานวิจัย Back-End จะทำหน้าที่หลัก 2 แบบดังนี้
    - ส่งข้อมูลที่ได้รับจากฐานข้อมูล RethinkDB ไปให้กับ Front-End ซึ่งระหว่าง Back-End และ Front-End จะสื่อสารกันผ่านสิ่งที่เรียกว่า Web Socket เป็นเหมือนการสร้าง”ท่อ”เชื่อมระหว่าง Back-End และ Front-End โดยโมดูลที่เลือกใช้ชื่อว่า Socket-IO ซึ่งเป็นการสื่อสาร 2 ทาง หมายความว่า Back-End หรือ Front-End สามารถส่งข้อมูลหากันได้ทั้ง 2 ฝั่ง ซึ่งฝั่งที่ส่งข้อมูลจะเรียกว่า emit() และฝั่งรอรับข้อมูลเรียกว่า On()
    - รับการร้องขอข้อมูลกิจกรรมผู้ใช้จาก Front-End ในกรณีที่ผู้ใช้เปิดเข้ามาที่ Dashboard ในครั้งแรก ในกรณีนี้ Back-End จะต้องไปทำการดึงข้อมูลกิจกรรมของผู้ใช้จากฐานข้อมูล
2. Front-End โดยทั่วไปจะหน้าที่ให้บริการกับผู้ใช้ เช่น เพิ่ม ลบ แก้ไข เรียกดูข้อมูลไปที่ Back-End และนำผลลัพธ์ที่ได้จาก Back-End ไปตอบสนองให้กับผู้ใช้ แต่ในงานวิจัยจะทำหน้าที่ 2 แบบดังนี้
    - คอยรับข้อมูลจาก Back-End ผ่าน Socket-IO และนำข้อมูลนั้นมาแสดงผลในรูปแบบต่าง รวมกันเป็น Dashboard ที่รายงานเกี่ยวกับการทำพฤติกรรมรวมไปถึงข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้
    - ร้องขอข้อมูลข้อมูลกิจกรรมของผู้ใช้ไปยัง Back-End ในกรณีที่ผู้ใช้เปิดเข้ามาที่ Dashboard ในครั้งแรก



ภาพที่ 3-6 โครงสร้างการทำงานระหว่าง RethinkDB และส่วนของการสร้าง Real-Time Dashboard

3.2 กฎเกณฑ์สุขภาพ (Health Rules Based)

เป็นกฎเกณฑ์ที่นำมาใช้เพื่อจำแนกระหว่างข้อมูลสุขภาพที่ปกติกับไม่ปกติ โดยปกติแล้วการวิเคราะห์ความผิดปกติของร่างกายมนุษย์ จากดูอาการภายนอกนั้นไม่เพียงพอที่จะระบุได้ว่า สุขภาพของร่างกายมีความผิดปกติหรือไม่ ฉะนั้นค่าที่ถูกวัดได้จากภายในนั้นเป็นสิ่งที่จะสามารถบอกเราได้ดีกว่าอาการภายนอก เช่น การดูอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความดันโลหิต ค่าระดับน้ำตาลในเลือด ค่าอุณหภูมิร่างกาย เป็นต้น ซึ่งค่าของข้อมูลสุขภาพเหล่านี้นั้นล้วนมีเกณฑ์ในการระบุความผิดปกติที่แตกต่างกัน โดยรายละเอียดของแต่ละข้อมูลมีดังต่อไปนี้

3.2.1 กฎเกณฑ์ของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate Rules Based)

โดยปกติแล้วอัตราการเต้นของหัวใจของคนเราจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 60 บิตต่อนาทีถึง 80 บิตต่อนาที ในการทำกิจกรรมที่ไม่ค่อยมีการเคลื่อนไหว เช่น นอน เดิน ยืน เป็นต้น ในส่วนกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวมาก เช่น การวิ่ง การออกกำลังกาย เป็นต้น ในแต่ละบุคคลจะมีช่วงของอัตราการเต้นของหัวใจปกติที่แตกต่างกันน ซึ่งสามารถคำนวณช่วงของอัตราการเต้นของหัวใจได้จากค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting Heart-rate Rate) โดยสามารถสรุปกฎเกณฑ์สุขภาพของอัตราการเต้นของหัวใจได้ดังนี้

3.2.1.1 กิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายน้อย จะใช้กฎเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- อัตราการเต้นของหัวใจที่ต่ำกว่าปกติ คือ มีอัตราการเต้นของหัวใจน้อยกว่า 60 บิตต่อนาที
- อัตราการเต้นของหัวใจที่สูงกว่าปกติ คือ มีอัตราการเต้นของหัวใจมากกว่า 80 บิตต่อนาที

3.2.1.2 กิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายมาก เช่น วิ่ง เดิน เป็นต้น จะใช้การคำนวณหาร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดจาก The Karvonen Formula ซึ่งเป็นการประเมินความเข้มข้นของการออกกำลังกาย ซึ่งโดยปกติความหนักของการออกกำลังกายควรอยู่ที่ร้อยละ 60 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดและไม่ควรเกินร้อยละ 85 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดของแต่ละบุคคล แต่ถ้าเป็นผู้สูงอายุก็อาจจะเริ่มออกกำลังกายที่ความหนักร้อยละ 55 และไม่ควรเกินร้อยละ 80 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ดังนั้นจึงสรุปเป็นกฎเกณฑ์ได้ดังนี้

- อัตราการเต้นหัวใจของบุคคลทั่วไปที่สูงกว่าปกติ คือ มีอัตราการเต้นของหัวใจมากกว่า Maximum Heart Rate ซึ่งหาได้จากสูตรดังต่อไปนี้

  Maximum Heart Rate = [((220 – Age) - resting HR) × %85] + resting HR

- อัตราการเต้นหัวใจของบุคคลทั่วไปที่ต่ำกว่าปกติ คือ มีอัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่า Minimum Heart Rate ซึ่งหาได้จากสูตรดังต่อไปนี้

  Minimum Heart Rate = [((220 – Age) – resting HR) × %60] + resting HR

- อัตราการเต้นหัวใจของผู้สูงอายุที่สูงกว่าปกติ คือ มีอัตราการเต้นของหัวใจมากกว่า Maximum Heart Rate ซึ่งหาได้จากสูตรดังต่อไปนี้

  Maximum Heart Rate = [((220 – Age) - resting HR) × %80] + resting HR

- อัตราการเต้นหัวใจของผู้สูงอายุที่ต่ำกว่าปกติ คือ มีอัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่า Minimum Heart Rate ซึ่งหาได้จากสูตรดังต่อไปนี้

  Minimum Heart Rate = [((220 – Age) – resting HR) × %55] + resting HR

3.2.2 กฎเกณฑ์สุขภาพของความดันโลหิต (Blood Pressure Rules Based)

ความดันโลหิต (Blood pressure) คือ แรงหรือความดันของเลือดที่ส่งออกจากหัวใจห้องล่างซ้ายเข้าสู่ระบบหลอดเลือดแดง ประกอบด้วย 2 ค่า คือ

1. Systolic blood pressure (SBP) เป็นความดันของเลือดสูงสุดขณะหัวใจห้องล่างบีบตัว

2. Diastolic blood pressure (DBP) เป็นความดันเลือดที่ต่ำสุดขณะหัวใจห้องล่างคลายตัว

โดยค่าความดันโลหิตปกติของผู้สูงอายุโดยทั่วไป ควรมีค่าความดันตัวบนไม่เกิน 140 มิลลิเมตรปรอท และค่าความดันตัวล่างไม่เกิน 90 มิลลิเมตรปรอท

ความดันโลหิตสูง คือ การที่มีค่าความดันโลหิตตัวบนมากกว่าหรือเท่ากับ 140 และตัวล่างมากกว่าหรือเท่ากับ 90 มิลลิเมตรปรอท อย่างไรก็ตามก่อนที่จะเรียกว่าผู้ป่วยมีความดันโลหิตสูงได้นั้น แพทย์จะต้องวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง หลังจากให้ผู้ป่วยพักแล้ว วัดซ้ำจนกว่าจะแน่ใจว่าสูงจริง ความดัน

โลหิตสูงเล็กน้อย แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ 130-139/85-89 มิลลิเมตรปรอท ดังนั้นจึงสรุปเป็นกฎเกณฑ์สุขภาพของความดันโลหิตสูงได้ดังนี้

- Systolic blood pressure (SBP) มากกว่าหรือเท่ากับ 140 มิลลิเมตรปรอท (mmHg)

- Diastolic blood pressure (DBP) มากกว่าหรือเท่ากับ 90 มิลลิเมตรปรอท (mmHg)

ส่วนภาวะความดันโลหิตต่ำแพทย์จะวินิจฉัยว่าผู้ป่วยมีภาวะนี้ต่อเมื่อมีค่าความดันโลหิตต่ำกว่า 90/60 มิลลิเมตรปรอท ดังนั้นจึงสรุปเป็นกฎเกณฑ์สุขภาพของความดันโลหิตต่ำได้ดังนี้

- Systolic blood pressure (SBP) น้อยกว่า 90 มิลลิเมตรปรอท (mmHg)

- Diastolic blood pressure (DBP) น้อยกว่า 60 มิลลิเมตรปรอท (mmHg)

3.2.3 กฎเกณฑ์ของระดับน้ำตาลในเลือด (Blood Glucose Rules Based)

ผู้ที่มีอายุไม่เกิน 59 ปี และไม่มีโรคประจำตัวหรือความผิดปกติของร่างกาย ค่าระดับน้ำตาลในเลือดควรอยู่ระหว่าง 80-120 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ดังนั้นจึงสรุปเป็นกฎเกณฑ์สุขภาพของระดับน้ำตาลในเลือดได้ดังนี้

- ผู้ที่มีอายุไม่เกิน 59 ปี ที่มีระดับน้ำตาลในเลือดมากกว่า 120 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร คือ ผู้ที่ภาวะน้ำตาลในเลือดสูง
- ผู้ที่มีอายุไม่เกิน 59 ปี ที่มีระดับน้ำตาลในเลือดน้อยกว่า 80 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร คือ ผู้ที่ภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ

ผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป และมีโรคประจำตัวหรือความผิดปกติของร่างกาย เช่น โรคหัวใจ โรคไตหรือโรคตับ มีแนวโน้มหรือเคยเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ (Hypoglycemia) ค่าระดับน้ำตาลในเลือดควรอยู่ระหว่าง 100-140 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ดังนั้นจึงสรุปเป็นกฎเกณฑ์สุขภาพของระดับน้ำตาลในเลือดได้ดังนี้

- ผู้ที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ที่มีระดับน้ำตาลในเลือดมากกว่า 140 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร คือ ผู้ที่ภาวะน้ำตาลในเลือดสูง
- ผู้ที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ที่มีระดับน้ำตาลในเลือดน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร คือ ผู้ที่ภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ

3.2.4 กฎเกณฑ์ของอุณหภูมิของร่างกาย (Body Temperature Rules Based)

ไข้หวัดถือว่าเป็นอาการเริ่มต้นที่จะเกิดขึ้นกับร่างกายของเราในเวลาที่สุขภาพของเรานั้นมีความผิดปกติ ร่างกายอ่อนแอลง ภูมิคุ้มกันของร่างกายลดต่ำลง ซึ่งค่าที่สามารถบ่งบอกถึงอาการของไข้หวัดนั้นก็คือ ค่าอุณหภูมิของร่างกาย นั้นเอง ซึ่งโดยปกติแล้วอุณหภูมิร่างกายของคนเราจะมีค่าอยู่ที่ 36.1 ถึง 37.5 องศาเซลเซียส โดยเบื้องต้นแล้วอุณหภูมิปกติของร่างกายจะอยู่ในช่วงประมาณ 37

องศาเซลเซียส ซึ่งหากมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ไม่ว่าจะขึ้นหรือลง เกินกว่า 3-5 องศาเซลเซียส ก็นับว่าอันตรายแล้ว สรุปเป็นกฎเกณฑ์สุขภาพของอุณหภูมิร่างกายได้ดังนี้

- ผู้ที่มีอุณหภูมิของร่างกายมากกว่า 37.5 องศาเซลเซียส ถือว่ามีไข้

3.3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.3.1 พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary)

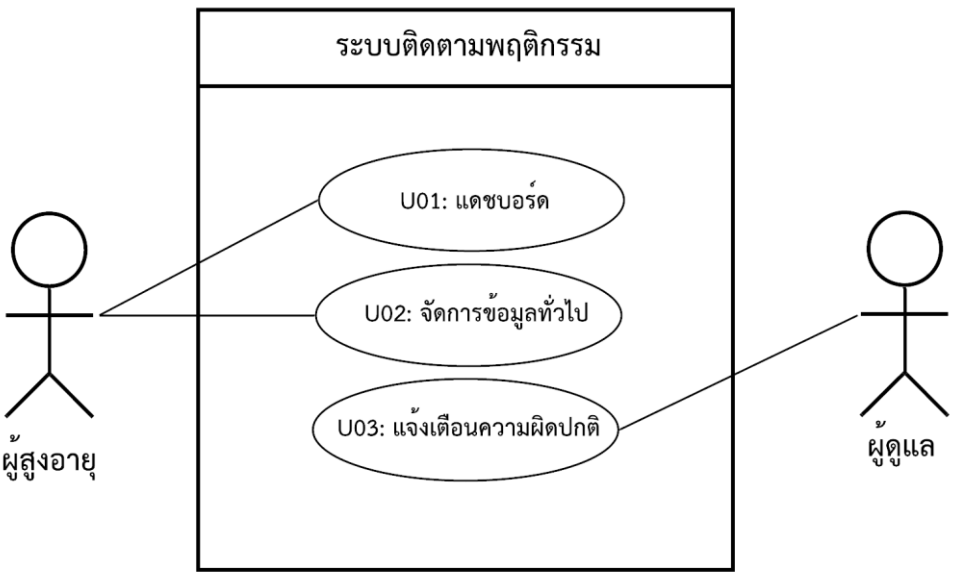
ตารางที่ 3-1 พจนานุกรมข้อมูลกิจกรรม

ชื่อตารางภาษาไทย : ตารางข้อมูลกิจกรรม			
ชื่อตารางภาษาอังกฤษ : Activity			
คำอธิบาย : ใช้เก็บข้อมูลการทำกิจกรรมและข้อมูลสุขภาพ			
ลำดับที่	**ชื่อคอลัมน์**	**ประเภท**	**รายละเอียด/(ตารางอ้างอิง**
๑	Id	String	รหัสตาราง Activity
๒	timestamp	datetime	เวลาที่ทำกิจกรรม
๓	heartRate	int	อัตราการเต้นของหัวใจ
๔	userId	int	รหัสประจำตัวผู้ใช้
๕	activityActiveLabel	int	กิจกรรมที่กระทำอยู่
๖	calories	double	การเผาผลาญแคลอรี่
๗	distance	double	ระยะทางรวมที่ทำกิจกรรม
๘	stepCounts	Int	จำนวนนับก้าว
๙	activity	String	ระยะเวลารวมของการทำกิจกรรมต่าง ๆ
๑๐	bloodPressure	int	ความดันโลหิต
๑๑	bloodGlucose	Int	ระดับน้ำตาลในเลือด
๑๒	bodyTemperature	double	อุณหภูมิร่างกาย

ตารางที่ 3-2 พจนานุกรมข้อมูลผู้ใช้

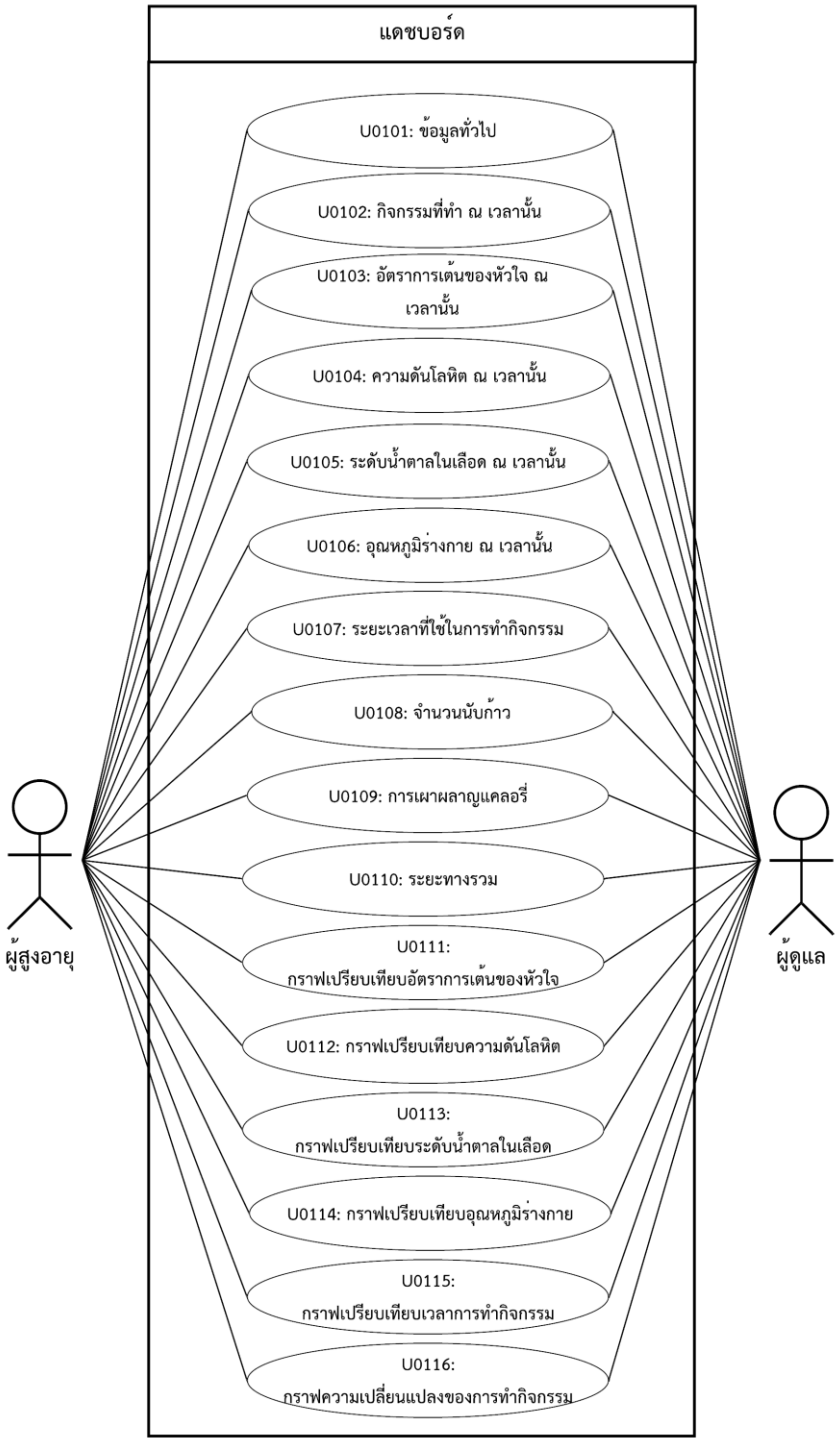
ชื่อตารางภาษาไทย : ตารางข้อมูลผู้ใช้			
ชื่อตารางภาษาอังกฤษ : User			
คำอธิบาย : ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้			
ลำดับที่	ชื่อคอลัมน์	ประเภท	รายละเอียด/(ตารางอ้างอิง
๑	Id	String	รหัสตาราง User
๒	userId	int	รหัสประจำตัวผู้ใช้
๓	firstName	string	ชื่อของผู้ใช้
๔	lastName	string	นามสกุลของผู้ใช้
๕	userGroup	int	กลุ่มของผู้ใช้
๖	age	int	อายุของผู้ใช้
๗	address	string	ที่อยู่ของผู้ใช้
๘	picture	Int	รูปภาพประจำตัวของผู้ใช้
๙	chronicDisease	String	โรคประจำตัวของผู้ใช้

3.3.2 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ของระบบติดตามพฤติกรรม



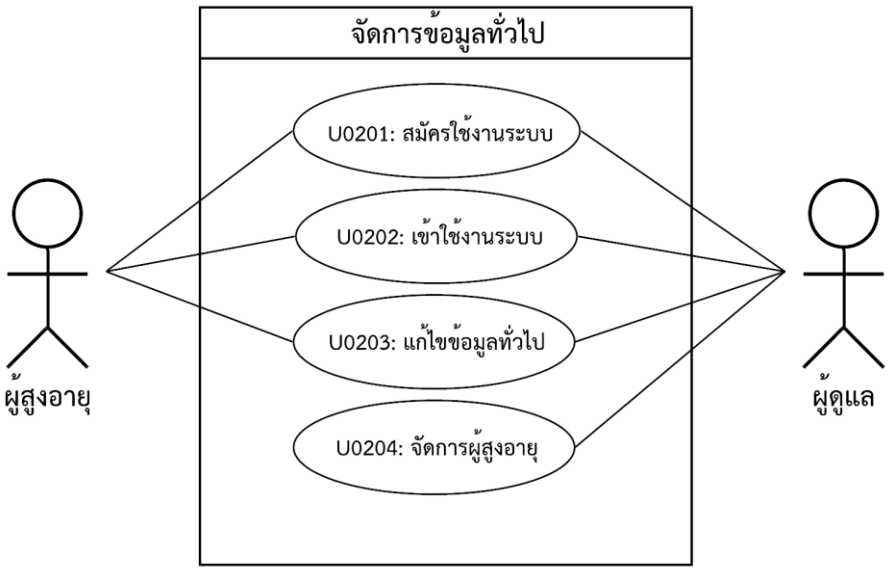
ภาพที่ 3-7 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ของระบบติดตามพฤติกรรม

3.3.3 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ของระบบแดชบอร์ด



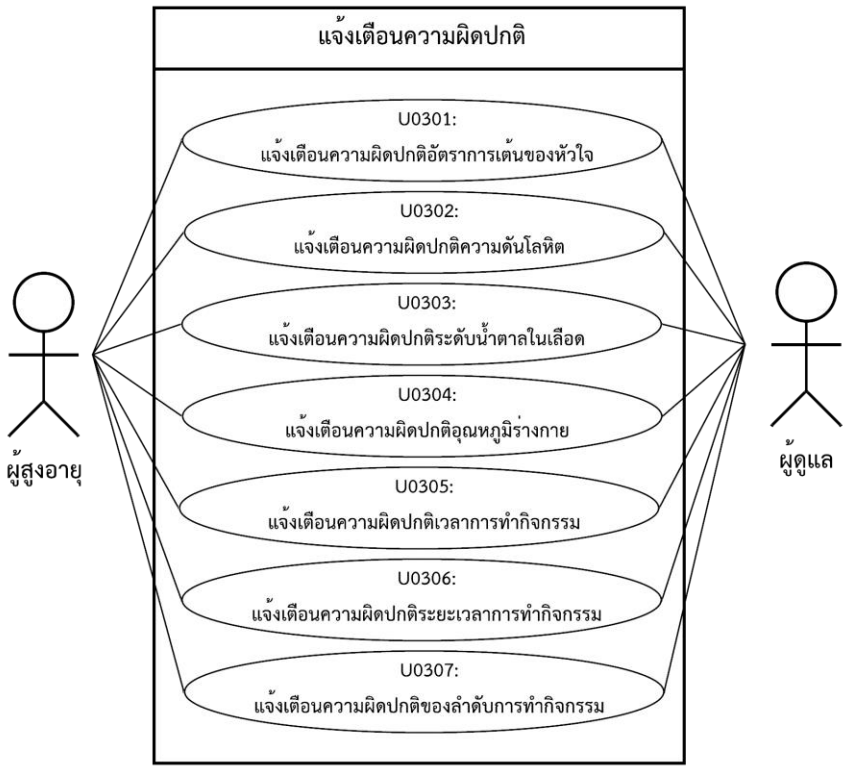
ภาพที่ 3-8 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ของระบบแดชบอร์ด

3.3.4 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ของระบบจัดการข้อมูลทั่วไป



ภาพที่ 3-9 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ของระบบจัดการข้อมูลทั่วไป

3.3.5 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ของระบบแจ้งเตือนความผิดปกติ



ภาพที่ 3-10 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ของระบบแจ้งเตือนความผิดปกติ

3.3.6 คำอธิบายยูสเคส (Use Case Description) ของระบบ

ตารางที่ 3-3 คำอธิบายยูสเคสของระบบ

Actor	Use Case Number	Use Case Name	Use Case Description
ผู้สูงอายุ, ผู้ดูแล	**U01**	**แดชบอร์ด**	**เมื่อผู้ใช้ต้องการติดตามข้อมูลกิจกรรม ข้อมูลสุขภาพ**
ผู้สูงอายุ, ผู้ดูแล	U0101	ข้อมูลทั่วไป	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูข้อมูลทั่วไป เช่น ชื่อ นามสกุล อายุ กลุ่มผู้ใช้ เป็นต้น
	U0102	กิจกรรมที่ทำ ณ เวลานั้น	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูข้อมูลกิจกรรมที่กระทำอยู่ในเวลาปัจจุบัน
	U0103	อัตราการเต้นของหัวใจ ณ เวลานั้น	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูอัตราการเต้นของหัวใจในเวลาปัจจุบัน
	U0104	ความดันโลหิต ณ เวลานั้น	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูความดันโลหิตในเวลาปัจจุบัน
	U0105	ระดับน้ำตาลในเลือด ณ เวลานั้น	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูระดับน้ำตาลในเลือดในเวลาปัจจุบัน
	U0106	อุณหภูมิร่างกาย ณ เวลานั้น	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูอุณหภูมิร่างกายในเวลาปัจจุบัน
	U0107	ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูระยะเวลาของการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น เดินไปแล้ว 10 นาที เป็นต้น
	U0108	จำนวนนับก้าว	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูจำนวนนับก้าว

	U0109	การเผาผลาญแคลอรี่	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูจำนวนแคลอรี่ที่ถูกเผาผลาญไปแล้วทั้งหมดของวัน
	U0110	ระยะทางรวม	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูระยะทางในการทำกิจกรรมทั้งหมดของวัน
	U0111	กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจ	เมื่อผู้ใช้ต้องการ เพิ่ม เรียกดูอัตราการเต้นของหัวใจในช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน เป็นต้น
ผู้สูงอายุ, ผู้ดูแล	U0112	กราฟเปรียบเทียบความดันโลหิต	เมื่อผู้ใช้ต้องการ เพิ่ม เรียกดูความดันโลหิตในช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน เป็นต้น
	U0113	กราฟเปรียบเทียบระดับน้ำตาลในเลือด	เมื่อผู้ใช้ต้องการ เพิ่ม เรียกดูระดับน้ำตาลในเลือดในช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน เป็นต้น
	U0114	กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิร่างกาย	เมื่อผู้ใช้ต้องการ เพิ่ม เรียกดูอุณหภูมิในช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน เป็นต้น
	U0115	กราฟเปรียบเทียบเวลาการทำกิจกรรม	เมื่อผู้ใช้ต้องการเรียกดูเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมในช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น การวิ่ง ในรายวัน ในรายสัปดาห์ ในรายเดือน เป็นต้น
	U0116	กราฟความเปลี่ยนแปลงของการทำกิจกรรม	เมื่อผู้ใช้ต้องการเรียกดูการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมใน

			ช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน เป็นต้น
ผู้สูงอายุ, ผู้ดูแล	**U02**	**จัดการข้อมูลทั่วไป**	**เมื่อผู้ใช้ต้องการจัดการกับข้อมูลทั่วไปและข้อมูลโรคเรื้อรัง**
	U0201	สมัครใช้งานระบบ	เมื่อผู้ใช้ต้องการสมัครสมาชิกเพื่อใช้งานระบบ
	U0201	เข้าใช้งานระบบ	เมื่อผู้ใช้ต้องการเข้าใช้งานระบบ
ผู้สูงอายุ, ผู้ดูแล	U0203	แก้ไขข้อมูลทั่วไป	เมื่อผู้ใช้ต้องการแก้ไขข้อมูลทั่วไป เช่น ชื่อ นามสกุล ที่อยู่ อายุ โรคเบาหวาน โรคความดัน เป็นต้น
ผู้ดูแล	U0204	จัดการผู้สูงอายุ	เมื่อใช้ต้องการเพิ่ม ลดผู้สูงอายุที่อยู่ในการดูแล
ผู้สูงอายุ, ผู้ดูแล	U0301	แจ้งเตือนความผิดปกติความดันโลหิตอัตราการเต้นของหัวใจ	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูความผิดปกติที่เกิดขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ

ตารางที่ 3-3 คำอธิบายยูสเคสของระบบ (ต่อ)

Actor	Use Case Number	Use Case Name	Use Case Description
ผู้สูงอายุ, ผู้ดูแล	**U03**	**แจ้งเตือนความผิดปกติ**	**เมื่อผู้ใช้ต้องการดูรายงานความผิดปกติของการทำกิจกรรมและข้อมูลสุขภาพ**
	U0302	แจ้งเตือนความผิดปกติความดันโลหิต	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูความผิดปกติที่เกิดขึ้นของค่าความดันโลหิต
	U0303	แจ้งเตือนความผิดปกติระดับน้ำตาลในเลือด	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูความผิดปกติที่เกิดขึ้นของค่าระดับน้ำตาลในเลือด
	U0304	แจ้งเตือนความผิดปกติอุณหภูมิร่างกาย	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูความผิดปกติที่เกิดขึ้นของค่าอุณหภูมิร่างกาย
	U0305	แจ้งเตือนความผิดปกติเวลาการทำกิจกรรม	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมในเวลาที่ผิดปกติ
	U0306	แจ้งเตือนความผิดปกติระยะเวลาการทำกิจกรรม	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมที่ใช้เวลาน้อยกว่า หรือ มากกว่าปกติ
	U0307	แจ้งเตือนความผิดปกติของลำดับการทำกิจกรรม	เมื่อผู้ใช้ต้องการดูความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมที่ผิดปกติไปจากลำดับกิจกรรมที่เคยทำมา เช่น หลังจากการวิ่ง แล้วเปลี่ยนเป็นการนอน เป็นต้น

ตารางที่ 3-4 คำอธิบายยูสเคส U0101 ข้อมูลทั่วไป

Use Case Name:	U0101: ข้อมูลทั่วไป	
Scenario:	ผู้ใช้เรียกดูข้อมูลทั่วไป	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ผู้ใช้ต้องการเรียกดูชื่อ นามสกุล อายุ กลุ่มผู้ใช้	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลทั่วไป ได้แก่ ชื่อ นามสกุล อายุ กลุ่มผู้ใช้
Exception	-	

ตารางที่ 3-5 คำอธิบายยูสเคส U0102 กิจกรรมที่ทำ ณ เวลานั้น

Use Case Name:	U0102: กิจกรรมที่ทำ ณ เวลานั้น	
Scenario:	ผู้ใช้เรียกดูข้อมูลกิจกรรมที่กระทำอยู่ในเวลาปัจจุบัน	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ผู้ใช้ต้องการเรียกดูกิจกรรมที่กระทำอยู่ในเวลาปัจจุบัน	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล รับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเซิร์ฟเวอร์	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลกิจกรรมที่กระทำอยู่ในเวลาปัจจุบัน และกิจกรรมก่อนหน้านี้
Sub flow: ๑		๑. ส่งข้อมูลกิจกรรมที่ทำล่าสุดที่ได้รับจากอุปกรณ์สวมใส่ ๒. อัพเดทข้อมูลและแสดงข้อมูลกิจกรรมที่เปลี่ยนจากเดิม
Exception	-	

ตารางที่ 3-6 คำอธิบายยูสเคส U0103 อัตราการเต้นของหัวใจ ณ เวลานั้น

Use Case Name:	U0103: อัตราการเต้นของหัวใจ ณ เวลานั้น	
Scenario:	ผู้ใช้เรียกดูข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจล่าสุด	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ผู้ใช้ต้องการเรียกดูข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจล่าสุด	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล รับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเซิร์ฟเวอร์	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจล่าสุด และเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา
Sub flow: ๑		๑. รับข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๒. อัพเดทข้อมูลและแสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจที่เปลี่ยนจากเดิม
Exception	-	

ตารางที่ 3-7 คำอธิบายยูสเคส U0104 ความดันโลหิต ณ เวลานั้น

Use Case Name:	U0104: ความดันโลหิต ณ เวลานั้น	
Scenario:	ผู้ใช้เรียกดูข้อมูลค่าความดันโลหิตล่าสุด	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ผู้ใช้ต้องการเรียกดูข้อมูลค่าความดันโลหิตล่าสุด	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล รับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเซิร์ฟเวอร์	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลค่าความดันโลหิตล่าสุด และเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา
Sub flow: ๑		๑. รับข้อมูลค่าความดันโลหิตล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๒. อัพเดทข้อมูลและแสดงข้อมูลค่าความดันโลหิตที่เปลี่ยนจากเดิม
Exception	-	

ตารางที่ 3-8 คำอธิบายยูสเคส U0105 ระดับน้ำตาลในเลือด ณ เวลานั้น

Use Case Name:	U0105: ระดับน้ำตาลในเลือด ณ เวลานั้น	
Scenario:	ผู้ใช้เรียกดูข้อมูลค่าระดับน้ำตาลในเลือดล่าสุด	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ผู้ใช้ต้องการเรียกดูข้อมูลค่าระดับน้ำตาลในเลือดล่าสุด	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล รับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเซิร์ฟเวอร์	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลค่าระดับน้ำตาลในเลือดล่าสุด และเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา
Sub flow: 1		๑. รับข้อมูลค่าระดับน้ำตาลในเลือดล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๒. อัพเดทข้อมูลและแสดงข้อมูลค่าระดับน้ำตาลในเลือดที่เปลี่ยนจากเดิม
Exception	-	

ตารางที่ 3-9 คำอธิบายยูสเคส U0106 อุณหภูมิร่างกาย ณ เวลานั้น

Use Case Name:	U0106: อุณหภูมิร่างกาย ณ เวลานั้น	
Scenario:	ผู้ใช้เรียกดูข้อมูลค่าอุณหภูมิร่างกายล่าสุด	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ผู้ใช้ต้องการเรียกดูข้อมูลค่าอุณหภูมิร่างกายล่าสุด	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล รับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเซิร์ฟเวอร์	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลค่าอุณหภูมิร่างกายล่าสุด และเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา
Sub flow: 1		๑. รับข้อมูลค่าอุณหภูมิร่างกายล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๒. อัพเดทข้อมูลและแสดงข้อมูลค่าอุณหภูมิร่างกายที่เปลี่ยนจากเดิม
Exception	-	

ตารางที่ 3-10 คำอธิบายยูสเคส U0107 ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม

Use Case Name:	U0107: ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม	
Scenario:	ผู้ใช้เรียกดูข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ผู้ใช้ต้องการเรียกดูข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล รับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเซิร์ฟเวอร์	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ และเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา
Sub flow: ๑		๑. รับข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๒. อัพเดทข้อมูลและแสดงข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่เปลี่ยนจากเดิม
Exception	-	

ตารางที่ 3-11 คำอธิบายยูสเคส U0108 จำนวนนับก้าว

Use Case Name:	U0108: จำนวนนับก้าว	
Scenario:	ผู้ใช้เรียกดูข้อมูลจำนวนนับก้าวล่าสุด	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ผู้ใช้ต้องการเรียกดูข้อมูลจำนวนนับก้าวล่าสุด	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล รับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเซิร์ฟเวอร์	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลจำนวนนับก้าวล่าสุดและเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา
Sub flow: ๑		๑. รับข้อมูลจำนวนนับก้าวล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๒. อัพเดทข้อมูลและแสดงข้อมูลจำนวนนับก้าวล่าสุดที่เปลี่ยนจากเดิม
Exception	-	

ตารางที่ 3-12 คำอธิบายยูสเคส U0109 การเผาผลาญแคลอรี่

Use Case Name:	U0109: การเผาผลาญแคลอรี่	
Scenario:	ผู้ใช้เรียกดูข้อมูลการเผาผลาญแคลอรี่จากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ล่าสุด	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ผู้ใช้ต้องการเรียกดูข้อมูลการเผาผลาญแคลอรี่จากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ล่าสุด	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล รับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเซิร์ฟเวอร์	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลการเผาผลาญแคลอรี่จากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ล่าสุดและเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา
Sub flow: ๑		๑. รับข้อมูลการเผาผลาญแคลอรี่จากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๒. อัพเดทข้อมูลและแสดงข้อมูลการเผาผลาญแคลอรี่จากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ล่าสุดที่เปลี่ยนจากเดิม

ตารางที่ 3-13 คำอธิบายยูสเคส U0110 ระยะทางรวม

Use Case Name:	U0110: ระยะทางรวม	
Scenario:	ผู้ใช้เรียกดูข้อมูลระยะทางรวมจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ล่าสุด	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ผู้ใช้ต้องการเรียกดูข้อมูลระยะทางรวมจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ล่าสุด	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล รับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเซิร์ฟเวอร์	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลระยะทางรวมจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ล่าสุดและเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา
Sub flow: ๑		๑. รับข้อมูลมูลระยะทางรวมจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๒. อัพเดทข้อมูลและแสดงข้อมูลระยะทางรวมจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ล่าสุดที่เปลี่ยนจากเดิม

ตารางที่ 3-14 คำอธิบายยูสเคส U0111 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจ

Use Case Name:	U0111: กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจ	
Scenario:	ผู้ใช้เพิ่ม เรียกดูอัตราการเต้นของหัวใจในช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน เป็นต้น	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ผู้ใช้ต้องการเพิ่มข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ และเรียกดูข้อมูลในรายสัปดาห์	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล และเพิ่มข้อมูลที่ต้องการไปที่ฐานข้อมูล	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจล่าสุด และเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา
	๓. ผู้ใช้คลิกที่ “Heart rate”	๔. แสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจของทั้งวัน
	๕. ผู้ใช้คลิกที่ “Week”	๖. แสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจในรายสัปดาห์
Sub flow: ๑	๑. กรณีเพิ่มข้อมูล ผู้ใช้คลิก	

	๓. ผู้ใช้กรอก “Date”, “Time”, “Heart rate” และกด “Add”	๒. แสดงหน้าจอสำหรับเพิ่มข้อมูล ๔. เพิ่มข้อมูลลงฐานข้อมูล และแสดงข้อมูลที่เปลี่ยนจากเดิม
Exception	Sub flow: ๑ ข้อ ๓ ถ้าข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้องระบบจะแสดงข้อความแจ้งและไม่บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล	

ตารางที่ 3-15 คำอธิบายยูสเคส U0112 กราฟเปรียบเทียบความดันโลหิต

Use Case Name:	U0112: กราฟเปรียบเทียบความดันโลหิต	
Scenario:	ผู้ใช้เพิ่ม เรียกดูความดันโลหิตในช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน เป็นต้น	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	เมื่อผู้ใช้ต้องการเพิ่มข้อมูลค่าความดันโลหิต เรียกดูข้อมูลในรายเดือน	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล และเพิ่มข้อมูลที่ต้องการไปที่ฐานข้อมูล	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลค่าความดันโลหิตล่าสุด และเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา
	๓. ผู้ใช้คลิกที่ “Blood Pressure”	๔. แสดงข้อมูลค่าความดันโลหิตของทั้งวัน
	๕. ผู้ใช้คลิกที่ “Month”	๖. แสดงข้อมูลค่าความดันโลหิตในรายเดือน
Sub flow: ๑	๑. กรณีเพิ่มข้อมูล ผู้ใช้คลิก	

	๓. ผู้ใช้กรอก “Date”, “Time”, “Systolic”, “Diastolic” และกด “Add”	๒. แสดงหน้าจอสำหรับเพิ่มข้อมูล ๔. เพิ่มข้อมูลลงฐานข้อมูล และแสดงข้อมูลที่เปลี่ยนจากเดิม
Exception	Sub flow: ๑ ข้อ ๓ ถ้าข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้องระบบจะแสดงข้อความแจ้งและไม่บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล	

ตารางที่ 3-16 คำอธิบายยูสเคส U0113 กราฟเปรียบเทียบระดับน้ำตาลในเลือด

Use Case Name:	U0113: กราฟเปรียบเทียบระดับน้ำตาลในเลือด	
Scenario:	ผู้ใช้เพิ่ม เรียกดูระดับน้ำตาลในเลือดในช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน เป็นต้น	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	เมื่อผู้ใช้ต้องการเพิ่มข้อมูลระดับน้ำตาลในเลือด เรียกดูข้อมูลในรายปี	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล และเพิ่มข้อมูลที่ต้องการไปที่ฐานข้อมูล	
Flow of Activities:	Actor	System
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard” ๓. ผู้ใช้คลิกที่ “Blood Glucose” ๕. ผู้ใช้คลิกที่ “Year”	๒. แสดงข้อมูลค่าระดับน้ำตาลในเลือดล่าสุด และเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา ๔. แสดงข้อมูลค่าระดับน้ำตาลในเลือดของทั้งวัน ๖. แสดงข้อมูลค่าระดับน้ำตาลในเลือดในรายปี
Sub flow: ๑	๑. กรณีเพิ่มข้อมูล ผู้ใช้คลิก	๒. แสดงหน้าจอสำหรับเพิ่มข้อมูล

	๓. ผู้ใช้กรอก “Date”, “Time”, “Blood Glucose”, “Meal Time” และกด “Add”	๔. เพิ่มข้อมูลลงฐานข้อมูล และแสดงข้อมูลที่เปลี่ยนจากเดิม
Exception	Sub flow: ๑ ข้อ ๓ ถ้าข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้องระบบจะแสดงข้อความแจ้งและไม่บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล	

ตารางที่ 3-17 คำอธิบายยูสเคส U0114 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิร่างกาย

Use Case Name:	U0114: กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิร่างกาย	
Scenario:	ผู้ใช้เพิ่ม เรียกดูอุณหภูมิในช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน เป็นต้น	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	เมื่อผู้ใช้ต้องการเพิ่มข้อมูลอุณหภูมิร่างกาย เรียกดูข้อมูลรายสัปดาห์	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล และเพิ่มข้อมูลที่ต้องการไปที่ฐานข้อมูล	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลค่าอุณหภูมิร่างกายล่าสุด และเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา
	๓. ผู้ใช้คลิกที่“BodyTemperature”	๔. แสดงข้อมูลค่าอุณหภูมิร่างกายล่าสุดของทั้งวัน
	๕. ผู้ใช้คลิกที่ “Week”	๖. แสดงข้อมูลค่าอุณหภูมิร่างกายล่าสุดในรายสัปดาห์
Sub flow: ๑	๑. กรณีเพิ่มข้อมูล ผู้ใช้คลิก	๒. แสดงหน้าจอสำหรับเพิ่มข้อมูล

	๓. ผู้ใช้กรอก “Date”, “Time”, “Temperature” และกด “Add”	๔. เพิ่มข้อมูลลงฐานข้อมูล และแสดงข้อมูลที่เปลี่ยนจากเดิม
Exception	Sub flow: ๑ ข้อ ๓ ถ้าข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้องระบบจะแสดงข้อความแจ้งและไม่บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล	

ตารางที่ 3-18 คำอธิบายยูสเคส U0115 กราฟเปรียบเทียบเวลาการทำกิจกรรม

Use Case Name:	U0115: กราฟเปรียบเทียบเวลาการทำกิจกรรม	
Scenario:	ผู้ใช้เรียกดูเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมในช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น การวิ่ง ในรายวัน ในรายสัปดาห์ ในรายเดือน เป็นต้น	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	เมื่อผู้ใช้เรียกดูข้อมูลเวลาที่ใช้ในไปกับการเดินรายสัปดาห์	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ และเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา
	๓. ผู้ใช้คลิกที่	๔. แสดงข้อมูลระยะเวลาที่ในการเดินของทั้งวัน
	๕. ผู้ใช้คลิกที่ “Week”	๖. แสดงข้อมูลระยะเวลาที่ในการเดินล่าสุดในรายสัปดาห์

ตารางที่ 3-19 คำอธิบายยูสเคส U0116 กราฟความเปลี่ยนของกิจกรรม

Use Case Name:	U0116: กราฟความเปลี่ยนของกิจกรรม	
Scenario:	ผู้ใช้เรียกดูการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมในช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน เป็นต้น	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	เมื่อผู้ใช้เรียกดูข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมรายสัปดาห์	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
		๒. แสดงข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ และเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา
	๓. ผู้ใช้คลิกที่ “Activities”	
		๔. แสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของทั้งวัน
	๕. ผู้ใช้คลิกที่ “Week”	
		๖. แสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมในรายสัปดาห์

ตารางที่ 3-20 คำอธิบายยูสเคส U0201 สมัครใช้งานระบบ

Use Case Name:	U0201: สมัครใช้งานระบบ	
Scenario:	ผู้ใช้สมัครสมาชิกเพื่อเข้าใช้งานระบบ	
Triggering Event:	ผู้ใช้เปิดที่มาที่ “Website”	
Brief Description:	เมื่อผู้ใช้ต้องการสมัครสมาชิกเพื่อเข้าใช้งานระบบ	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	-	
Postconditions:	เพิ่มข้อมูลที่ต้องการไปที่ฐานข้อมูล	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้เปิดที่มาที่ “Website” ๓. ผู้ใช้คลิก “Register” ๕. ผู้ใช้กรอกข้อมูล “Username”, “Password”, “Firstname”, “Lastname”, “Age”, “Address” “User group” และ “Chronic disease” แล้วกด “Sign up”	๒. แสดงหน้าจอสำหรับกรอกข้อมูลทั่วไป ๔. แสดงหน้าจอสำหรับกรอกข้อมูลทั่วไป ๖. เพิ่มข้อมูลลงฐานข้อมูล และแสดงหน้าจอสำหรับเข้าสู่ระบบ
Exception	ข้อ ๕ ถ้าข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้องระบบจะแสดงข้อความแจ้งและไม่บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล	

ตารางที่ 3-21 คำอธิบายยูสเคส U0202 เข้าใช้งานระบบ

Use Case Name:	U0201: เข้าใช้งานระบบ	
Scenario:	ผู้ใช้เข้าใช้งานระบบ	
Triggering Event:	ผู้ใช้เปิดที่มาที่ “Website”	
Brief Description:	เมื่อผู้ใช้ต้องการเข้าใช้งานระบบ	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	-	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้เปิดที่มาที่ “Website” ๓. ผู้ใช้กรอกข้อมูล “Username“, “Password”, แล้วกด “Sign in”	๒. แสดงหน้าจอสำหรับกรอก Username และ Password เพื่อเข้าใช้งานระบบ ๔. ตรวจสอบข้อมูลกับฐานข้อมูล และแสดงหน้าจอ “Dashboard”
Exception	ข้อ ๓ ถ้าข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้อง ระบบจะแสดงข้อความแจ้งและไม่อนุญาติให้ใช้งานระบบ ข้อ ๔ ถ้าข้อมูลไม่พบบนฐานข้อมูล ระบบจะแสดงข้อความแจ้งและไม่อนุญาติให้ใช้งานระบบ	

ตารางที่ 3-22 คำอธิบายยูสเคส U0203 แก้ไขข้อมูลทั่วไป

Use Case Name:	U0203: แก้ไขข้อมูลทั่วไป	
Scenario:	ผู้ใช้แก้ไขข้อมูลทั่วไป	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	เมื่อผู้ใช้ต้องการแก้ไขข้อมูลน้ำหนัก	
Actors:	ผู้สูงอายุ	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล และเพิ่มข้อมูลที่ต้องการไปที่ฐานข้อมูล	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard” ๓. ผู้ใช้คลิกที่รูปภาพผู้ใช้ ๕. ผู้ใช้แก้ไขข้อมูล”น้ำหนัก” และกดบักทึกข้อมูล	๒. แสดงข้อมูลทั่วไป ได้แก่ ชื่อ นามสกุล อายุ กลุ่มผู้ใช้ ๔. แสดงหน้าจอสำหรับจัดการข้อมูล ๖. เพิ่มข้อมูลลงฐานข้อมูล และแสดงข้อมูลที่เปลี่ยนจากเดิม
Exception	Sub flow: ๑ ข้อ ๓ ถ้าข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้องระบบจะแสดงข้อความแจ้งและไม่บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล	

ตารางที่ 3-23 คำอธิบายยูสเคส U0204 จัดการผู้สูงอายุ

Use Case Name:	U0204: จัดการผู้สูงอายุ	
Scenario:	ผู้ใช้จัดการผู้สูงอายุที่อยู่ในการดูแล	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Elderly Management”	
Brief Description:	เมื่อผู้ใช้ต้องการเพิ่มผู้สูงอายุที่อยู่ในการดูแล	
Actors:	ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	เรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล และเพิ่มข้อมูลที่ต้องการไปที่ฐานข้อมูล	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Elderly Management”	
		๒. แสดงรายชื่อผู้สูงอายุที่อยู่ในการดูแล
	๓. ผู้ใช้คลิกปุ่ม “Add”	
		๔. แสดงหน้าจอสำหรับเพิ่มผู้สูงอายุ พร้อมทั้งแสดงรายชื่อของผู้สูงอายุที่ยังไม่มีผู้ดูแล
	๕. ผู้ใช้เลือกผู้สูงอายุที่ต้องการดูแลและกด “Add”	
		๖. เพิ่มข้อมูลลงฐานข้อมูล และแสดงข้อมูลที่เปลี่ยนจากเดิม
Exception	Sub flow: ๑ ข้อ ๓ ถ้าข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้องระบบจะแสดงข้อความแจ้งและไม่บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล	

ตารางที่ 3-24 คำอธิบายยูสเคส U0301 แจ้งเตือนความผิดปกติอัตราการเต้นของหัวใจ

Use Case Name:	U0301: แจ้งเตือนความผิดปกติอัตราการเต้นของหัวใจ	
Scenario:	ระบบแจ้งเตือนความผิดปกติอัตราการเต้นของหัวใจ	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ระบบทำการแจ้งเตือนความผิดปกติอัตราการเต้นของหัวใจ	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	แจ้งเตือนความผิดปกติของอัตราการเต้นของหัวใจให้กับผู้ใช้	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจล่าสุด ๓. รับข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๔. ประมวลผลข้อมูลด้วยกฎเกณฑ์สุขภาพ ๕. แสดงหน้าจอพร้อมข้อความเตือน “อัตราการเต้นของหัวใจผิดปกติ”
Exception	-	

ตารางที่ 3-25 คำอธิบายยูสเคส U0302 แจ้งเตือนความผิดปกติความดันโลหิต

Use Case Name:	U0302: แจ้งเตือนความผิดปกติความดันโลหิต	
Scenario:	ระบบแจ้งเตือนความผิดปกติความดันโลหิต	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ระบบทำการแจ้งเตือนความผิดปกติความดันโลหิต	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	แจ้งเตือนความผิดปกติของค่าความดันโลหิตให้กับผู้ใช้	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลความดันโลหิตล่าสุด ๓. รับข้อมูลค่าความดันโลหิตล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๔. ประมวลผลข้อมูลด้วยกฎเกณฑ์สุขภาพ ๕. แสดงหน้าจอพร้อมข้อความเตือน “ความดันโลหิตผิดปกติ”
Exception	-	

ตารางที่ 3-26 คำอธิบายยูสเคส U0303 แจ้งเตือนความผิดปกติระดับน้ำตาลในเลือด

Use Case Name:	U0303: แจ้งเตือนความผิดปกติระดับน้ำตาลในเลือด	
Scenario:	ระบบแจ้งเตือนความผิดปกติระดับน้ำตาลในเลือด	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ระบบทำการแจ้งเตือนความผิดปกติระดับน้ำตาลในเลือด	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	แจ้งเตือนความผิดปกติของค่าระดับน้ำตาลในเลือดให้กับผู้ใช้	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลค่าระดับน้ำตาลในเลือดล่าสุด ๓. รับข้อมูลระดับน้ำตาลในเลือดล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๔. ประมวลผลข้อมูลด้วยกฎเกณฑ์สุขภาพ ๕. แสดงหน้าจอพร้อมข้อความเตือน “ระดับน้ำตาลในเลือดผิดปกติ”
Exception	-	

ตารางที่ 3-27 คำอธิบายยูสเคส U0304 แจ้งเตือนความผิดปกติอุณหภูมิร่างกาย

Use Case Name:	U0303: แจ้งเตือนความผิดปกติอุณหภูมิร่างกาย	
Scenario:	ระบบแจ้งเตือนความผิดปกติอุณหภูมิร่างกาย	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ระบบทำการแจ้งเตือนความผิดปกติอุณหภูมิร่างกาย	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	แจ้งเตือนความผิดปกติของค่าอุณหภูมิร่างกายให้กับผู้ใช้	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลค่าอุณหภูมิร่างกายล่าสุด ๓. รับข้อมูลอุณหภูมิร่างกายล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๔. ประมวลผลข้อมูลด้วยกฎเกณฑ์สุขภาพ ๕. แสดงหน้าจอพร้อมข้อความเตือน “อุณหภูมิร่างกายผิดปกติ”
Exception	-	

ตารางที่ 3-28 คำอธิบายยูสเคส U0305 แจ้งเตือนความผิดปกติเวลาในการทำกิจกรรม

Use Case Name:	U0305: แจ้งเตือนความผิดปกติเวลาในการทำกิจกรรม	
Scenario:	ระบบแจ้งเตือนความผิดปกติเวลาในการทำกิจกรรม	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ระบบทำการแจ้งเตือนเวลาในการทำกิจกรรม	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	แจ้งเตือนความผิดปกติของเวลาในการทำกิจกรรมให้กับผู้ใช้	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ และเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา ๓. รับข้อมูลการทำกิจกรรมล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๔. ประมวลผลข้อมูลกับแบบจำลอง ๕. แสดงหน้าจอพร้อมข้อความเตือน “เวลาการทำกิจกรรมผิดปกติ”
Exception	-	

ตารางที่ 3-29 คำอธิบายยูสเคส U0306 แจ้งเตือนความผิดปกติระยะเวลาการทำกิจกรรม

Use Case Name:	U0306: แจ้งเตือนความผิดปกติระยะเวลาการทำกิจกรรม	
Scenario:	ระบบแจ้งเตือนความผิดปกติระยะเวลาในการทำกิจกรรม	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ระบบทำการแจ้งเตือนระยะเวลาในการทำกิจกรรม	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	แจ้งเตือนความผิดปกติของระยะเวลาในการทำกิจกรรมให้กับผู้ใช้	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ และเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา ๓. รับข้อมูลการทำกิจกรรมล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๔. ประมวลผลข้อมูลกับแบบจำลอง ๕. แสดงหน้าจอพร้อมข้อความเตือน “ระยะเวลาของการทำกิจกรรมผิดปกติ”
Exception	-	

ตารางที่ 3-30 คำอธิบายยูสเคส U0307 แจ้งเตือนความผิดปกติของลำดับการทำกิจกรรม

Use Case Name:	U0307: แจ้งเตือนความผิดปกติของลำดับการทำกิจกรรม	
Scenario:	ระบบแจ้งเตือนความผิดปกติของลำดับการทำกิจกรรม	
Triggering Event:	ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	
Brief Description:	ระบบทำการแจ้งเตือนลำดับการทำกิจกรรมผิดปกติ	
Actors:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Stakeholders:	ผู้สูงอายุ / ผู้ดูแล	
Preconditions:	ผู้ใช้เข้าสู่ระบบและตรวจสอบสิทธิ์การใช้งาน ผู้ใช้ที่มีสิทธิ์จึงจะสามารถเรียกดูข้อมูลในส่วนนี้ได้	
Postconditions:	แจ้งเตือนความผิดปกติของลำดับในการทำกิจกรรมให้กับผู้ใช้	
Flow of Activities:	**Actor**	**System**
	๑. ผู้ใช้คลิกเมนู “Dashboard”	๒. แสดงข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ และเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งมา ๓. รับข้อมูลการทำกิจกรรมล่าสุดจากอุปกรณ์สวมใส่ ๔. ประมวลผลข้อมูลกับแบบจำลอง ๕. แสดงหน้าจอพร้อมข้อความเตือน “การทำกิจกรรมผิดปกติ”
Exception	-	

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

จากวิธีการที่นำเสนอในบทที่ 3 เกี่ยวกับการสร้างต้นแบบของแบบจำลองอัจฉริยะในการวิเคราะห์พฤติกรรมการทำกิจกรรมของผู้สูงอายุโดยใช้กระแสข้อมูลกิจกรรมในเวลาจริงจากอุปกรณ์สวมใส่ สำหรับพัฒนานวัตกรรมในการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนอันตรายกับผู้ดูแลแบบทันทีทันใด ในบทนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการดำเนินการจากต้นแบบที่ได้ออกแบบไว้ ในการจัดเก็บข้อมูลและแสดงผลข้อมูล

4.1 Real-Time Dashboard

ผู้วิจัยได้ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อให้เครื่องมือที่กล่าวถึงในบทที่ 3 ทำงานร่วมกันและทดลองใช้งานเฟรมเวิร์กกับข้อมูลสังเคราะห์ที่สร้างขึ้นเองซึ่งถูกส่งมาจากอุปกรณ์สวมใส่ของ Apple (Apple Watch) โดยข้อมูลได้จาก Apple Watch จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ คือ ข้อมูลที่ได้มาจากเซ็นเซอร์ของ Apple Watch ไม่ได้มีการสังเคราะห์ขึ้น ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) นับก้าว (Step Count) การเผาผลาญแคลอรี่ (Calories Burn) ระยะทาง (Distance)

ข้อมูลสังเคราะห์ คือ ข้อมูลที่ถูกสร้างมาด้วยการเขียนโปรแกรม ไม่ได้มาจากเซ็นเซอร์จริง ได้แก่ กิจกรรมที่ทำ (Activity Type) เวลาของการทำกิจกรรม (Time Stamp)
โดยตัวอย่างของโปรแกรมที่ใช้ในการส่งข้อมูลเป็นดังภาพที่ 4-1

ภาพที่ 4-1 โปรแกรมที่ใช้สร้างข้อมูลสังเคราะห์บน Apple Watch

เมื่อข้อมูลผ่านการประมวลแบบเรียลไทม์ด้วย Spark Streaming ข้อมูลจะถูกเปลี่ยนแปลงรูปแบบ JSON ทำการรวมเวลาในการทำกิจกรรม และบันทึกลงบนฐานข้อมูล RethinkDB โดยข้อมูลจัดเป็นหมวดหมู่เพื่อให้ง่ายต่อนำไปใช้งานแบ่งออกเป็น 2 หมวด ดังนี้ หมวดหมู่กิจกรรม (Activity)

หมวดหมู่สุขภาพ (Health Data) เป็นต้น ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกส่งมาจาก Apple Watch เป็นดังภาพที่ 4-2(a) และตัวอย่างข้อมูลที่ถูกบันทึกลงฐานข้อมูล RethinkDB เป็นดังภาพที่ 4-2(b)

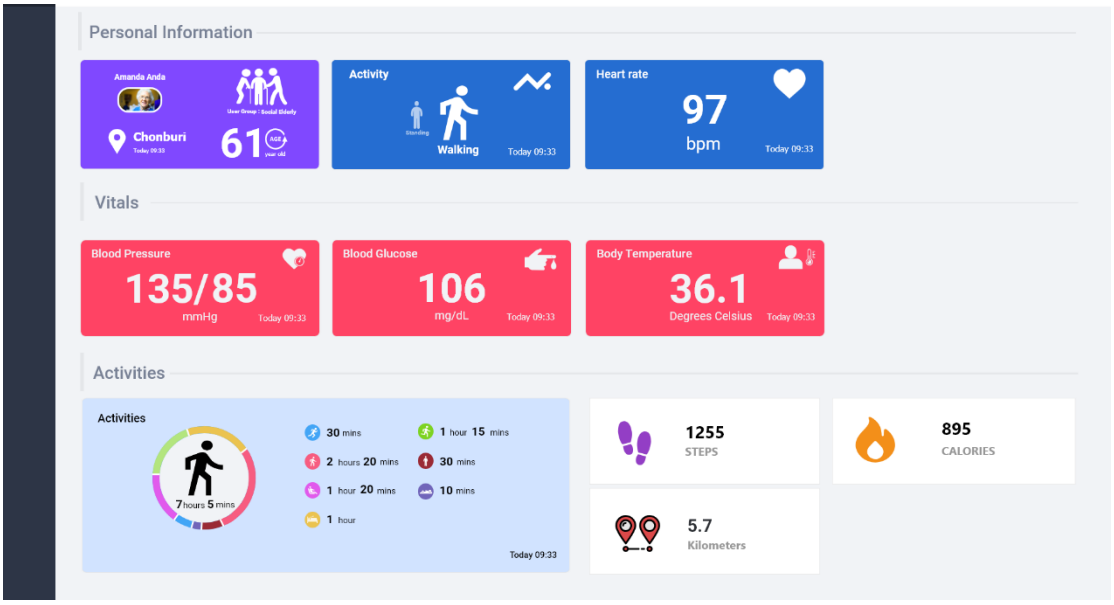
ภาพที่ 4-2 (a) ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกส่งมาจาก Apple Watch (b) ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกบันทึกลงฐานข้อมูล RethinkDB

4.1.1 การวิเคราะห์และแจ้งเตือนข้อมูลบน Real-Time Dashboard

Real-time Dashboard สำหรับการแสดงข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ใช้ เช่น ชื่อ อายุ รูปภาพ เป็นต้น แสดงข้อมูลพฤติกรรม แสดงข้อมูลสุขภาพ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต เป็นต้น และแจ้งเตือนความผิดปกติจากข้อมูลสุขภาพ ซึ่งผู้ใช้ถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. **กลุ่มผู้สูงอายุติดสังคม**เป็นผู้สูงอายุที่สามารถใช้ชีวิตประจำได้อย่างปกติ สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ไม่จำเป็นต้องมีผู้ดูแล แต่หากมีพฤติกรรมการใช้ชีวิตที่ผิดปกติก็อาจทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยขึ้นได้ กลุ่มผู้ใช้นี้เราจะให้ความสำคัญกับข้อมูลการทำกิจกรรมและข้อมูลสุขภาพ ซึ่งข้อมูลที่แสดงบน Real-time Dashboard จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้
    1. ข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย 1) ชื่อของผู้ใช้ 2) อายุ 3) กลุ่มของผู้ใช้ 4) สถานที่ 5) รูปภาพ 6) กิจกรรมที่กำลังทำอยู่ ณ เวลาปัจจุบัน 7) อัตราการเต้นของหัวใจ
    2. ข้อมูลที่เกี่ยวกับสุขภาพ ประกอบด้วย 1) ความดันโลหิต 2) ระดับน้ำตาลในเลือด 3) อุณหภูมิร่างกาย
    3. ข้อมูลการทำกิจกรรม ประกอบด้วย 1) เวลาในการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น วิ่ง เดิน นั่ง นอน เป็นต้น 3) การเผาผลาญแคลอรี่ 4) นับก้าว 5) ระยะทางรวมที่ทำกิจกรรม

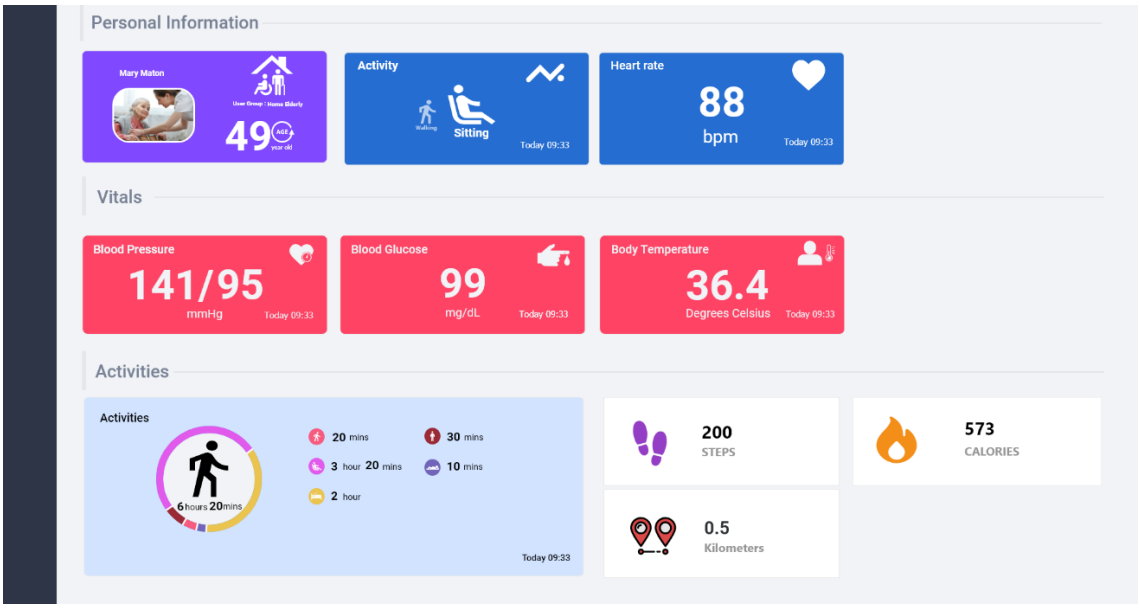
ตัวอย่างของ Real-time Dashboard ของผู้สูงอายุติดสังคมเป็นดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 Real-Time Dashboard ของผู้สูงอายุติดสังคม

2. **กลุ่มผู้สูงอายุติดบ้าน**เป็นกลุ่มผู้สูงอายุที่ในบางรายช่วยเหลือตัวเองได้บ้างหรือในบางรายอาจจะต้องมีผู้ดูแล แต่ด้วยสภาพร่างกายที่ทำให้ไม่สามารถไปไหนมาไหนได้ด้วยตนเอง ทำให้ข้อมูลกิจกรรมที่ทำนั้นจะไม่ได้หลากหลายเท่ากับกลุ่มผู้สูงอายุติดสังคม ในหนึ่งวันอาจจะมีการทำกรรมเพียงแค่ เดิน นั่ง นอน ซึ่งข้อมูลที่แสดงบน Real-time Dashboard จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้
    1. ข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย 1) ชื่อของผู้ใช้ 2) อายุ 3) กลุ่มของผู้ใช้ 4) รูปภาพ 5) กิจกรรมที่กำลังทำอยู่ ณ เวลาปัจจุบัน 6) อัตราการเต้นของหัวใจ ในผู้ใช้กลุ่มนี้จะไม่การนำสภานที่มาแสดง เนื่องจากส่วนใหญ่สถานที่ที่ผู้ใช้ทำกิจกรรมนั้นคือภายในบ้าน
    2. ข้อมูลที่เกี่ยวกับสุขภาพ ประกอบด้วย 1) ความดันโลหิต 2) ระดับน้ำตาลในเลือด 3) อุณหภูมิร่างกาย
    3. ข้อมูลการทำกิจกรรม ประกอบด้วย 1) เวลาในการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น วิ่ง เดิน นั่ง นอน เป็นต้น จะเห็นว่ากิจกกรมที่ทำส่วนใหญ่เป็นกิจกรรมที่ไม่ค่อยมีการเคลื่อนไหวร่างกายมากนัก 2) การเผาผลาญแคลอรี่ 3) นับก้าว 4) ระยะทางรวมที่ทำกิจกรรม

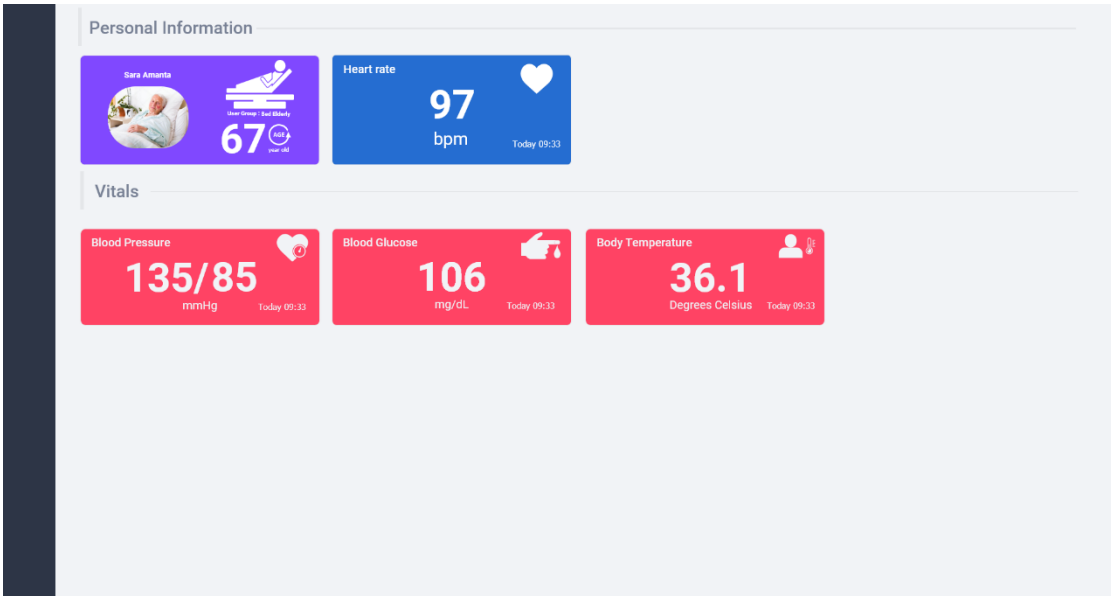
ตัวอย่างของ Real-time Dashboard ของผู้สูงอายุติดบ้านเป็นดังภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 Real-Time Dashboard ของผู้สูงอายุติดบ้าน

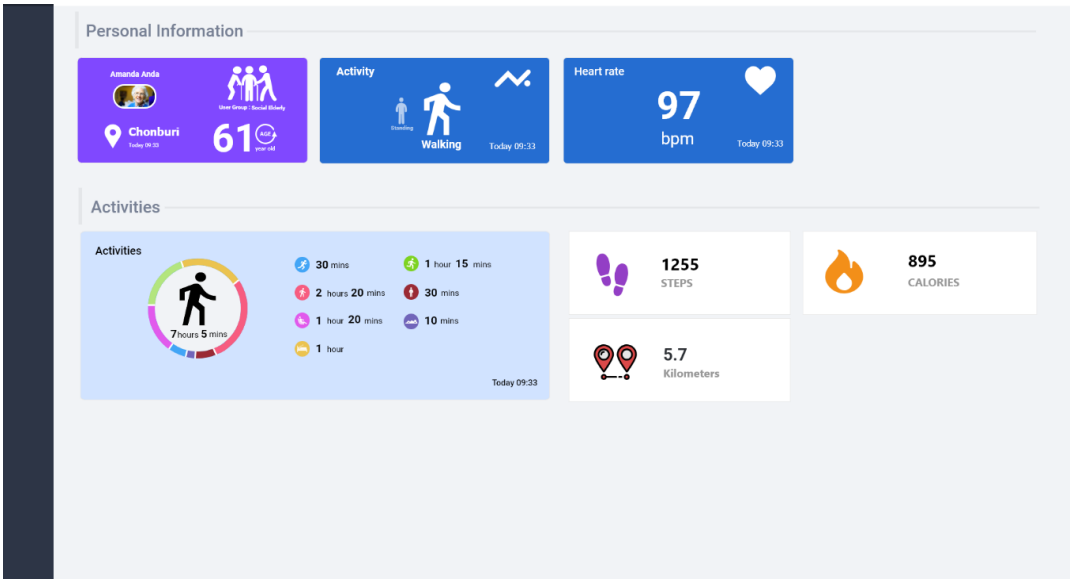
3. **กลุ่มผู้สูงอายุติดเตียง**เป็นกลุ่มผู้สูงอายุที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้เลย จะต้องมีผู้ดูแลคอยช่วยเหลือ กลุ่มผู้ใช้นี้เราจะให้ความสำคัญข้อมูลสุขภาพ เนื่องจากผู้ใช้ไม่มีการทำกิจกรรมอะไรนอกเหนือจากการนอนอยู่บนเตียง ซึ่งข้อมูลที่แสดงบน Real-time Dashboard จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้
    1. ข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย 1) ชื่อของผู้ใช้ 2) อายุ 3) กลุ่มของผู้ใช้ 4) รูปภาพ 5) กิจกรรมที่กำลังทำอยู่ ณ เวลาปัจจุบัน 6) อัตราการเต้นของหัวใจ ในผู้ใช้กลุ่มนี้จะไม่การนำสภานที่มาแสดง เนื่องจากส่วนใหญ่สถานที่ที่ผู้ใช้ทำกิจกรรมนั้นคือภายในบ้าน
    2. ข้อมูลที่เกี่ยวกับสุขภาพ ประกอบด้วย 1) ความดันโลหิต 2) ระดับน้ำตาลในเลือด 3) อุณหภูมิร่างกาย

ตัวอย่างของ Real-time Dashboard ของผู้สูงอายุติดเตียงเป็นดังภาพที่ 4-5



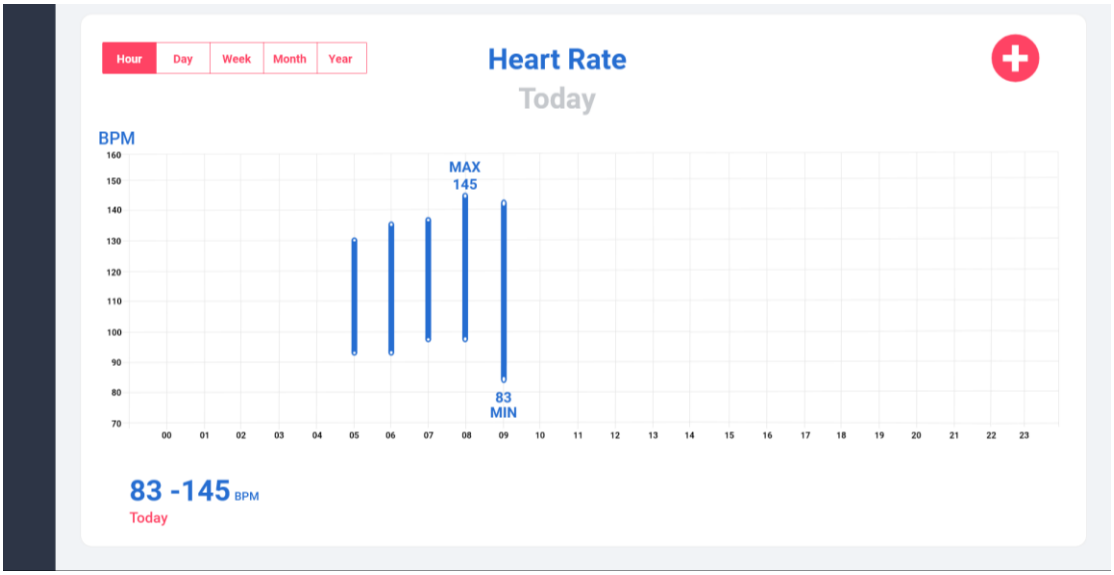
ภาพที่ 4-5 Real-Time Dashboard ของผู้สูงอายุติดเตียง

Real-Time Dashboard สามารถปรับการแสดงตามข้อมูลที่มี ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลสุขภาพ ข้อมูลที่แสดงจะเหลือ 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลทั่วไป 2) ข้อมูลกิจกรรม ดังตัวอย่างในภาพที่ 4-6 ซึ่งเป็น Real-time Dashboard ของผู้สูงอายุติดสังคมในกรณีที่ไม่มีข้อมูลความดันโลหิต อุณหภูมิ และระดับน้ำตาลในเลือด



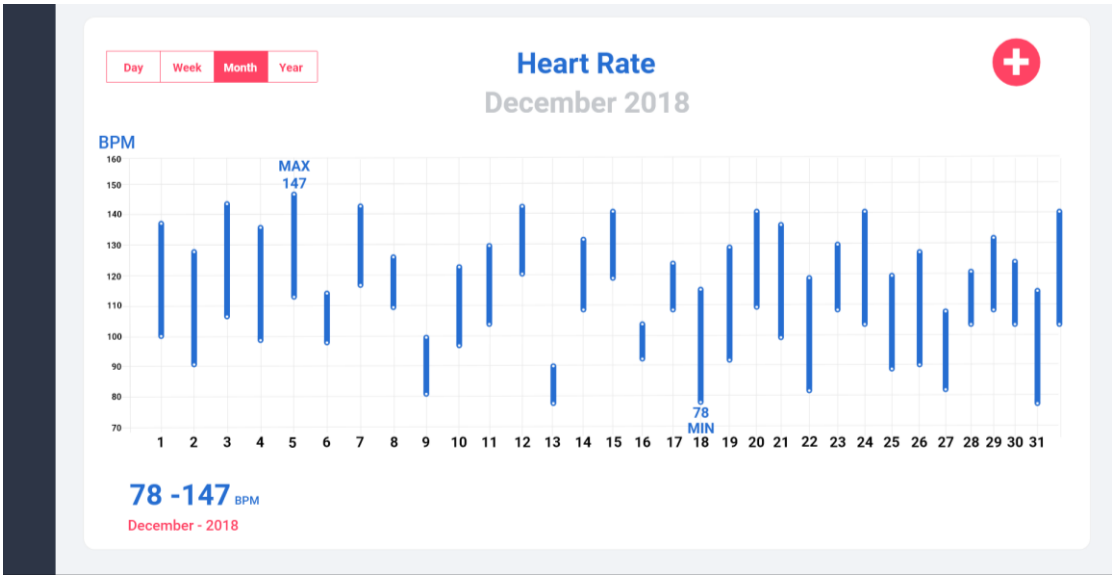
ภาพที่ 4-6 Real-Time Dashboard ของผู้สูงอายุติดสังคมในกรณีที่ไม่มีข้อมูลความดันโลหิต อุณหภูมิ และระดับน้ำตาลในเลือด

และยังสามารถดูลักณะการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิของร่างกาย ความดันโลหิต ระดับน้ำตาลในเลือด รวมถึงเวลาของการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น เวลาที่เดิน นั่ง นอน วิ่ง ในรายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน เป็นต้น ซึ่งระบบอนุญาตให้ผู้ใช้งานเพิ่มข้อมูลสุขภาพเองได้ ในกรณีที่มีการวัดค่าความดัน ระดับน้ำตาลในเลือด อุณหภูมิ ด้วยตัวเอง เนื่องจากข้อมูลสุขภาพบางอย่างจะต้องใช้เครื่องทางการแพทย์ในการวัด เช่น ระดับน้ำตาลในเลือดก็จะเจาะเลือดตรวจ อุณหภูมิของร่างกายก็ต้องวัดด้วยปรอท (Thermometer) ความดันก็ต้องใช้เครื่องวัดความดัน โดยตัวอย่างของการแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลสุขภาพและกิจกรรมเป็นไปตามภาพที่ **4-7 – 4-23**

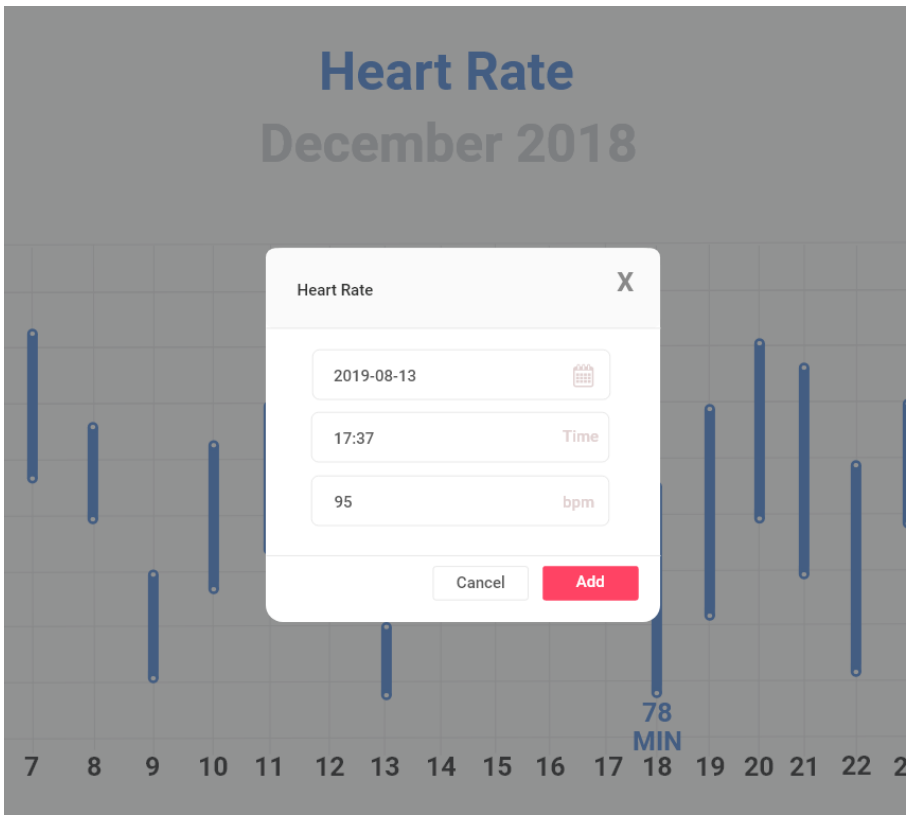


ภาพที่ 4-7 การแสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจรายวัน

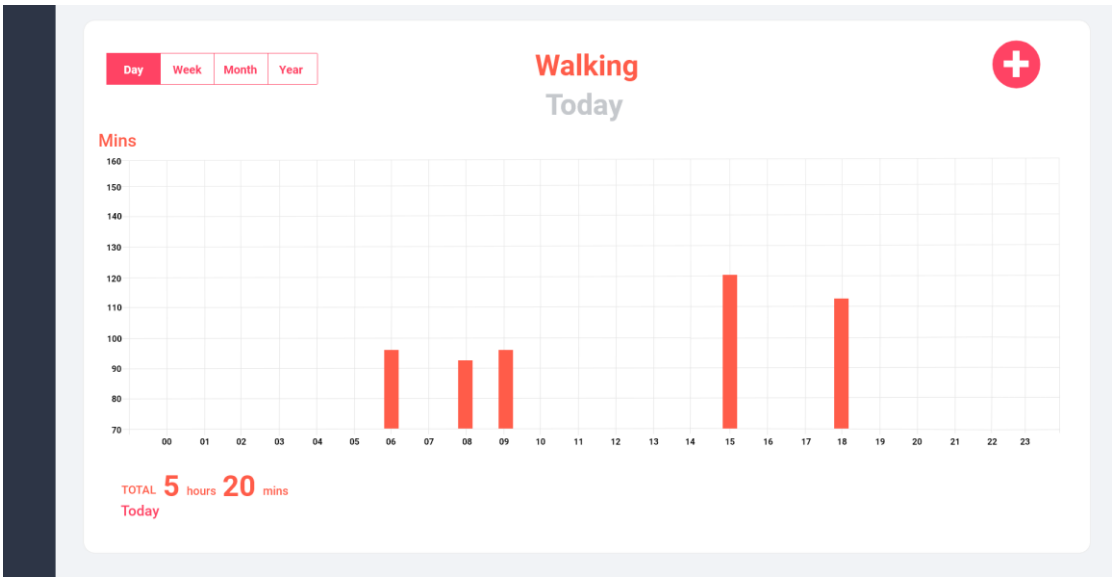
ภาพที่ 4-8 การแสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจรายสัปดาห์



ภาพที่ 4-9 การแสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจรายเดือน



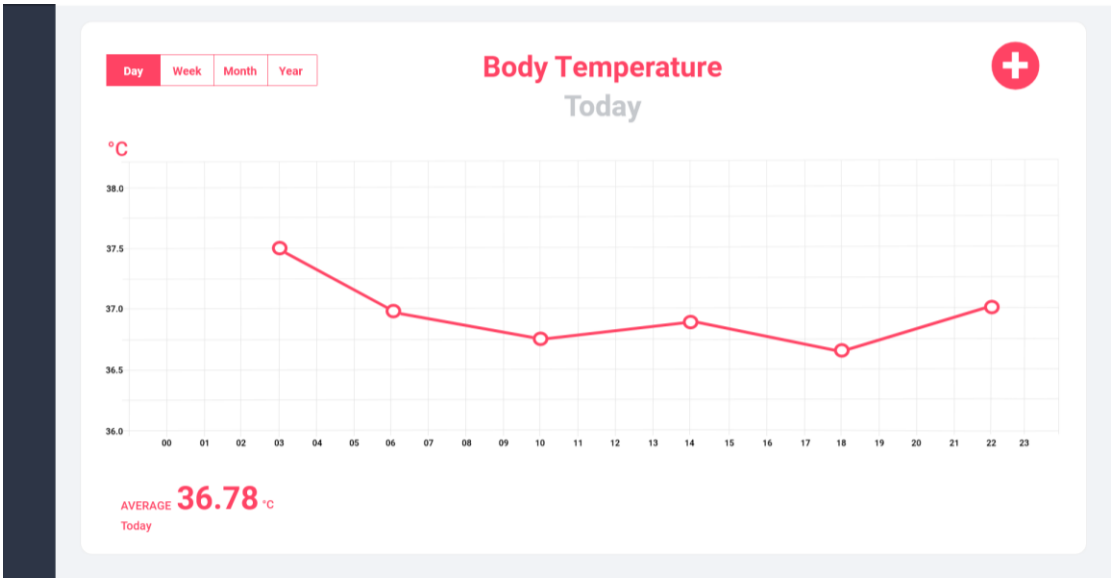
ภาพที่ 4-10 การเพิ่มข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจด้วยตัวผู้ใช้เอง



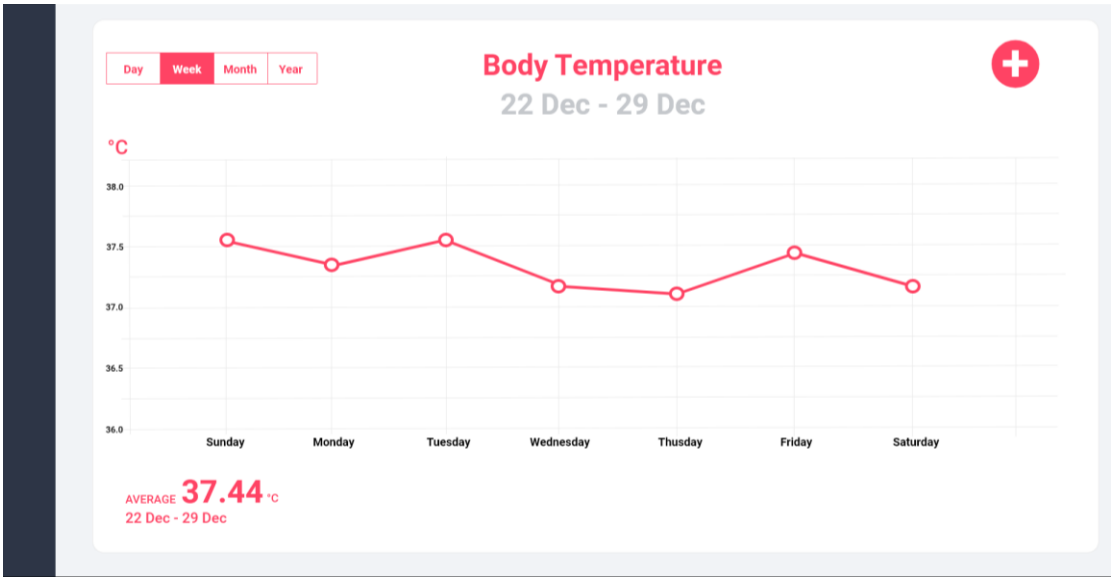
ภาพที่ 4-11 การแสดงข้อมูลกิจกรรมการเดินรายวัน

ภาพที่ 4-12 การแสดงข้อมูลกิจกรรมการเดินรายสัปดาห์

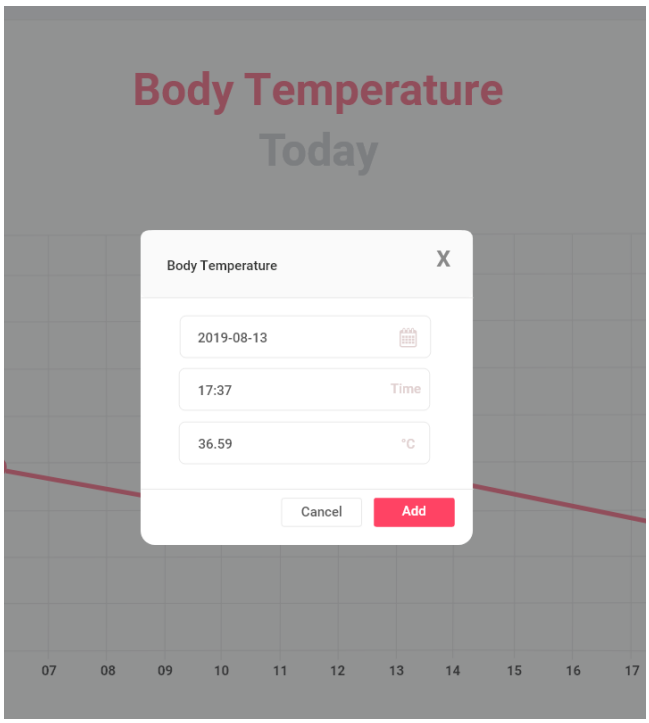
ภาพที่ 4-13 การแสดงข้อมูลกิจกรรมการเดินรายเดือน



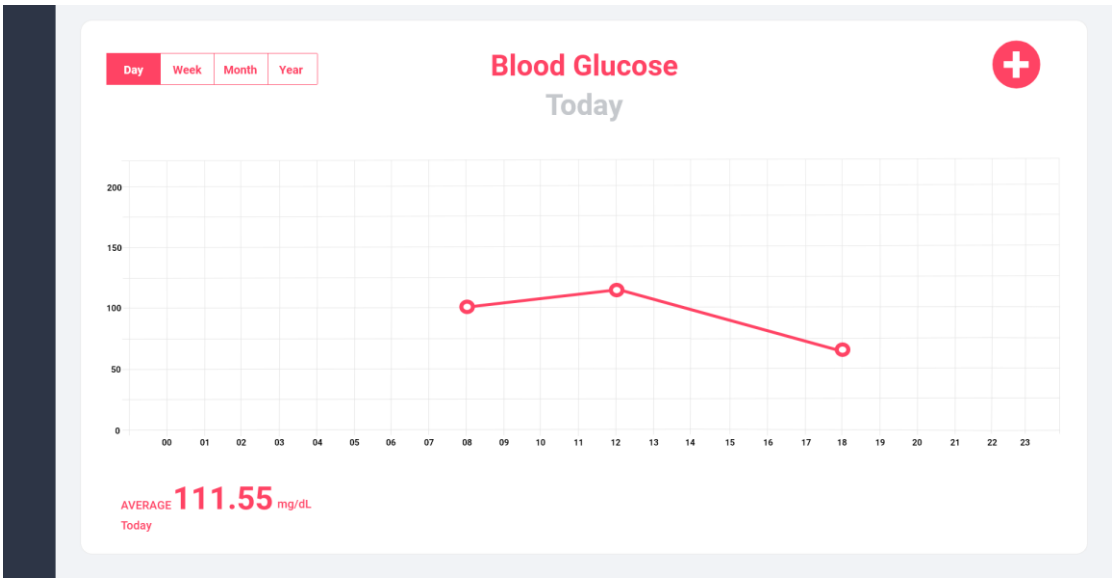
ภาพที่ 4-14 การแสดงข้อมูลอุณหภูมิร่างกายรายวัน



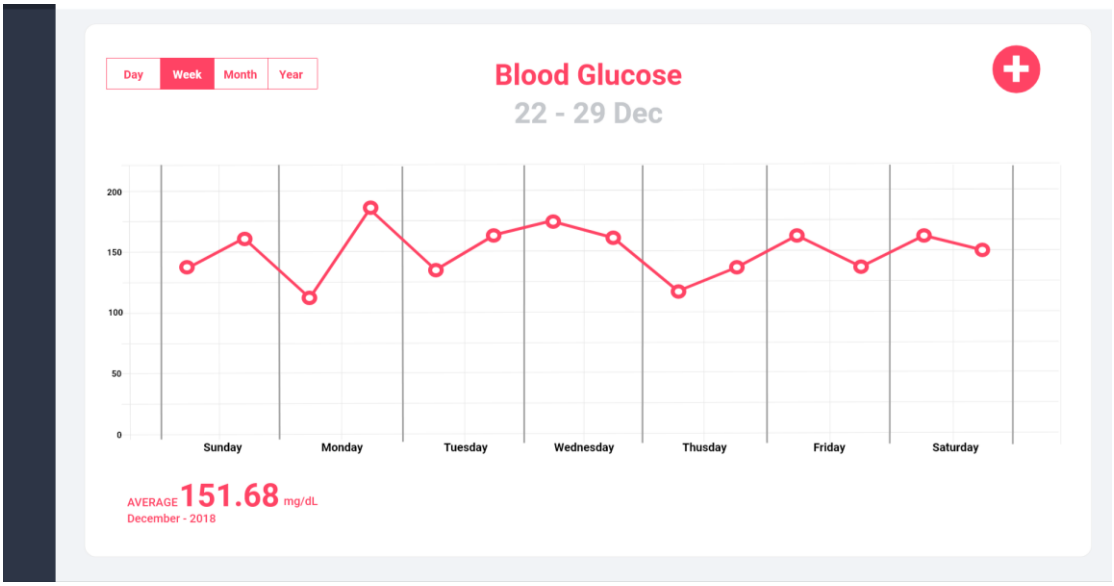
ภาพที่ 4-15 การแสดงข้อมูลอุณหภูมิร่างกายรายสัปดาห์



ภาพที่ 4-16 การเพิ่มข้อมูลอุณหภูมิร่างกายด้วยตัวของผู้ใช้เอง

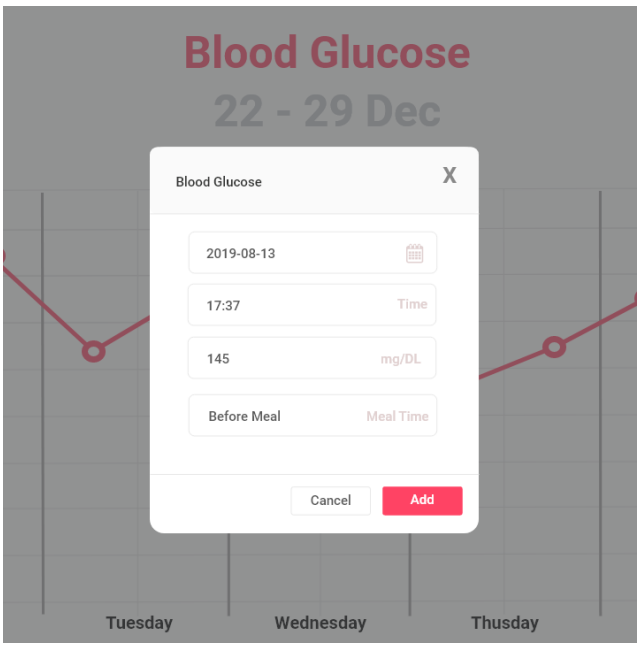


ภาพที่ 4-17 การแสดงข้อมูลระดับน้ำตาลในเลือดรายวัน

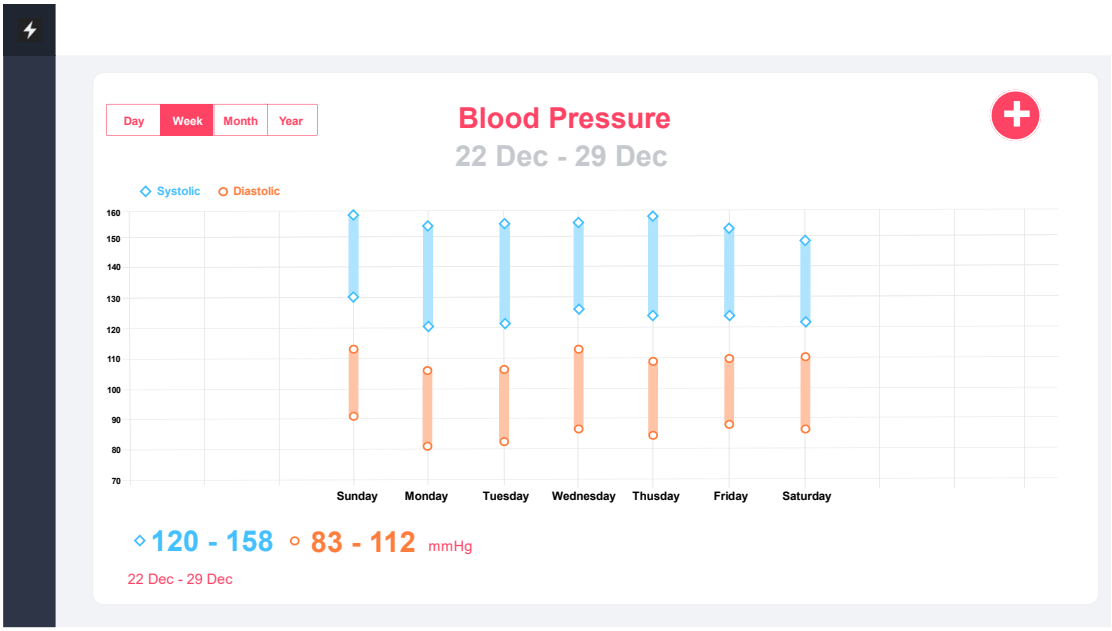


ภาพที่ 4-18 แสดงข้อมูลระดับน้ำตาลในเลือดรายสัปดาห์

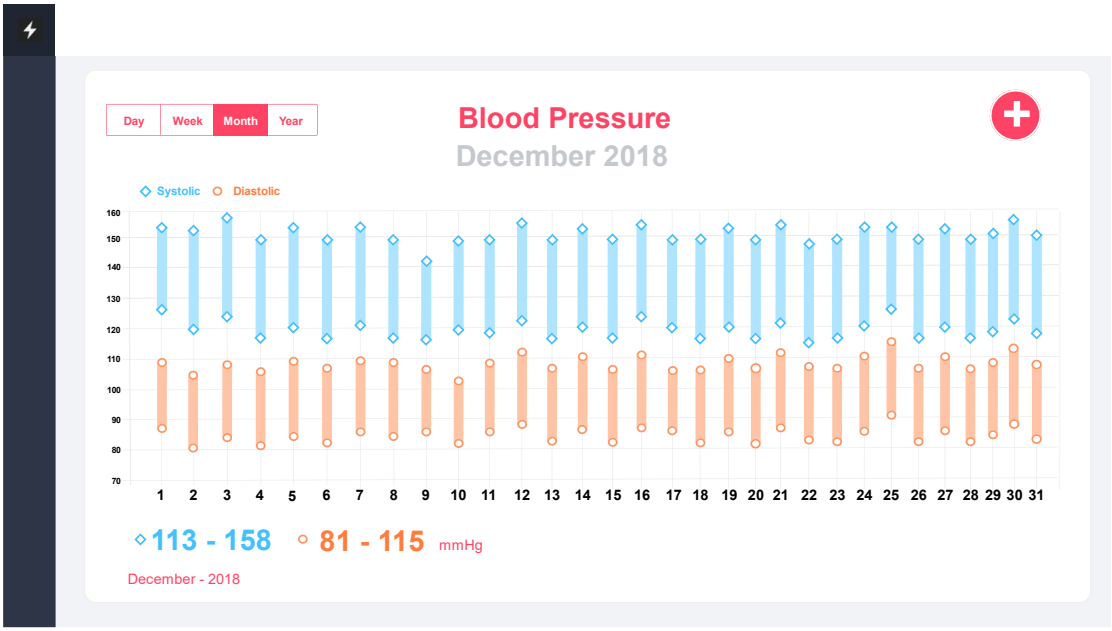
ภาพที่ 4-19 การแสดงข้อมูลความดันโลหิตรายวัน



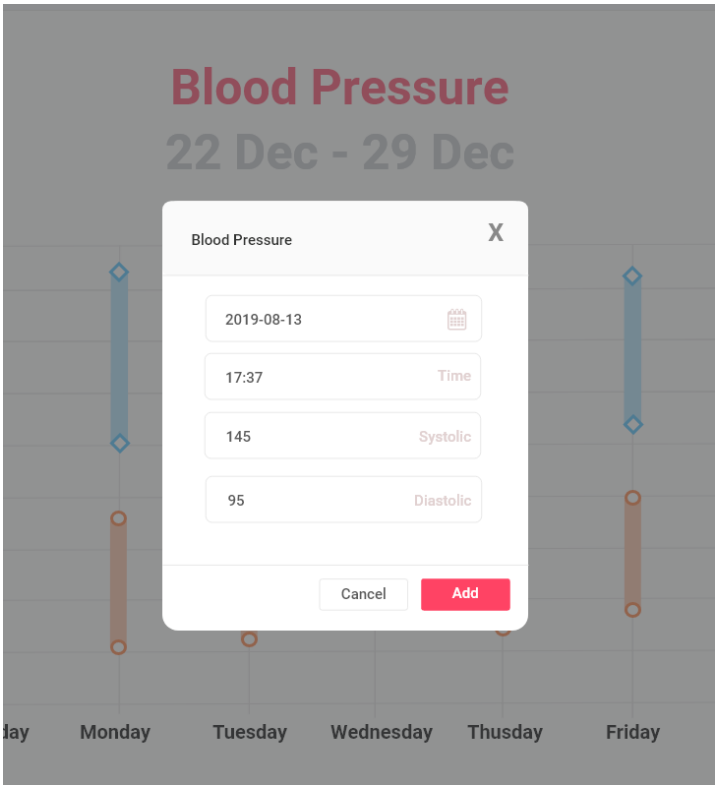
ภาพที่ 4-20 การเพิ่มข้อมูลระดับน้ำตาลในเลือดด้วยตัวผู้ใช้เอง



ภาพที่ 4-21 การแสดงข้อมูลความดันโลหิตรายสัปดาห์

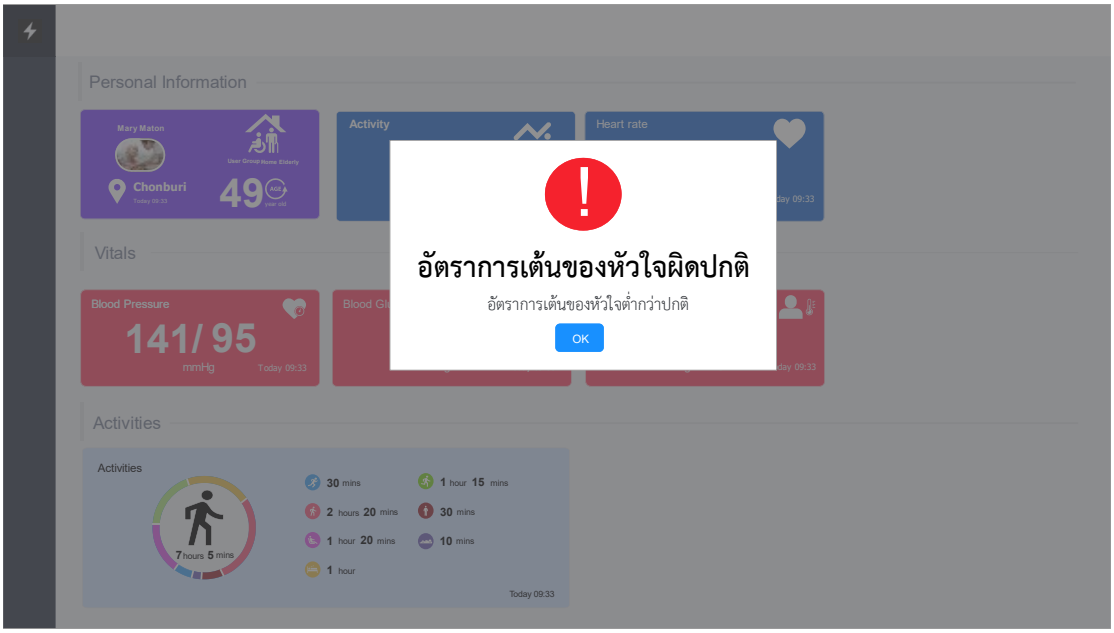


ภาพที่ 4-22 การแสดงข้อมูลความดันโลหิตรายเดือน

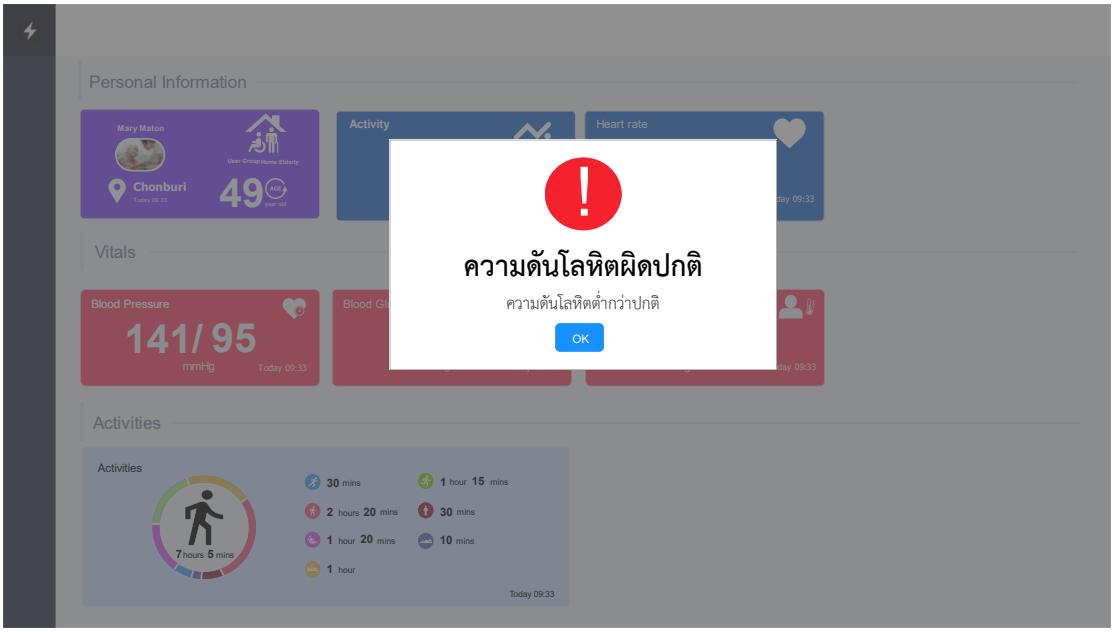


ภาพที่ 4-23 การเพิ่มข้อมูลความดันโลหิตด้วยตัวผู้ใช้เอง

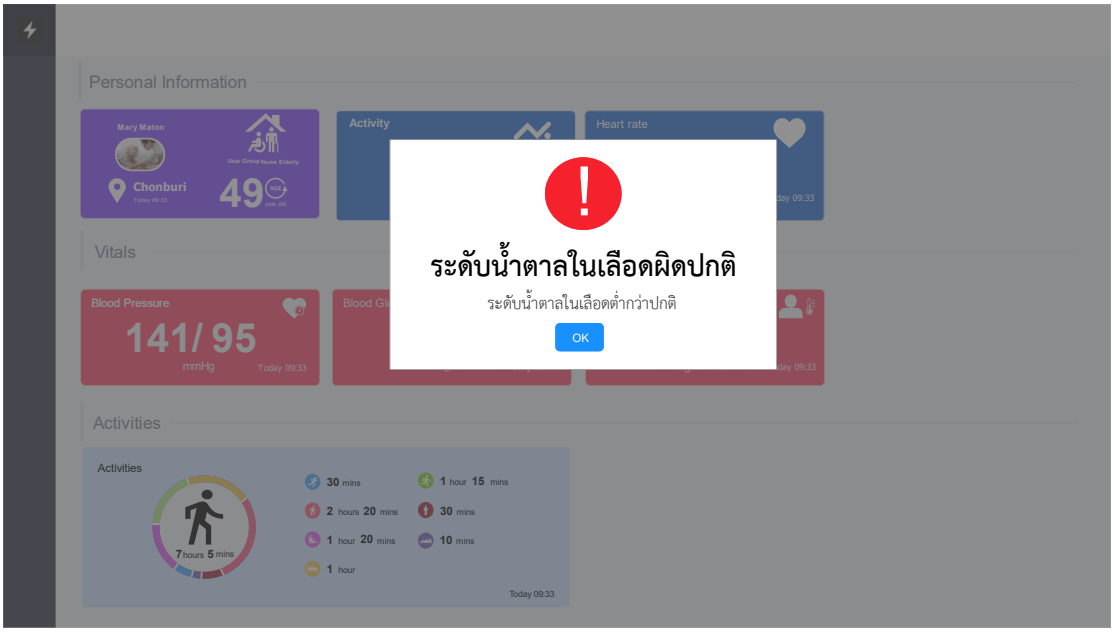
การวิเคราะห์ความผิดปกติของข้อมูลสุขภาพจะใช้กฎเกณฑ์ (Rules Based) ทางด้านสุภาพ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจปกติจะอยู่ที่ 60 ถึง 80 บิทต่อนาที (BPM) ในการทำกิจกรรมทั่วไป เช่น การเดิน นั่ง ยืน เป็นต้น ความดันโลหิตปกติจะอยู่ที่ 80/120 เป็นต้น ตัวอย่างของการแจ้งเตือนเป็นดังภาพที่ 4-24 ถึง 4-27



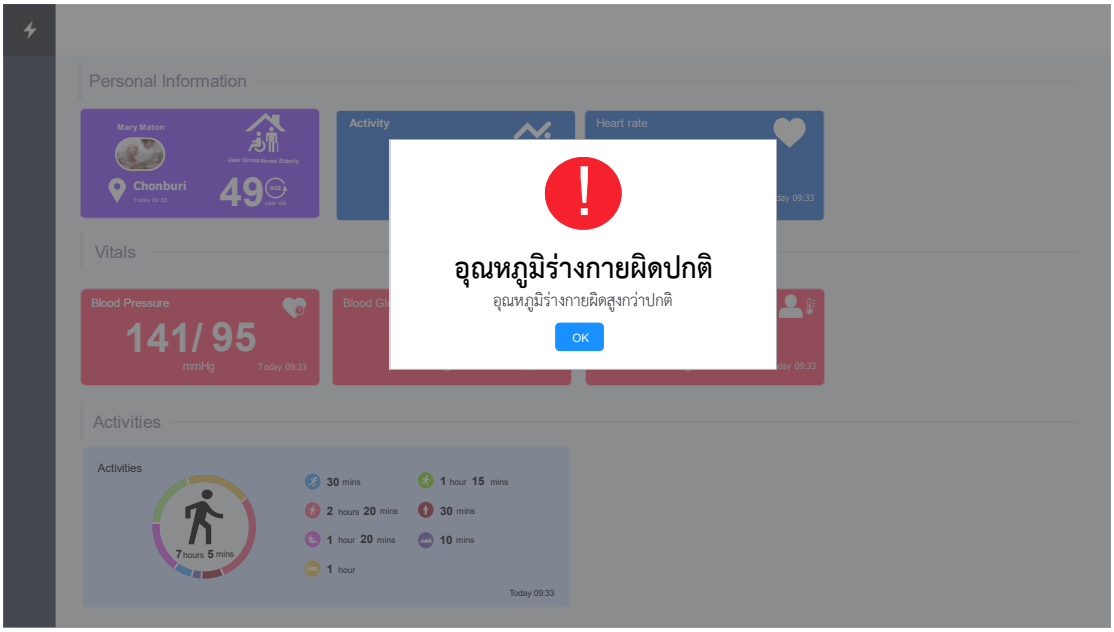
ภาพที่ 4-24 การแจ้งเตือนในกรณีที่อัตราการเต้นของหัวใจผิดปกติ



ภาพที่ 4-25 การแจ้งเตือนในกรณีที่ความดันโลหิตผิดปกติ



ภาพที่ 4-26 การแจ้งเตือนในกรณีที่ระดับน้ำตาลในเลือดผิดปกติ

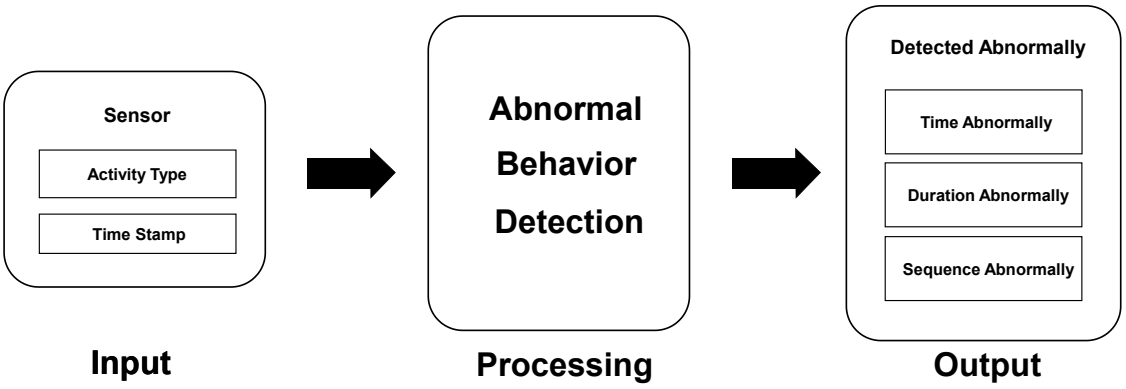


ภาพที่ 4-27 การแจ้งเตือนในกรณีที่อุณหภูมิร่างกายผิดปกติ

4.2 Abnormally Behavior Detection

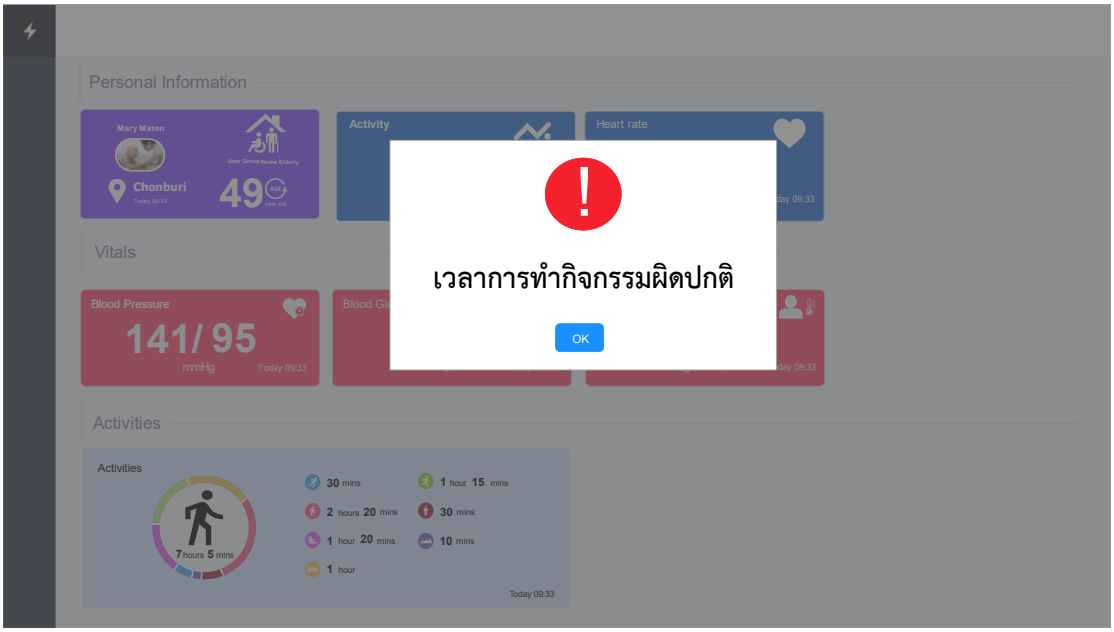
การตรวจจับพฤติกรรมที่ผิดปกติจะเป็นส่วนที่ทำให้ Real-Time Dashboard สมบูรณ์ เนื่องจาก Dashboard ทำหน้าที่แสดงและแจ้งเตือนความผิดปกติให้กับผู้ใช้งานได้ แต่ไม่สามารถที่จะวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวกับพฤติกรรมได้ เพราะการวิเคราะห์พฤติกรรมจะต้องใช้ข้อมูลในอดีตของผู้ใช้เพื่อหา เวลา ระยะเวลา และรูปแบบของพฤติกรรมที่ปกติ เมื่อรู้พฤติกรรมปกติก็จะสามารถจำแนกสิ่งที่ผิดปกติออกจากปกติได้ โดยการตรวจจับความผิดปกติที่งานวิจัยนำเสนอแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้ คือ

1) การทำกิจกรรมในเวลาที่ผิดปกติ (Time Anomaly) คือการพิจารณาข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้น (Activity Type) ร่วมกับเวลา (Time Stamp) หากการทำกิจกรรมเกิดขึ้นในเวลาที่ผิดปกติแสดงว่านั้นคือพฤติกรรมที่ผิดปกตินั้นเอง เช่น การเดินละเมอตอนเที่ยงคืน การนอนหลับในช่วงเวลาหัวค่ำ เป็นต้น
2) การทำกิจกรรมเป็นระยะเวลานานเกินไป (Duration Anomaly) คือการพิจารณาจากข้อมูลการทำกิจกรรมในอดีตโดยปกติใช้ระยะเวลาเท่าไหร่ หากการทำกิจกรรมที่เกิดขึ้นใช้เวลานานกว่าปกติแสดงว่านั้นคือพฤติกรรมที่ผิดปกติ เช่น การนั่งหรือนอนที่นานกว่าปกติ เป็นต้น
3) การทำกิจกรรมที่ผิดไปจากลำดับกิจกรรมปกติ (Sequence Anomaly) คือการพิจารณารูปแบบการทำกิจกรรมที่เกิดขึ้นในอดีต เพื่อหารูปแบบการทำกิจกรรมปกติ รูปแบบของกิจกรรมปกติสามารถทำนายพฤติกรรมที่เกิดขึ้นต่อไปได้ หากการทำกิจกรรมที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามการทำนายแสดงว่านั้นคือพฤติกรรมที่ผิดปกติ เช่น หลังจากการเตรียมอาหารแล้วผู้ใช้ลืมรับประทานอาหารและเริ่มทำงานที่คอมพิวเตอร์แทน การเปลี่ยนกิจกรรมจากเดินเป็นนอน (การล้ม)

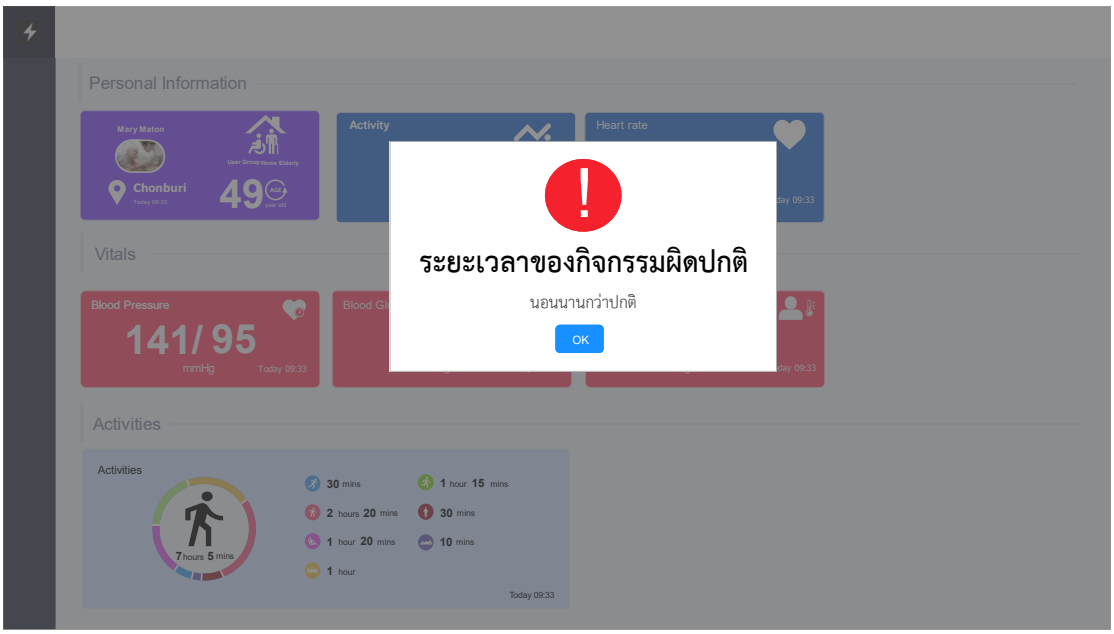


ภาพที่ 4-28 โครงสร้างการวิเคราะห์พฤติกรรมที่ผิดปกติ

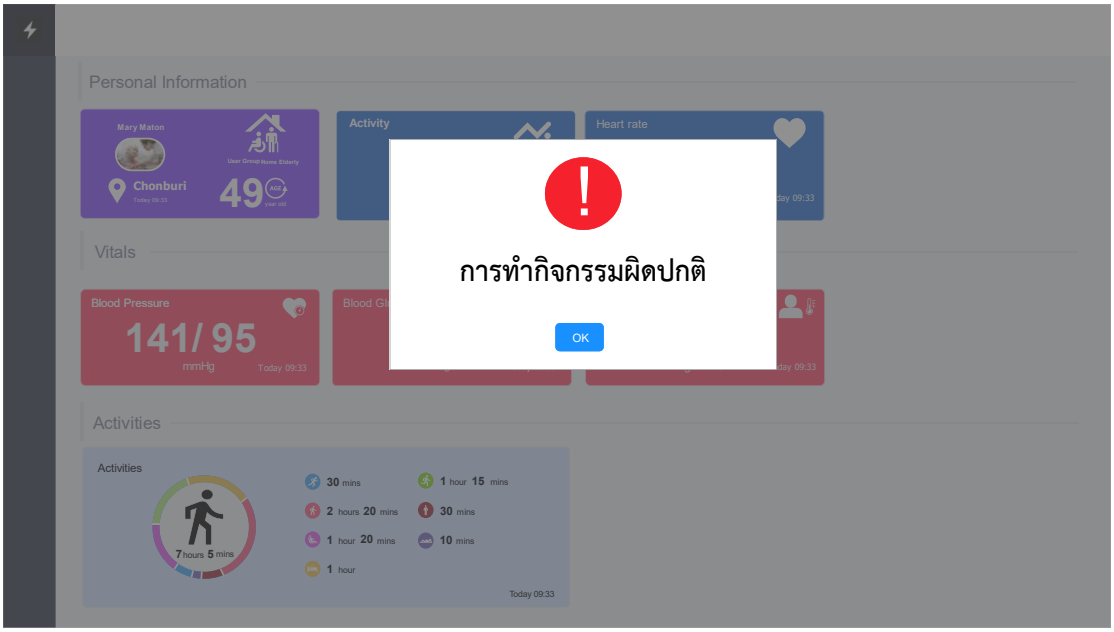
การแจ้งเตือนพฤติกรรมจากการตรวจจับทั้ง 3 แบบ สามารถให้ผลลัพธ์ออกมาเป็น 4 แบบ ได้แก่ 1) การแจ้งเตือนเมื่อมีการทำกิจกรรมในเวลาที่ผิดปกติ (Time Anomaly) 2) การแจ้งเตือนเมื่อการทำกิจกรรมระยะเวลาที่ผิดปกติ (Duration Anomaly) 3) การแจ้งเตือนเมื่อมีการล้ม (Sequence Anomaly) 4) การแจ้งเตือนเมื่อมีการทำกิจกรรมที่ผิดปกติไปจากลำดับของกิจกรรม (Sequence Anomaly) จะเห็นได้ว่า Sequence Anomaly นอกจากใช้หารูปแบบพฤติกรรมที่ผิดปกติได้แล้วนั้น ยังสามารถใช้ลำดับของกิจกรรมมาวิเคราะห์ได้ว่า ลำดับของกิจกรรมแบบไหนมีโอกาสเสี่ยงเป็นการล้มนั้นเอง โดยตัวอย่างของการแจ้งเตือนในรูปแบบทั้ง 4 เป็นดังภาพที่ 4-29 – 4-31



ภาพที่ 4-29 การแจ้งเตือนเมื่อมีการทำกิจกรรมในเวลาที่ผิดปกติ (Time Anomaly)



ภาพที่ 4-30 การแจ้งเตือนเมื่อการทำกิจกรรมระยะเวลาที่ผิดปกติ (Duration Anomaly)



ภาพที่ 4-31 การแจ้งเตือนเมื่อมีการทำกิจกรรมที่ผิดปกติไปจากลำดับของกิจกรรม (Sequence Anomaly)

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้จัดทำงานวิจัยจะกล่าวถึงการสรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินโครงการ ได้แก่ การสรุปผลการทดลอง และการวิจารณ์เกี่ยวกับข้อดี ข้อบกพร่องและร่วมถึงข้อเสนอแนะของงานวิจัย

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

จากปัญหาและความสำคัญของการดูแลและเฝ้าระวังสุขภาพโดยเฉพาะผู้สูงอายุ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและวิเคราะห์ข้อจำกัดจากแอปพลิเคชันที่มีอยู่ในปัจจุบัน รวมทั้งข้อจำกัดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาพัฒนาโมเดลสำหรับการดูแลเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุ ตรวจจับความผิดปกติของพฤติกรรมจากกิจกรรมทางกายภาพที่ทำในชีวิตประจำวัน จากกระแสข้อมูลการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่เกิดขึ้นในเวลาจริงจากอุปกรณ์สวมใส่อัจฉริยะ เช่นนาฬิกาอัจฉริยะที่มีเซนเซอร์ที่สามารถระบุกิจกรรมทางกายภาพของผู้ใช้ในช่วงเวลาจริงได้ โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอโมเดลสำหรับการดูแลเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. Real-time Dashboard จะเป็นการนำข้อมูลมาแสดงร่วมกันด้วยการแสดงผลหลาย ๆ แบบ จนรวมกันเป็นแดชบอร์ด โดยจะผ่านการวิเคราะห์และประมวลผลแบบเรียลไทม์ด้วยเทคโนโลยีที่จัดการเกี่ยวกับ Big Data มาใช้ ประกอบไปด้วยส่วนของการรับข้อมูล ส่วนของการประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ ส่วนของการจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลที่มีปริมาณมากและต่อเนื่อง และส่วนของการสร้าง Real-time Dashboard ในการเฝ้าระวังและตรวจจับความผิดปกติจากพฤติกรรมของผู้สูงอายุแบบเวลาจริงจากอุปกรณ์สวมใส่ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้กฎเกณฑ์สุขภาพ (Health Rules Based) เพื่อจำแนกระหว่างข้อมูลสุขภาพที่ปกติกับไม่ปกติ โดยปกติแล้วการวิเคราะห์ความผิดปกติของร่างกายมนุษย์ จากดูอาการภายนอกนั้นไม่เพียงพอที่จะระบุได้ว่า สุขภาพของร่างกายมีความผิดปกติหรือไม่ ฉะนั้นค่าที่ถูกวัดได้จากภายในนั้นเป็นสิ่งที่จะสามารถบอกเราได้ดีกว่าอาการภายนอก เช่น การดูอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความดันโลหิต ค่าระดับน้ำตาลในเลือด ค่าอุณหภูมิร่างกาย เป็นต้น โดยจะแสดงออกมาในรูปแบบของเว็บไซต์ที่มีการแสดงผลแบบทันทีที่มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล (Real-time Web)

2. Abnormally Behavior Detection เป็นการตรวจจับพฤติกรรมที่ผิดปกติ โดยจะวิเคราะห์จากข้อมูลการทำกิจกรรมในอดีตจนถึงเวลาปัจจุบัน เพื่อหาเวลา ระยะเวลา และรูปแบบของพฤติกรรมที่ผิดปกติ การตรวจจับความผิดปกติที่งานวิจัยนำเสนอแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้ คือ 1)

การทำกิจกรรมในเวลาที่ผิดปกติ 2) การทำกิจกรรมเป็นระยะเวลานานเกินไป 3) การทำกิจกรรมที่ผิดไปจากลำดับกิจกรรมปกติ

ผลการดำเนินงานในโครงการวิจัยนี้ได้โมเดลสำหรับการดูแลเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุที่เป็นโมเดลต้นแบบที่สามารถนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชั่นที่ใช้งานได้จริง โดยโมเดลต้นแบบนี้จะเหมาะกับ ผู้ใช้ถูก 3 กลุ่ม ดังนี้ 1) กลุ่มผู้สูงอายุติดสังคม 2) กลุ่มผู้สูงอายุติดบ้าน และ 3) กลุ่มผู้สูงอายุติดเตียง

5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย และอุปสรรคในทำงานวิจัย

5.2.1 การทำการทดลองในงานวิจัยนี้ ใช้ข้อมูลทดสอบที่ดาวน์โหลดจากแหล่งข้อมูลเปิดหรือเก็บเองในพื้นที่ห้องปฏิบัติโดยผู้วิจัย ยังไม่ได้มีการนำไปทดสอบการเก็บข้อมูลจริง ซึ่งอาจะทำให้ผลการวิจัยบางอย่างที่ออกแบบไว้มีความคลาดเคลื่อน อาจจะต้องดำเนินการปรับแก้ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานจริงในการทำงานต่อๆ ไป

5.2.2 เทคโนโลยีที่ใช้สร้าง Real-Time Dashboard สำหรับข้อมูล streaming มีความหลากหลายและมีการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างรวดเร็ว ดังนั้นผู้วิจัยต้องใช้เวลาในการศึกษาและวิเคราะห์ข้อดีข้อเสีย เพื่อที่จะเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลและการใช้งานจริงต่อไปในอนาคต

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การนำโมเดลต้นแบบนำไปทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งานจริง เพื่อทดสอบการเก็บข้อมูลจริง ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่ใช่จากแหล่งข้อมูลเปิดหรือในห้องปฏิบัติการ

5.3.2 การเลือกใช้เทคโนโลยีควรคำนึงถึงการปรับเปลี่ยนที่ให้มีผลกระทบกับโมเดลเดิมน้อยที่สุด

บรรณานุกรม

ยุทธศาสตร์การวิจัยรายประเด็น, สืบค้นเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.nrct.go.th

สำนักงานสถิติแห่งชาติ, รายงานผลเบื้องต้นการสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2557, สืบค้นเมื่อ วันที่ 1 กันยายน 2559, เข้าถึงได้จาก https://www.m-society.go.th /article_attach /14494/18145.pdf

มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย, สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2557, สืบค้นเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2559, เข้าถึงได้จาก https://www.m-society.go.th/article_attach /16057 /19114.pdf

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, ทิศทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12, สืบค้นเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.sukhothai.go.th/mainredcross/7I.pdf

สำนักข่าว Hfocus เจาะลึกระบบสุขภาพ. (2561).คนไทยตายด้วยโรค NCDs ชั่วโมงละ 37 คน เร่งป้องกัน- ควบคุมไม่ให้เกิดภาวะแทรกซ้อน, 8 สิงหาคม 2561. https://www.hfocus.org /content/2018/08/16157

M. Shoaib, J. Scholten, P.J.M. Havinga, Towards physical activity recognition using smartphone sensors, in: 10th IEEE International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing, 2013, pp. 80-87.

M. Zhang, A.A. Sawchuk, USC-HAD: A daily activity dataset for ubiquitous activity recognition using wearable sensors, in: ACM International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp) Workshop on Situation, Activity and Goal Awareness (SAGAware), Pittsburgh, Pennsylvania, USA, September 2012, pp. 1036-1043.

Hidden Markov Model, in Wikipedia. Retrieved September 10, 2016 fromhttps://en.wikipedia.org/wiki/Hidden_Markov_model

S. Nootyaskool, M. Attasiripanya, W. Prasidtichaikul, Stock forecasting with candlestick chart and hidden markov models, in: The Tenth National Conferecnce on Computing and Information Technology, 2014, pp. 472-477.

Artificial neural network, in Wikipedia. Retrieved September 10, 2016 from https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_neural_network

D. Britz, Recurrent Neural Network Tutorial, Retrieved September 15, 2016 from http://www.wildml.com/2015/09/recurrent-neural-networks-tutorial-part-1-introduction-to-rnns/

S. Ohta, H. Nakamoto, Y. Shinagawa, T. Tanikawa, A health monitoring system for elderly people living alone, Journal of Telemedicine and Telecare. 8 (2002) 151-156.

Z. Lv, F. Xia, G. Wu, L., Z. Chen, iCare: A mobile health monitoring system for the elderly, in: the 3rd IEEE/ACM Int Conf on Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom), 2010, pp. 699-705.

H. Medjahed, D. Istrate. J. Boudy, B. Dorizzi, A fuzzy logic system for home elderly people monitoring (EMUTEM), in: Proceedings of the 10th WSEAS international conference on Fuzzy systems, 2009, pp. 69-75.

A. Ghose, P. Sinha, C. Bhaumik, A. Sinha, A. Agrawal, A.D. Choudhury, UbiHeld – Ubiquitous healthcare monitoring system for elderly and chronic patients, in: 1st Workshop on Human Factors and Activity Recognition in Healthcare, Wellness, and Assisted Living, 2013, pp. 1255-1264.

L. Atallah, G.-Z. Yang, The use of pervasive sensing for behavior profiling – a survey, Pervasive Mob. Comput. 5(5) (2009) 447-464.

D.P. Heil, S. Brage, M.P. Rothney, Modeling physical activity outcomes from wearable monitors, Med. Sci. Sports Exerc. 44(1 Suppl. 1) (2012) s50-s60.

J. Yang, Toward physical activity diary: motion recognition using simple acceleration features with motion phones, in: Proceeding of the 1st international workshop on Interactive Multimedia for Comsumer Electronics, 2009, pp. 1-9.

Y.-J. Hong, I.-J. Kim, S.C. Ahn, H.-G. Kim, Activity recognition using wearable sensors for elder care, in: Second International Conference on Future Generation Communication and Networking, 2008, pp. 302-305.

A. Gupta, A. Kembhavi, L.S. Davis, Observing human-object interactions: using spatial and functional compatibility for recognition, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 31(10) (2009 1775-1789.

C.-H. Lu, L. Fu, Robust location-aware activity recognition using wireless sensor network in an attentive home, IEEE. Trans. Autom. Sci. Eng. (2009) 598-609.

J. Iglesias, P. Angelov, Human activity recognition based on evolving fuzzy system, Int. J. Neural Syst. 20(5) (2010) 355-364.

H. Medjahed, D. Istrate, Human activity of daily living recognition using fuzzy logic for elderly home monitoring, in: IEEE International Conference on Fuzzy Systems, FUZZ-IEEE 2009, vol. 33, 2009, pp. 0-5

A.M. Khan, Y.-K. Lee, S.Y. Lee, T.-S. Kim, A triaxial accelerometer-based physical-activity recognition via augmented-signal features and a hierarchical recognizer, IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed. 14 (5) (2010) 1166–1172.

C. Zhu, W. Sheng, Recognizing human daily activity using a single inertial sensor, in: 8th World Congress on Intelligent Control and Automation, 2010, pp 282–287.

H. Qian, Y. Mao, W. Xiang, Z. Wang, Recognition of human activities using SVM multi-class classifier, Pattern Recognit. Lett. 31 (2) (2010) 100–111.

A. Fleury, M. Vacher, N. Noury, SVM-based multimodal classification of activities of daily living in Health Smart Homes: sensors, algorithms, and first experimental results, IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed. 14 (2) (2010) 274–283. [39] E. Kim, S. Helal, D. Cook, Human activity recognition and pattern discovery, IEEE Pervasive Comput. 9 (1) (2010) 1–14.

F. Cardinaux, S. Brownsell, M. Hawley, D. Bradley, Modelling of behavioural patterns for abnormality detection in the context of liftstyle reassurance, in: Proceedings of the 13th Iberoamerican congress on Pattern Recognition: Progress in Pattern Recognition, Image Analysis and Applications, 2008, pp. 243-251.

A. Lotfi, C. Langensiepen, S.M. Mahmoud, M.J. Akhlaghinia, Smart homes for the elderly dementia suffers: identification and prediction of abnormal behavior, J. Ambient Intell. Human Comput. 3 (2012) 205-218.

P. Sukanya, K.S. Gayathri, An unsupervised pattern clustering approach for identifying abnormal user behaviors in smart homes, Int. J. of Computer Science and Network,l 2 (3) (2013) 115-122.

J.L.C. Candása, V. Peláeza, G. Lópeza, M.Á. Fernándeza, E. Álvarezb, G. Díazc, An automatic data mining method to detect abnormal human behaviour using physical activity measurements, Pervasive Mob. Comput., 15 (2014) 228-241.

J.L. Carús, V. Peláez, G. López, V. Lobato, JIM: a novel and efficient accelerometric magnitude to measure physical activity, Stud. Health Technol. Inform. 177 (2012) 283–288.

V. Soto-Mendoza, J. Beltrán, E. Chávez, J. Hernández, J.A. García-Macías, Abnormal behavioral patterns detection from activity records of institutionalized older adults, Lecture Notes in Computer Science. 9277 (2015) 119-131.

Ta Van-Dai, Liu Chuan-Ming, Nkabinde Goodwill Wandile. (2016). Big Data Stream Computing in Healthcare Real-Time Analytics. IEEE International Conference on Cloud Computing and Big Data Analysis, IEEE, 37-42, 10.1109/ICCCBDA.2016.7529531

Vanathi R., Shaik Abduk Khadir A. (2017). *A Robust Architectural Framework for Big Data Stream Computing in Persinal Healthcare Real Time Analytics.* World Congress on Computing and Communication Technologies (WCCCT, IEEE, 97-104, 10.1109/WCCCT.2016.32

Kaur Jagreet, Mann Kulwinder Singh. (2018). *AI based HealthCare Platform for Real Time, Predictive and Prescriptive Analytics using Reactive Programming*. 10th International Conference on Computer and Electrical Engineering, IOP, 933(2018) , 10.1088/1742-6596/933/1/012010

Wickramasinghe Asanga, Ranasinghe Damith C., Fumeaux Christophe, Hill Heith D., Visvanathan Renuka. (2017). *Squence Learning with Passive RFID Sensors for Real-Time Bed-Egress Recognition in Older People*. IEEE JOURNAL OF BIOMEDICAL AND HEALTH INFORMATICS, IEEE, 917-929, 10.1109/JBHI.2016.2576285

Torres Roberto L. Shinmoto, Ranasinghe Damith C., Shi Qinfeng. (2013). *Sensor Enabled Wearable RFID Technology for Mitigating the Risk of Falls Near Beds*. 2013 IEEE International Conference on RFID, IEEE, 191-198, 10.1109/RFID.2013.6548154

Torres Roberto L. Shinmoto, Visvanathan Renuka, Hiskins Stephen, Hengel Anthon van den, Ranasinghe Damith C. (2016). *Effectiveness of a Batteryless and Wireless Wearable Sensor System for Identifying Bed and Chair Exits in Healthy Older People. Sensor*, MDPI, 16(4), 10.3390/s16040546

Tong Yu, Chen Rong, Gao Jian. (2015). *Hidden State Conditional Random Field for Abnormal Activity Recognition in Smart Homes.* Entropy, MDPI, 17(3), 1358-1378, 10.3390/e17031358

Zhao Tingzhi, Ni Hongbo, Zhou Xingshe, Qiang Lin, Zhang Daqing, Yu Zhiwen. (2014). *Detecting Abnormal Patterns of Daily Activities for the Elderly Living Alone*. Springer, 95-108, 10.1007/978-3-319-06269-3

Islam S.M. Riazul, Kwak Daehan, Kabir CD. Humaun, Hossain Mahmud, Kwak Kyung-Sup. (2015). *The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey*. The journal for rapid open access publishing, IEEE, 678-708,10.1109/ACCESS.2015.2437951

Huo Hongwei, Xu Youzhi, Yan Hairong, Mubeen Saad, Zhang Hongke. (2009). *An Elderly Health Care System Using Wireless Sensor Network at Home*. 2009 Third International Conference on Sensor Technologies and Applications, IEEE, 158-163, 10.1109/SENSORCOMM.2009.32

Lotfi Ahmad, Langensiepen, Mahmoud Sawsan M., Akhlaghinia M.J..(2012) .*Smart Homes for Elderly Dementia Sufferers: Identification and Prediction of Abnormal Behaviour*. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, Springer, 205-218, 10.1007/s12652-010-0043-x

Garmin Ltd. (2019). Garmin connect feature. Retrieved April 19, 2019, from https://connect.garmin.com/

Apple Inc. (2019). A Bold way to look at your health. Retrieved April 19, 2019, from https://www.apple.com/lae/ios/health/

Samsung. (2019) . Your health in your hands. Retrieved April 19, 2019, from https://www.samsung.com/us/samsung-health/

Fitbit Health. (2018). FITBIT CARE: A BETTER WAY TO MANAGE HEALTH. Retrieved April 19, 2019, from https://healthsolutions.fitbit.com/

Misfit. (2019). MISFIT APP. Retrieved April 19, 2019, from https://misfit.com/misfit-app

Soto-Mendoza V., Beltrán J., Chávez E., Hernández J., García-Macías J.A. (2015) *Abnormal Behavioral Patterns Detection from Activity Records of Institutionalized Older Adults*. In: Salah A., Kröse B., Cook D. (eds) Human Behavior Understanding. Lecture Notes in Computer Science, vol 9277. Springer, Cham, 10.1007/978-3-319-24195-1_9

Monekosso Dorothy N., Remagnino Paolo. (2009) *Anomalous Behavior Detection: Supporting Independent Living*. In: Monekosso D., Remagnino P., Kuno Y. (eds) Intelligent Environments. Advanced Information and Knowledge Processing. Springer, London, 10.1007/978-7-84800-346-0_3

S. Bang, M. Kim, S. Song and S. Park. (2008). *Toward real time detection of the basic living activity in home using a wearable sensor and smart home sensors*. 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Vancouver, BC, 2008, pp. 5200-5203. doi: 10.1109/IEMBS.2008.4650386

Damla Arifoglu, Abdelhamid Bouchachia. (2017). Activity Recognition and Abnormal Behaviour Detection with Recurrent Neural Networks. Procedia Computer Science, Pages 86-93, 1877-0509, https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.06.121.

Tong Yu, Chen Rong, Go Jian. (2015). Hidden State Conditional Random Field for Abnormal Activity Recognition in Smart Homes. MDPI, Entropy 2015, 17(3), 358-1378, https://doi.org/10.3390/e17031358

A. Wickramasinghe, D. C. Ranasinghe, C. Fumeaux, K. D. Hill and R. Visvanathan. (2017). Sequence Learning with Passive RFID Sensors for Real-Time Bed-Egress Recognition in Older People, in IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, vol. 21, no. 4, pp. 917-929 ,10.1109/JBHI.2016.2576285

Zhao T., Ni H., Zhou X., Qiang L., Zhang D., Yu Z. (2014) Detecting Abnormal Patterns of Daily Activities for the Elderly Living Alone. In: Zhang Y., Yao G., He J., Wang L., Smalheiser N.R., Yin X. (eds) Health Information Science. HIS 2014. Lecture Notes in Computer Science, vol 8423. Springer, 10.1007/978-3-319-06269-3_11

C. Zhu, W. Sheng and M. Liu. (2015). *Wearable Sensor-Based Behavioral Anomaly Detection in Smart Assisted Living Systems*. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol. 12, no. 4, pp. 1225-1234, 10.1109/TASE.2015.2474743

J. Yin, Q. Yang and J. J. Pan. (2008). *Sensor-Based Abnormal Human-Activity Detection*. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 20, no. 8, pp. 1082-1090, doi: 10.1109/TKDE.2007.1042

PAMAP2. (2012). UCI Machine Learning Repository. From http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/pamap2+physical+activity+monitoring

Healthy Older People. (2016). UCI Machine Learning Repository. From

http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Activity+recognition+with+healthy+older+people+using+a+batteryless+wearable+sensor?fbclid=IwAR2JXAn9BBYXSnBkmO4X2vjDXb_vQNqHQQQkJioAJlSULMkTrCO5VTQb7M#