

ระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชั่น

นางสาวปนัสยา ทองดี

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชั่น

นางสาวปนัสยา ทองดี

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง ระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชั่น

โดย นางสาวปนัสยา ทองดี

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ

คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันฑา สดสี)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิรปัฐช์ บุญครอง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนพล เจนสุทธิเวชกุล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวี อุตกฤษฎ์)

ชื่อ : นางสาวปนัสยา ทองดี

ชื่อการค้นคว้าอิสระ : ระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชั่น

สาขาวิชา : ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนพล เจนสุทธิเวชกุล

ปีการศึกษา : 2568

บทคัดย่อ

การเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุของไทยทำให้การดูแลผู้สูงวัยที่อยู่ลำพังเป็นสิ่งสำคัญ การศึกษานี้จึงพัฒนาระบบเฝ้าระวังสุขภาพเชิงรุก โดยผสานเทคโนโลยีไอโอทีกับแอปพลิเคชันมือถือเพื่อลดภาระผู้ดูแลและเพิ่มความปลอดภัย ระบบใช้นาฬิกาอัจฉริยะตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ออกซิเจนในเลือด ความเครียด และคุณภาพการนอนหลับ ข้อมูลจะประมวลผลผ่านคลาวด์ หากพบความผิดปกติจะแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ของผู้ดูแลแบบเกือบจะทันทีเพื่อให้ช่วยเหลือได้ทันเวลา การประเมินผลใช้การทดสอบแบบ Black-box Testing โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และทดสอบการยอมรับจากผู้ดูแล 10 ท่าน เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ผลพบว่าระบบมีความแม่นยำในการแจ้งเตือนถึงร้อยละ 98.4 ผู้ใช้งานพึงพอใจระดับมากที่สุดในด้านทัศนคติและประโยชน์ที่ได้รับ ด้วยค่าเฉลี่ย 4.68 และ 4.53 ตามลำดับ ส่วนความง่ายในการใช้งานมีความพึงพอใจระดับมากที่ค่าเฉลี่ย 4.28 สรุปได้ว่าระบบนี้ช่วยลดภาระผู้ดูแลและเพิ่มความปลอดภัยให้ผู้สูงอายุได้อย่างเป็นรูปธรรม สามารถนำไปต่อยอดเชิงพาณิชย์หรือเป็นข้อมูลสนับสนุนนโยบายสาธารณสุขเพื่อรองรับสังคมสูงวัยอย่างยั่งยืน

(มีจำนวนทั้งสิ้น 138 หน้า)

คำสำคัญ : อินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IoT) สมาร์ตวอทช์ การดูแลผู้สูงอายุ การติดตามสุขภาพระยะไกล แสดงผล การแจ้งเตือนแบบพุช

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Miss Panatsaya Thongdee

Independent Study Title : Home-based Elderly Health Monitoring System Using IoT with Caregiver Alert Application

Major Field : Management Information Systems
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Independent Study Advisor : Associate Professor Dr. Tanapon Jensuttiwetchakul

Academic Year : 2025

ABSTRACT

Thailand transitioning to an aging society amplifies the need for independent elderly care. This study develops a proactive home health monitoring system integrating Internet of Things technology and a mobile application to reduce caregiver burden and improve safety. A smartwatch monitors heart rate, blood oxygen, stress, and sleep quality, processing data through a cloud network. Upon detecting abnormalities, near real-time push notifications alert the caregiver via an Android application for prompt intervention. Evaluations involving ten caregivers over one week demonstrated a 98.4 percent accuracy in anomaly detection. Users reported high satisfaction with system attitude, perceived benefits, and ease of use, scoring 4.68, 4.53, and 4.28 respectively. Ultimately, this system effectively supports the elderly while easing caregiver workload. The prototype and findings offer empirical evidence for public health policies and commercial expansion, advancing sustainable healthcare for aging populations.

(Total 138 Pages)

Keywords: Internet of Things (IoT), Smart Watch, Elderly care, Remote health monitoring, Visualization, Push notifications

_____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

กิตติกรรมประกาศนี้กล่าวขอขอบพระคุณแด่ผู้ให้ความช่วยเหลือ แนะนำ และสนับสนุน พร้อมทั้งให้กำลังใจในการดำเนินงานวิจัยการพัฒนาระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน ในการแนะนำจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคล ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนพล เจนสุทธิเวชกุล ที่ปรึกษาหลักของการค้นคว้าอิสระ ที่ให้ได้คำแนะนำความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่างๆ รวมถึงอาจารย์ทุกท่านของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ และนวัตกรมดิจิทัลที่ได้มอบความรู้ จนทำให้สามารถทำงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระที่ให้คำแนะนำในการจัดทำการค้นคว้าอิสระ ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์เรียบร้อยและถูกต้องทุกประการ

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำการค้นคว้าอิสระ ขอขอบคุณครอบครัว ญาติพี่น้อง ผู้บังคับบัญชา หัวหน้า เพื่อนร่วมงานและเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำสิ่งต่างๆ เป็นที่ปรึกษาและคอยให้การสนับสนุนที่ดี ตลอดระยะเวลาทำการค้นคว้าอิสระนี้ จนกระทั่งการค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

หากผลวิจัยครั้งนี้ มีความผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้

ปนัสยา ทองดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข
กิตติกรรมประกาศ ค
สารบัญ ง
สารบัญตาราง ฉ
สารบัญภาพ ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย 2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 สังคมผู้สูงอายุและปัญหาการดูแลสุขภาพ 6
2.2 การติดตามสุขภาพระยะไกลด้วยเทคโนโลยี 11
2.3 การติดตามสุขภาพระยะไกลด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) 14
2.4 ทฤษฎีพฤติกรรมการตอบสนองต่อการแจ้งเตือน (Notification Response Theory) 19
2.5 การพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือ 22
2.6 ทฤษฎีการพัฒนาระบบ (System Development Theories) 25
2.7 ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance) 29
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 51
3.1 กรอบแนวความคิดของงานวิจัย 51
3.2 ขั้นตอนการรวบรวม และเตรียมข้อมูล 52
3.3 การออกแบบและพัฒนาระบบ 52
3.4 การทดสอบระบบ 76
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย 77

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 80

4.1 ผลการพัฒนาระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน 80

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน 93

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน 98

บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 101

5.1 สรุปและอภิปรายผล 101

5.2 ปัญหาที่พบในการวิจัย 103

5.3 ข้อเสนอแนะ 105

เอกสารอ้างอิง 107

ประวัติผู้วิจัย 137

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 ข้อมูลชีวสัญญาณและเซนเซอร์ที่ใช้ในนาฬิกาอัจฉริยะ 17
2-2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 41
3-1 เกณฑ์การประเมินการเกิดโรค/ภาวะ 54
3-2 เกณฑ์คะแนนแบบประเมินความพึงพอใจ 78
4-1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบทั้งหมด 4 กลุ่ม 93
4-2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน 98

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ หน้า

2-1 ประชากรโลก ตามข้อมูลขององค์การสหประชาชาติ (รายงานแนวโน้มประชากรโลก) ในปี 2013 และ 2024, ช่วงปี 1995–2100 7
2-2 ประเทศไทยถูกคาดการณ์ว่าจะกลายเป็นสังคมผู้สูงอายุระดับสุดยอด*ภายใน* 11 ปี 8
2-3 จำนวนผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง ปี 2564 – 2583 9
2-4 แสดงจำนวนผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านใน 20 ปีข้างหน้า (ปี 2564 - 2583) เพศชาย แยกรายจังหวัด (x 1000 ประชากร) 10
2-5 แสดงจำนวนผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านใน 20 ปีข้างหน้า (ปี 2564 - 2583) เพศหญิง แยกรายจังหวัด (x 1000 ประชากร) 10
2-6 ภาพรวมการสนับสนุนบริการการแพทย์ทางไกล โดย สปสช. 14
2-7 สถาปัตยกรรมระบบ IoT แบบ 3 ระดับชั้น 16
2-8 แนวคิดกลยุทธ์แบบส่งและกลยุทธ์แบบดึง (Push and Pull Strategy) 20
2-9 7 ขั้นตอนหลักของการพัฒนาระบบสารสนเทศ (SDLC) 26
2-10 ขั้นตอนของ Spiral Model 27
2-11 Agile Model Steps 28
2-12 แผนภาพโมเดลการยอมรับเทคโนโลยี Technology Acceptance Model (TAM) 30
3-1 กรอบแนวความคิดการพัฒนาระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุ 51
3-2 ตัวอย่างชุดข้อมูลที่ได้จากการ Export file จากแอปพลิเคชันสมาร์ตวอทช์ 52
3-3 ขั้นตอนการรวบรวม และเตรียมข้อมูล 52
3-4 ตัวอย่างหน้าจอ Home 57
3-5 ตัวอย่างหน้าจอแสดงข้อมูลสุขภาพผู้สูงอายุ (รายสัปดาห์) 58
3-6 ตัวอย่างหน้าจอแสดงประวัติข้อมูลสุขภาพผู้สูงอายุ 59
3-7 ตัวอย่างหน้าจอแสดงการเพิ่มและแก้ไขผู้สูงอายุ สำหรับผู้ดูแล 60
3-8 ตัวอย่างหน้าจอแสดงรายการแจ้งเตือน (Notification) 61
3-9 ตัวอย่างหน้าจอแสดงแจ้งเตือน (Notification) และรายละเอียดคำแนะนำเบื้องต้น 61
3-10 Context-Diagram 63
3-11 แผนภาพ Data Flow Diagram (DFD) 64
3-12 Workflow การแปลงข้อมูลดิบจากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์สู่การแสดงผลบนสมาร์ทโฟน 66

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3-13 ขั้นตอนการนำค่าตัวเลขจากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์มาคำนวณเพื่อแจ้งเตือน 67
3-14 System Notification Workflow 68
3-15 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ค่าชีวสัญญาณ (steps, calories, hearRate) 70
3-16 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ค่าชีวสัญญาณ (spO2, stressLevel,sleepHours) 71
3-17 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ค่าชีวสัญญาณ (vo2Max) 71
3-18 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ของภาวะการเกิดโรคต่างๆ 72
3-19 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ภาวะการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด 73
3-20 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ภาวะการเกิดโรคเบาหวาน 74
3-21 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ภาวะการเกิดโรคเครียดเรื้อรัง 74
3-22 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ภาวะการนอนหลับไม่เพียงพอ 75
3-23 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ภาวะการขาดการออกกาลังกาย 76
4-1 หน้าจอการเข้าสู่ระบบ 81
4-2 หน้าจอการ Registration ผู้ดูแล 82
4-3 หน้าจอ Home 83
4-4 หน้าจอ Report 84
4-5 หน้าจอ My Health 85
4-6 หน้าจอ Caregiver 86
4-7 หน้าจอ My Account 87
4-8 หน้าจอ Notification 88
4-9 หน้าจอ History Notification 89
4-10 หน้าจอ History Data logs 90
4-11 หน้าจอ Export File History Data logs 91
4-12 หน้าจอ Setting 92

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรที่เกิดขึ้นทั่วโลกส่งผลให้หลายประเทศก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ องค์การอนามัยโลกได้กำหนดเกณฑ์อายุ 60 ปีขึ้นไปสำหรับประชากรกลุ่มนี้ในเชิงนโยบายสาธารณสุขระหว่างประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับการคาดการณ์ขององค์การสหประชาชาติ (UN) ที่ระบุว่าสัดส่วนประชากรโลกที่มีอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไปจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในทศวรรษหน้า ปรากฏการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการบริหารจัดการและการดูแลประชากรสูงวัยได้กลายเป็นความท้าทายระดับสากล สำหรับประเทศไทย บริบทการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวปรากฏเด่นชัดยิ่งขึ้น ข้อมูลเชิงสถิติจากกรมกิจการผู้สูงอายุและหน่วยงานภาครัฐบ่งชี้ว่า ปัจจุบันไทยมีประชากรที่อายุ 60 ปีขึ้นไปมากกว่าร้อยละ 20 ของประชากรทั้งหมด ซึ่งถือว่าก้าวเข้าสู่ภาวะสังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ รายงานการสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2567 โดยสำนักงานสถิติแห่งชาติยังพบว่า อัตราส่วนพึ่งพิงวัยสูงอายุเพิ่มขึ้นมาอยู่ที่ระดับ 31.1 ซึ่งหมายความว่าประชากรวัยแรงงาน 100 คน ต้องรับภาระดูแลและสนับสนุนผู้สูงอายุถึง 31 คน ภาวการณ์นี้ย่อมส่งผลกระทบโดยตรงต่อเสถียรภาพทางเศรษฐกิจและระบบสาธารณสุขของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งงบประมาณด้านการบริบาลระยะยาวและค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลที่มีแนวโน้มพุ่งสูงขึ้น เมื่อพิจารณาในมิติด้านสุขภาพ ผู้สูงอายุจัดเป็นกลุ่มเปราะบางที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรังและความเสื่อมถอยของร่างกายในหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหว ภาวะการนอนหลับที่ผิดปกติ ความเครียดสะสม ตลอดจนความเสี่ยงต่อการพลัดตกหกล้ม ข้อมูลจากกรมอนามัยประเมินว่า แนวโน้มจำนวนผู้สูงอายุที่ตกอยู่ในภาวะพึ่งพิงของประเทศไทยในอีกสองทศวรรษข้างหน้าจะเพิ่มขึ้นถึง 4 ถึง 5 เท่า ตัวเลขดังกล่าวตอกย้ำถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการพัฒนาระบบเฝ้าระวังและดูแลสุขภาพเชิงรุกที่สามารถประยุกต์ใช้ได้จริงทั้งในระดับครัวเรือนและชุมชน ประกอบกับโครงสร้างสถาบันครอบครัวไทยที่แปรสภาพไปสู่รูปแบบครอบครัวเดี่ยวมากขึ้น ส่งผลให้ผู้สูงอายุจำนวนมากต้องพักอาศัยเพียงลำพังหรืออยู่ในความดูแลของบุคคลที่ไม่สามารถเฝ้าระวังได้ตลอดเวลา ข้อจำกัดนี้ทำให้เมื่อเกิดภาวะฉุกเฉินทางสุขภาพ เช่น ความผิดปกติของอัตราการเต้นของหัวใจ ภาวะออกซิเจนในเลือดต่ำ หรือการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างฉับพลัน ผู้ดูแลอาจไม่สามารถรับทราบสถานการณ์ได้ในทันที ความล่าช้าในการประเมินอาการและให้ความช่วยเหลือนี้นำไปสู่ความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนรุนแรงที่แท้จริงแล้วสามารถป้องกันได้หากมีกลไกการติดตามที่รัดกุม จากช่องว่างดังกล่าว เทคโนโลยีดิจิทัลด้านสุขภาพจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการอุดช่องโหว่ของการดูแลผู้สูงอายุภายในที่พักอาศัย โดยเฉพาะการนำแนวคิดการให้บริการสุขภาพทางไกล (Telehealth และ

Telemedicine) รวมถึงระบบการติดตามผู้ป่วยระยะไกล (Remote Patient Monitoring) มาประยุกต์ใช้ องค์การอนามัยโลกได้ให้ความสำคัญกับระบบเหล่านี้ในฐานะเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงบริการสาธารณสุขและยกระดับประสิทธิภาพการจัดการดูแลผู้ป่วย ในปัจจุบัน การบูรณาการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ร่วมกับอุปกรณ์สวมใส่อัจฉริยะ เช่น นาฬิกาอัจฉริยะ (สมาร์ตวอทช์) ถือเป็นแนวทางที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากสามารถตรวจวัดข้อมูลทางสรีรวิทยาได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถส่งผ่านข้อมูลไปยังแพลตฟอร์มการประมวลผลหรือแอปพลิเคชันของผู้ดูแลได้แบบใกล้เคียงเวลาจริง ด้วยเหตุผลข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุภายในบ้าน โดยบูรณาการเทคโนโลยี IoT เข้ากับแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน โครงสร้างของระบบจะใช้นาฬิกาอัจฉริยะเป็นอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์หลักในการรวบรวมข้อมูลสุขภาพที่สำคัญ ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด ความเครียด และคุณภาพการนอนหลับ ก่อนจะส่งผ่านข้อมูลเข้าสู่ระบบส่วนกลางเพื่อวิเคราะห์และแจ้งเตือนผู้ดูแลทันทีที่พบความผิดปกติ แนวทางนี้สอดรับกับหลักการดูแลสุขภาพแบบองค์รวมและสนับสนุนแนวคิดที่ส่งเสริมให้ผู้สูงอายุสามารถดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมเดิมได้อย่างปลอดภัย (Aging in place) ท้ายที่สุด นวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นจากการศึกษานี้จะไม่เพียงช่วยลดภาระและความกังวลของผู้ดูแล แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการเฝ้าระวังสุขภาพเชิงรุก ซึ่งสามารถนำไปเป็นต้นแบบเพื่อขยายผลการประยุกต์ใช้งานในระดับชุมชน หรือใช้เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับการกำหนดนโยบายสาธารณะเพื่อรองรับสังคมสูงวัยในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

1.2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

1.2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ สมมติฐานข้อนี้มุ่งประเมินคุณภาพของระบบในด้านการทำงาน และความถูกต้อง โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับที่ระดับมากกว่าร้อยละ 80

$$H0 : \mu \leq 80\%$$

$$H1 : \mu > 80\%$$

เมื่อ μ = ประสิทธิภาพของระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

1.3.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ สมมติฐานข้อนี้มุ่งศึกษาการยอมรับและความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบที่พัฒนาขึ้น โดยกำหนดเกณฑ์ระดับความพึงพอใจเฉลี่ยมากกว่า 4.00 จากมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งสะท้อนถึงระดับความพึงพอใจมาก

$$H0 : \mu \leq 4.00$$

$$H1 : \mu > 4.00$$

เมื่อ μ = ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งาน application ระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้มีลักษณะเป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุภายในที่พักอาศัย โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง Internet of Things (IoT) ทำงานร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน เพื่อให้การดำเนินการศึกษาเป็นไปอย่างมีระบบและบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยออกเป็น 3 ด้านหลัก ได้แก่

1.4.1 ขอบเขตด้านข้อมูล

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลสุขภาพเบื้องต้นของผู้สูงอายุที่รวบรวมได้จากนาฬิกาอัจฉริยะ (สมาร์ตวอทช์) ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์หลักในการตรวจวัดและเฝ้าระวังความผิดปกติในชีวิตประจำวัน ข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งผ่านสัญญาณบลูทูธ (Bluetooth) ไปยังแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนเพื่อทำการประมวลผล ผู้วิจัยนำข้อมูลตัวแปรพื้นฐานเหล่านี้มาวิเคราะห์เพื่อสร้างเงื่อนไขสำหรับการแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่อาจเป็นอันตราย เช่น ตรวจพบภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ/หลอดเลือด โรคเบาหวาน ภาวะความเครียดเรื้อรัง ภาวะนอนไม่เพียงพอ และภาวะขาดการออกกำลังกาย เพื่อสนับสนุนให้ผู้ดูแลสามารถรับรู้สถานการณ์และให้ความช่วยเหลือได้อย่างทันท่วงที นอกจากนี้ ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยยังครอบคลุมไปถึงผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบและระดับความพึงพอใจ ซึ่งเก็บรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างผู้ดูแลผู้สูงอายุจำนวน 10 ท่าน ที่ทดลองใช้งานระบบจริงเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์

1.4.2 ขอบเขตด้านเครื่องมือ

การพัฒนาระบบติดตามสุขภาพในครั้งนี้ อาศัยการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์และเทคโนโลยีเพื่อรับส่ง ประมวลผล และแสดงผลข้อมูล โดยมีเครื่องมือหลักที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

1.4.2.1 นาฬิกาอัจฉริยะ (สมาร์ตวอทช์) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวมใส่สำหรับผู้สูงอายุ เพื่อตรวจวัดและจัดเก็บข้อมูลสุขภาพผ่านเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายใน ได้แก่ Heart Rate, VO_2 Max, Steps, Stress, Sleep และ SpO_2

1.4.2.2 เทคโนโลยีบลูทูธ (Bluetooth) ใช้เป็นช่องทางการสื่อสารไร้สายระยะใกล้ สำหรับส่งผ่านข้อมูลสุขภาพจากนาฬิกาอัจฉริยะเข้าสู่สมาร์ทโฟนอย่างต่อเนื่อง

1.4.2.3 แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android Application) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของระบบในการรับข้อมูล ประมวลผลสถานะสุขภาพ แสดงผลลัพธ์ และส่งสัญญาณแจ้งเตือน (Notification) ไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้ดูแลเมื่อระบบตรวจพบความผิดปกติ

1.4.2.4 ระบบฐานข้อมูล (SQLite Database) ทำหน้าที่บันทึกประวัติสุขภาพ เหตุการณ์การแจ้งเตือนที่เกิดขึ้น

1.4.2.4 เฟรมเวิร์ก .NET Multi-platform App UI (.NET MAUI) เป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับผู้ดูแล โดยมีขอบเขตการทำงานครอบคลุมตั้งแต่การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) เพื่อแสดงผลข้อมูลสุขภาพ การพัฒนาระบบแจ้งเตือน การประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นภายในแอปพลิเคชัน ไปจนถึงการบริหารจัดการลำดับการทำงานของระบบเมื่อมีการเชื่อมต่อและรับข้อมูลจากบริการภายนอก เช่น บริการ Health Connect

1.4.2.4 Health Connect Service ทำหน้าที่เป็นกลไกตัวกลางในการเชื่อมโยงและดึงข้อมูลสุขภาพจากแอปพลิเคชันของนาฬิกาอัจฉริยะ (สมาร์ตวอทช์) ซึ่งถูกจัดเก็บอยู่ภายใต้ระบบฐานข้อมูลสุขภาพของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) เพื่อนำส่งข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่แอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จากนั้นระบบจะนำข้อมูลไปประมวลผลและแสดงผลลัพธ์ให้ผู้ดูแลสามารถติดตามสถานะสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.3 ขอบเขตของผู้ใช้งานระบบ

1.4.3.1 ผู้ใช้งานระบบประกอบด้วยผู้ดูแลผู้สูงอายุจำนวน 10 ท่าน ซึ่งทำหน้าที่ดูแลผู้สูงอายุที่อาศัยในบ้าน

1.4.3.2 กลุ่มผู้ดูแลทดลองใช้ระบบเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบและความพึงพอใจในการใช้งาน

1.4.3.3 ผู้ดูแลสามารถรับการแจ้งเตือนสุขภาพ

1.4.4 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

1.4.4.1 ใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม ได้แก่ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และ ค่าเฉลี่ย (Mean)

ขอบเขตดังกล่าวสะท้อนกรอบการดำเนินงานวิจัยที่ครอบคลุมทั้งด้านข้อมูล เทคโนโลยี และกระบวนการประเมินผล เพื่อให้การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจมีความชัดเจน เป็นรูปธรรม และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้สูงอายุ ระบบสามารถตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติ เช่น สัญญาณชีพผิดปกติ และแจ้งเตือนได้ทันที ช่วยลดความเสี่ยงจากการไม่ได้รับการช่วยเหลืออย่างทันท่วงที

1.5.2 เพื่อลดภาระของผู้ดูแล ระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติช่วยให้ผู้ดูแลไม่ต้องเฝ้าติดตามตลอดเวลา แต่ยังสามารถรับรู้สถานการณ์ของผู้สูงอายุได้

1.5.3 เพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาเทคโนโลยีดูแลผู้สูงอายุ ผลงานสามารถนำไปต่อยอดเชิงพาณิชย์ หรือเป็นแนวทางให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น โรงพยาบาล ศูนย์ดูแลผู้สูงอายุ หรือหน่วยงานรัฐด้านสาธารณสุข

1.5.4 เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้และแนวทางการวิจัยสำหรับนักศึกษาและผู้สนใจในอนาคต โดยเฉพาะผู้ที่สนใจด้านระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ และเทคโนโลยีเพื่อสังคมสูงวัย (Aging Society)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยได้สืบค้น ศึกษาทฤษฎี กระบวนการ เอกสารทางวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบฯ ดังนี้

2.1 สังคมผู้สูงอายุและปัญหาการดูแลสุขภาพ

2.2 การติดตามสุขภาพระยะไกลด้วยเทคโนโลยี

2.3 เทคโนโลยี IoT สำหรับการติดตามสุขภาพ

2.4 ทฤษฎีพฤติกรรมการตอบสนองต่อการแจ้งเตือน

2.5 การพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือ

2.6 ทฤษฎีการพัฒนาระบบ

2.7 ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สังคมผู้สูงอายุและปัญหาการดูแลสุขภาพ

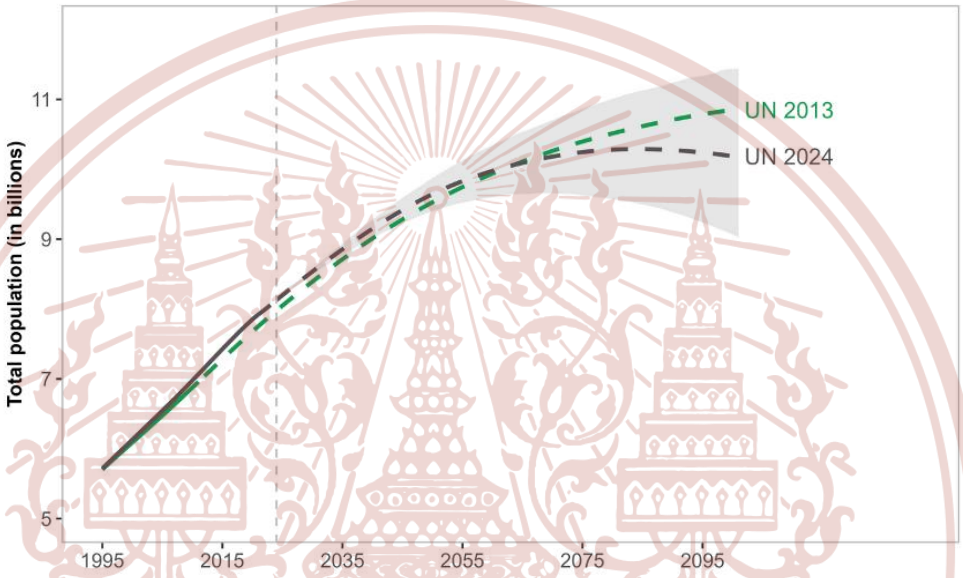
การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ (Aging Society) ซึ่งมีสัดส่วนของผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ได้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบสาธารณสุข โดยเฉพาะประเด็นการขาดแคลนบุคลากรทางการแพทย์ ปริมาณผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่เพิ่มสูงขึ้น ตลอดจนภาระค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาสุขภาพ ปรากฏการณ์ดังกล่าวไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุเท่านั้น แต่ยังสร้างความท้าทายต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมในภาพรวม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาที่มีอัตราการก้าวเข้าสู่สังคมสูงวัยอย่างรวดเร็ว

2.1.1 นิยามผู้สูงอายุและสถานการณ์ประชากรโลก

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization หรือ WHO) ได้กำหนดนิยามของ ผู้สูงอายุ (Older adults) ว่าหมายถึง บุคคลที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ได้รับการยอมรับและนำไปใช้อย่างแพร่หลายในการกำหนดนโยบายสาธารณสุขระดับสากล เพื่อให้ครอบคลุมถึงกลุ่มประชากรที่มีความเสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพอันเนื่องมาจากภาวะความชรา (Aging) แม้ในบางบริบทอาจมีการปรับใช้เกณฑ์อายุ 65 ปี แต่ WHO ยังคงยึดเกณฑ์ 60 ปี เพื่อความเป็นเอกภาพในการวางแผนเชิงนโยบายระหว่างประเทศ

ข้อมูลจากรายงาน World Population Prospects 2024 โดยองค์การสหประชาชาติ (UN) ชี้ให้เห็นว่า สัดส่วนของประชากรโลกที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไป มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 10.3 ในปี

ค.ศ. 2024 เป็นร้อยละ 20.7 ในปี ค.ศ. 2074 โดยคาดการณ์ว่าจำนวนผู้สูงอายุทั่วโลกจะขยายตัวจาก 761 ล้านคน (ค.ศ. 2021) เป็น 1.6 พันล้านคนภายในปี ค.ศ. 2050 ตัวเลขดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงพลวัตของสังคมสูงวัยที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากอายุขัยเฉลี่ยที่ยาวนานขึ้น ประกอบกับอัตราการเจริญพันธุ์ที่ลดลง ทั้งนี้ มีการประเมินว่าภายในปี ค.ศ. 2080 ประชากรกลุ่มอายุ 65 ปีขึ้นไปจะมีจำนวนมากกว่ากลุ่มประชากรเด็กที่อายุต่ำกว่า 18 ปี



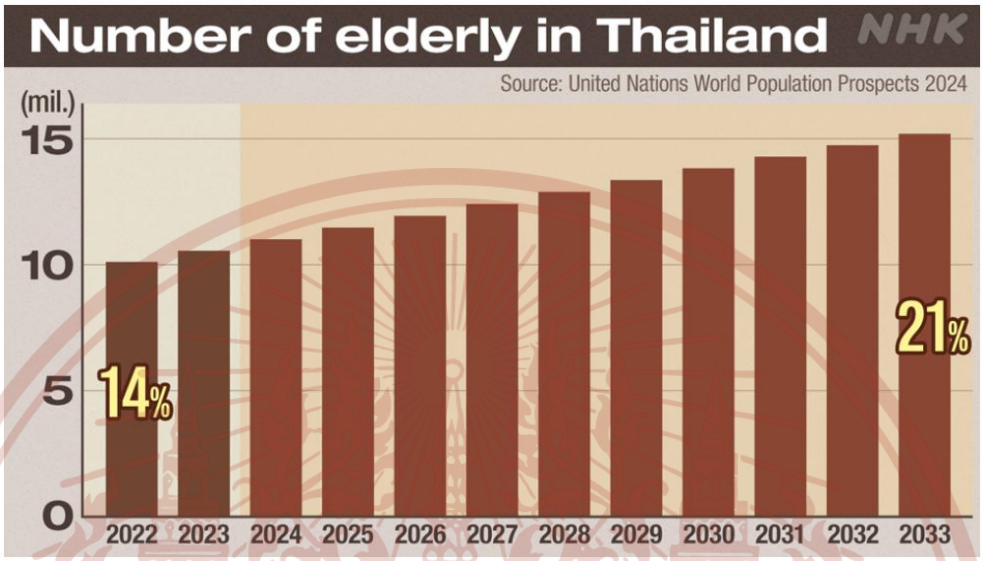
ภาพที่ 2-1 ประชากรโลก ตามข้อมูลขององค์การสหประชาชาติ (รายงานแนวโน้มประชากรโลก) ในปี 2013 และ 2024, ช่วงปี 1995–2100 [1]

2.1.2 สถานการณ์ผู้สูงอายุในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทย ข้อมูลจากสถิติประชากรศาสตร์ของกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ระบุว่าในปี พ.ศ. 2567 (ค.ศ. 2024) มีจำนวนประชากรผู้สูงอายุ (60 ปีขึ้นไป) ประมาณ 14 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 20.70 ของประชากรทั้งประเทศ สถานการณ์ดังกล่าวทำให้อัตราส่วนพึ่งพิงของผู้สูงอายุ (Old-age dependency ratio) ขยับสูงขึ้นอยู่ที่ระดับ 31.1 ซึ่งหมายความว่าประชากรวัยแรงงานทุก 100 คน ต้องรับภาระดูแลผู้สูงอายุ 31 คน ในขณะเดียวกัน สำนักงานสถิติแห่งชาติได้รายงานถึงแนวโน้มการเติบโตของตัวเลขนี้อย่างต่อเนื่อง

ปัจจุบัน ประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์ (Aged Society) มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565 และมีการคาดการณ์ว่าจะเปลี่ยนผ่านเข้าสู่สังคมสูงวัยระดับสุดยอด (Super-Aged Society) ในช่วงต้นทศวรรษ 2030s เมื่อสัดส่วนประชากรผู้สูงอายุ 65 ปีขึ้นไปมีจำนวนเกินร้อยละ 21 ของประชากรทั้งหมด (NHK World, 2026) ซึ่งถือเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วกว่ากลุ่มประเทศพัฒนาแล้วอย่างเห็นได้ชัด (เร็วกว่าประเทศญี่ปุ่นที่ใช้เวลา 12 ปี และอิตาลีที่ใช้เวลา 24 ปี) ปัจจัย

หลักเกิดจากอัตราการเกิดที่ตกต่ำ อายุขัยที่เพิ่มขึ้น และการย้ายถิ่นฐาน ส่งผลให้ภาครัฐมีความจำเป็นเร่งด่วนในการขยายขีดความสามารถของระบบสวัสดิการเพื่อรองรับประชากรกลุ่มนี้



ภาพที่ 2-2 ประเทศไทยถูกคาดการณ์ว่าจะกลายเป็นสังคมผู้สูงอายุระดับสุดยอดภายใน 11 ปี [4]

2.1.3 โรคและภาวะเสี่ยงที่พบบ่อยในผู้สูงอายุ

ประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทยส่วนใหญ่มักเผชิญกับกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases หรือ NCDs) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเสียชีวิต ข้อมูลจากกระทรวงสาธารณสุขระบุว่า โรคที่พบความชุกสูงสุดในผู้สูงอายุ ได้แก่ โรคหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงโรคความดันโลหิตสูง (ร้อยละ 44) และโรคเบาหวาน (ร้อยละ 22) นอกจากนี้ยังมีอัตราการเกิดโรคข้อเสื่อมและโรคกระดูกพรุนในสัดส่วนที่สูง ซึ่งสอดคล้องกับสถิติการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลของรัฐระหว่างปี ค.ศ. 2010-2021

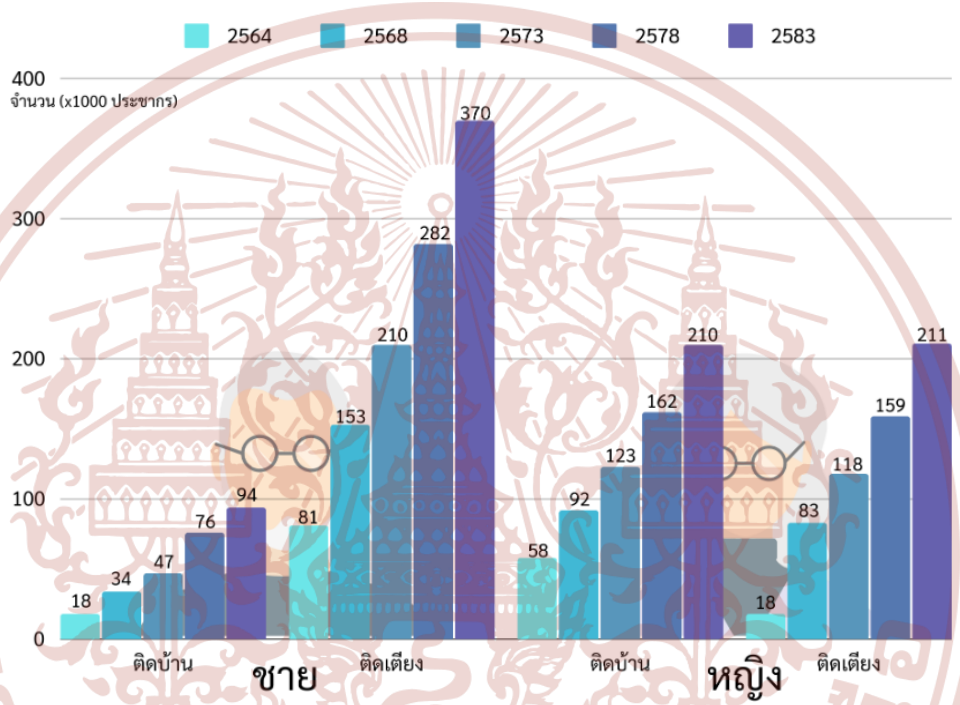
นอกเหนือจากความเจ็บป่วยทางกาย ผู้สูงอายุยังมีความเสี่ยงต่อภาวะถดถอยทางสุขภาพจิตและระบบสรีรวิทยาประการอื่น เช่น ภาวะความเครียดสะสมอันเกิดจากความโดดเดี่ยวหรือการสูญเสีย ซึ่งอาจนำไปสู่โรคซึมเศร้าและภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง ปัญหาความผิดปกติของการนอนหลับ (Insomnia) อันเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของกลไกร่างกายและการใช้ยา ตลอดจนภาวะกล้ามเนื้อลีบและการทรงตัวที่บกพร่องจากการขาดการออกกำลังกาย ภาวะเหล่านี้เป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่ทำให้ผู้สูงอายุเกิดอุบัติเหตุพลัดตกหกล้ม กระดูกหัก และอาจนำไปสู่การเสียชีวิตได้ (กรมกิจการผู้สูงอายุ)

2.1.4 ปัญหาการดูแลผู้สูงอายุในครอบครัวเดี่ยว

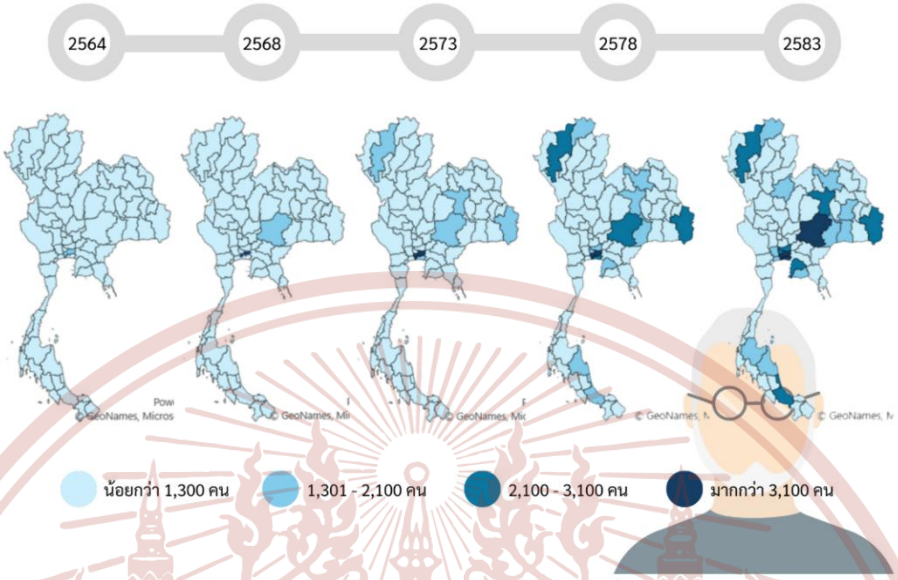
การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสถาบันครอบครัวไทยไปสู่รูปแบบครอบครัวเดี่ยว (Nuclear family) มากขึ้น ทำให้การดูแลผู้สูงอายุเผชิญกับข้อจำกัดที่สำคัญ ผู้ดูแลหลัก (Caregivers) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นบุตรหลานในวัยทำงาน ไม่สามารถให้การดูแลอย่างใกล้ชิดได้ตลอด 24 ชั่วโมง เนื่องจากมี

ภาระหน้าที่การงานและการย้ายถิ่นฐาน บริบทดังกล่าวทำให้ผู้สูงอายุตกอยู่ในความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุหรือเหตุฉุกเฉินทางการแพทย์ (เช่น การหกล้ม หรือภาวะหัวใจวาย) โดยไม่ได้รับการช่วยเหลืออย่างทันท่วงที

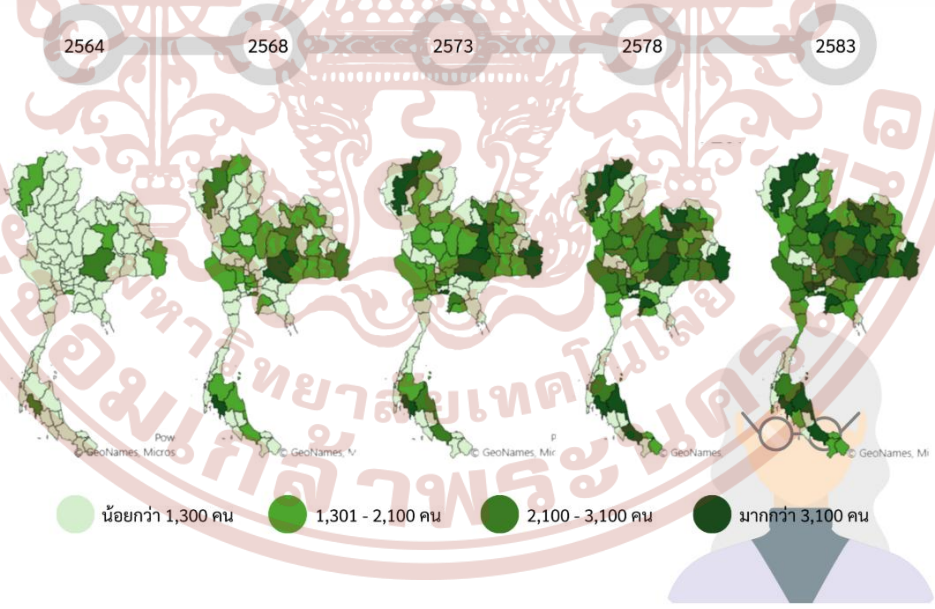
สถิติชี้ให้เห็นว่า ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง (Dependent elderly) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถึง 4-5 เท่า ภายในระยะเวลา 20 ปีข้างหน้า



ภาพที่ 2-3 จำนวนผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง ปี 2564 – 2583 [8]



ภาพที่ 2-4 แสดงจำนวนผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านใน 20 ปีข้างหน้า (ปี 2564 - 2583) เพศชาย แยกรายจังหวัด (x 1000 ประชากร) [8]



ภาพที่ 2-5 แสดงจำนวนผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านใน 20 ปีข้างหน้า (ปี 2564 - 2583) เพศหญิง แยกรายจังหวัด (x 1000 ประชากร) [8]

ปัญหาความล่าช้าในการรับรู้เหตุฉุกเฉินเกิดจากขาดระบบแจ้งเตือนและการสื่อสาร ส่งผลให้อัตราการเสียชีวิตสูงขึ้น โดยเฉพาะในผู้มีโรคเรื้อรัง การดูแลแบบครอบครัวเดี่ยวจึงไม่เพียงพอ ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีหรือบริการชุมชนเพื่อลดช่องว่าง

2.1.5 แนวทางแก้ไขปัญหาการดูแลผู้สูงอายุในสังคมไทย

การแก้ไขปัญหาระบบการดูแลผู้สูงอายุในประเทศไทย จำเป็นต้องอาศัยการบูรณาการความร่วมมือจากหลายภาคส่วน โดยให้ความสำคัญกับการยึดโยงระหว่างสถาบันครอบครัว ชุมชน และการใช้เทคโนโลยี สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (TDRI) ได้เสนอแนวทาง ระบบการดูแลผู้สูงอายุระดับชุมชนแบบบูรณาการ ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 4 ประการ ได้แก่ 1) การดูแลโดยครอบครัวและชุมชน 2) ระบบสนับสนุนจากกลไกชุมชน 3) การจัดตั้งหน่วยบริการที่เหมาะสม และ 4) การมีส่วนร่วมขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น แนวคิดนี้ได้รับการผลักดันมาตั้งแต่แผนผู้สูงอายุแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2545-2564) และบูรณาการร่วมกับกระทรวงสาธารณสุขเพื่อลดปัญหาความซ้ำซ้อนและกระจายอำนาจสู่ท้องถิ่น เช่น การนำร่องกลยุทธ์ "5 ก."

ในด้านกลไกการขับเคลื่อนระดับชุมชน กรมกิจการผู้สูงอายุได้ส่งเสริมยุทธศาสตร์การดูแลที่ครอบคลุม เช่น การจัดตั้งศูนย์ต้นแบบ การสนับสนุนชมรมผู้สูงอายุ การพัฒนาระบบอาสาสมัครดูแลผู้สูงอายุที่บ้าน รวมถึงกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพชุมชน เช่น การบริการแพทย์แผนไทย ตรวจสุขภาพ 24 ชั่วโมง การจัดเตรียมอาหารปลอดภัย เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตและแบ่งเบาภาระของครอบครัว

นอกจากนี้ ในระดับนโยบายยังได้มุ่งเน้นการสร้างสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมให้ผู้สูงอายุสามารถใช้ชีวิตในที่พักอาศัยเดิมได้อย่างปลอดภัย (Aging in place) โดยสนับสนุนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและระบบเครือข่ายเซนเซอร์อัจฉริยะ เช่น เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับระบบแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉิน ระบบโทรเวชกรรม (Telemedicine) และแอปพลิเคชันติดตามสถานะสุขภาพ นวัตกรรมเหล่านี้ถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการแก้ไขปัญหาข้อจำกัดด้านเวลาของผู้ดูแลในครอบครัวเดี่ยว และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังด้าน Smart Health ได้อย่างเป็นรูปธรรม

2.2 การติดตามสุขภาพระยะไกลด้วยเทคโนโลยี

นวัตกรรมการติดตามสุขภาพระยะไกลเข้ามามีบทบาทสำคัญในการแก้ไขปัญหาข้อจำกัดด้านการดูแลผู้สูงอายุในสังคมไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของครอบครัวเดี่ยวที่ผู้ดูแลไม่สามารถเฝ้าระวังได้ตลอดเวลา เทคโนโลยีโทรเวชกรรม (Telehealth) และระบบการติดตามผู้ป่วยระยะไกล (Remote Patient Monitoring หรือ RPM) ถือเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจวัดและแจ้งเตือนสถานะทางสุขภาพผ่านระบบเครือข่ายออนไลน์

การติดตามสุขภาพระยะไกล (Remote Health Monitoring) อาศัยการบูรณาการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) แอปพลิเคชัน และระบบคลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Computing) เข้า

ด้วยกัน เพื่อรวบรวมข้อมูลทางสรีรวิทยาที่สำคัญ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต ระดับน้ำตาลในเลือด พฤติกรรมการนอนหลับ และการเคลื่อนไหวร่างกายของผู้สูงอายุ ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งต่อไปยังบุคลากรทางการแพทย์หรือญาติให้สามารถรับทราบถึงความผิดปกติได้ในทันที ซึ่งช่วยลดความล่าช้าในการให้ความช่วยเหลือเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน (อาทิ ภาวะหัวใจล้มเหลว หรือการพลัดตกหกล้ม) ทั้งนี้ ในบริบทของประเทศไทยที่กำลังก้าวเข้าสู่สังคมสูงวัยระดับสุดยอด (Super-Aged Society) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวไม่เพียงแต่ช่วยลดภาระความแออัดในสถานพยาบาล แต่ยังเป็นการส่งเสริมศักยภาพการดูแลผู้สูงอายุในที่พักอาศัย (Aging in place) อย่างยั่งยืน

2.2.1 Telehealth และ Telemedicine

2.2.1.1 โทรเวชกรรม (Telehealth) เป็นการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการส่งมอบบริการด้านสุขภาพทางไกล โดยครอบคลุมขอบเขตการดำเนินงานใน 4 มิติหลัก ได้แก่ การรักษาพยาบาล สาธารณสุข การศึกษา และการบริหารจัดการ ตัวอย่างเช่น การให้คำปรึกษาทางการแพทย์ผ่านระบบวิดีโอ การจัดการเรียนการสอนด้านสุขศึกษาแบบออนไลน์ และระบบการจัดการข้อมูลผู้ป่วยแบบบูรณาการ ทั้งนี้ โทรเวชกรรมมีขอบข่ายการให้บริการที่กว้างขวาง โดยมุ่งเน้นทั้งมิติของการป้องกันโรคและการส่งเสริมสุขภาวะในระยะยาว

2.2.1.2 ระบบการแพทย์ทางไกล (Telemedicine) เป็นบริการย่อยภายใต้ขอบข่ายของโทรเวชกรรม ซึ่งมุ่งเน้นเฉพาะเจาะจงไปที่การให้บริการทางการแพทย์โดยตรง (Clinical services) เช่น การตรวจวินิจฉัย การรักษา และการติดตามอาการผู้ป่วยผ่านระบบการประชุมทางไกลผ่านจอภาพแบบเวลาจริง (Real-time video conference) ตามนิยามขององค์การอนามัยโลก (WHO) และกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ เทคโนโลยีนี้มีส่วนช่วยลดความจำเป็นในการเดินทางและลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ โดยระบบจะทำการบันทึกประวัติการรักษาเสมือนการเข้ารับบริการที่สถานพยาบาลจริง

2.2.1.3 ความแตกต่างประการสำคัญคือ โทรเวชกรรมจะครอบคลุมบริการที่กว้างกว่า รวมถึงบริการที่ไม่เกี่ยวกับการรักษาพยาบาลโดยตรง (Non-clinical services) ในขณะที่ระบบการแพทย์ทางไกลจะจำกัดเฉพาะบริการทางการแพทย์ ทั้งนี้ รูปแบบการให้บริการทางไกลสามารถจำแนกออกเป็น 3 ลักษณะหลัก ได้แก่

2.2.1.3.1 การสื่อสารแบบประสานเวลา (Synchronous) การให้บริการแบบออนไลน์ตามเวลาจริง เช่น การสนทนาผ่านวิดีโอระหว่างแพทย์และผู้ป่วย ซึ่งเหมาะสมสำหรับการให้คำปรึกษาที่ต้องการการโต้ตอบทันที

2.2.1.3.2 การสื่อสารแบบไม่ประสานเวลา (Asynchronous หรือ Store-and-forward) การส่งต่อข้อมูลทางสุขภาพ (เช่น ภาพถ่ายรังสีวิทยา หรือวิดีโอบันทึกอาการ) เพื่อให้บุคลากรทางการแพทย์ทำการวิเคราะห์ในภายหลัง โดยไม่จำเป็นต้องมีการนัดหมายพร้อมกัน

2.2.1.3.3 ระบบการติดตามผู้ป่วยระยะไกล (Remote Patient Monitoring หรือ RPM) การติดตามข้อมูลสุขภาพอย่างต่อเนื่องผ่านอุปกรณ์ที่ติดตั้ง ณ ที่พักอาศัยของผู้ป่วย โดยระบบจะทำการส่งข้อมูลโดยอัตโนมัติ

2.2.2 ระบบการติดตามผู้ป่วยระยะไกล (Remote Patient Monitoring หรือ RPM)

ระบบการติดตามผู้ป่วยระยะไกล (RPM) คือ กระบวนการเฝ้าระวังและติดตามสถานะสุขภาพของผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยอุปกรณ์สวมใส่อัจฉริยะ (Wearable devices) หรือชุดเซนเซอร์ที่ติดตั้งภายในที่พักอาศัย เพื่อจัดเก็บข้อมูลสุขภาพที่สำคัญของผู้สูงอายุ อาทิ อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต ระดับน้ำตาลในเลือด ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO_2) รูปแบบการนอนหลับ และระดับการทำกิจกรรมทางกาย จากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งผ่านเครือข่ายการสื่อสารไร้สาย (เช่น Bluetooth หรือ Wi-Fi) ไปสู่แพลตฟอร์มประมวลผลแบบคลาวด์

หลักการทำงานของระบบ RPM สามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

2.2.2.1 การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) อุปกรณ์เซนเซอร์ทำหน้าที่ตรวจวัดพารามิเตอร์ทางสุขภาพแบบรับข้อมูลเชิงรับ (Passive monitoring) ซึ่งไม่รบกวนการใช้ชีวิตประจำวันของผู้ใช้งาน เช่น เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG monitor) สำหรับตรวจจับภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ เซนเซอร์ตรวจจับการพลัดตกหกล้ม (Fall detection sensor) หรือเครื่องตรวจวัดระดับน้ำตาลในเลือดแบบอัตโนมัติ

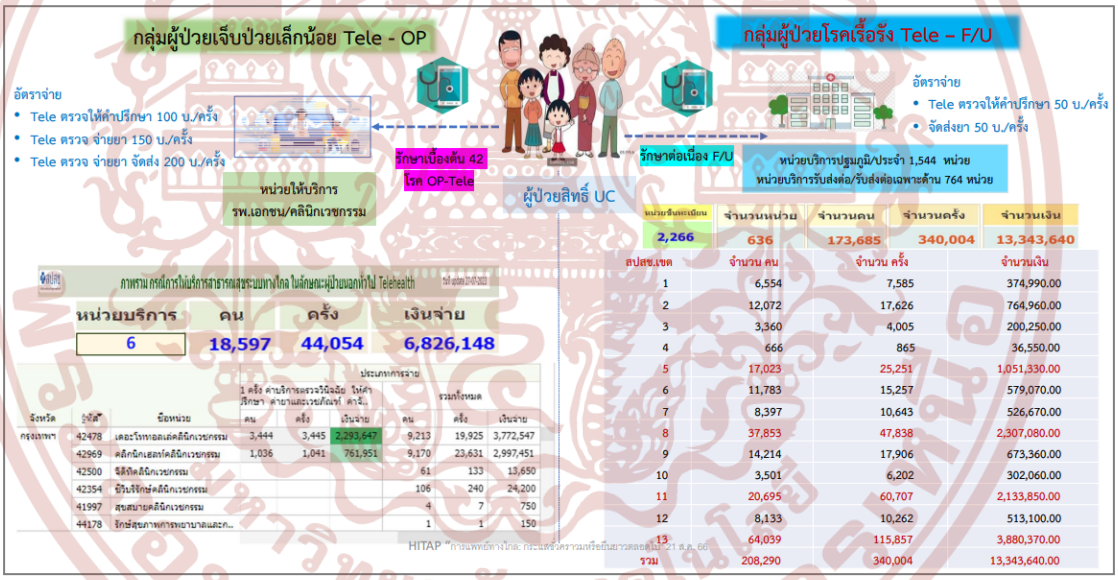
2.2.2.2 การส่งต่อข้อมูล (Data Transmission) ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บจะผ่านกระบวนการเข้ารหัสและส่งต่อไปยังเครื่องแม่ข่ายคลาวด์ (เช่น AWS หรือ Azure) แบบเวลาจริง (Real-time) ผ่านส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (API) ที่มีความมั่นคงปลอดภัย เพื่อป้องกันการรั่วไหลของข้อมูลและให้เป็นไปตามมาตรฐานการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (เช่น HIPAA หรือ PDPA)

2.2.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ระบบจะประยุกต์ใช้อัลกอริทึมปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้ของเครื่อง (AI/ML algorithms) ในการวิเคราะห์แนวโน้มและตรวจจับความผิดปกติ (Anomaly detection) ของข้อมูล โดยประเมินจากค่าเกณฑ์พื้นฐาน (Baseline) ของผู้ใช้งานแต่ละบุคคล ตัวอย่างเช่น การตรวจจับอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงกว่า 120 ครั้งต่อนาที หรือความดันโลหิตสูงเกิน 180/100 มิลลิเมตรปรอท

2.2.2.4 การแจ้งเตือน (Alerting) เมื่อพบความผิดปกติ ระบบจะทำการส่งสัญญาณแจ้งเตือน (Push notification, ข้อความ SMS หรือระบบโทรศัพท์) ไปยังแอปพลิเคชันของญาติหรือบุคลากรทางการแพทย์ในทันที พร้อมระบุรายละเอียดที่สำคัญ เช่น ตรวจพบความผิดปกติของจังหวะการเต้นของหัวใจในผู้ป่วย X เริ่มต้นเมื่อเวลา 14:30 น. เพื่อให้สามารถเข้าช่วยเหลือและจัดการภาวะฉุกเฉินทางการแพทย์ได้อย่างทันท่วงทีก่อนเกิดเหตุวิกฤต

ประโยชน์ในการดูแลผู้สูงอายุที่บ้าน การนำระบบ RPM มาประยุกต์ใช้มีส่วนช่วยลดอัตราการเข้ารับการรักษาในห้องฉุกเฉินได้ถึงร้อยละ 30-50 งานวิจัยหลายฉบับชี้ให้เห็นว่า ระบบดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการแจ้งเตือนล่วงหน้า (Early warning) สำหรับผู้ป่วยโรคหัวใจและโรคเบาหวาน ซึ่งส่งผลให้สามารถลดต้นทุนในการดูแลรักษาสุขภาพลงได้ร้อยละ 20-40 รวมทั้งยังช่วยเสริมสร้างความสามารถในการพึ่งพาตนเองของผู้สูงอายุ

สำหรับบริบทของประเทศไทย นวัตกรรมนี้มีความเหมาะสมอย่างยิ่งกับโครงสร้างครอบครัวเดี่ยวที่ผู้ดูแลไม่สามารถอยู่ประจำได้ ตัวอย่างของการพัฒนาระบบ RPM ในประเทศ เช่น แพลตฟอร์ม MorDee โดยโรงพยาบาลจุฬาภรณ์ หรือแอปพลิเคชันของสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) ที่มีการบูรณาการร่วมกับระบบการแพทย์ทางไกล ซึ่งสามารถลดระยะเวลาตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉิน (Response time) จากระดับชั่วโมงเหลือเพียงไม่ถึง 5 นาที นับเป็นการสนับสนุนแนวนโยบายการดูแลผู้สูงอายุในถิ่นที่อยู่เดิมให้เกิดผลสัมฤทธิ์อย่างเป็นรูปธรรม



ภาพที่ 2-6 ภาพรวมการสนับสนุนบริการการแพทย์ทางไกล โดย สปสช. [15]

2.3 การติดตามสุขภาพระยะไกลด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) ด้านสุขภาพ (Healthcare IoT) เป็นกลไกสำคัญในการเฝ้าระวังและติดตามสถานะสุขภาพของผู้สูงอายุแบบออนไลน์ โดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์เซนเซอร์และระบบประมวลผลคลาวด์ (Cloud Computing) เพื่อทำการจัดเก็บ วิเคราะห์ และแจ้งเตือนข้อมูลทางชีวภาพ (Biometric data) เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO2) และพฤติกรรมการเคลื่อนไหว

การประมวลผลข้อมูลเหล่านี้ช่วยให้สามารถตรวจจับความผิดปกติทางสรีรวิทยา เช่น ภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ หรือการพลัดตกหกล้ม ได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นก่อนลุกลามเป็นเหตุฉุกเฉินทางการแพทย์ เทคโนโลยีนี้จึงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการลดความเสี่ยงสำหรับการดูแลผู้สูงอายุในรูปแบบครอบครัวเดี่ยวที่ขาดผู้ดูแลประจำ และสอดรับกับบริบทของประเทศไทยที่กำลังก้าวเข้าสู่สังคมสูงวัยระดับสุดยอด (Super-Aged Society)

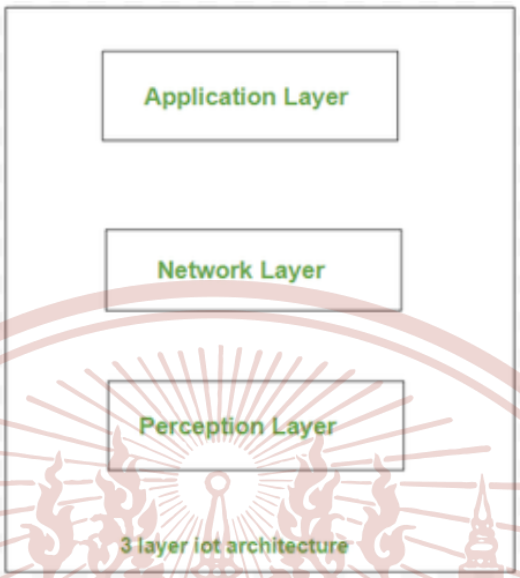
2.3.1 สถาปัตยกรรมระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT Architecture)

สถาปัตยกรรมของระบบ IoT ตามมาตรฐานสากล สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับชั้นหลัก (Layers) เพื่อให้ระบบสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความมั่นคงปลอดภัย ดังนี้

2.3.1.1 ชั้นรับรู้ (Perception Layer) เป็นระดับชั้นล่างสุดของสถาปัตยกรรม ประกอบด้วยเซนเซอร์ (Sensors) ตัวนำร่อง (Actuators) และอุปกรณ์ปลายทาง (Edge devices) เช่น นาฬิกาอัจฉริยะ (สมาร์ตวอทช์) หรือเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ติดตั้งภายในที่พักอาศัย ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลจากสภาพแวดล้อมจริง เช่น อุณหภูมิร่างกาย การเคลื่อนไหว หรือการตรวจจับการล้ม โดยอาศัยเทคโนโลยีการรับรู้ต่างๆ เช่น อาร์เอฟไอดี (RFID) ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) หรือเซนเซอร์แบบออปติคัล (Optical sensors) ข้อมูลดิบที่ได้จะถูกแปลงจากสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลก่อนส่งต่อไปยังชั้นถัดไป

2.3.1.2 ชั้นเครือข่าย (Network Layer) เป็นระดับชั้นกลางที่ทำหน้าที่บริหารจัดการการส่งผ่านข้อมูลจากชั้นรับรู้ไปยังเครื่องแม่ข่ายหรือคลาวด์ ผ่านโปรโตคอลการสื่อสารไร้สาย อาทิ Bluetooth Low Energy (BLE), Wi-Fi, Zigbee, LoRaWAN หรือ 5G ชั้นเครือข่ายนี้รองรับการส่งข้อมูลทั้งแบบเวลาจริง (Real-time processing) และแบบกลุ่ม (Batch processing) รวมถึงทำหน้าที่จัดการเส้นทางข้อมูล (Routing) การเข้ารหัสข้อมูล (Encryption) มาตรฐาน AES-256 และการควบคุมคุณภาพการให้บริการ (Quality of Service หรือ QoS) เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูลหรือความหน่วง (Delay) ซึ่งในระบบสาธารณสุขมักต้องการความหน่วงต่ำกว่า 1 วินาที

2.3.1.3 ชั้นแอปพลิเคชัน (Application Layer) เป็นระดับชั้นบนสุดที่ทำหน้าที่ปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งาน (เช่น แพทย์ หรือญาติ) ผ่านแอปพลิเคชันบนเว็บหรือสมาร์ทโฟน ระดับชั้นนี้ครอบคลุมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้ของเครื่อง (AI/ML) การแสดงผลข้อมูลผ่านหน้าปัดจำลอง (Visualization dashboard) และระบบการแจ้งเตือน (Push notification) เช่น การแจ้งเตือนเมื่อค่าความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจ (HRV) บ่งชี้ถึงระดับความเครียดที่สูงผิดปกติ ตัวอย่างแอปพลิเคชันในชั้นนี้ ได้แก่ ระบบติดตามสุขภาพอัจฉริยะในบ้าน (Smart home health monitoring) หรือแพลตฟอร์มโทรเวชกรรม (Telemedicine platform)



ภาพที่ 2-7 สถาปัตยกรรมระบบ IoT แบบ 3 ระดับชั้น [17]

2.3.2 นาฬิกาอัจฉริยะ (สมาร์ตวอทช์) ในฐานะอุปกรณ์ตรวจวัดสุขภาพ

นาฬิกาอัจฉริยะ เช่น Apple Watch, Fitbit, Garmin หรือ Xiaomi Mi Band จัดเป็นอุปกรณ์สวมใส่อัจฉริยะ (Wearable IoT devices) ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการนำมาประยุกต์ใช้กับผู้สูงอายุ เนื่องจากมีน้ำหนักเบา สวมใส่สบาย ใช้งานง่าย และมีต้นทุนที่เข้าถึงได้ อุปกรณ์เหล่านี้สามารถตรวจวัดข้อมูลสุขภาพแบบรับข้อมูลเชิงรับ (Passive monitoring) โดยที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องป้อนข้อมูลด้วยตนเอง

ตารางที่ 2-1 ข้อมูลชีวสัญญาณและเซนเซอร์ที่ใช้ในนาฬิกาอัจฉริยะ

ข้อมูลชีวสัญญาณ	เทคโนโลยีเซนเซอร์ที่ใช้	หน่วยวัด
อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate)	เซนเซอร์วัดการเปลี่ยนแปลงของหลอดเลือด (PPG Sensor)	ครั้งต่อนาที (bpm)
ความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO2)	เซนเซอร์ออปติคัล (Red/IR LED)	ร้อยละ (%)
ระดับความเครียด (Stress Level)	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจ (HRV)	คะแนน (Score 0-100)
พฤติกรรมการนอนหลับ (Sleep)	อุปกรณ์วัดความเร่ง (Accelerometer) และเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ	ชั่วโมง / คุณภาพการนอน (Light/Deep/REM)
จำนวนก้าวเดิน (Steps)	อุปกรณ์วัดความเร่ง และไจโรสโคป (Gyroscope)	ก้าวต่อวัน
อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2 Max)	การอนุมานร่วมกันระหว่าง อัตราการเต้นของหัวใจ จำนวนก้าว และ GPS	มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที (ml/kg/min)
พลังงานที่เผาผลาญ (Calories)	การคำนวณจากกิจกรรมทางกาย อัตราการเผาผลาญพลังงานพื้นฐาน (BMR)	กิโลแคลอรี (kcal)

2.3.2.1 ความแม่นยำและข้อจำกัด

การศึกษาพบว่าความแม่นยำของการวัดอัตราการเต้นของหัวใจจากนาฬิกาอัจฉริยะอยู่ที่ร้อยละ 90-95 (เมื่อเทียบกับการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ หรือ ECG) และค่า SpO2 มีความแม่นยำร้อยละ 85-92 ในสภาวะปกติ อย่างไรก็ตาม ความแม่นยำอาจลดลงหากเกิดความคลาดเคลื่อนจากการเคลื่อนไหว (Motion artifact) หรือในผู้ใช้งานที่มีสีผิวเข้ม นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดด้านอายุการใช้งานแบตเตอรี่ (1-7 วัน) ความเสี่ยงด้านการรั่วไหลของข้อมูลส่วนบุคคล (Privacy risk) รวมถึงความแม่นยำที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจห้องบนเต้นพลิ้ว (Atrial fibrillation) ซึ่งอาจเกิดผลลบลวง (False negative) ได้ถึงร้อยละ 20-30 ดังนั้น การใช้งานในระดับการแพทย์จึงยังคงจำเป็นต้องมีการปรับเทียบมาตรฐาน (Calibration) ร่วมกับอุปกรณ์ทางการแพทย์ (Medical-grade devices)

2.3.3 การสื่อสารและส่งข้อมูล

2.3.3.1 Bluetooth Low Energy (BLE 5.0) เป็นโปรโตคอลการเชื่อมต่อหลักระหว่างนาฬิกาอัจฉริยะและสมาร์ทโฟน มีระยะส่งสัญญาณ 10-50 เมตร และมีการใช้พลังงานต่ำ (1-10 มิลลิ

วัตต์) โดยทั่วไปจะส่งข้อมูลทุก 1-5 นาที และรองรับการทำงานผ่านโปรไฟล์ GATT สำหรับข้อมูลสุขภาพ (เช่น Heart Rate Service UUID 0x180D) ในขั้นตอนนี้ สมาร์ทโฟนจะทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ (Gateway) เพื่อส่งต่อข้อมูลไปยังคลาวด์

2.3.3.2 เครือข่ายไร้สายและเซลลูลาร์ (Wi-Fi / 4G-5G Mobile Data) ทำหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลจากสมาร์ทโฟนไปยังคลาวด์ โดยใช้โปรโตคอล HTTPS หรือ MQTT สำหรับการสตรีมข้อมูลแบบเวลาจริง (ความหน่วงประมาณ 50-200 มิลลิวินาที) หรือใช้ HTTP POST สำหรับการอัปโหลดข้อมูลแบบกลุ่ม นอกจากนี้ยังรองรับการซิงโครไนซ์ข้อมูลเบื้องหลัง (Background sync) แม้แอปพลิเคชันจะไม่ได้เปิดใช้งาน ทั้งนี้ ระบบจำเป็นต้องมีการเข้ารหัสแบบจากต้นทางถึงปลายทาง (End-to-end encryption) เพื่อให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (PDPA)

2.3.4 แพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับระบบ IoT

ระบบคลาวด์ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลาง (Central hub) ในการจัดเก็บข้อมูลอนุกรมเวลา (Time-series data) ปริมาณมหาศาล และประมวลผลข้อมูลด้วยแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง (ML models) เพื่อตรวจจับความผิดปกติ (Anomaly detection) เช่น การใช้อัลกอริทึม Isolation Forest เพื่อวิเคราะห์ความผิดปกติของอัตราการเต้นของหัวใจ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่สร้างหน้าปัดแสดงผลข้อมูลแบบเวลาจริง และส่งการแจ้งเตือนผ่านบริการต่างๆ เช่น Firebase Cloud Messaging (FCM) หรือ Twilio SMS โดยมีแพลตฟอร์มที่เป็นที่นิยม ได้แก่ AWS IoT Core, Azure IoT Hub และ Google Cloud IoT

2.3.4.1 ฐานข้อมูลเวลาจริงไฟร์เบส (Firebase Realtime Database)

2.3.4.1.1 การซิงโครไนซ์ข้อมูลแบบเวลาจริง (Real-time synchronization) สามารถอัปเดตข้อมูลได้ในระยะเวลาต่ำกว่า 1 วินาที ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับระบบการแจ้งเตือนในระบบติดตามผู้ป่วยระยะไกล (RPM)

2.3.4.1.2 โครงสร้างข้อมูลแบบ NoSQL รองรับการจัดการข้อมูลสุขภาพในรูปแบบ JSON และสามารถขยายระบบ (Scalability) เพื่อรองรับผู้ใช้งานจำนวนมากได้

2.3.4.1.3 การรองรับการทำงานแบบออฟไลน์ (Offline support) ระบบสามารถจัดเก็บข้อมูลไว้ในอุปกรณ์ชั่วคราว และจะทำการซิงโครไนซ์เข้าสู่ระบบส่วนกลางโดยอัตโนมัติเมื่อสมาร์ทโฟนเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

2.3.4.1.4 ความสามารถในการบูรณาการ สามารถเชื่อมต่อกับชุดพัฒนาซอฟต์แวร์ (SDK) ของระบบปฏิบัติการ Android และ iOS ได้อย่างสะดวก รองรับการยืนยันตัวตน (Authentication) ตลอดจนการทำงานร่วมกับ ML Kit สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลบนอุปกรณ์ (On-device analysis)

2.4 ทฤษฎีพฤติกรรมการตอบสนองต่อการแจ้งเตือน (Notification Response Theory)

แนวคิดเกี่ยวกับการตอบสนองต่อการแจ้งเตือน มีรากฐานมาจากทฤษฎีการตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Stimulus-Response Theory) และแนวทางการบริหารจัดการความสนใจ (Attention Management) ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดสำคัญในการอธิบายพฤติกรรมของผู้ใช้งาน ว่ามีแนวโน้มที่จะตอบสนอง เปิดรับ หรือเกิดความเพิกเฉยต่อระบบการแจ้งเตือนเมื่อเวลาผ่านไป

2.4.1 ภาวะข้อมูลล้น และความล้าจากการแจ้งเตือน (Information Overload and Alert Fatigue)

ทฤษฎีนี้อธิบายถึงสภาวะที่ผู้ใช้งานได้รับปริมาณการแจ้งเตือนที่มากเกินพอดี ส่งผลให้เกิดความเหนื่อยล้าทางสติปัญญาและนำไปสู่การเพิกเฉย (Ignore) ต่อข้อความ แม้ว่าจะเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญระดับวิกฤตก็ตาม ปรากฏการณ์นี้อาจนำไปสู่การปฏิเสธการรับข่าวสาร (Notification Dropout) หรือการปิดกั้นสิทธิ์การแจ้งเตือนโดยสมบูรณ์ ในบริบทของการดูแลผู้สูงอายุ การแจ้งเตือนที่มีความซ้ำซ้อนหรือเกิดขึ้นในเวลาที่ไม่เหมาะสม อาจสร้างความสับสนและลดทอนประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังทางสุขภาพลงอย่างมีนัยสำคัญ

2.4.2 เศรษฐศาสตร์ความสนใจและทฤษฎีภาระทางปัญญา (Attention Economy and Cognitive Load Theory)

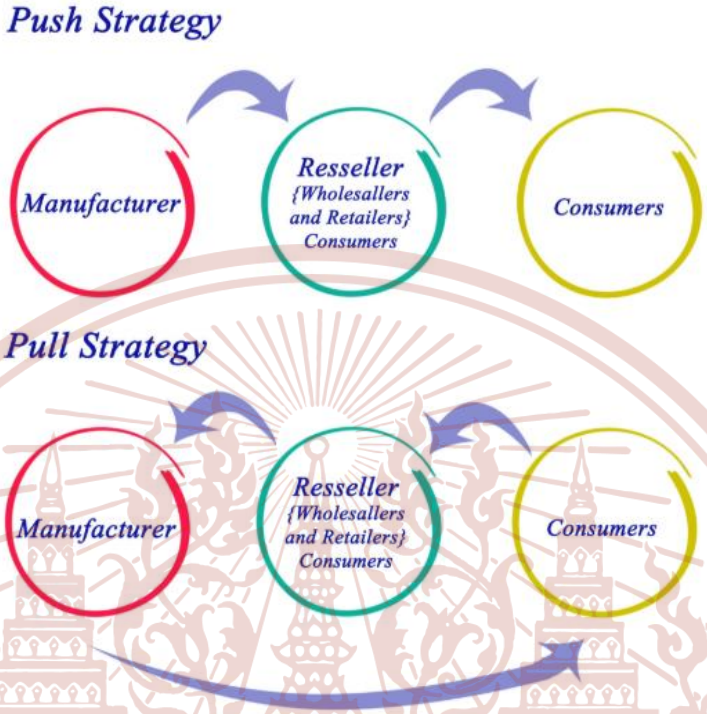
ในสภาวะแวดล้อมที่เต็มไปด้วยสิ่งเร้า การแจ้งเตือนเปรียบเสมือนกลไกในการดึงดูดและแย่งชิงความสนใจของผู้ใช้งาน ดังนั้นการออกแบบระบบการแจ้งเตือนที่มีประสิทธิภาพจึงต้องมุ่งเน้นการลดทอนสิ่งรบกวน (Noise reduction) และควบคุมภาระทางปัญญา (Cognitive load) โดยใช้รูปแบบข้อความที่กระชับ ตรงประเด็น รวมถึงมีการกำหนดกลุ่มเป้าหมายและช่วงเวลาในการส่งข้อความที่เหมาะสม (Time-based Push) เช่น การหลีกเลี่ยงการรบกวนในยามวิกาล (Quiet Hours) เพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบการใช้ชีวิตและการรับรู้ของผู้สูงอายุ

2.4.3 รูปแบบการส่งและดึงข้อมูล (Push and Pull Information Model)

รูปแบบการกระจายข้อมูลในระบบสารสนเทศสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะหลัก ได้แก่

2.4.3.1 การส่งข้อมูล (Push Model) เป็นกลไกที่ระบบศูนย์กลาง เช่น เครื่องแม่ข่าย หรือระบบคลาวด์ ทำการส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้งานโดยตรงโดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องร้องขอ ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งกับสถานการณ์ที่ต้องการการตอบสนองแบบทันทีทันใด เช่น การแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินทางการแพทย์ หรือการเตือนการรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุ

2.4.3.2 การดึงข้อมูล (Pull Model) เป็นกลไกที่ผู้ใช้งานต้องเป็นผู้ริเริ่มการร้องขอ หรือเปิดเข้าสู่แอปพลิเคชันเพื่อเรียกดูข้อมูลด้วยตนเอง



ภาพที่ 2-8 8 แนวคิดกลยุทธ์แบบส่งและกลยุทธ์แบบดึง (Push and Pull Strategy) [53]

2.4.2 ทฤษฎีการสื่อสารและการมีส่วนร่วมของผู้ใช้งาน (User Engagement and Persuasive Design)

2.4.2.1 เทคโนโลยีโน้มน้าวใจ (Persuasive Technology และ Hook Model) เป็นการประยุกต์ใช้กลยุทธ์การสื่อสารผ่านการแจ้งเตือนเพื่อกระตุ้นให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม (Behavioral trigger) เช่น การใช้ข้อความแจ้งเตือนสถานะสุขภาพฉุกเฉินว่าพบความผิดปกติของอัตราการเต้นของหัวใจผู้สูงอายุ กรุณาตรวจสอบทันที กลยุทธ์นี้อาศัยหลักการมอบข้อมูลที่มีคุณค่า (Value provision) เพื่อกระตุ้นให้ผู้ดูแลเกิดความตระหนักและตอบสนองต่อสถานการณ์อย่างมีความรับผิดชอบ

2.4.2.2 ความสอดคล้องกับเป้าหมายของผู้ใช้ (User Goal and Relevance Alignment) ทฤษฎีนี้ให้ความสำคัญกับความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาของการแจ้งเตือนและวัตถุประสงค์หลักของผู้ใช้งาน เช่น ความต้องการของผู้ดูแลที่ต้องการทราบความปลอดภัยของผู้สูงอายุ การคัดกรองส่งเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นและตัดทอนข้อมูลที่ไม่มีนัยสำคัญออกไป จะช่วยให้ผู้ใช้งานตระหนักถึงอรรถประโยชน์ที่แท้จริงของระบบ

2.4.5 ทฤษฎีระบบเชิงวิศวกรรมสำหรับเครือข่ายการแจ้งเตือน (System and Architecture Theory)

2.4.5.1 สถาปัตยกรรมแบบขับเคลื่อนด้วยเหตุการณ์ (Event-Driven Architecture และ Pub-Sub Model) ระบบการแจ้งเตือนแบบส่งตรง (Push Notification) อาศัยสถาปัตยกรรมที่ขับเคลื่อนด้วยเหตุการณ์ โดยเมื่อเกิดสถานการณ์ที่กำหนดไว้ (เช่น สัญญาณชีพผิดปกติ) ระบบจะทำการส่งผ่านเหตุการณ์นั้นไปยังคิวข้อความ (Message queue) หรือระบบสั่งสมและกระจายข้อมูล (Publish-Subscribe system) จากนั้นบริการจัดการการแจ้งเตือนจะทำหน้าที่จัดส่งข้อความไปยังอุปกรณ์ปลายทาง โครงสร้างดังกล่าวช่วยให้ระบบมีความสามารถในการขยายตัว (Scalability) และมีความทนทานต่อความผิดพร่อง (Fault tolerance) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการรองรับฐานข้อมูลผู้ใช้งานจำนวนมาก

2.4.5.2 การควบคุมอัตราการส่งและระบบจัดการความผิดพลาด (Rate Limiting, Retry Logic และ Priority Queuing) เป็นกลไกเชิงวิศวกรรมเพื่อควบคุมปริมาณและคุณภาพของการส่งข้อมูล ป้องกันไม่ให้ระบบทำการส่งข้อความในปริมาณที่มากเกินไปจนถูกระงับการให้บริการโดยแพลตฟอร์มส่วนกลาง (เช่น FCM หรือ APNs) นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้ตรรกะการส่งซ้ำแบบหน่วงเวลาทวีคูณ (Exponential backoff) และคิวจัดการข้อความที่ตกหล่น (Dead-letter queue) เพื่อบริหารจัดการข้อผิดพลาดในกรณีที่อุปกรณ์ปลายทางขาดการเชื่อมต่อเครือข่าย ซึ่งเหมาะสมกับข้อจำกัดทางกายภาพของผู้สูงอายุที่อาจอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่เสถียร

2.4.6 ทฤษฎีปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์และการออกแบบสำหรับผู้สูงอายุ (HCI and Elderly-Centered Design)

2.4.6.1 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ (Human-Computer Interaction หรือ HCI) การออกแบบระบบแจ้งเตือนจำเป็นต้องยึดหลักการออกแบบที่คำนึงถึงข้อจำกัดทางกายภาพและการรู้คิดของผู้สูงอายุ (Elderly-Friendly Design) ตามมาตรฐานแนวทางการออกแบบแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา ข้อความที่ส่งควรมีลักษณะสั้น ชัดเจน ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน มีความยาวไม่เกิน 1-2 บรรทัด และควรมาพร้อมกับตัวเลือกการตอบสนองที่มองเห็นได้อย่างชัดเจน

2.4.6.2 การควบคุมสิทธิ์และการตั้งค่าความพึงพอใจ (User Control and Preference Configuration) หลักการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้งาน (UX Design) ที่ดี ควรเปิดโอกาสให้ผู้ใช้มีสิทธิอำนาจในการบริหารจัดการการรับแจ้งเตือนด้วยตนเอง เช่น การเลือกรับเฉพาะหมวดหมู่ที่ต้องการ (อาทิ การรับประทานยา, เหตุฉุกเฉิน, นัดหมายแพทย์) หรือการกำหนดช่วงเวลาห้ามรบกวน ระบบที่มีประสิทธิภาพจึงควรได้รับการออกแบบให้รองรับการตั้งค่าสิทธิพิเศษส่วนบุคคล (Preference setting) ภายในแอปพลิเคชัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการใช้ฐานข้อมูลคลาวด์ร่วมสมัย

2.5 การพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือ

2.5.1 แบบจำลองการสร้างต้นแบบ (Prototyping Model)

2.5.1.1 นิยามและแนวคิด แบบจำลองการสร้างต้นแบบ คือระเบียบวิธีในการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่เริ่มต้นจากการสร้างต้นแบบ (Prototype) เพื่อให้ผู้ใช้งานกลุ่มเป้าหมายได้ทดลองใช้งานในระยะเริ่มต้นของโครงการ จากนั้นจึงนำผลตอบกลับ (Feedback) มาปรับปรุงและทำซ้ำ (Iteration) จนกว่าจะได้ข้อกำหนดความต้องการ (Requirements) และประสบการณ์การใช้งานที่เหมาะสม ก่อนเข้าสู่กระบวนการพัฒนาระบบจริงอย่างเต็มรูปแบบ แนวคิดหลักของขั้นตอนนี้คือการลดความเสี่ยงจากการตีความความต้องการที่คลาดเคลื่อน และเพิ่มความถี่ในรอบการทดลองและประเมินผล ซึ่งช่วยให้ทีมวิจัยสามารถวิเคราะห์ทางเลือกและปรับปรุงรูปแบบการทำงานได้อย่างรวดเร็ว งานวิจัยด้านการออกแบบที่มีมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (Human-Centered Design หรือ HCD) และระบบสุขภาพผ่านโทรศัพท์มือถือ (mHealth) สำหรับผู้สูงอายุ ล้วนชี้ให้เห็นว่า การมีส่วนร่วมของผู้ใช้งานจริงผสานกับการทดสอบซ้ำ เป็นหัวใจสำคัญในการออกแบบที่สามารถตอบสนองต่อข้อจำกัดด้านสายตา การเคลื่อนไหว และภาระทางการรู้คิด (Cognitive load) ของผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.1.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน (Process and Steps) การดำเนินงานตามแบบจำลองการสร้างต้นแบบในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

2.5.1.2.1 การรวบรวมความต้องการ (Requirement Elicitation) รวบรวมข้อมูลบริบทของผู้ใช้งาน (Persona) ทั้งกลุ่มผู้สูงอายุและผู้ดูแล สร้างแผนผังการเดินทางของผู้ใช้ (User Journey) และระบุข้อจำกัดทางกายภาพและสภาพแวดล้อม เช่น การใช้งานบนหน้าจอโทรศัพท์ขนาดเล็ก สภาพแสงสว่าง และระดับความเร่งด่วนของการแจ้งเตือน

2.5.1.2.2 การออกแบบอย่างรวดเร็ว (Quick Design) สร้างโครงร่างหน้าจอความละเอียดต่ำ (Low-fidelity wireframe) หรือแบบจำลองที่สามารถโต้ตอบได้ (Clickable mockup) โดยกำหนดโครงสร้างหน้าจอหลัก เช่น หน้ากระดานแสดงผล (Dashboard) รายการการแจ้งเตือน (Alert list) รายละเอียดการแจ้งเตือน (Alert detail) การตั้งค่า (Setting) และส่วนช่วยเหลือ (Help)

2.5.1.2.3 การสร้างต้นแบบ (Build Prototype) แบ่งระดับความละเอียดของการสร้างต้นแบบ (Prototype fidelity) ออกเป็นระยะ โดยรอบแรกจะมุ่งเน้นไปที่กระบวนการทำงาน (User flow) และการใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ส่วนรอบถัดมาจะเพิ่มองค์ประกอบการทำงานจริง เช่น ระบบการแจ้งเตือนแบบส่งตรง (Push notification) การแสดงระดับความเสี่ยง และปุ่มสั่งการ แนวคิดสำคัญของการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว (Rapid prototyping) คือการทำให้รอบของการทดสอบและประเมินผลสั้นลง เพื่อให้สามารถปรับปรุงได้หลายรอบ

2.5.1.2.4 การประเมินผลโดยผู้ใช้และผู้เชี่ยวชาญ (User and Expert Evaluation)

2.5.1.2.4.1 กลุ่มผู้สูงอายุ ทำการทดสอบความสามารถในการใช้งาน (Usability test) โดยอิงตามภาระงาน (Task-based) ประเมินผลผ่านเทคนิคการคิดออกเสียง (Think-aloud) อัตราการเกิดข้อผิดพลาด (Error rate) และระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานสำเร็จ (Completion time)

2.5.1.2.4.2 กลุ่มผู้ดูแลและบุคลากรทางการแพทย์ ประเมินความเข้าใจต่อระดับความเสี่ยง ความชัดเจนของข้อความแจ้งเตือน และความเหมาะสมของขั้นตอนการตอบสนอง ทั้งนี้ การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic review) แนะนำอย่างชัดเจนว่า การยืนยันประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันสำหรับผู้สูงอายุด้วยการทดสอบการใช้งานจริง เป็นขั้นตอนที่ขาดไม่ได้

2.5.1.1.5 การปรับปรุงและทำซ้ำ (Refinement) ปรับเปลี่ยนส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (UI) ข้อความ หรือลำดับขั้นตอน ตามปัญหาที่พบจากการทดสอบ (เช่น ตัวอักษรขนาดเล็ก ปุ่มกดยาก หรือการนำทางที่ซับซ้อน) โดยดำเนินการทดสอบซ้ำจนกว่าตัวชี้วัดด้านความสามารถในการใช้งานจะอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และผู้ใช้งานสามารถเข้าใจและบรรลุวัตถุประสงค์หลักได้

2.5.1.1.6 การพัฒนาระบบจริง (Engineering the Final Product) เปลี่ยนผ่านจากระบบต้นแบบสู่การพัฒนาระบบจริงตามมาตรฐานทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์ (ครอบคลุมด้านความปลอดภัย การเก็บบันทึกข้อมูล และความน่าเชื่อถือของระบบแจ้งเตือน) พร้อมทั้งกำหนดเกณฑ์ความสำเร็จของต้นแบบ (Prototype exit criteria) เช่น คะแนน System Usability Scale (SUS) หรืออัตราความสำเร็จของงาน (Task success rate) ที่ยอมรับได้

2.5.2 การพัฒนาบนแพลตฟอร์มแอนดรอยด์ (Android Platform)

2.5.2.1 สัดส่วนผู้ใช้งานในประเทศไทย อ้างอิงจากข้อมูลส่วนแบ่งการตลาดของระบบปฏิบัติการบนสมาร์ทโฟนในประเทศไทย (ณ เดือนมกราคม ค.ศ. 2026) พบว่าระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) มีสัดส่วนการใช้งานสูงถึงร้อยละ 68 ในขณะที่ iOS มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 31

2.5.2.2 ความหลากหลายของอุปกรณ์ ระบบนิเวศของแอนดรอยด์ (Android ecosystem) มีอุปกรณ์รองรับในหลากหลายระดับราคา ซึ่งสอดคล้องกับบริบททางเศรษฐกิจและเหมาะสมกับการจัดหามาใช้งานของผู้สูงอายุหรือครอบครัวทั่วไป

2.5.2.3 การบูรณาการระบบแจ้งเตือน โครงสร้างของระบบปฏิบัติการเอื้อต่อการเชื่อมต่อและจัดการระบบการแจ้งเตือนได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ซับซ้อน

2.5.2.4 เครื่องมือสำหรับการพัฒนา

2.5.2.4.1 Android Studio เป็นโปรแกรมประยุกต์และสภาพแวดล้อมสำหรับการพัฒนา (Integrated Development Environment หรือ IDE) อย่างเป็นทางการของแอนดรอยด์ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือสนับสนุนการสร้างและทดสอบแอปพลิเคชันอย่างครบถ้วน เช่น โปรแกรมจำลองการทำงาน (Emulator) เครื่องมือสร้างชุดคำสั่ง (Build tools) และระบบแก้ไขจุดบกพร่อง (Debugging)

2.5.2.4.2 .NET Multi-platform App UI (.NET MAUI) เป็นเฟรมเวิร์กของบริษัทไมโครซอฟท์ (Microsoft) สำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบข้ามแพลตฟอร์ม (Cross-platform) ที่ช่วยให้นักพัฒนาสามารถสร้างแอปพลิเคชันแบบเนทีฟ (Native app) จากฐานรหัสผ่านชุดเดียว (Single shared codebase) โดยสามารถรองรับระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย ทั้ง Android, iOS, macOS และ Windows ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาและลดภาระในการบำรุงรักษาระบบอย่างเป็นรูปธรรม

2.5.3 หลักการออกแบบ UI/UX สำหรับผู้สูงอายุ (Elderly-Centered Design)

2.5.3.1 การจัดรูปแบบตัวอักษร (Typography) และการรองรับการปรับขนาด แนวทางการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับผู้สูงอายุให้ความสำคัญกับขนาดตัวอักษรที่ใหญ่และอ่านง่าย ขนาดตัวอักษรบนหน้าจอโทรศัพท์มือถือควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 16 พอยต์ (Points) และควรเลือกใช้รูปแบบอักษรที่ไม่มีเชิง (Sans-serif) ไม่เป็นตัวเอียง และจัดย่อหน้าชิดซ้าย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอ่าน นอกจากนี้ ระบบต้องรองรับการปรับขยายขนาดตัวอักษร (Text scaling) โดยในแอนดรอยด์ควรกำหนดหน่วยเป็น sp (Scalable pixels) เพื่อให้ตัวอักษรสามารถขยายขนาดได้ตามการตั้งค่าการเข้าถึง (Accessibility settings) ของผู้ใช้งาน ป้องกันปัญหาตัวอักษรไม่ปรับขนาดตามความต้องการ

2.5.3.2 สีพื้นหลังและความเปรียบต่าง (Color and Contrast) ต้องมีความเปรียบต่างระหว่างตัวอักษรและสีพื้นหลังในระดับที่เพียงพอ ตามมาตรฐาน W3C ซึ่งกำหนดว่าอัตราส่วนความเปรียบต่างควรมีค่าอย่างน้อย 4.5:1 สำหรับตัวอักษรขนาดปกติ และ 3:1 สำหรับตัวอักษรขนาดใหญ่ นอกจากนี้ ควรหลีกเลี่ยงการใช้สีเป็นสื่อสัญลักษณ์เพียงอย่างเดียว โดยต้องมีไอคอน ป้ายกำกับ หรือข้อความอธิบายควบคู่เสมอ เพื่อลดปัญหาการสื่อความหมายผิดพลาดในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะเสื่อมของการแยกแยะสี

2.5.3.3 ขนาดพื้นที่ตอบสนองการสัมผัส (Touch Target) และระยะห่าง ขนาดของปุ่มหรือพื้นที่ที่รองรับการสัมผัสควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 48x48 dp (ประมาณ 9 มิลลิเมตร) และควรมีการเว้นระยะห่างระหว่างปุ่ม (เช่น 8 dp) เพื่อป้องกันการกดผิดพลาด (Fat-finger errors) ทั้งนี้ การกำหนดขนาดและระยะห่างที่เหมาะสม มีผลโดยตรงต่อความแม่นยำในการสั่งงานของผู้สูงอายุ

2.5.3.4 ความเรียบง่ายของการนำทาง (Navigation) และการลดภาระทางการรู้คิด

2.5.3.4.1 โครงสร้างการนำทางต้องสั้น กระชับ และมีความสม่ำเสมอ (Consistent) ควรจำกัดเมนูหลักให้อยู่ระหว่าง 3-5 รายการ พร้อมทั้งมี ปุ่มย้อนกลับ หรือเส้นทางการนำทาง (Breadcrumb) ที่ชัดเจน เพื่อลดปัญหาการหลงทางในแอปพลิเคชัน รวมทั้งหลีกเลี่ยงการใช้คำสั่งนิ้วมือที่ซับซ้อน (Multi-finger gestures) และภาพเคลื่อนไหวที่รบกวนสายตา

2.5.3.4.2 การแสดงผลเนื้อหาควรยึดหลักหนึ่งหน้าจอต่อหนึ่งภารกิจ โดยลดความหนาแน่นของข้อมูล (Information density) ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย และหลีกเลี่ยงศัพท์เทคนิค

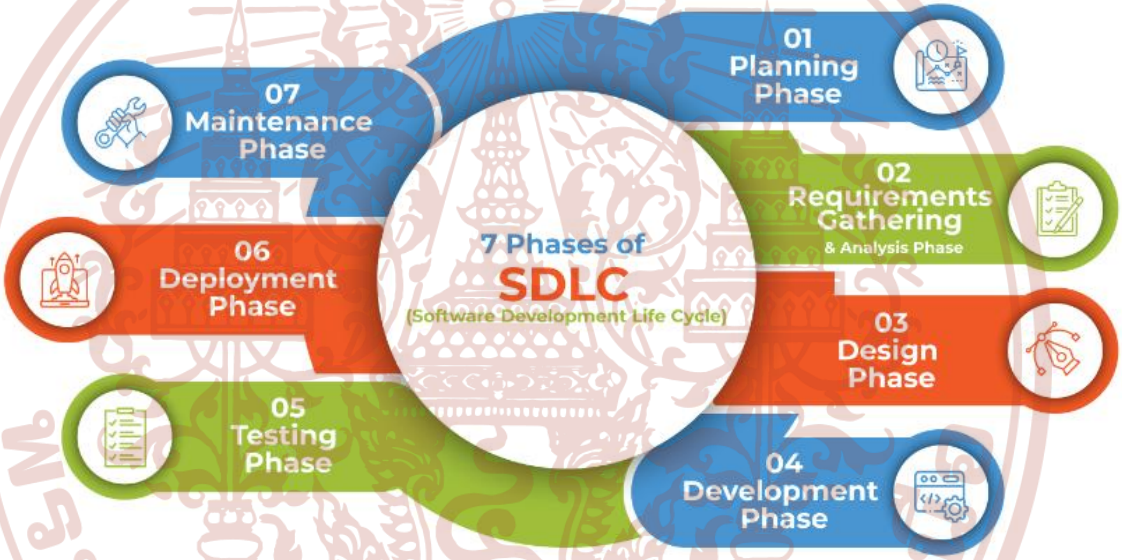
2.5.3.4.3 การแสดงผลการแจ้งเตือนความเสี่ยง ควรออกแบบให้มีการแยกส่วนระหว่างระดับความเสี่ยง เช่น สูง, ปานกลาง, ต่ำ ออกจากสาเหตุหรือคำอธิบาย อย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถประมวลผลข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว

2.6 ทฤษฎีการพัฒนาระบบ (System Development Theories)

2.6.1 ทฤษฎีการพัฒนาระบบ (System Development Theories) การพัฒนาระบบสารสนเทศถือเป็นกระบวนการทางวิศวกรรมที่จำเป็นต้องอาศัยหลักการและวิธีการที่มีมาตรฐาน เพื่อให้ระบบที่สร้างขึ้นมีคุณภาพ ตอบโจทย์การใช้งานจริง และช่วยลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงการ รากฐานสำคัญของกระบวนการนี้คือวงจรชีวิตการพัฒนาระบบ System Development Life Cycle (SDLC) ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การเริ่มต้นโครงการ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ การนำไปใช้จริง ไปจนถึงการบำรุงรักษา เมื่อพิจารณาตามกรอบมาตรฐาน ISO/IEC/IEEE 12207:2017 การพัฒนาซอฟต์แวร์ควรดำเนินไปภายใต้กระบวนการที่ชัดเจน เพื่อให้สามารถกำหนดทิศทาง ควบคุม และปรับปรุงการทำงานได้ตลอดช่วงอายุของซอฟต์แวร์ มาตรฐานนี้ไม่ได้มองการพัฒนาระบบเป็นเพียงการเขียนโปรแกรม แต่เป็นการบูรณาการร่วมกับการบริหารจัดการโครงการ การประกันคุณภาพ และการตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ในทางปฏิบัติการเลือกรูปแบบการพัฒนานั้นไม่สามารถนำแนวทางเดียวไปประยุกต์ใช้ได้กับทุกโครงการ ทีมพัฒนาจำเป็นต้องพิจารณาจากบริบทแวดล้อม เช่น ความชัดเจนของความต้องการ ขนาดและความซับซ้อนของระบบ ความเสี่ยงทางเทคนิค ข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากร รวมถึงระดับการมีส่วนร่วมของผู้ใช้งาน หากโครงการมีข้อกำหนดที่นิ่งและเปลี่ยนแปลงน้อย การใช้รูปแบบเชิงลำดับขั้นอาจตอบโจทย์ได้ดีเยี่ยม ในขณะที่โครงการที่มีความไม่แน่นอนสูง การเลือกใช้แนวทางแบบวนรอบหรืออไจล์จะมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์มากกว่า

2.6.1.1 วงจรชีวิตการพัฒนาระบบ (SDLC) กรอบแนวคิดจะอธิบายถึงขั้นตอนหลักในการสร้างระบบสารสนเทศ ซึ่งโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยการวางแผนและศึกษาความเป็นไปได้ การรวบรวมและวิเคราะห์ความต้องการ การออกแบบระบบ การพัฒนาและเขียนโปรแกรม การทดสอบ การนำระบบไปติดตั้งใช้งาน และการบำรุงรักษาระบบ กระบวนการเหล่านี้ช่วยให้ทีมงานสามารถ

ดำเนินงานได้อย่างมีโครงสร้าง ตรวจสอบความคืบหน้าได้เป็นระยะ และกำหนดผลลัพธ์ในแต่ละช่วงได้อย่างเป็นรูปธรรม อีกทั้งยังช่วยเสริมสร้างความเข้าใจที่ตรงกันระหว่างผู้พัฒนา ผู้บริหาร และผู้ใช้งาน ในมุมมองทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์ SDLC เปรียบเสมือนกลไกการควบคุมคุณภาพของโครงการ เนื่องจากผลลัพธ์ในแต่ละระยะจะส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังระยะถัดไป หากมีการรวบรวมความต้องการไม่ครบถ้วนตั้งแต่เริ่มต้น ย่อมส่งผลให้การออกแบบและการพัฒนาผิดพลาด ซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มต้นทุนและเวลาในการแก้ไขปัญหาในภายหลัง การประยุกต์ใช้ SDLC อย่างเคร่งครัดจึงเป็นกุญแจสำคัญในการลดความสูญเสียจากการทำงานซ้ำซ้อนและช่วยให้การตัดสินใจทางเทคนิคมีประสิทธิภาพมากขึ้น

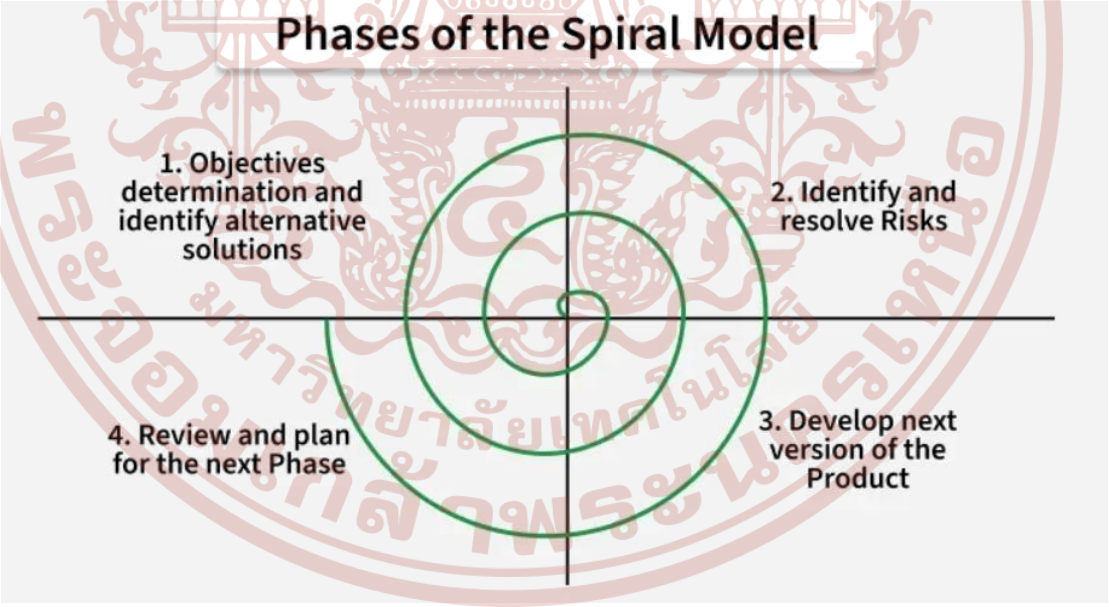


ภาพที่ 2-9 7 ขั้นตอนหลักของการพัฒนาระบบสารสนเทศ (SDLC) [54]

2.6.1.2 แบบจำลองการพัฒนาระบบเชิงลำดับขั้น (Waterfall Model) เป็นรูปแบบการพัฒนาระบบแบบดั้งเดิมที่มีลักษณะการดำเนินงานเป็นลำดับขั้นอย่างตายตัว เริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์ออกแบบ พัฒนา ทดสอบ และส่งมอบ โดยเงื่อนไขสำคัญคือแต่ละขั้นตอนจะต้องดำเนินการให้เสร็จสมบูรณ์ก่อนจึงจะก้าวเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปได้ แนวทางนี้จึงเหมาะสมอย่างยิ่งกับโครงการที่มีขอบเขตความต้องการชัดเจนและมีโอกาสเปลี่ยนแปลงน้อยระหว่างการพัฒนา จุดเด่นของแบบจำลองนี้คือความง่ายในการบริหารจัดการ มีโครงสร้างที่ชัดเจน และเอื้อต่อการจัดทำเอกสารประกอบอย่างครบถ้วน ทำให้การติดตามความคืบหน้าและการประเมินผลเป็นไปอย่างตรงไปตรงมา อย่างไรก็ดี ข้อจำกัดหลักคือการขาดความยืดหยุ่น หากผู้ใช้งานต้องการปรับเปลี่ยนรายละเอียดหรือเพิ่มความต้องการในช่วงท้ายของโครงการ จะก่อให้เกิดความยุ่งยากและมีค่าใช้จ่ายในการย้อนกลับไปแก้ไขระบบที่สูงมาก ด้วยเหตุนี้ Waterfall จึงมักถูกนำไปใช้กับระบบงานที่มีกระบวนการทำงานคงที่

ระบบที่ต้องปฏิบัติตามข้อบังคับขององค์กรอย่างเคร่งครัด หรือโครงการที่มีการระบุขอบเขตงานในสัญญาไว้อย่างชัดเจนตั้งแต่ต้น

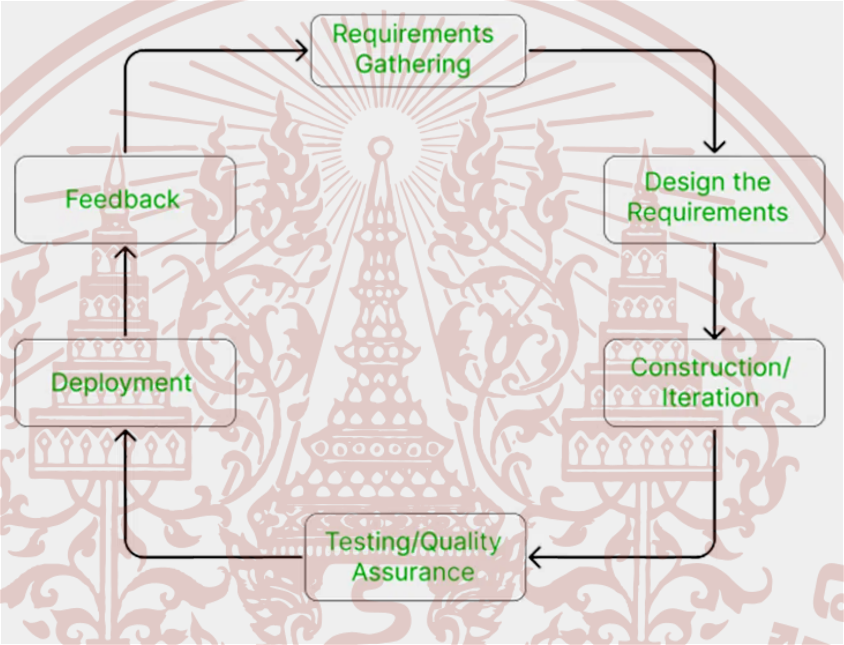
2.6.1.3 แบบจำลองเชิงวนรอบและการสร้างต้นแบบ (Iterative / Prototype / Spiral) สำหรับโครงการที่มีความซับซ้อนและผู้ใช้งานยังไม่สามารถระบุความต้องการที่แน่ชัดได้ การใช้แบบจำลองเชิงวนรอบและการสร้างต้นแบบจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าแบบลำดับขั้น แนวทางนี้เปิดโอกาสให้ทีมงานพัฒนาระบบขึ้นมาเป็นส่วนย่อยๆ แล้วนำไปให้ผู้ใช้งานทดสอบเพื่อขอรับข้อเสนอแนะ ก่อนที่จะนำมาปรับปรุงและต่อยอดในรอบการทำงานถัดไป วิธีนี้จะช่วยลดความเสี่ยงจากการตีความความต้องการคลาดเคลื่อน การสร้างต้นแบบจะเน้นไปที่การทำแบบจำลองหน้าจอหรือการทำงานเบื้องต้นเพื่อให้ผู้ใช้เห็นภาพรวมของระบบได้เร็วขึ้น ซึ่งช่วยดึงความต้องการที่แอบแฝงอยู่ออกมาได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีแบบจำลอง Spiral ที่ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับโครงการที่มีความเสี่ยงสูงเป็นพิเศษ โดยจะเน้นหนักไปที่การวิเคราะห์และบริหารความเสี่ยงในทุกๆ รอบของการพัฒนา ทำให้เหมาะกับโครงการที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีล้ำสมัยหรือมีผลกระทบเชิงระบบในวงกว้าง แม้การพัฒนาในลักษณะนี้จะมีความยืดหยุ่นสูงและตอบสนองต่อผู้ใช้ได้ดี แต่ก็จำเป็นต้องมีการตีกรอบขอบเขตงานอย่างรัดกุม เพื่อป้องกันไม่ให้ระยะเวลาและงบประมาณของโครงการบานปลาย



ภาพที่ 2-10 ขั้นตอนของ Spiral Model [17]

2.6.1.4 ระเบียบวิธีแบบอไจล์ (Agile Methodology) แนวคิดอไจล์ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อยกระดับความสามารถในการปรับตัวของกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ให้สอดรับกับความเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว หัวใจสำคัญของอไจล์ให้คุณค่ากับบุคคลและการสื่อสารมากกว่าเครื่องมือหรือกระบวนการที่ซับซ้อน มุ่งเน้นการสร้างสรรค์ซอฟต์แวร์ที่ใช้งานได้จริงมากกว่าการทำเอกสารที่เกิน

ความจำเป็น เน้นการทำงานร่วมกับลูกค้าอย่างใกล้ชิด และที่สำคัญคือความพร้อมที่จะโอบรับการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการยึดติดกับแผนงานเดิม นอกจากนี้อไจล์ยังส่งเสริมการส่งมอบชิ้นงานทีละส่วนอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเห็นผลลัพธ์และให้ข้อเสนอแนะได้ทันที ลดโอกาสที่ระบบขั้นสุดท้ายจะไม่ตรงกับเป้าหมายทางธุรกิจ ทว่าการจะประยุกต์ใช้อไจล์ให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดนั้น ทีมงานต้องมีทักษะการทำงานร่วมกันที่ยอดเยี่ยม มีวินัยสูง และต้องได้รับการสนับสนุนข้อมูลจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งโครงการ



ภาพที่ 2-11 Agile Model Steps [17]

2.6.1.5 กรอบการทำงาน Scrum เป็นหนึ่งในกรอบการทำงานภายใต้ร่มของ Agile ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โครงสร้างของ Scrum ถูกออกแบบมาให้กระชับและปราดเปรียว โดยจะแบ่งกระบวนการทำงานออกเป็นรอบเวลาสั้นๆ ที่เรียกว่า Sprint เพื่อเป้าหมายในการส่งมอบชิ้นงานที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงเป็นระยะ องค์ประกอบของ Scrum ประกอบด้วยบทบาท กิจกรรม และสิ่งส่งมอบ ในด้านบทบาทจะประกอบไปด้วย Product Owner ซึ่งทำหน้าที่บริหารจัดการและจัดลำดับความสำคัญของความต้องการ Scrum Master ที่คอยสนับสนุนกระบวนการและขจัดอุปสรรคให้ทีม และทีมพัฒนาที่ลงมือสร้างสรรค์ชิ้นงาน สำหรับกิจกรรมหลักจะหมุนเวียนอยู่ภายใต้กรอบของ Sprint ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การวางแผนงาน การประชุมอัปเดตความคืบหน้าระยะสั้นประจำวัน การทบทวนผลงานร่วมกับผู้ใช้งาน และการประเมินเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของทีมในรอบถัดไป ส่วนสิ่งส่งมอบจะรวมถึงรายการความต้องการทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ รายการงานที่ทีมเลือกมาทำในรอบนั้นๆ และชิ้นงานที่พัฒนาเสร็จสิ้นพร้อมใช้งาน การที่ Scrum กำหนดให้มีเป้าหมาย

ของผลิตภัณฑ์ร่วมกัน ทำให้ทีมมองเห็นภาพรวมและทิศทางที่ชัดเจน ส่งผลให้กรอบการทำงานนี้เป็นเครื่องมือที่ทรงพลังสำหรับโครงการที่ต้องการความยืดหยุ่นสูง โดยเฉพาะระบบที่ต้องรับฟังเสียงสะท้อนจากผู้ใช้งานจริงอย่างต่อเนื่อง

2.7 ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance)

การประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศในปัจจุบันก้าวข้ามขอบเขตของการพิจารณาเพียงแค่คุณสมบัติทางเทคนิค ไปสู่การให้ความสำคัญกับระดับการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้งาน แม้ระบบจะถูกออกแบบมาอย่างสมบูรณ์แบบเพียงใด แต่หากผู้ใช้งานมองไม่เห็นประโยชน์ รู้สึกว่าใช้งานยาก หรือขาดปัจจัยสนับสนุนที่เหมาะสม ระบบดังกล่าวก็อาจไม่เกิดการนำไปใช้จริงอย่างยั่งยืน แนวคิดเรื่องการยอมรับเทคโนโลยีจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการอธิบายกลไกการตัดสินใจของผู้ใช้งาน ทั้งในแง่ของการยอมรับ การปฏิเสธ หรือการเลือกใช้งานอย่างต่อเนื่อง แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับและอ้างอิงอย่างแพร่หลายในแวดวงวิชาการ ได้แก่ Technology Acceptance Model (TAM), Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) และ Diffusion of Innovations (DOI)

2.7.1 แนวคิดพื้นฐานของการยอมรับเทคโนโลยี

ทฤษฎีได้อธิบายพฤติกรรมผู้ใช้ว่า การจะตัดสินใจรับเทคโนโลยีใดเทคโนโลยีหนึ่งเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการทำงานนั้น มักเป็นผลลัพธ์มาจากการประเมินร่วมกันระหว่างประโยชน์ที่จะได้รับ ความสะดวกในการใช้งาน อิทธิพลจากสภาพแวดล้อมทางสังคม ตลอดจนความพร้อมของปัจจัยสนับสนุนต่างๆ ทฤษฎีเหล่านี้จึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่นักวิจัยและนักพัฒนาระบบนำมาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์ประสบการณ์ผู้ใช้และประเมินความเป็นไปได้ในการนำระบบไปใช้จริง ในบริบทของระบบสารสนเทศ การยอมรับเทคโนโลยีไม่ได้หยุดอยู่เพียงแค่ความตั้งใจในระยะเริ่มต้น แต่ยังครอบคลุมไปถึงพฤติกรรมการใช้งานจริงและการประยุกต์ใช้อย่างเป็นกิจวัตร การออกแบบระบบที่ตอบโจทย์จึงต้องทำให้ผู้ใช้งานตระหนักถึงศักยภาพของระบบในการยกระดับประสิทธิภาพการทำงาน ควบคู่ไปกับการมีโครงสร้างพื้นฐานรองรับอย่างเพียงพอ เช่น การจัดเตรียมคู่มือ ระบบช่วยเหลือ การจัดการอบรม หรือการเปิดพื้นที่ให้ผู้ใช้ได้ทดลองปฏิบัติก่อนนำไปปฏิบัติงานจริง

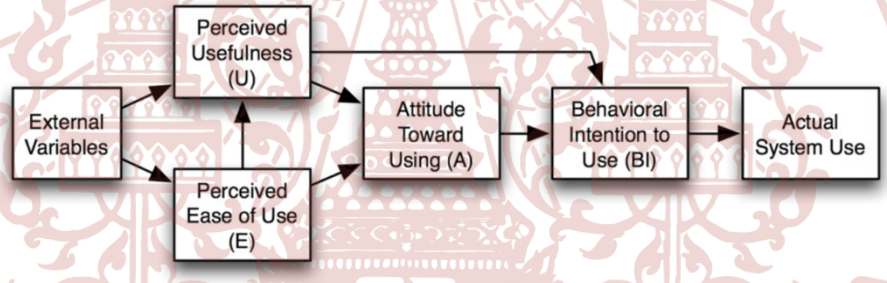
2.7.2 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี Technology Acceptance Model (TAM)

แบบจำลอง TAM ซึ่งนำเสนอโดย Fred D. Davis จากวิทยานิพนธ์ A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results ถือเป็นรากฐานสำคัญของการศึกษาด้านการยอมรับนวัตกรรม โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานหลักที่ว่า พฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยีถูกขับเคลื่อนด้วยตัวแปรหลักสองประการ ได้แก่

2.7.2.1 การรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness) คือความเชื่อที่ว่าเทคโนโลยีสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพหรือยกระดับผลสัมฤทธิ์ของการทำงานได้

2.7.2.2 การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) คือความรู้สึกที่ว่าระบบนั้นสามารถเรียนรู้และใช้งานได้โดยไม่ต้องใช้ความพยายามมากนัก

ตัวแปรทั้งสองส่วนนี้จะส่งผลโดยตรงต่อทัศนคติและความตั้งใจ ซึ่งจะนำไปสู่พฤติกรรมการใช้งานจริงในท้ายที่สุด TAM ยังชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่สำคัญว่า หากระบบมีความง่ายต่อการใช้งาน ผู้ใช้ก็มีแนวโน้มที่จะอนุมานเชื่อมโยงไปถึงประโยชน์ของระบบด้วย ในทางกลับกัน หากระบบมีความซับซ้อนยุ่งยาก ก็จะบั่นทอนทั้งความรู้สึกว่าระบบใช้ง่ายและความเชื่อมั่นในคุณค่าของระบบ ดังนั้นในการประเมินระบบสารสนเทศ การพิจารณาควบคู่กันระหว่างความสามารถในการช่วยลดภาระงานและความเป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน จึงเป็นกุญแจสำคัญที่จะบ่งชี้ถึงโอกาสในการประสบความสำเร็จ



ภาพที่ 2-12 แผนภาพโมเดลการยอมรับเทคโนโลยี Technology Acceptance Model (TAM) [55]

2.7.3 ทฤษฎีรวมการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)

จากงานวิจัย User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View ของ Venkatesh และคณะได้ต่อยอดแนวคิดจากทฤษฎีเดิมเพื่อพัฒนาเป็นแบบจำลอง UTAUT ซึ่งอธิบายพฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยีผ่านโครงสร้าง 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่

2.7.3.1 ความคาดหวังในประสิทธิภาพ (Performance Expectancy) ซึ่งเป็นแนวคิดที่เทียบเคียงได้กับการรับรู้ประโยชน์

2.7.3.2 ความคาดหวังในความพยายาม (Effort Expectancy) ซึ่งสอดคล้องกับความง่ายในการใช้งาน

2.7.3.3 อิทธิพลทางสังคม (Social Influence) คือแรงผลักดันจากการรับรู้ทัศนคติของบุคคลรอบข้างหรือสภาพแวดล้อมที่คาดหวังให้บุคคลนั้นใช้งานระบบ

2.7.3.4 ปัจจัยเกื้อหนุน (Facilitating Conditions) คือความพร้อมของทรัพยากร โครงสร้างพื้นฐาน และการสนับสนุนทางเทคนิค

UTAUT มีจุดเด่นในการเน้นย้ำถึงบทบาทของสภาพแวดล้อมเชิงระบบ ตัวอย่างเช่น หากระบบถูกพัฒนามาเป็นอย่างดีแต่ผู้ใช้งานเผชิญกับปัญหาความไม่เสถียรของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรือขาดผู้คอยให้คำแนะนำเมื่อเกิดปัญหา ข้อจำกัดเหล่านี้อาจนำไปสู่การยุติการใช้งานได้ในที่สุด นอกจากนี้ แบบจำลองดังกล่าวยังให้ความสำคัญกับความแตกต่างระหว่างบุคคล เช่น เพศ ช่วงวัย หรือประสบการณ์ ซึ่งล้วนเป็นตัวแปรแทรกซ้อนที่ทำให้ผู้ใช้งานแต่ละกลุ่มมีความต้องการระดับการสนับสนุนที่แตกต่างกัน

2.7.4 ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม Diffusion of Innovations (DOI)

แนวคิด DOI ของ Everett M. Rogers ในหนังสือ DIFFUSION OF INNOVATIONS ได้อธิบายกระบวนการแพร่กระจายของเทคโนโลยีใหม่เข้าสู่ระบบสังคม โดยให้มุมมองที่กว้างขึ้นว่า การยอมรับนวัตกรรมไม่ได้ขึ้นอยู่กับทัศนคติระดับบุคคลเพียงอย่างเดียว แต่ยังขับเคลื่อนด้วยคุณสมบัติของตัวนวัตกรรม ช่องทางการสื่อสาร ระยะเวลา และบริบททางระบบสังคม Rogers ได้เสนอคุณลักษณะ 5 ประการของนวัตกรรมที่มีผลต่ออัตราความเร็วในการยอมรับ ได้แก่

2.7.4.1 ความได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบ (Relative Advantage) นวัตกรรมนั้นมีประสิทธิภาพเหนือกว่าแนวทางปฏิบัติเดิมมากน้อยเพียงใด

2.7.4.2 ความสอดคล้อง (Compatibility) ความเข้ากันได้กับวิถีปฏิบัติ ค่านิยม และประสบการณ์ที่ผ่านมาของผู้ใช้งาน

2.7.4.3 ความซับซ้อน (Complexity) ระดับความยากง่ายในการทำความเข้าใจและการประยุกต์ใช้

2.7.4.4 ความสามารถในการทดลองใช้ (Trialability) โอกาสในการทดสอบการทำงานของเทคโนโลยีก่อนการตัดสินใจขั้นเด็ดขาด

2.7.4.5 ความสามารถในการสังเกตเห็น (Observability) ความชัดเจนของผลลัพธ์ที่ประจักษ์จากการใช้งาน

ในบริบทของการพัฒนาระบบ โอกาสในการทดลองใช้งานถือเป็นกลยุทธ์สำคัญที่ช่วยลดความกังวลของผู้ใช้ เมื่อผู้ใช้ได้มีส่วนร่วมในการทดสอบระบบร่วมกับข้อมูลจำลอง หรือสัมผัสกับผลลัพธ์ที่ชัดเจน เช่น การประหยัดเวลาหรือการลดข้อผิดพลาด โอกาสที่เทคโนโลยีดังกล่าวจะได้รับการยอมรับก็จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เกี่ยวกับระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุภายในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ โดยเนื้องานจะเกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมและติดตามค่าจากอุปกรณ์สวมใส่ (สมาร์ตวอทช์) การประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลสุขภาพ การออกแบบกลไก

แจ้งเตือนอัตโนมัติไปยังผู้ดูแลเมื่อพบความผิดปกติ ตลอดจนการออกแบบและพัฒนาระบบเพื่อจัดเก็บและแสดงผลข้อมูลสุขภาพบนแอปพลิเคชัน ดังนั้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงประกอบด้วยงานวิจัยด้านระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านด้วยเทคโนโลยี IoT และงานวิจัยด้านการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันหรือระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามและแจ้งเตือนด้านสุขภาพ

Mohanraj Varatharaj [33] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "Integration of Health Monitoring Systems in Smart Home Environments" ซึ่งนำเสนอแนวทางการบูรณาการระบบเฝ้าระวังสุขภาพผู้สูงอายุเข้ากับสภาพแวดล้อมบ้านอัจฉริยะ (Smart Home) โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ร่วมกับโครงข่ายเซนเซอร์อัจฉริยะในการตรวจวัดสัญญาณชีพและข้อมูลทางสรีรวิทยาที่สำคัญ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิร่างกาย และพฤติกรรมการเคลื่อนไหว ข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งผ่านระบบสื่อสารไร้สาย (Wi-Fi และ Bluetooth) เพื่อนำไปประมวลผล ณ ศูนย์กลางข้อมูลบนระบบคลาวด์ (Cloud Computing) สถาปัตยกรรมของระบบถูกออกแบบให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลสุขภาพได้แบบเวลาจริง (Real-time) และมีกลไกแจ้งเตือนทันทีเมื่อตรวจพบเหตุการณ์ผิดปกติ อาทิ อุบัติเหตุการพลัดตกหกล้ม หรือภาวะสัญญาณชีพผิดปกติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดภาระงานของผู้ดูแลและยกระดับประสิทธิภาพการจัดการสุขภาพเชิงป้องกัน (Preventive care) นอกจากนี้ งานวิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่า ควรมีการพัฒนาระบบให้รองรับการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ที่หลากหลายได้อย่างยืดหยุ่น (Interoperability) ตลอดจนยกระดับมาตรการรักษาความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคลทางสุขภาพ เพื่อให้พร้อมรองรับการนำไปใช้งานจริงในบริบทของบ้านอัจฉริยะอย่างยั่งยืนในระยะยาว

Adhan Efendi และคณะ [34] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "IoT-Based Elderly Health Monitoring System Using Firebase Cloud Computing" โดยนำเสนอแนวทางการพัฒนาระบบติดตามสุขภาพที่อาศัยเซนเซอร์แบบสวมใส่ (Wearable sensors) ในการรวบรวมข้อมูลสัญญาณชีพ (Vital signs) ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO2) และอุณหภูมิร่างกาย ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งผ่านเกตเวย์ (Gateway) ไปยังแพลตฟอร์มคลาวด์ Firebase ซึ่งรองรับการจัดการฐานข้อมูลแบบเวลาจริง (Real-time database) ระบบยืนยันตัวตน (Authentication) และระบบการแจ้งเตือน (Notification) นอกจากนี้ งานวิจัยดังกล่าวยังได้บูรณาการร่วมกับการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน (Supervised Machine Learning) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และประเมินสถานะทางสุขภาพของผู้ใช้งานว่าเป็น คงที่ (Stable) หรือ ไม่คงที่ (Not stable) โดยอิงจากการประมวลผลข้อมูลตามเวลาจริง ทั้งนี้ โครงสร้างของระบบได้ถูกออกแบบตามหลักการของสถาปัตยกรรมอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT Architecture) แบบ 3 ระดับชั้น ได้แก่ ชั้นกายภาพ (Physical layer) ชั้นเครือข่าย (Network layer) และชั้นแอปพลิเคชัน (Application layer) เพื่อให้

ระบบมีความยืดหยุ่นในการรองรับการขยายตัว (Scalability) และมีความมั่นคงปลอดภัย (Security) ในการใช้งาน

Mohammed Elkahlout และคณะ [35] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง " IoT-Based Healthcare and Monitoring Systems for the Elderly: A Literature Survey Study " ซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงปริทรรศน์ที่สำรวจระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุในระดับสากล ผู้วิจัยได้รวบรวมและวิเคราะห์บทความวิชาการที่เกี่ยวข้องกว่า 50 บทความ โดยได้จำแนกประเภทของระบบ IoT ออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ (1) ระบบที่อาศัยอุปกรณ์สวมใส่ (Wearable-based systems) เช่น นาฬิกาอัจฉริยะที่ใช้ติดตามอัตราการเต้นของหัวใจและกิจกรรมทางกาย (2) ระบบตรวจจับสภาพแวดล้อม (Ambient sensor systems) ซึ่งอาศัยการติดตั้งเซนเซอร์ภายในที่พักอาศัยเพื่อเฝ้าระวังการเคลื่อนไหวและการพลัดตกหกล้ม และ (3) ระบบแบบผสมผสาน (Hybrid systems) ที่บูรณาการการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์สวมใส่ เซนเซอร์สภาพแวดล้อม และระบบคลาวด์ ทั้งนี้ งานวิจัยดังกล่าวมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองต่อความท้าทายของสังคมสูงวัย โดยเฉพาะประเด็นเรื่องอายุขัยเฉลี่ยของประชากรที่ยาวนานขึ้นแต่กลับสวนทางกับภาวะขาดแคลนผู้ดูแล (Caregiver) ตลอดจนอุบัติการณ์ของกลุ่มโรคเรื้อรัง (Chronic diseases) ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในกลุ่มประชากรผู้สูงอายุ

Theodosie Uwizeyimana, Alexander Ngenzi และ Enan M. Nyesheja M. [36] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "IoT system to monitor health conditions of elderly" ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) โดยประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) รุ่น Arduino Uno ทำงานร่วมกับชุดเซนเซอร์พื้นฐาน ได้แก่ เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และโมดูลรับสัญญาณดาวเทียม (GPS) เพื่อใช้ในการตรวจวัดสัญญาณชีพและติดตามตำแหน่งของผู้ใช้งานแบบเวลาจริง (Real-time) จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปยังระบบคลาวด์เพื่อให้ญาติหรือผู้ดูแลสามารถเฝ้าระวังสถานะสุขภาพของผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนหรือเว็บแอปพลิเคชันได้ การออกแบบระบบดังกล่าวให้ความสำคัญกับความคุ้มค่าด้านต้นทุน (ราคาต่ำกว่า 50 ดอลลาร์สหรัฐ) และความง่ายในการใช้งาน เพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มประชากรผู้สูงอายุที่มีข้อจำกัดด้านทักษะการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (Digital literacy) นอกจากนี้ ตัวระบบยังเน้นย้ำถึงขีดความสามารถในการตรวจจับการพลัดตกหกล้ม (Fall detection) การติดตามพิกัดตำแหน่ง และการแจ้งเตือนล่วงหน้า (Early warning) สำหรับภาวะวิกฤตทางสุขภาพ เช่น โรคลมแดด (Heatstroke) หรือภาวะความผิดปกติของระบบหัวใจ เพื่อให้ตอบรับกับข้อจำกัดและบริบททางสภาพอากาศที่ร้อนจัดในภูมิภาคแอฟริกา

Indra Griha Tofik Isa และคณะ [37] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "Constructing an elderly health monitoring system using fuzzy rules and Internet of Things" งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์

เพื่อแก้ไขปัญหาการจัดการปริมาณข้อมูลมหาศาลที่เกิดจากอุปกรณ์สวมใส่อัจฉริยะ (Wearable sensors) ในระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับผู้สูงอายุ โดยผู้วิจัยได้บูรณาการระบบกฎตรรกะฟัซซี (Fuzzy rules) เข้ามาช่วยในการประมวลผลและตัดสินใจประเมินสถานะสุขภาพแบบเวลาจริง (Real-time) ซึ่งเป็นแนวทางที่ช่วยลดความซับซ้อนของระบบลงได้มากเมื่อเทียบกับการใช้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ในด้านสถาปัตยกรรมฮาร์ดแวร์ ระบบได้ประยุกต์ใช้เซนเซอร์ MAX30100 สำหรับการตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) และระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (Blood Oxygen Saturation) โดยทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อทำการส่งผ่านข้อมูลไปยังแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) ผ่านเครือข่ายคลาวด์ กลไกดังกล่าวจะช่วยให้ผู้ดูแล (Caregiver) สามารถรับทราบการแจ้งเตือนได้อย่างทันท่วงทีเมื่อพบความผิดปกติ ซึ่งนอกจากจะช่วยลดภาระความแออัดของสถานพยาบาลแล้ว ยังเป็นการส่งเสริมศักยภาพในการพึ่งพาตนเอง (Independence) ของผู้สูงอายุได้อย่างเป็นรูปธรรม

N. Ramadevi และคณะ [38] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "IoT-Enabled Smart Wearable for Continuous Elderly Health Monitoring and Predictive Care" งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาการเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุภายในที่พักอาศัย โดยจุดเด่นของระบบไม่เพียงแต่ทำหน้าที่ติดตามสัญญาณชีพ (Vital signs) เช่น ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ (HRV) ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO2) อุณหภูมิร่างกาย และรูปแบบการเคลื่อนไหวเท่านั้น แต่ยังมีความสามารถในการประเมินและคาดการณ์ความเสี่ยงทางสุขภาพล่วงหน้า (Predictive care) เช่น การตรวจจับภาวะพร่องออกซิเจน (Hypoxia) อาการไข้ ภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ (Arrhythmias) รวมถึงการพลัดตกหกล้ม กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวอาศัยการประมวลผลผ่านแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องขนาดเล็ก (Lightweight ML models) ที่ทำงานบนอุปกรณ์ปลายทาง (Edge device) ซึ่งแนวทางนี้มีส่วนช่วยอย่างมากในการลดความหน่วงเวลา (Latency) และลดความเสี่ยงด้านการละเมิดข้อมูลส่วนบุคคลที่อาจเกิดจากการพึ่งพาการประมวลผลบนระบบคลาวด์ (Cloud dependency) นอกจากนี้ ตัวระบบยังถูกออกแบบมาให้มีความยืดหยุ่น สามารถปรับใช้ได้กับสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย ทั้งในระดับครัวเรือนและชุมชน ตลอดจนมีการบริหารจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อรองรับการสวมใส่และเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่องในระยะยาว

José Oscar Olmedo-Aguirre และคณะ [39] ได้นำเสนอบทความงานวิจัยเรื่อง "Remote Healthcare for Elderly People Using Wearables: A Review" งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการรวบรวมและเปรียบเทียบเทคโนโลยีอุปกรณ์สวมใส่อัจฉริยะ (Wearable devices) ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุ อาทิ นาฬิกาอัจฉริยะ (สมาร์ตวอทช์) สายรัดข้อมืออัจฉริยะ (Smartband) และไบโอเซนเซอร์ (Biosensors) โดยครอบคลุมถึงเทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคม (เช่น Bluetooth

LE, ZigBee และ NB-IoT) รวมถึงโปรโตคอลในการส่งผ่านข้อมูลเข้าสู่ระบบคลาวด์ (Cloud Computing) จากการสังเคราะห์ข้อมูลพบว่า โปรโตคอล ZigBee มีความเสถียรภาพสูงและเหมาะสมอย่างยิ่งกับการใช้งานภายในที่พักอาศัย แม้จะมีข้อจำกัดด้านระยะทางการส่งสัญญาณที่ค่อนข้างสั้น ในขณะที่เทคโนโลยี NB-IoT มีความเหมาะสมมากกว่าสำหรับการติดตามสถานะสุขภาพจากระยะไกล เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน นอกจากนี้ ผลการศึกษายังระบุว่า อุปกรณ์สวมใส่ที่ติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG sensor) มีความแม่นยำในการตรวจวัดสัญญาณชีพเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 97 และเมื่อนำมาบูรณาการร่วมกับระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) จะสามารถแจ้งเตือนความเสี่ยงของการเกิดภาวะวิกฤตทางโรคหัวใจล่วงหน้าได้ถึง 30 นาที

Huitong Ding และคณะ [40] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "Assessment of Wearable Device Adherence for Monitoring Physical Activity in Older Adults: Pilot Cohort Study" งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาการใช้งานอุปกรณ์สวมใส่ (รุ่น Verisense watch) ในกลุ่มประชากรผู้สูงอายุ (อายุ 65 ปีขึ้นไป) เพื่อติดตามกิจกรรมทางกาย (Physical activity) ผ่านระบบการเฝ้าระวังระยะไกล (Remote monitoring) โดยกำหนดรอบการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 14 วัน ในทุก ๆ 3 เดือน การศึกษานี้ได้ทำการประเมินความร่วมมือในการสวมใส่อุปกรณ์ (Adherence) ทั้งในรูปแบบรายวัน (มีสัดส่วนการสวมใส่มากกว่าร้อยละ 90 ของวัน) และแบบสะสม (ประเมินจากจำนวนวันทั้งหมดที่สวมใส่) ตลอดจนวิเคราะห์ความสอดคล้อง (Consistency) ของตัวชี้วัดทางสุขภาพจำนวน 18 รายการ อาทิ จำนวนก้าวเดิน และระดับความเข้มข้นของการทำกิจกรรม เพื่อหาระยะเวลาสวมใส่ขั้นต่ำ (Minimum wear time) ที่สามารถให้ผลลัพธ์ของข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ ทั้งนี้ ผลการวิจัยดังกล่าวมีส่วนสำคัญในการสนับสนุนแนวคิดการใช้กิจกรรมทางกายเป็นปัจจัยที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ (Modifiable variable) เพื่อส่งเสริมสุขภาวะทางปริชาน (Cognitive health) หรือระบบความจำและการรู้คิดของผู้สูงอายุ

Huichao Zhang และคณะ [41] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "Wearable Devices in Elderly Chronic Disease Management: A Qualitative Study of Barriers and Facilitators" งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการรับรู้และมุมมอง (Perceptions) ของกลุ่มผู้ป่วยสูงอายุและบุคลากรทางการแพทย์ ที่มีต่อการใช้อุปกรณ์สวมใส่อัจฉริยะ (Wearable devices) สำหรับการเฝ้าระวังสุขภาพ ณ ที่พักอาศัย ท่ามกลางบริบทของสังคมสูงวัยในประเทศจีนที่กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็ว การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์และระบุถึงอุปสรรค (Barriers) ตลอดจนปัจจัยส่งเสริม (Facilitators) เพื่อนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนากลยุทธ์เพื่อสร้างการยอมรับเทคโนโลยี (Adoption) อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการกลุ่มโรคเรื้อรัง (Chronic disease management) การลดความจำเป็นในการเดินทางมาพบแพทย์ที่โรงพยาบาล (In-person

visits) และการส่งเสริมศักยภาพในการดูแลจัดการสุขภาพด้วยตนเอง (Self-management) ของผู้สูงอายุ

Miguel Gomez-Hernandez และคณะ [27] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "Design Guidelines of Mobile Apps for Older Adults: Systematic Review and Thematic Analysis" งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและสังเคราะห์ข้อเสนอแนะด้านการออกแบบ (Design recommendations) จากกลุ่มงานวิจัยที่มีกระบวนการทดสอบความสามารถในการใช้งาน (Usability testing) กับผู้ใช้จริงผลจากการรวบรวมข้อมูลได้นำมาจัดทำเป็นชุดแนวทางปฏิบัติที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อลดช่องว่างความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล (Digital divide) ในกลุ่มประชากรผู้สูงอายุ ซึ่งในปัจจุบันมีอัตราการเข้าถึงและใช้งานแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (อาทิ ระบบบริการสุขภาพเคลื่อนที่หรือ mHealth การทำธุรกรรมทางการเงิน และการเข้าถึงบริการของภาครัฐ) ทว่ากลุ่มผู้ใช้งานดังกล่าวยังคงเผชิญกับข้อจำกัดและปัญหาด้านความสามารถในการใช้งาน (Usability issues) ในระดับที่ค่อนข้างสูง

Zethapong Nimmanterdwong และคณะ [28] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "Human-Centered Design of Mobile Health Apps for Older Adults" ซึ่งมุ่งเน้นการศึกษาและพัฒนาแนวทางการออกแบบแอปพลิเคชันด้านสุขภาพสำหรับกลุ่มประชากรผู้สูงอายุ โดยประยุกต์ใช้กระบวนการออกแบบที่มีมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (Human-Centered Design หรือ HCD) จากการทดสอบร่วมกับกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุจำนวน 30 คน ผลการศึกษาพบว่า อุปสรรคหลักในการใช้งานแอปพลิเคชันคือความซับซ้อนของฟังก์ชันการทำงาน ขนาดของปุ่มกดที่เล็กเกินไป ตลอดจนรูปแบบข้อความที่ยากต่อการอ่าน คณะผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ขึ้นใหม่ โดยให้ความสำคัญกับการปรับปรุงส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน (UI) เช่น การกำหนดขนาดตัวอักษรไม่ให้น้อยกว่า 18 พอยต์ (pt) การใช้สีพื้นหลังที่มีความเปรียบต่างกับข้อความอย่างชัดเจน (High contrast) รวมถึงการลดทอนขั้นตอนการกดเพื่อเข้าถึงเมนูหลักจากเดิม 4 ลำดับขั้น เหลือเพียง 2 ลำดับขั้น ทั้งนี้ภายหลังการนำต้นแบบไปทดสอบประเมินความสามารถในการใช้งาน (Usability testing) ผลปรากฏว่า ระยะเวลาที่ผู้สูงอายุใช้ในการปฏิบัติงานสำเร็จ (Task completion time) ลดลงถึงร้อยละ 35 ประกอบกับมีระดับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยในระดับสูงมาก อยู่ที่ 4.6 จากคะแนนเต็ม 5.0

Adhan Efendi และคณะ [34] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "IoT-Based Elderly Health Monitoring System Using Firebase Cloud" ซึ่งเป็นระบบที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อรองรับการดูแลผู้สูงอายุในบริบทของประเทศกำลังพัฒนา ระบบดังกล่าวอาศัยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ร่วมกับชุดเซนเซอร์ในการตรวจวัดสัญญาณชีพพื้นฐาน ได้แก่ อุณหภูมิร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ (ชีพจร) และพฤติกรรมการเคลื่อนไหว โดยข้อมูลที่รวบรวมได้จะถูกส่งผ่านระบบ

ประมวลผลคลาวด์ Firebase และแสดงผลบนแอปพลิเคชันระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) แบบเวลาจริง (Real-time) ผลการประเมินประสิทธิภาพจากการทดสอบการใช้งานจริงในสถานพยาบาลจำนวน 2 แห่ง บ่งชี้ว่า ระบบสามารถแสดงผลและแจ้งเตือนข้อมูลได้อย่างทันท่วงที เมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉิน (อาทิ ภาวะอุณหภูมิร่างกายสูงผิดปกติ) โดยมีค่าความหน่วงเวลา (Latency) เฉลี่ยในการส่งข้อมูลเพียง 1.2 วินาที นอกจากนี้ โครงสร้างของระบบยังมีต้นทุนการผลิตที่เข้าถึงได้ (ไม่เกิน 1,500 บาทต่ออุปกรณ์) จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการนำไปขยายผลประยุกต์ใช้ในระดับชุมชนหรือพื้นที่ชนบท อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดสำคัญของระบบนี้คือ ประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังแบบเวลาจริงจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนำไปใช้งานในพื้นที่ที่เครือข่ายอินเทอร์เน็ตขาดความเสถียร

Angelin Varghese และ Senthil A. Muthukumaraswamy [42] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "An IoT-Based Health Monitoring System for Elderly Patients" ซึ่งนำเสนอการพัฒนาระบบเฝ้าระวังและติดตามสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ระบบดังกล่าวอาศัยการทำงานของเซนเซอร์ MAX30100 ในการตรวจวัดสัญญาณชีพที่สำคัญ ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจและระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO2) โดยข้อมูลที่ตรวจวัดได้จะถูกส่งผ่านโมดูลสื่อสารไร้สาย ESP8266 (Wi-Fi Module) ไปยังแพลตฟอร์มคลาวด์ ThingSpeak เพื่อทำการประมวลผลและแสดงผลแบบเวลาจริง (Real-time) ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ระบบมีความแม่นยำในการติดตามสถานะทางสุขภาพ และมีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการนำไปใช้งานจริงกับกลุ่มผู้สูงอายุที่พักอาศัยอยู่ภายในบ้านหรือในพื้นที่ห่างไกล นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่า ควรมีการนำระบบดังกล่าวไปขยายผลการใช้งาน เพื่อยกระดับความสามารถในการเข้าถึงบริการด้านสาธารณสุขให้มีความครอบคลุมและทั่วถึงมากยิ่งขึ้น

Kirti Sundar Sahu, Arlene Oetomo และ Plinio P. Morita [43] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "Health Monitoring Using Smart Home and Active Assisted Living (AAL) Technologies: A Scoping Review" ซึ่งนำเสนอการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ (Smart Home) และระบบการดำรงชีวิตอิสระด้วยความช่วยเหลือแบบเชิงรุก (Active Assisted Living หรือ AAL) เพื่อการเฝ้าระวังและติดตามสุขภาพของผู้สูงอายุ การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์บทความวิชาการและระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นแล้วกว่า 100 รายการ เพื่อสังเคราะห์ประเภทของเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้งานเป็นหลัก ได้แก่ เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เซนเซอร์วัดสัญญาณชีพจร ระบบวิเคราะห์พฤติกรรม ตลอดจนการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้ของเครื่อง (AI/ML) เพื่อใช้ในการตรวจจับเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเทคโนโลยีดังกล่าวมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมสุขภาวะของผู้สูงอายุ โดยสนับสนุนกระบวนการจัดการสุขภาพเชิงรุก (Proactive healthcare) และช่วยลดความเสี่ยงจากเหตุการณ์ฉุกเฉินทางการแพทย์ เช่น การ

พลัดตกหกล้ม หรือภาวะความถดถอยทางสุขภาพ นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่าควรมีการส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยี AAL ที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงในชีวิตประจำวัน โดยต้องให้ความสำคัญกับประเด็นความเป็นส่วนตัว (Privacy) ความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล (Data security) และความสะดวกในการใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับกลุ่มประชากรผู้สูงอายุที่มีข้อจำกัดด้านทักษะทางดิจิทัล ยิ่งไปกว่านั้น การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบควรคำนึงถึงความสามารถในการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ (Interoperability) ในระดับสากล เพื่อให้เกิดการขยายผลการใช้งานอย่างแพร่หลายและมีความยั่งยืนในระยะยาว

Supitchapong Tanakietpinyo และคณะ [44] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "Demand for an Internet of Things-based Health Monitoring Pattern to Prevent Falls in the Elderly" ซึ่งเป็นการศึกษารูปแบบความต้องการของระบบเฝ้าระวังสุขภาพโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เพื่อจุดประสงค์ในการป้องกันการพลัดตกหกล้มในกลุ่มประชากรผู้สูงอายุ งานวิจัยมุ่งเน้นการพัฒนาระบบที่สามารถติดตามสภาวะทางสุขภาพได้แบบเวลาจริง (Real-time) อาทิ พฤติกรรมการเคลื่อนไหว ความดันโลหิต และอัตราการเต้นของชีพจร ผ่านโครงข่ายเซนเซอร์ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อัจฉริยะ ข้อมูลที่รวบรวมได้จากเซนเซอร์จะถูกส่งเข้าสู่ระบบประมวลผลส่วนกลางเพื่อวิเคราะห์และประเมินระดับความเสี่ยง พร้อมทั้งมีกลไกแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบสัญญาณบ่งชี้ของการพลัดตกหกล้มหรือสภาวะร่างกายที่ผิดปกติ ทั้งนี้ ตัวระบบยังให้ความสำคัญกับการออกแบบส่วนต่อประสานที่ง่ายต่อการใช้งาน (User-friendly) เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อผู้สูงอายุ และสามารถส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลหรือสมาชิกในครอบครัวได้ทันทีผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้ งานวิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายแก่ภาครัฐและหน่วยงานด้านสาธารณสุขในการส่งเสริมและพัฒนาระบบดังกล่าวในระดับชุมชน เพื่อรองรับการเปลี่ยนผ่านเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุที่กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็วในประเทศไทย

Chaturapron Chokphukhiao และคณะ [45] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "Improving Elderly Healthcare by Health Monitoring and Access to Social Welfare Services by IoTs Integration in Thailand" ซึ่งเป็นการนำเสนอระบบการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุผ่านการบูรณาการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เข้ากับกลไกบริการสาธารณสุขและระบบสวัสดิการของประเทศไทย ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบแพลตฟอร์มที่สามารถจัดเก็บข้อมูลทางสรีรวิทยาแบบเวลาจริง (Real-time) จากอุปกรณ์ IoT อาทิ เครื่องวัดอัตราการเต้นของชีพจร เครื่องวัดความดันโลหิต และอุปกรณ์สวมใส่อัจฉริยะอื่น ๆ โดยระบบจะทำการเชื่อมโยงข้อมูลดังกล่าวเข้ากับฐานข้อมูลสุขภาพกลางของภาครัฐ พร้อมทั้งสนับสนุนการเข้าถึงสิทธิสวัสดิการและบริการทางสังคมอย่างเป็นระบบ ผลจากการทดสอบและดำเนินงานจริงในพื้นที่นำร่องหลายจังหวัด บ่งชี้ว่าระบบนี้มีส่วนช่วยในการเฝ้าระวังและติดตามสถานะทางสุขภาพของผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทั้งยังช่วยลด

ช่องว่างความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงบริการทางการแพทย์ และเสริมสร้างขีดความสามารถในการจัดการสุขภาพเชิงป้องกัน (Preventive care) ได้อย่างต่อเนื่อง ยิ่งไปกว่านั้น งานวิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะว่าควรมีการขยายผลการดำเนินโครงการไปยังพื้นที่อื่น ๆ ในวงกว้าง ควบคู่ไปกับการส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยี (Digital literacy) ให้แก่ผู้ดูแลและบุคลากรในชุมชน เพื่อสร้างความยั่งยืนให้แก่ระบบการดูแลผู้สูงอายุด้วยเทคโนโลยี IoT ในบริบทของสังคมไทยอย่างเป็นรูปธรรม

Worrakrit Wudhiphan และคณะ [46] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "การพัฒนาระบบติดตามผู้สูงอายุที่ติดเตียงโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว SensorTag CC2650STK และ AI เพื่อแจ้งเตือนผู้ดูแลเมื่อผู้สูงอายุอยู่ในท่าทางเดิมนานเกินไป" ซึ่งเป็นการพัฒนาระบบอัจฉริยะเพื่อเฝ้าระวังและป้องกันอุบัติการณ์การเกิดแผลกดทับในผู้ป่วยกลุ่มเป้าหมาย โดยประยุกต์ใช้เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวทำงานร่วมกับอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ได้แก่ K-Nearest Neighbors (K-NN), Decision Tree และ Naïve Bayes เพื่อจำแนกท่าทางและตรวจวัดระยะเวลาการเปลี่ยนอิริยาบถของผู้สูงอายุ ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองพบว่าอัลกอริทึม Decision Tree ให้ค่าความแม่นยำสูงสุดโดยมีค่า F1-score อยู่ที่ 0.97 ระบบดังกล่าวจึงมีศักยภาพสูงในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อยกระดับมาตรฐานการดูแลผู้ป่วยติดเตียง ทั้งในบริบทของสถานพักฟื้นและสถานดูแลผู้ป่วยภายในครัวเรือน เพื่อลดความเสี่ยงทางสุขภาพและเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามดูแลอย่างต่อเนื่อง

Nattapong Apirattanon [47] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "ระบบตรวจวัดสัญญาณชีพและเฝ้าติดตามการล้มของผู้สูงอายุผ่านระบบ IoT" ซึ่งนำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบติดตามสุขภาพภายในที่พักอาศัย โดยอาศัยการบูรณาการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจวัดสัญญาณชีพ ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิร่างกาย และพฤติกรรมการเคลื่อนไหว เพื่อวัตถุประสงค์ในการตรวจจับอุบัติการณ์การพลัดตกหกล้มและสภาวะสุขภาพที่ผิดปกติของผู้สูงอายุแบบเวลาจริง (Real-time) ในด้านสถาปัตยกรรมของระบบ ข้อมูลจากชุดเซนเซอร์จะถูกส่งผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU (ESP8266) ไปยังฐานข้อมูลเวลาจริงบนแพลตฟอร์ม Firebase และดำเนินการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพาทันทีเมื่อตรวจพบเหตุฉุกเฉิน ทั้งนี้ ระบบได้รับการออกแบบโดยเน้นความคุ้มค่าด้านต้นทุน ความสะดวกในการใช้งาน และประสิทธิภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ทั้งในระดับครัวเรือนและสถานพักฟื้นผู้สูงอายุ นอกจากนี้ งานวิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะว่าควรมีการพัฒนาระบบให้รองรับการแจ้งเตือนแบบพหุอุปกรณ์ (Multi-device notification) พร้อมทั้งปรับปรุงส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน (User Interface) ให้สอดคล้องกับข้อจำกัดของผู้ใช้งานสูงวัย เพื่อยกระดับความปลอดภัยและความต่อเนื่องในการเฝ้าระวังสุขภาพอย่างยั่งยืน

Nattapong Songniam และคณะ [48] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "การพัฒนาระบบผู้ช่วยดูแลผู้สูงอายุโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง" ซึ่งนำเสนอการพัฒนานวัตกรรมระบบผู้ช่วยดูแลในรูปแบบตุ๊กตาอัจฉริยะที่ทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพาผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เพื่อวัตถุประสงค์ในการติดตามสุขภาวะและสนับสนุนการดูแลผู้สูงอายุ โดยระบบมีฟังก์ชันหลักในการแจ้งเตือนกำหนดการรับประทานยา การระบุตำแหน่งพิกัดผ่านระบบ GPS การติดตามสถานการณ์ผ่านกล้องแบบเวลาจริง (Real-time) และการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือฉุกเฉินไปยังผู้ดูแล ผลการประเมินประสิทธิภาพจากการทดสอบใช้งานร่วมกับกลุ่มพระภิกษุสูงอายุจำนวน 10 รูป พบว่าผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในเกณฑ์สูง โดยเฉพาะในส่วนของฟังก์ชันการระบุตำแหน่งด้วย GPS (ค่าเฉลี่ย 4.28) และระบบปุ่มกดฉุกเฉิน (ค่าเฉลี่ย 4.24) ทั้งนี้ งานวิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะในการนำระบบดังกล่าวไปขยายผลและปรับใช้กับกลุ่มเป้าหมายอื่นที่มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลผู้สูงอายุในวงกว้าง

Wongsapat Wannayot และคณะ [49] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง "การพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพประสิทธิผลอุปกรณ์ IoT เพื่อการสื่อสารระหว่างผู้สูงอายุป่วยติดเตียงกับผู้ดูแล" ซึ่งนำเสนอการออกแบบนวัตกรรมอุปกรณ์สื่อสารที่ช่วยให้ผู้สูงอายุสามารถส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือไปยังผู้ดูแลได้อย่างสะดวกผ่านกลไกการกดปุ่มสั่งการ ระบบดังกล่าวทำงานบนพื้นฐานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และพัฒนาชุดคำสั่งด้วยโปรแกรม Arduino IDE โดยมีจุดเด่นในการส่งข้อมูลแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มที่ผู้ใช้งานมีความคุ้นเคย ผลการประเมินประสิทธิภาพจากการทดลองใช้งานร่วมกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คนในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก บ่งชี้ว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพและมีความแม่นยำในการรับส่งข้อมูลสูง โดยกลุ่มผู้ดูแลแสดงความพึงพอใจต่อระบบการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ในระดับสูงมาก ทั้งนี้ งานวิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะในการขยายผลการติดตั้งระบบให้ครอบคลุมกลุ่มผู้สูงอายุที่พักอาศัยอยู่ในพื้นที่ห่างไกล เพื่อยกระดับความเท่าเทียมในการเข้าถึงการดูแลและเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ป่วยติดเตียงในวงกว้าง

ผู้วิจัยได้ทำการสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงได้ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชื่องานวิจัย	วิธีที่ใช้	ผลที่ได้มา
Integration of Health Monitoring Systems in Smart Home Environments	- การบูรณาการเซนเซอร์ IoT แบบพหุอุบัติการณ์ (เช่น อุณหภูมิ, อัตราการเต้นของหัวใจ, การเคลื่อนไหว) - โปรโตคอลการสื่อสารไร้สาย (อาทิ Zigbee, Wi-Fi, Bluetooth) - ระบบจัดเก็บและส่งผ่านข้อมูลแบบเวลาจริง (Real-time) - การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างการแจ้งเตือนบนระบบคลาวด์ - การประยุกต์ใช้แพลตฟอร์มมิดเดิลแวร์ (Middleware) เพื่อการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์	งานวิจัยนำเสนอการบูรณาการระบบเฝ้าระวังสุขภาพภายในสภาพแวดล้อมบ้านอัจฉริยะ โดยติดตั้งชุดเซนเซอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูลสัญญาณชีพและพฤติกรรมเชิงสุขภาพแบบเวลาจริง ข้อมูลจะถูกส่งผ่านเครือข่ายไร้สายเข้าผู้ใช้ ผู้ดูแลรายงานว่าระบบมีความสามารถในการใช้งานสูง (Usability) จากการตอบสนองของส่วนต่อประสานที่รวดเร็ว ช่วยลดระยะเวลาการตอบสนองต่อเหตุการณ์จากระดับชั่วโมงสู่ระดับวินาที
IoT-Based Elderly Health Monitoring System Using Firebase Cloud Computing	- การทำ Systematic Literature Review จากงานวิจัยจำนวน 68 ฉบับ - การจำแนกเทคโนโลยีตามลักษณะการประยุกต์ใช้งาน	จากการสังเคราะห์ข้อมูลพบว่าระบบที่ใช้เทคโนโลยีนี้มีค่าความคลาดเคลื่อน (MAPE) ต่ำกว่าร้อยละ 5 ในการวัดสัญญาณชีพและมีความแม่นยำสูงในการติดตามข้อมูลแบบเวลาจริง นอกจากนี้ อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง (ML) มีความแม่นยำมากกว่าร้อยละ 90 ในการจำแนกสถานะทางสุขภาพ เพื่อตรวจจับสัญญาณเตือนล่วงหน้า เช่น ภาวะหัวใจเต้นเร็วเกินกำหนดหรือภาวะพร่องออกซิเจน ในด้านประสบการณ์

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ชื่องานวิจัย	วิธีที่ใช้	ผลที่ได้มา
IoT-Based Healthcare and Monitoring Systems for the Elderly: A Literature Survey Study	- การคัดกรองเบื้องต้นด้วยระบบกฎเกณฑ์ Rule-based Layer (Preliminary Screening) - การจำแนกประเภทด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง Supervised Machine Learning Layer (Random Forest Classifier) - การประมวลผลบนระบบฐานข้อมูลเวลาจริง (Firebase Realtime Processing)	แนวโน้มเทคโนโลยีพบว่าร้อยละ 80 ของระบบใช้เครื่องมือแบบสวมใส่ (Wearable) สำหรับการเฝ้าติดตามเวลาจริง และร้อยละ 60 มีการบูรณาการระบบคลาวด์ (เช่น Firebase/AWS) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล การตรวจจับการพลัดตกหกล้มเป็นฟังก์ชันที่ได้รับความนิยมสูงสุด (ร้อยละ 45) เนื่องจากเป็นสาเหตุหลักของการเสียชีวิตในผู้สูงอายุ
IoT system to monitor health conditions of elderly	- การตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติแบบเวลาจริง (Real-time anomaly detection) - การส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอล MQTT ไปยัง Thingspeak cloud	ระบบมีความแม่นยำในการวัดอัตราการเต้นของหัวใจร้อยละ 92 และอุณหภูมิร้อยละ 95 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง (GPS) น้อยกว่า 10 เมตรในพื้นที่กลางแจ้ง ด้านความสามารถในการใช้งาน (Usability) ได้รับคะแนน SUS สูงถึง 82/100 เนื่องจากอุปกรณ์มีน้ำหนักเบาและแอปพลิเคชันใช้งานง่าย ส่งผลให้ผู้สูงอายุกว่าร้อยละ 90 มีความมั่นใจในการอยู่อาศัยตามลำพังมากขึ้น นอกจากนี้ยังลดระยะเวลาการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินเหลือ

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ชื่องานวิจัย	วิธีที่ใช้	ผลที่ได้มา
		เพียง 10 นาทีผ่านระบบ SMS alert โดยมีต้นทุนการผลิตเพียง 42 ดอลลาร์สหรัฐ
Constructing an elderly health monitoring system using fuzzy rules and Internet of Things	- Fuzzy Logic System (Mamdani Model) เพื่อจัดการกับความไม่แน่นอนของสัญญาณชีพที่มีความผันแปรสูงในผู้สูงอายุ	ระบบมีความแม่นยำในการวัดผลจากเซนเซอร์สูงถึงร้อยละ 98.89 เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ทางการแพทย์มาตรฐาน และการใช้กฎฟัซซี (Fuzzy Rules) จำนวน 9 กฎ สามารถจำแนกสภาวะสุขภาพได้แม่นยำร้อยละ 96 ด้านความสามารถในการใช้งานพบว่ามีความคุ้มค่าด้านต้นทุน (น้อยกว่า 30 ดอลลาร์สหรัฐต่อชุด) และช่วยลดภาระการรับส่งข้อมูลมหาศาล (Data overload) ณ ศูนย์ควบคุมได้
IoT-Enabled Smart Wearable for Continuous Elderly Health Monitoring and Predictive Care	- การประมวลผลแบบ Hybrid Edge-Cloud Processing และการ Lightweight ML เพื่อการคาดการณ์	ระบบสามารถติดตามสัญญาณชีพแบบเวลาจริงได้อย่างแม่นยำ พร้อมระบบแจ้งเตือนเชิงคาดการณ์ (Predictive alerts) เพื่อส่งสัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าก่อนเกิดภาวะวิกฤต อุปกรณ์ถูกออกแบบให้มีน้ำหนักเบาและสวมใส่สบาย ช่วยให้ผู้ดูแลได้รับข้อมูลสุขภาพที่ทันท่วงที จุดเด่นคือการบูรณาการฟังก์ชันที่หลากหลายและการประมวลผล

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ชื่องานวิจัย	วิธีที่ใช้	ผลที่ได้มา
		ภายในตัวเครื่อง ซึ่งช่วยลดช่องว่างระหว่างการดูแลที่บ้านกับการเฝ้าระวังในโรงพยาบาล
Remote Healthcare for Elderly People Using Wearables: A Review	- การวิเคราะห์เทคโนโลยีเซนเซอร์อุปกรณ์สวมใส่และโปรโตคอลการสื่อสารข้อมูล	การประยุกต์ใช้อุปกรณ์สวมใส่ช่วยให้สามารถติดตามสถานะสุขภาพของผู้สูงอายุได้อย่างต่อเนื่องและแม่นยำ โดยการเลือกใช้โปรโตคอลสื่อสารที่เหมาะสม เช่น Bluetooth LE, ZigBee มีผลโดยตรงต่อการบริหารจัดการพลังงานแบตเตอรี่และความเสถียรของระบบเฝ้าระวัง
Assessment of Wearable Device Adherence for Monitoring Physical Activity in Older Adults: Pilot Cohort Study	- การตรวจสอบความถูกต้องทางสถิติ (Statistical Validation) ของข้อมูลการใช้งานอุปกรณ์สวมใส่ในกลุ่มตัวอย่าง	ผลการศึกษาพบว่าผู้สูงอายุมีความร่วมมือในการสวมใส่อุปกรณ์รายวันในระดับสูงมาก (ค่ามัธยฐานร้อยละ 92.1) อย่างไรก็ตาม ความร่วมมือสะสมตลอดระยะเวลาการศึกษายังคงมีข้อจำกัด โดยพบค่านัยสำคัญของข้อมูลที่เสถียรเพียงพอต่อการวิเคราะห์จากตัวชี้วัด 4-5 รายการ เมื่อสวมใส่อุปกรณ์ต่อเนื่องอย่างน้อย 3 วัน ซึ่งช่วยลดภาระของผู้เข้าร่วมวิจัยในการสวมใส่ระยะยาวได้
Wearable Devices in Elderly Chronic Disease Management: A	- การศึกษาเชิงคุณภาพ (Qualitative Study) และเทคนิคการวิเคราะห์เชิงลึก	ผู้ป่วยสูงอายุยอมรับในประโยชน์ด้านการจัดการสุขภาพตนเองแต่ยังเผชิญอุปสรรคจากความ

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ชื่องานวิจัย	วิธีที่ใช้	ผลที่ได้มา
Qualitative Study of Barriers and Facilitators	เพื่อระบุปัจจัยส่งเสริมและอุปสรรค	ซับซ้อนของเทคโนโลยี การใช้เซนเซอร์ช่วยลดการปฏิสัมพันธ์โดยตรงแต่เพิ่มความอุ่นใจผ่านการเฝ้าระวังระยะไกล อย่างไรก็ตาม พบข้อจำกัดด้านทักษะดิจิทัลและต้นทุนอุปกรณ์สำหรับกลุ่มผู้มีรายได้น้อย
Design Guidelines of Mobile Apps for Older Adults: Systematic Review and Thematic Analysis	- การวิเคราะห์เกณฑ์การออกแบบและการวิเคราะห์เชิงประเด็น (Thematic Analysis) - การศึกษาผ่านเกณฑ์การทดสอบ Usability จากงานวิจัย 40 ฉบับ	สังเคราะห์เกณฑ์ออกมา 2 ประการ ได้แก่ 1) การลดความซับซ้อนขององค์ประกอบ (Simplify) และ 2) การเพิ่มขนาดระยะห่างของปุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังนำเสนอแนวทาง 25 ประการใน 5 หมวดหมู่ อาทิ การออกแบบด้านทัศนศิลป์ที่มีความต่างสีสูง (Contrast 4.5:1) และการลด Cognitive Load โดยจำกัดตัวเลือกไม่เกิน 7 รายการต่อหน้าจอ
Human Centered Design of Mobile Health Apps for Older Adults (การออกแบบแอปพลิเคชั่นสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุโดยใช้แนวคิด Human Centered Design)	- การออกแบบโดยมีมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (Human-Centered Design หรือ HCD) - การทดสอบความสามารถในการใช้งาน (Usability testing)	การออกแบบแอปพลิเคชันด้านสุขภาพต้องเน้นผู้ใช้งานสูงอายุเป็นศูนย์กลาง โดยคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งานผ่านการใช้ตัวอักษรขนาดใหญ่ สีสันที่ตัดกันอย่างชัดเจน ระบบแจ้งเตือนที่เข้าใจง่าย และควรมีฟังก์ชันแนะนำวิธีการใช้งานเบื้องต้น (Tutorials) ควบคู่ไปด้วย

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ชื่องานวิจัย	วิธีที่ใช้	ผลที่ได้มา
IoT-Based Elderly Health Monitoring System Using Firebase Cloud	- เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) - ระบบคลาวด์ Firebase - การบูรณาการแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการ Android	การบูรณาการฐานข้อมูล Firebase ช่วยให้ระบบสามารถจัดเก็บข้อมูลสุขภาพและแสดงผลแบบเวลาจริงผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โครงสร้างสถาปัตยกรรมดังกล่าวมีความคุ้มค่าด้านต้นทุนและเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา แม้จะมีข้อจำกัดด้านความจำเป็นในการเชื่อมต่อโครงข่ายอินเทอร์เน็ตก็ตาม
An IoT-Based Health Monitoring System for Elderly Patients	- ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO และ ESP8266 Wi-Fi Module - เซนเซอร์ MAX30100 - แพลตฟอร์มคลาวด์ ThingSpeak	งานวิจัยมุ่งเน้นการพัฒนานวัตกรรมการเฝ้าระวังสุขภาพระยะไกลสำหรับประชากรผู้สูงอายุ โดยประยุกต์ใช้เซนเซอร์ MAX30100 ในการตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจและระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด ข้อมูลสัญญาณชีพจะถูกส่งผ่านโมดูลสื่อสารไร้สาย ESP8266 ไปยังแพลตฟอร์ม ThingSpeak เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถติดตามสภาวะทางสุขภาพได้อย่างทันท่วงทีแบบเวลาจริง ซึ่งช่วยลดความจำเป็นในการเดินทางไปสถานพยาบาลและเพิ่ม

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ชื่องานวิจัย	วิธีที่ใช้	ผลที่ได้มา
		ประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังผู้ป่วยได้อย่างเป็นรูปธรรม
Health Monitoring Using Smart Home and Active Assisted Living (AAL) Technologies A Scoping Review	- การทบทวนและสังเคราะห์งานวิจัยด้านเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะและ AAL - การประยุกต์ใช้เซนเซอร์สภาพแวดล้อมและอุปกรณ์สวมใส่ - การติดตามพฤติกรรมด้วย AI และ ML	งานวิจัยทบทวนการใช้เทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ (Smart Home) และระบบ AAL ในการดูแลผู้สูงอายุ โดยบูรณาการเซนเซอร์ร่วมกับ AI เพื่อวิเคราะห์และแจ้งเตือนเหตุการณ์ผิดปกติ อาทิ การพลัดตกหกล้ม ข้อเสนอแนะระบุว่าควรออกแบบระบบให้ใช้งานง่าย สอดคล้องกับข้อจำกัดของผู้สูงอายุ และส่งเสริมให้แพลตฟอร์มสามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ที่หลากหลาย (Interoperability) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
Demand for an Internet of Things-based Health Monitoring Pattern to Prevent Falls in the Elderly (ความต้องการรูปแบบการติดตามภาวะสุขภาพที่เกี่ยวกับการหกล้มของผู้สูงอายุภายใต้การเชื่อมต่อด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง)	- ระบบติดตามสุขภาพเวลาจริงผ่านเทคโนโลยี IoT - การบูรณาการเซนเซอร์ตรวจวัดทางสรีรวิทยา (ความดันโลหิต, อัตราการเต้นของหัวใจ, การเคลื่อนไหว) - อัลกอริทึมประเมินความเสี่ยงเพื่อคาดการณ์การหกล้ม	ศึกษารูปแบบความต้องการของระบบเฝ้าระวังสุขภาพเพื่อป้องกันการพลัดตกหกล้ม โดยมุ่งเน้นการจัดเก็บและส่งข้อมูลสัญญาณชีพแบบเวลาจริงเข้าสู่ระบบคลาวด์เพื่อประเมินความเสี่ยง ระบบถูกออกแบบให้สอดคล้องกับผู้ใช้งานสูงวัย พร้อมฟังก์ชันแจ้งเตือนล่วงหน้าเมื่อตรวจพบความเสี่ยง
Improving Elderly Healthcare by Health	- ระบบเฝ้าระวังสุขภาพเทคโนโลยี IoT	นำเสนอแพลตฟอร์มจัดเก็บข้อมูลสุขภาพจากอุปกรณ์ IoT ที่

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ชื่องานวิจัย	วิธีที่ใช้	ผลที่ได้มา
Monitoring and Access to Social Welfare Services by IoTs Integration in Thailand (การพัฒนาการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุโดยการติดตามสุขภาพและการเข้าถึงบริการสวัสดิการสังคมด้วยการบูรณาการเทคโนโลยี IoT ในประเทศไทย)	- การบูรณาการฐานข้อมูลสุขภาพและสวัสดิการสังคมระดับชาติ - การวิเคราะห์ข้อมูลแบบรวมศูนย์ (Centralized data analysis)	เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลสวัสดิการของรัฐ ช่วยให้บุคลากรทางการแพทย์สามารถติดตามสภาวะสุขภาพได้อย่างต่อเนื่อง ผลการดำเนินงานในพื้นที่นำร่องบ่งชี้ว่าผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงบริการสาธารณสุขได้ครอบคลุมมากขึ้น ลดความล่าช้าในกระบวนการรักษา
An IoT-based Multi-sensory Intelligent Device for Bedridden Elderly (พัฒนาระบบติดตามผู้สูงอายุที่ติดเตียงโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว SensorTag CC2650STK และ AI เพื่อแจ้งเตือนผู้ดูแลเมื่อผู้สูงอายุอยู่ในท่าทางเดิมนานเกินไป)	- เซนเซอร์ SensorTag CC2650STK - การเรียนรู้ของเครื่อง (K-NN, Decision Tree, Naïve Bayes)	พัฒนาระบบติดตามผู้สูงอายุติดเตียงผ่านเทคโนโลยี AI เพื่อแจ้งเตือนการเปลี่ยนอิริยาบถ ผลการทดลองพบว่าโมเดล Decision Tree มีประสิทธิภาพสูงสุดในการจำแนกท่านอน 4 ประเภท โดยให้ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่า Recall และค่า F1-score เท่ากับ 0.98, 0.97 และ 0.97 ตามลำดับ
Vital Signs and Fall Monitoring System for Elderly via IoT (ระบบตรวจวัดสัญญาณชีพและเฝ้าติดตามการล้มของผู้สูงอายุผ่านระบบ IoT)	- การตรวจจับการหกล้มผ่าน Accelerometer - โมดูล NodeMCU (ESP8266) - ฐานข้อมูลเวลาจริง Firebase	นำเสนอระบบตรวจวัดสัญญาณชีพและการพลัดตกหกล้ม ข้อมูลถูกส่งขึ้นสู่ฐานข้อมูล Firebase พร้อมแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันมือถือเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน งานวิจัยเสนอแนะให้ขยายขีดความสามารถของระบบให้รองรับการแจ้งเตือนแบบพหุจุด (Multi-point alerts) และ

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ชื่องานวิจัย	วิธีที่ใช้	ผลที่ได้มา
		พัฒนาส่วนต่อประสานให้สอดคล้องกับการใช้งานจริงภายในที่พักอาศัย
Development of Elderly Healthcare Buddy using Internet of Things (การพัฒนาระบบผู้ช่วยดูแลผู้สูงอายุโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง)	- การพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยเฟรมเวิร์ก Flutter - การออกแบบระบบเชิงวัตถุ (Object-Oriented Design) - เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ทำงานร่วมกับฮาร์ดแวร์ เช่น กล้องวงจรปิด, เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ, โมดูลระบุพิกัด GPS และปุ่มกดฉุกเฉิน	นำเสนอการพัฒนานวัตกรรมผู้ช่วยดูแลผู้สูงอายุในรูปแบบตุ๊กตาอัจฉริยะที่ทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ระบบรองรับฟังก์ชันการแจ้งเตือนกำหนดการรับประทานยา การติดตามผ่านวิดีโอแบบเวลาจริง (Real-time) การระบุพิกัด GPS และการส่งสัญญาณฉุกเฉิน ผลการทดสอบการใช้งานจริงในกลุ่มตัวอย่างพระภิกษุสูงอายุจำนวน 10 รูป บ่งชี้ว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับมาก โดยฟังก์ชันที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุดคือ ระบบระบุพิกัดด้วย GPS (ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.28) และระบบปุ่มกดขอความช่วยเหลือฉุกเฉิน (ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.24) ตามลำดับ
A Development and Evaluation of Efficiency/Effectiveness of an IoT Device for Communicating between Bed-sick Elderly Patients and Caregivers (การพัฒนา	- การพัฒนาชุดคำสั่งควบคุมด้วยโปรแกรม Arduino IDE (เวอร์ชัน 1.8.5) - การเชื่อมต่อและส่งข้อมูลการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE	งานวิจัยมุ่งพัฒนาอุปกรณ์ IoT เพื่อสนับสนุนการสื่อสารระหว่างผู้ป่วยสูงอายุกลุ่มติดเตียงและผู้ดูแล โดยออกแบบกลไกให้ผู้ป่วยสามารถกดปุ่มสั่งการเพื่อส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือไปยังผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน LINE

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ชื่องานวิจัย	วิธีที่ใช้	ผลที่ได้มา
และประเมินประสิทธิภาพประสิทธิผลอุปกรณ์ IoT เพื่อการสื่อสารระหว่างผู้สูงอายุป่วยติดเตียงกับผู้ดูแล)	- การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (R^2)	ได้โดยตรง ผลการทดสอบภาคสนามกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน ในพื้นที่อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก พบว่านวัตกรรมดังกล่าวสามารถทำงานได้บรรลุตามวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ กลุ่มผู้สูงอายุให้ความสำคัญสูงสุดกับความแม่นยำในการเชื่อมต่อสื่อสารหลังการกดปุ่ม ในขณะที่กลุ่มผู้ดูแลให้ความสำคัญกับความรวดเร็วในการรับสาส์นแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ในทันทีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน ได้นำอัลกอริทึมที่ใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 กรอบแนวความคิดของงานวิจัย

3.2 ขั้นตอนการรวบรวม และเตรียมข้อมูล

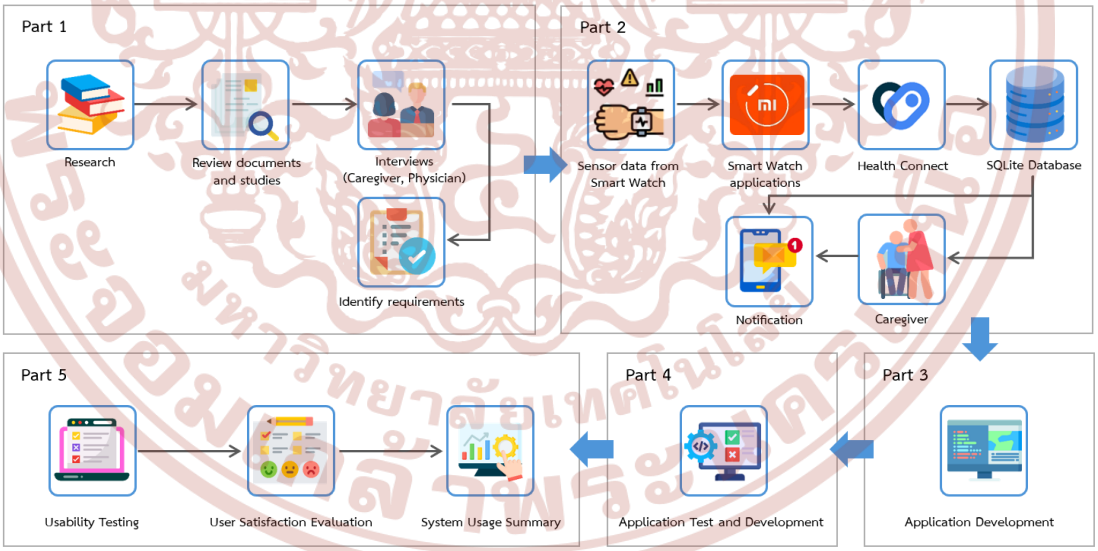
3.3 การออกแบบและพัฒนาระบบ

3.4 การทดสอบระบบ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 กรอบแนวความคิดของงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้า ทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ จึงได้นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วนการทำงาน โดยมีกรอบแนวคิดแสดงดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 กรอบแนวความคิดการพัฒนาระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุ

ส่วนที่ 1 ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการ

ส่วนที่ 2 ขั้นตอนการออกแบบระบบติดตามสุขภาพ

ส่วนที่ 3 ขั้นตอนการพัฒนาระบบต้นแบบ (Prototype Development)

ส่วนที่ 4 ขั้นตอนการทดสอบระบบ

ส่วนที่ 5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลและประเมินประสิทธิภาพ

3.2 ขั้นตอนการรวบรวม และเตรียมข้อมูล

3.2.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เช่น IoT, การติดตามสุขภาพ, Smart Health, การส่งข้อมูลแบบออนไลน์, UX/UI Design

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Uid	Sid	Key	Time	Value	UpdateTime	Convert Time	Convert: UpdateTime
2	6805282549	784564213	calories	1751206980	{"time":1751206980,"calories":2}	1751207049	29/06/2568 2:23 PM	29/06/2568 2:24 PM
3	6805282549	784564213	heart_rate	1751206980	{"time":1751206980,"bpm":76}	1751207049	29/06/2568 2:23 PM	29/06/2568 2:24 PM
4	6805282549	784564213	calories	1751206920	{"time":1751206920,"calories":2}	1751207049	29/06/2568 2:22 PM	29/06/2568 2:24 PM
5	6805282549	784564213	heart_rate	1751206920	{"time":1751206920,"bpm":99}	1751207049	29/06/2568 2:22 PM	29/06/2568 2:24 PM
6	6805282549	784564213	steps	1751206860	{"time":1751206860,"steps":80,"distance":46,"calories":2}	1751207049	29/06/2568 2:21 PM	29/06/2568 2:24 PM
7	6805282549	784564213	calories	1751206860	{"time":1751206860,"calories":2}	1751207049	29/06/2568 2:21 PM	29/06/2568 2:24 PM
8	6805282549	784564213	heart_rate	1751206860	{"time":1751206860,"bpm":100}	1751207049	29/06/2568 2:21 PM	29/06/2568 2:24 PM
9	6805282549	784564213	calories	1751206800	{"time":1751206800,"calories":1}	1751207049	29/06/2568 2:20 PM	29/06/2568 2:24 PM
10	6805282549	784564213	heart_rate	1751206800	{"time":1751206800,"bpm":119}	1751207049	29/06/2568 2:20 PM	29/06/2568 2:24 PM
11	6805282549	784564213	heart_rate	1751206740	{"time":1751206740,"bpm":119}	1751207049	29/06/2568 2:19 PM	29/06/2568 2:24 PM
12	6805282549	784564213	calories	1751206740	{"time":1751206740,"calories":2}	1751207049	29/06/2568 2:19 PM	29/06/2568 2:24 PM
13	6805282549	784564213	calories	1751206680	{"time":1751206680,"calories":2}	1751207049	29/06/2568 2:18 PM	29/06/2568 2:24 PM
14	6805282549	784564213	heart_rate	1751206680	{"time":1751206680,"bpm":99}	1751207049	29/06/2568 2:18 PM	29/06/2568 2:24 PM
15	6805282549	784564213	steps	1751206620	{"time":1751206620,"steps":32,"distance":19,"calories":2}	1751207049	29/06/2568 2:17 PM	29/06/2568 2:24 PM
16	6805282549	784564213	calories	1751206620	{"time":1751206620,"calories":2}	1751207049	29/06/2568 2:17 PM	29/06/2568 2:24 PM
17	6805282549	784564213	heart_rate	1751206620	{"time":1751206620,"bpm":100}	1751207049	29/06/2568 2:17 PM	29/06/2568 2:24 PM
18	6805282549	784564213	intensity	1751206560	{"time":1751206560}	1751207049	29/06/2568 2:16 PM	29/06/2568 2:24 PM
19	6805282549	784564213	calories	1751206560	{"time":1751206560,"calories":2}	1751207049	29/06/2568 2:16 PM	29/06/2568 2:24 PM
20	6805282549	784564213	heart_rate	1751206560	{"time":1751206560,"bpm":102}	1751207049	29/06/2568 2:16 PM	29/06/2568 2:24 PM
21	6805282549	784564213	intensity	1751206500	{"time":1751206500}	1751207049	29/06/2568 2:15 PM	29/06/2568 2:24 PM
22	6805282549	784564213	calories	1751206500	{"time":1751206500,"calories":1}	1751207049	29/06/2568 2:15 PM	29/06/2568 2:24 PM
23	6805282549	784564213	heart_rate	1751206500	{"time":1751206500,"bpm":121}	1751207049	29/06/2568 2:15 PM	29/06/2568 2:24 PM
24	6805282549	784564213	calories	1751206440	{"time":1751206440,"calories":2}	1751207049	29/06/2568 2:14 PM	29/06/2568 2:24 PM
25	6805282549	784564213	heart_rate	1751206440	{"time":1751206440,"bpm":121}	1751207049	29/06/2568 2:14 PM	29/06/2568 2:24 PM
26	6805282549	784564213	intensity	1751206440	{"time":1751206440}	1751207049	29/06/2568 2:14 PM	29/06/2568 2:24 PM
27	6805282549	784564213	steps	1751206440	{"time":1751206440,"steps":27,"distance":16,"calories":2}	1751207049	29/06/2568 2:14 PM	29/06/2568 2:24 PM

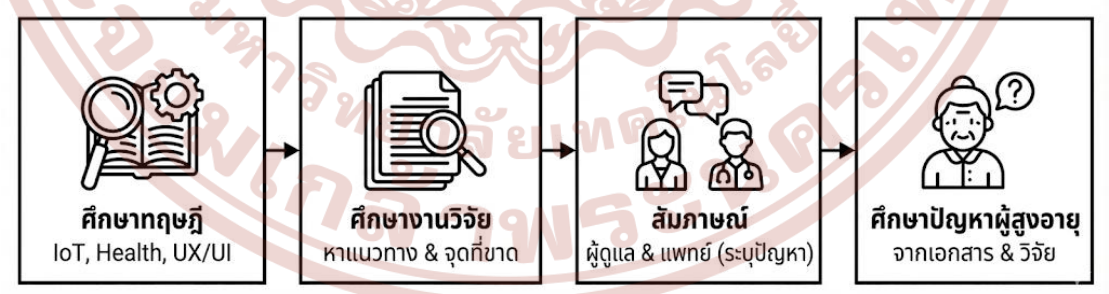
20250629_6805282549_MiFitness_h

ภาพที่ 3-2 ตัวอย่างชุดข้อมูลที่ได้จากการ Export file จากแอปพลิเคชันสมาร์ตวอทช์

3.2.2 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาแนวทางที่เคยมีการพัฒนาแล้ว และจุดที่ยังขาดอยู่

3.2.3 สัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ผู้ดูแล (Caregiver) และแพทย์ เพื่อระบุปัญหาและความต้องการของระบบอย่างแท้จริง

3.2.4 ศึกษาปัญหาในการดูแลผู้สูงอายุในบ้านจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง



ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการรวบรวม และเตรียมข้อมูล

3.3 การออกแบบและพัฒนาระบบ

การออกแบบและพัฒนาระบบในงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบระบบที่สามารถนำข้อมูลสุขภาพจากสมาร์ตวอทช์มาใช้ประเมินความเสี่ยงของโรค/ภาวะสุขภาพเบื้องต้นได้อย่างเป็น

ระบบ โดยมุ่งเน้นให้ระบบสามารถแสดงผลเข้าใจง่าย เหมาะสมต่อการใช้งานจริง และสนับสนุนการเฝ้าระวังสุขภาพในชีวิตประจำวันของผู้ใช้งาน

กระบวนการออกแบบระบบเริ่มจากการศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งาน รวมถึงการกำหนดขอบเขตข้อมูลสุขภาพที่สามารถรับได้จากสมาร์ตวอทช์ เช่น จำนวนก้าว (Steps) อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) ระยะเวลาการนอนหลับ (Sleep) ระดับความเครียด (Stress) ค่าออกซิเจนในเลือด (SpO_2) และค่า VO_2 Max จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาเชื่อมโยงกับเกณฑ์การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคและภาวะสุขภาพจากอุปกรณ์นาฬิกา สมาร์ตวอทช์ อาศัยกระบวนการรวบรวมความคิดเห็นและฉันทามติจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการวิจัยนี้คือแบบสอบถามออนไลน์ผ่านระบบ Google Forms ซึ่งสร้างขึ้นเพื่อประเมินความเหมาะสมของจุดตัดเกณฑ์ตัดสิน (Cut-off points) และเงื่อนไขการจำแนกระดับความเสี่ยงออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับความเสี่ยงต่ำ (Low) ระดับปานกลาง (Medium) และระดับสูง (High) โดยพิจารณาจากพารามิเตอร์ทางสรีรวิทยาที่นาฬิกาอัจฉริยะสามารถตรวจวัดได้ อาทิ จำนวนก้าวเดิน (Steps) อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) คุณภาพการนอนหลับ (Sleep) ระดับความเครียด (Stress) ความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO_2) และค่าความจุปริมาตรออกซิเจนสูงสุด (VO_2 Max) การพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์ดังกล่าว ได้รับความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์เฉพาะทางจำนวน 7 ท่าน ดังนี้ (1) แพทย์ผู้เชี่ยวชาญสาขาอายุรศาสตร์ทั่วไป (Internal Medicine) จำนวน 3 ท่าน (2) แพทย์ผู้เชี่ยวชาญสาขาอายุรศาสตร์โรคข้อและรูมาติซั่ม (Rheumatology) จำนวน 1 ท่าน (3) แพทย์ผู้เชี่ยวชาญสาขาอายุรศาสตร์โรคต่อมไร้ท่อและเมแทบอลิซึม (Endocrinology) จำนวน 1 ท่าน (4) แพทย์ผู้เชี่ยวชาญสาขาประสาทวิทยา (Neurology) จำนวน 1 ท่าน (5) แพทย์ผู้เชี่ยวชาญสาขาศัลยศาสตร์ (Surgery) จำนวน 1 ท่าน ภายหลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้นำผลการประเมินและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์และสังเคราะห์ เพื่อปรับปรุงเกณฑ์การตัดสินให้มีความสมบูรณ์ ก่อนนำไปกำหนดเป็นตารางเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการประมวลผลภายในแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ทั้งนี้ เกณฑ์การประเมินดังกล่าวผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมเชิงเนื้อหาด้วยกระบวนการใช้ดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญ (Expert Judgment) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการเฝ้าระวังและคัดกรองความเสี่ยงทางสุขภาพในเบื้องต้นเท่านั้น งานวิจัยนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า ผลการประเมินจากระบบไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงเพื่อทดแทนการตรวจวินิจฉัย การสั่งจ่ายยา หรือการรักษาทางการแพทย์ตามมาตรฐานวิชาชีพได้

ตารางที่ 3-1 เกณฑ์การประเมินการเกิดโรค/ภาวะ

โรคหัวใจและหลอดเลือด			
ค่าจากนาฬิกา	**Low**	**Medium**	**High**
Steps	≥7,000 ก้าว ≥5 วัน/สัปดาห์	3,000–6,999 ก้าว ≥3 วัน/สัปดาห์	<3,000 ก้าว ≥3 วัน ติดต่อกัน
VO_2 Max	- เพศชาย ≥31 ml/kg/min - เพศหญิง ≥27 ml/kg/min	ต่ำกว่ามาตรฐาน ≥7 วัน - เพศชาย 22 – 30 ml/kg/min - เพศหญิง 19 – 26 ml/kg/min	ต่ำกว่ามาตรฐาน >30% ≥14 วัน - เพศชาย <22 ml/kg/min - เพศหญิง <19 ml/kg/min
Heart Rate	60–80 bpm ต่อเนื่อง ≥5 วัน	>85 bpm ต่อเนื่อง ≥3 วัน	>100 bpm หรือ <45 bpm ≥2 วัน
โรคเบาหวาน			
ค่าจากนาฬิกา	**Low**	**Medium**	**High**
Steps	≥7,000 ก้าว ≥5 วัน/สัปดาห์	3,000–6,999 ก้าว ≥3 วัน	<3,000 ก้าว ≥3 วัน ติดต่อกัน
Heart Rate	60–80 bpm	>85 bpm ≥3 วัน	>95 bpm ≥3 วัน
Sleep	นอน ≥7 ชม./คืน	นอน <6 ชม. ≥2–3 วัน	นอน <5 ชม. ≥2 วัน
ภาวะความเครียดเรื้อรัง			
ค่าจากนาฬิกา	**Low**	**Medium**	**High**
Heart Rate	60–80 bpm	>85 bpm ขณะพัก ≥3 วัน	>95 bpm ≥3 วัน + ใจสั่น/นอนไม่หลับ
Stress	ต่ำ–กลาง สลับปกติ คะแนนอยู่ระหว่าง 0 – 39 ใน ≥70% ของวัน	สูงต่อเนื่อง ≥3 วัน คะแนนอยู่ระหว่าง 40 – 69	สูงมาก ≥ 3 วันโดยไม่มีแนวโน้มลดลง คะแนนอยู่ระหว่าง 70-100

ตารางที่ 3-1 (ต่อ) เกณฑ์การประเมินการเกิดโรค/ภาวะ

ภาวะความเครียดเรื้อรัง			
ค่าจากนาฬิกา	**Low**	**Medium**	**High**
Sleep	นอน ≥7 ชม., หลับลึกเพียงพอ	นอน <6 ชม. ≥3 วัน	นอน <5 ชม. ≥2 วัน + ตื่นบ่อย
ภาวะนอนไม่เพียงพอ / คุณภาพการนอนต่ำ			
ค่าจากนาฬิกา	**Low**	**Medium**	**High**
Stress	ต่ำ–กลาง สลับปกติ คะแนนอยู่ระหว่าง 0 – 39 ใน ≥70% ของวัน	สูงต่อเนื่อง ≥3 วัน คะแนนอยู่ระหว่าง 40 – 69	สูงมาก ≥ 3 วันโดยไม่มีแนวโน้มลดลง คะแนนอยู่ระหว่าง 70-100
Sleep	นอน ≥7 ชม./คืน ≥5 วัน	นอน 5–6 ชม. ≥3 วัน	นอน <5 ชม. ≥2 คืนติดต่อกัน
SpO_2	นอน ≥95%	นอน 90–94% ≥2 คืน	นอน <90% ≥2 คืน + ง่วงกลางวัน
ภาวะขาดการออกกำลังกาย			
ค่าจากนาฬิกา	**Low**	**Medium**	**High**
Steps	≥7,000 ก้าว/วัน ≥5 วัน/สัปดาห์	3,000–6,999 ก้าว ≥3 วัน	<3,000 ก้าว ≥3 วันติดต่อกัน
Calories	เผาผลาญเฉลี่ย >200 kcal/วัน	100–200 kcal ≥3 วัน	<100 kcal ≥3 วันต่อเนื่อง
VO_2 Max	- เพศชาย ≥31 ml/kg/min - เพศหญิง ≥27 ml/kg/min	ต่ำกว่ามาตรฐาน ≥7 วัน - เพศชาย 22 – 30 ml/kg/min - เพศหญิง 19 – 26 ml/kg/min	ต่ำกว่ามาตรฐาน >30% ≥14 วัน - เพศชาย <22 ml/kg/min - เพศหญิง <19 ml/kg/min

ในส่วนของการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับทั้งด้านโครงสร้างการทำงานของระบบ (System Flow) และการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ User Interface (UI) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถกรอกข้อมูล ดูผลประเมิน และรับคำแนะนำเบื้องต้นได้สะดวก โดยระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้นจะเน้นการใช้งานง่าย มีลำดับขั้นตอนชัดเจน และเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัย

ทั้งนี้ การออกแบบและพัฒนาระบบในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบเพื่อการประเมินและคัดกรองเบื้องต้นจากข้อมูลสมาร์ตวอทช์ มิได้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แทนการวินิจฉัยทางการแพทย์ แต่เป็นเครื่องมือสนับสนุนให้ผู้ใช้งานตระหนักถึงภาวะสุขภาพของตนเอง และสามารถตัดสินใจเข้ารับ คำปรึกษาจากบุคลากรทางการแพทย์ได้อย่างเหมาะสม

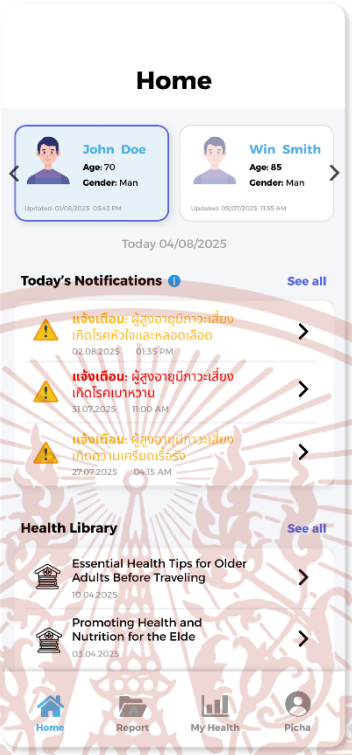
3.3.1 ขั้นตอนการออกแบบระบบติดตามสุขภาพ

3.3.1.1 กำหนดค่าที่ต้องการที่เหมาะสมในการระบุโรคหรือเหตุการณ์ที่คาดการว่าจะเกิดขึ้นโดยอ้างอิงจากตารางที่ 3-1 เกณฑ์การประเมินการเกิดโรค/ภาวะ

3.3.1.2 ออกแบบระบบการเชื่อมต่อ เช่น การส่งข้อมูลผ่าน bluetooth จากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์ ไปบันทึกบนมือถือ (SQLite Database)

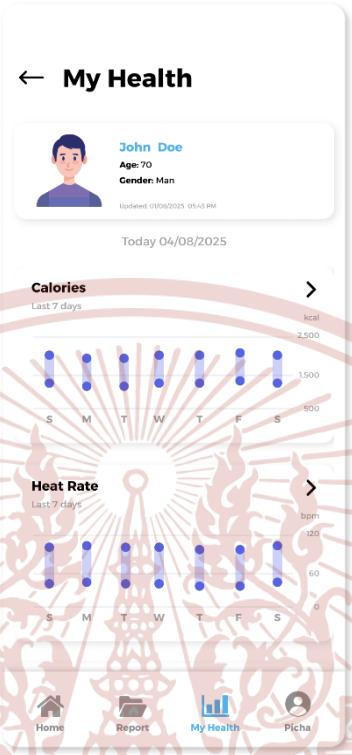
3.3.1.3 ออกแบบอินเทอร์เฟซ (UI) ของแอปพลิเคชันให้เหมาะกับผู้ดูแล เช่น เมนูเรียบง่าย, การแจ้งเตือนชัดเจน

3.3.1.3.1 หน้าจอ Home แสดงบน mobile เป็นหน้าจอหลักของแอปพลิเคชันที่ทำหน้าที่เป็นจุดเริ่มต้นในการใช้งานระบบ โดยออกแบบให้ผู้ดูแลสามารถมองเห็นภาพรวมของผู้สูงอายุได้อย่างรวดเร็วในหน้าเดียว คุณสมบัติสำคัญของหน้าจอนี้ ได้แก่ การแสดงข้อมูลสรุปเบื้องต้นของผู้สูงอายุ การแจ้งเตือนสภาวะการเกิดโรครายวันของผู้สูงอายุ เมนูเข้าสู่หน้าจอต่าง ๆ ของระบบ และพื้นที่แสดงข่าวสารที่สำคัญของผู้สูงอายุ



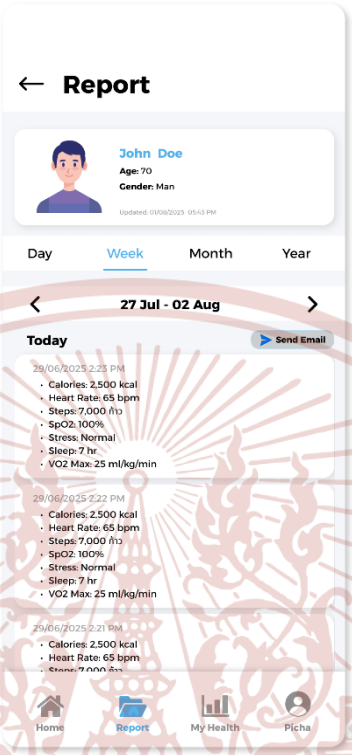
ภาพที่ 3-4 ตัวอย่างหน้าจอ Home

3.3.1.3.2 หน้าจอ My Health แสดงบน mobile เป็นหน้าจอสำหรับแสดงข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุในลักษณะรายสัปดาห์ โดยเน้นการนำเสนอข้อมูลสุขภาพที่ได้จากอุปกรณ์ Smart Watch ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย เช่น ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ระดับออกซิเจนในเลือด ความเครียด และคุณภาพการนอนหลับ คุณสมบัติของหน้าจอนี้คือสามารถช่วยให้ผู้ดูแลมองเห็นแนวโน้มสุขภาพของผู้สูงอายุในช่วงเวลาหนึ่ง ไม่ใช่เพียงค่าที่วัดได้เฉพาะขณะใดขณะหนึ่งเท่านั้น ซึ่งมีประโยชน์ต่อการประเมินการเปลี่ยนแปลงของสุขภาพในระยะสั้นและระยะต่อเนื่อง ในด้านการทำงาน ระบบจะดึงข้อมูลสุขภาพที่ถูกจัดเก็บไว้มาแสดงผลในรูปแบบสรุปรายสัปดาห์ เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถติดตามความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลสุขภาพได้สะดวกมากขึ้น และใช้ประกอบการสังเกตความผิดปกติหรือภาวะเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้



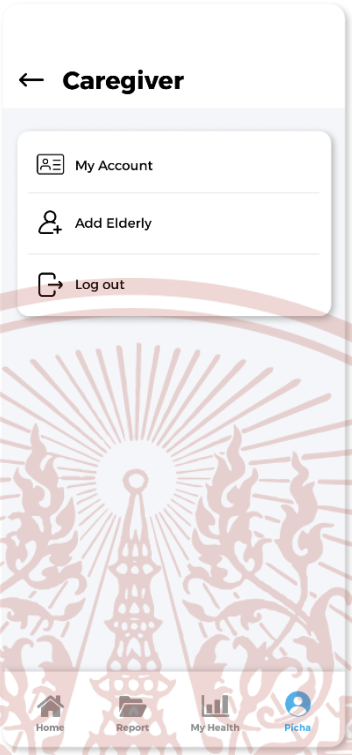
ภาพที่ 3-5 ตัวอย่างหน้าจอแสดงข้อมูลสุขภาพผู้สูงอายุ (รายสัปดาห์)

3.3.1.3.3 หน้าจอ Report แสดงบน mobile เป็นหน้าจอสำหรับแสดงประวัติข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุ โดยเน้นการดูข้อมูลย้อนหลังอย่างเป็นระบบ หน้าจอนี้มีคุณสมบัติสำคัญ คือ ช่วยให้ผู้ดูแลสามารถตรวจสอบข้อมูลสุขภาพที่เคยเกิดขึ้นในอดีตได้ เช่น ประวัติค่าการวัดในแต่ละช่วงเวลา หรือประวัติความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลสุขภาพ ช่วยเพิ่มความสามารถในการติดตามสุขภาพแบบต่อเนื่อง เพราะผู้ดูแลสามารถย้อนดูข้อมูลย้อนหลังและนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลปัจจุบันได้ ส่งผลให้สามารถวิเคราะห์แนวโน้มของสุขภาพผู้สูงอายุได้ดีขึ้น และใช้เป็นข้อมูลประกอบในการตัดสินใจดูแลหรือแจ้งบุคลากรทางการแพทย์เมื่อจำเป็น



ภาพที่ 3-6 ตัวอย่างหน้าจอแสดงประวัติข้อมูลสุขภาพผู้สูงอายุ

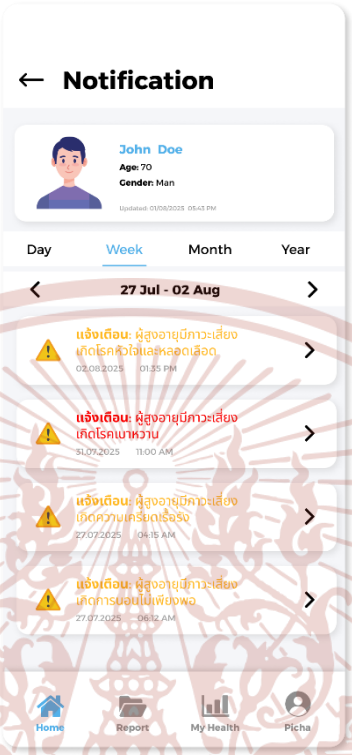
3.3.1.3.4 หน้าจอ Caregiver (ผู้ดูแล) แสดงบน mobile เป็นหน้าจอสำหรับจัดการข้อมูลของผู้สูงอายุภายใต้การดูแล โดยมีคุณสมบัติหลักคือรองรับการเพิ่ม แก้ไข และปรับปรุงข้อมูลของผู้สูงอายุ เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถบริหารข้อมูลผู้ใช้งานในระบบได้อย่างเหมาะสม ในด้านการทำงาน หน้าจอนี้ช่วยให้ระบบสามารถรองรับการดูแลผู้สูงอายุได้อย่างยืดหยุ่นมากขึ้น เช่น การแก้ไขรายละเอียดส่วนบุคคล หรือการปรับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการติดตามสุขภาพ ซึ่งทำให้ข้อมูลในระบบมีความเป็นปัจจุบันและพร้อมต่อการใช้งานในการติดตามและแจ้งเตือน



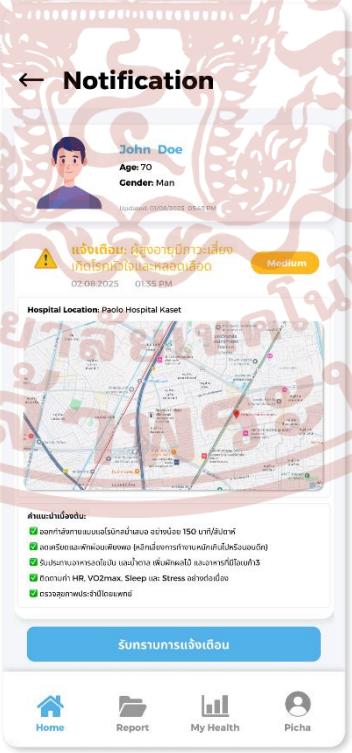
ภาพที่ 3-7 ตัวอย่างหน้าจอแสดงการเพิ่มและแก้ไขผู้สูงอายุ สำหรับผู้ดูแล

3.3.1.4 ออกแบบระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ เป็นหน้าจอที่ใช้แสดงรายการแจ้งเตือนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบ โดยจะแสดงเหตุการณ์ผิดปกติที่ตรวจพบจากข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุ เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถตรวจสอบเหตุการณ์สำคัญได้ เมื่อระบบตรวจพบค่าชีวสัญญาณที่ผิดปกติหรือเข้าเงื่อนไขที่กำหนดไว้ เช่น ค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงหรือต่ำเกินเกณฑ์ ระดับออกซิเจนในเลือดต่ำ หรือข้อมูลสุขภาพที่สะท้อนภาวะเสี่ยง ระบบจะสร้างระเบียนแจ้งเตือนและบันทึกเป็นประวัติ จากนั้นส่งการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลผ่านระบบ Push Notification และคำแนะนำเบื้องต้นบนโทรศัพท์มือถือ เพื่อช่วยให้ผู้ดูแลเข้าใจสถานการณ์ได้ชัดเจนมากขึ้น เช่น ลักษณะของความผิดปกติ เวลาที่ตรวจพบ และแนวทางปฏิบัติเบื้องต้นในการดูแลผู้สูงอายุ เนื่องจากนี้ระบบยังคงบันทึกประวัติแจ้งเตือนไว้ภายในฐานข้อมูลของแอปพลิเคชัน ทำให้ผู้ดูแลสามารถย้อนกลับมาตรวจสอบรายการแจ้งเตือนและดูรายละเอียดได้ภายหลังได้

3.3.1.4.1 หน้าจอ แจ้งเตือน (Notification) แสดงบน mobile



ภาพที่ 3-8 ตัวอย่างหน้าจอแสดงรายการแจ้งเตือน (Notification)



ภาพที่ 3-9 ตัวอย่างหน้าจอแสดงแจ้งเตือน (Notification) และรายละเอียดคำแนะนำเบื้องต้น

3.3.2 ขั้นตอนการพัฒนาระบบต้นแบบ (Prototype Development)

ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยเชื่อมต่ออุปกรณ์สมาร์ตวอทช์ เพื่อรับข้อมูลของผู้สูงอายุแบบต่อเนื่อง จากนั้นส่งข้อมูลไปจัดเก็บบน SQLite Database โดยมีการพัฒนาระบบเพื่อจัดการข้อมูลสุขภาพ การตรวจสอบเงื่อนไขความผิดปกติ และการส่งสัญญาณแจ้งเตือนอัตโนมัติไปยังผู้ดูแลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

3.3.2.1 ส่วนของแอปพลิเคชัน พัฒนาด้วยเครื่องมือสำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) ด้วยรูปแบบฟอร์มและกราฟแสดงผลที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุและผู้ดูแล เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลเพื่อดึงและบันทึกข้อมูลสุขภาพ ระบบจะประกอบด้วยฟังก์ชันที่สำคัญ เช่น ฟังก์ชันลงทะเบียนผู้สูงอายุและผู้ดูแล ฟังก์ชันแสดงผลค่าชีวสัญญาณ ฟังก์ชันแจ้งเตือนเหตุการณ์ผิดปกติผ่านแอปพลิเคชัน และฟังก์ชันสรุปข้อมูลสุขภาพเพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ดูแล โดยฟังก์ชันหลักของระบบสามารถแบ่งได้ ดังนี้

3.3.2.1.1 ฟังก์ชันจัดการข้อมูลผู้สูงอายุ

3.3.2.1.2 ฟังก์ชันจัดการข้อมูลผู้ดูแลและสิทธิ์การใช้งาน

3.3.2.1.3 ฟังก์ชันรับและจัดเก็บข้อมูลชีวสัญญาณจากอุปกรณ์ IoT

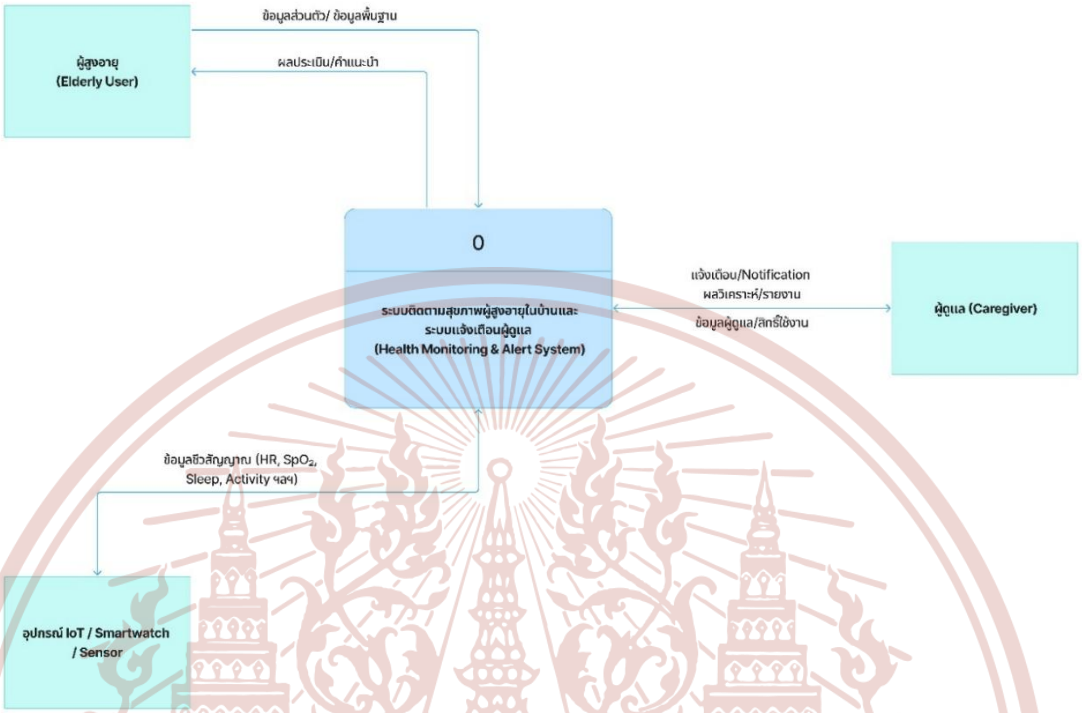
3.3.2.1.4 ฟังก์ชันวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าชีวสัญญาณกับเกณฑ์แจ้งเตือน

3.3.2.1.5 ฟังก์ชันการแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน (Notification)

3.3.2.1.6 ฟังก์ชันแสดงประวัติและรายงานข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุ

3.3.2.2 การวิเคราะห์ระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านและระบบแจ้งเตือน แผนภาพบริบท (Context Diagram) และแผนภาพการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) ในการอธิบายการทำงานของระบบ ตั้งแต่การรับข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT การประมวลผลในส่วนกลาง ไปจนถึงการแสดงผลและการแจ้งเตือนบนแอปพลิเคชันของผู้ดูแล

3.3.2.2.1 แผนภาพบริบท (Context Diagram



ภาพที่ 3-10 Context-Diagram

แผนภาพบริบทแสดงภาพรวมการทำงานของระบบ โดยระบบทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการรับข้อมูลชีวสัญญาณจากอุปกรณ์ IoT/สมาร์ตวอทช์ จัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบกับเกณฑ์แจ้งเตือน จากนั้นส่งผลการประเมินและการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน พร้อมทั้งรองรับการจัดการข้อมูลผู้สูงอายุ ข้อมูลผู้ดูแลและสิทธิ์การใช้งาน รวมถึงการแสดงประวัติและรายงานข้อมูลสุขภาพย้อนหลังเพื่อใช้ในการติดตามอาการของผู้สูงอายุ

3.3.2.2.2 Data Flow Diagram (DFD) ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ดังนี้

3.3.2.2.2.1 External Entities

E1 คือ ผู้สูงอายุ

E2 คือ ผู้ดูแล (Caregiver)

E3 คือ อุปกรณ์ IoT / สมาร์ตวอทช์ / Sensor

3.3.2.2.2.2 Processes (กระบวนการ)

1.0 คือ จัดการข้อมูลผู้สูงอายุ

2.0 คือ จัดการข้อมูลผู้ดูแลและสิทธิ์การใช้งาน

3.0 คือ รับและจัดเก็บข้อมูลชีวสัญญาณจากอุปกรณ์ IoT

4.0 คือ วิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าชีวสัญญาณกับเกณฑ์แจ้งเตือน

5.0 คือ แจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

6.0 คือ แสดงประวัติและรายงานข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุ

3.3.2.2.2.3 Data Stores (แหล่งเก็บข้อมูล)

D1 คือ ข้อมูลผู้สูงอายุ

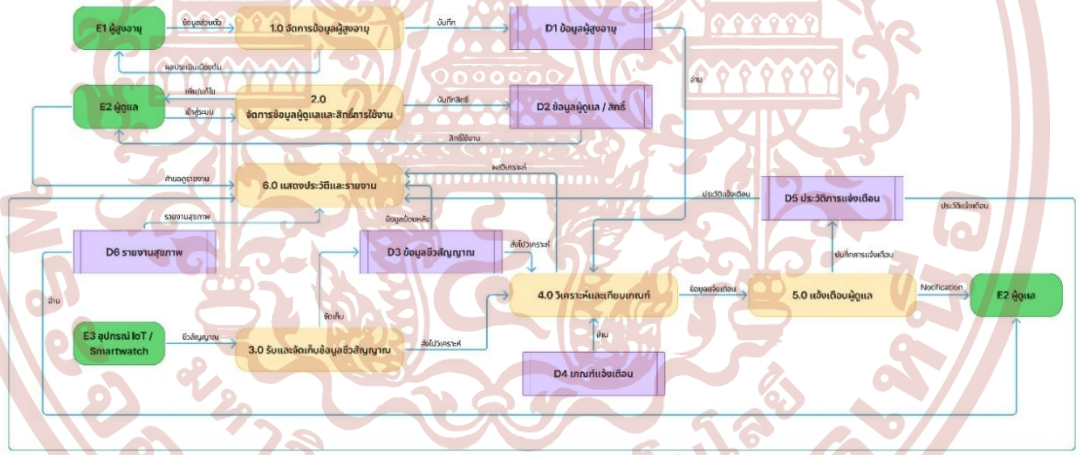
D2 คือ ข้อมูลผู้ดูแลและสิทธิ์การใช้งาน

D3 คือ ข้อมูลชีวสัญญาณ

D4 คือ เกณฑ์การแจ้งเตือน/เกณฑ์ประเมินสุขภาพ

D5 คือ ประวัติการแจ้งเตือน

D6 คือ รายงาน/ประวัติสุขภาพย้อนหลัง



ภาพที่ 3-11 แผนภาพ Data Flow Diagram (DFD)

3.3.2.2.3 การกำหนด Notification Record ที่จัดเก็บบน SQLite Database มีดังนี้

3.3.2.2.3.1 ID คือ หมายเลขข้อมูล

3.3.2.2.3.2 Key เช่น steps, heartRate, spO2, calories, stressLevel, sleepHours, vo2Max

3.3.2.2.3.3 Value เช่น heartrate = 79bpm

3.3.2.2.3.4 Recorded คือ วันและเวลาที่บันทึกข้อมูลจากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์ ซิงค์มายังแอปพลิเคชันของนาฬิกาบนมือถือ

3.3.2.2.3.5 Created คือ วันและเวลาที่บันทึกข้อมูลจากแอปพลิเคชันของนาฬิกาบนมือถือ ซิงค์มายังแอปพลิเคชันที่พัฒนาเพื่อดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุ

3.3.2.2.4 ขั้นตอนการแปลงข้อมูลดิบจากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์สู่การแสดงผลบนสมาร์ทโฟน มีขั้นตอน ดังนี้

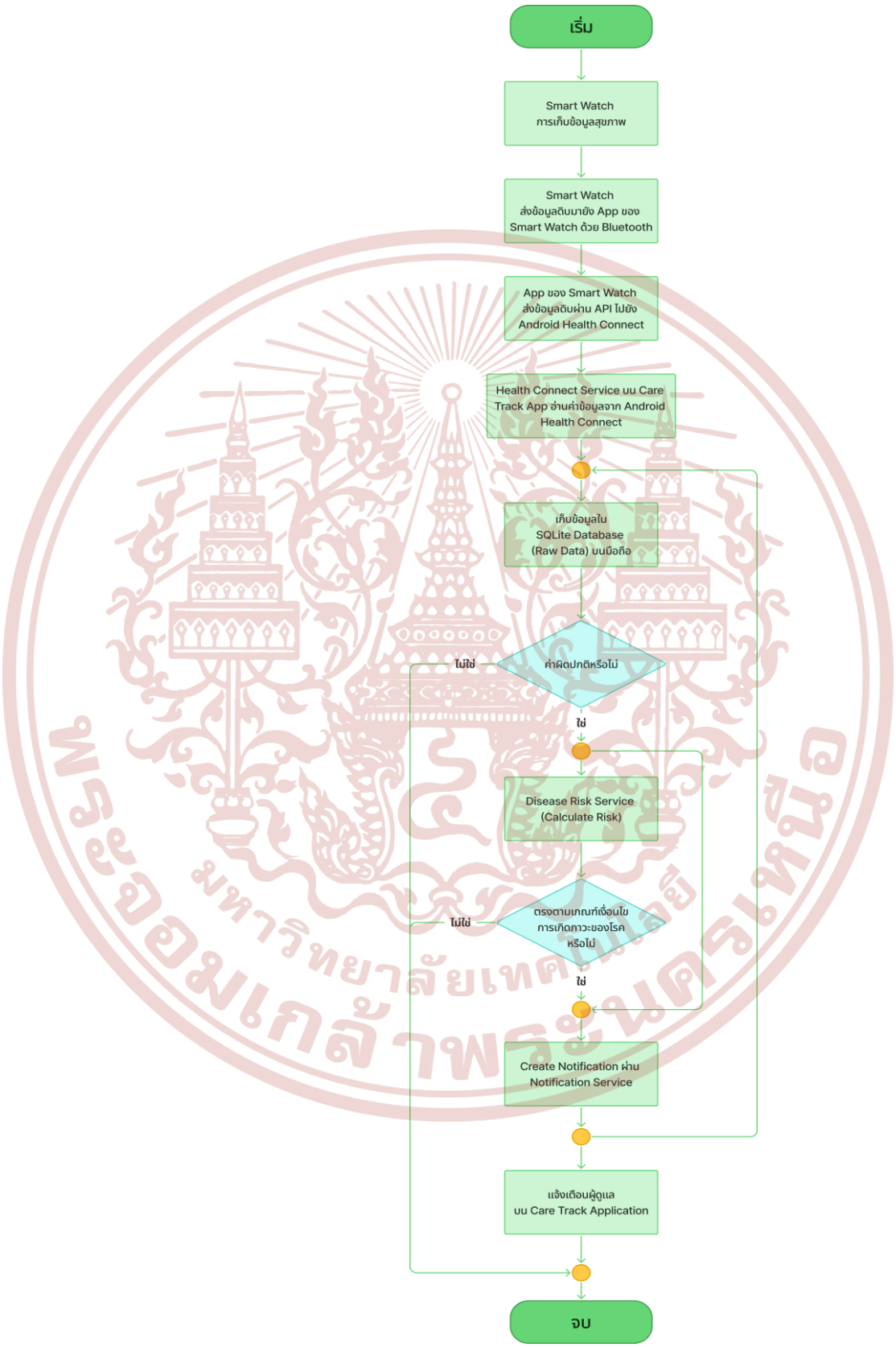
3.3.2.2.4.1 การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) ระบบรับข้อมูลสุขภาพดิบจากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์ และส่งผ่านอินเทอร์เฟซ Android Health Connect

3.3.2.2.4.2 การจัดเก็บข้อมูล (Data Storage) ส่งต่อข้อมูลไปยัง Health Connect Service เพื่อบันทึกลงในฐานข้อมูล SQLite ภายในสมาร์ทโฟน

3.3.2.2.4.3 การประมวลผลและวิเคราะห์ (Data Processing & Analysis) โมดูล Health Data Service นำข้อมูลมาวิเคราะห์ และส่งมอบข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลแล้วไปยัง Disease Risk Service

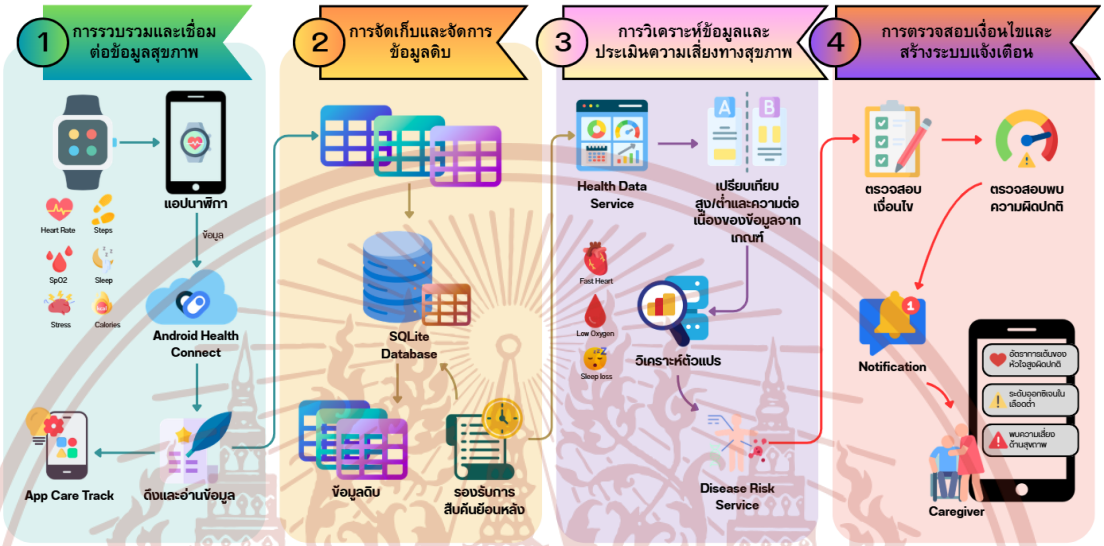
3.3.2.2.4.4 การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) Disease Risk Service ทำการคำนวณและประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

3.3.2.2.4.5 การแจ้งเตือนและการแสดงผล (Notification & Display) เมื่อระบบตรวจพบค่าชีวสัญญาณทางสุขภาพผิดปกติ จะสั่งการให้ Notification Service สร้างการแจ้งเตือน พร้อมแสดงผลข้อมูลทั้งหมดบนแอปพลิเคชัน เพื่อให้ผู้ใช้งานและผู้ดูแลผู้สูงอายุสามารถติดตามสถานะสุขภาพได้



ภาพที่ 3-12 Workflow การแปลงข้อมูลดิบจากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์สู่การแสดงผลบนสมาร์ทโฟน

3.3.2.2.5 ขั้นตอนการนำค่าตัวเลขจากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์มาคำนวณเพื่อแจ้งเตือน สามารถแบ่งกระบวนการออกเป็น 4 ระยะหลัก ดังนี้



ภาพที่ 3-13 ขั้นตอนการนำค่าตัวเลขจากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์มาคำนวณเพื่อแจ้งเตือน

3.3.2.2.5.1 การรวบรวมและเชื่อมต่อข้อมูลสุขภาพ กระบวนการเริ่มต้นจากการใช้เซนเซอร์บนนาฬิกาสมาร์ตวอทช์ตรวจวัดข้อมูลทางสรีรวิทยาของผู้ใช้งานอย่างต่อเนื่อง พารามิเตอร์ที่จัดเก็บประกอบด้วย อัตราการเต้นของหัวใจ จำนวนก้าวเดิน ระดับออกซิเจนในเลือด พฤติกรรมการนอนหลับ ระดับความเครียด และการเผาผลาญพลังงาน ข้อมูลเชิงตัวเลขเหล่านี้จะถูกส่งผ่านแอปพลิเคชันเฉพาะของนาฬิกาไปยังระบบ Android Health Connect ซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานในการรวบรวมข้อมูลสุขภาพ จากนั้นแอปพลิเคชัน Care Track จะใช้โมดูล Health Connect Service เข้าถึงและอ่านข้อมูลส่วนนี้เพื่อนำเข้าสู่ระบบของแอปพลิเคชัน

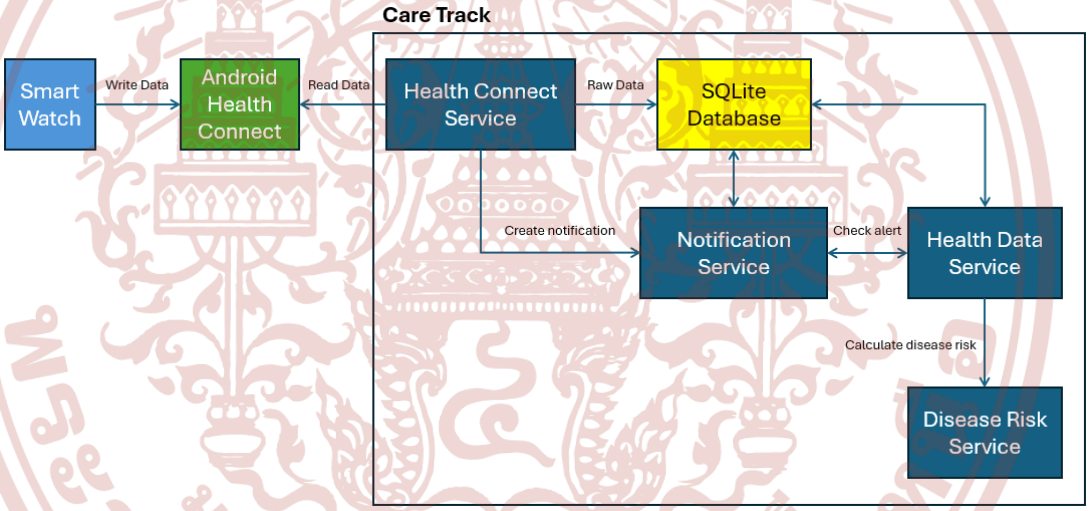
3.3.2.2.5.2 การจัดเก็บและจัดการข้อมูลดิบ ข้อมูลสุขภาพที่ถูกดึงเข้ามาจะถูกนำไปบันทึกลงในระบบฐานข้อมูล SQLite ทันที การจัดเก็บข้อมูลดิบในลักษณะนี้เป็นการสร้างคลังข้อมูลส่วนบุคคล ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญที่ช่วยให้ระบบสามารถนำข้อมูลไปใช้ประมวลผลต่อยอด รองรับการสืบค้นย้อนหลัง และใช้สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในระยะยาว

3.3.2.2.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ ในระยะของการประมวลผล โมดูล Health Data Service จะทำหน้าที่ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานทางการแพทย์ โดยระบบจะตรวจหาความผิดปกติของค่าที่สูงหรือต่ำกว่าเกณฑ์ รวมถึงพฤติกรรมข้อมูลที่ผิดปกติอย่างต่อเนื่อง จากนั้นระบบจะส่งข้อมูลเชิงลึกไปยัง Disease Risk Service เพื่อทำการคำนวณหาความเสี่ยงของการเกิดโรคหรือภาวะแทรกซ้อน

การคำนวณนี้สามารถประมวลผลจากตัวแปรเดี่ยว หรือใช้หลายตัวแปรร่วมกันเพื่อเพิ่มความแม่นยำ เช่น การวิเคราะห์ภาวะระดับออกซิเจนในเลือดต่ำที่เกิดขึ้นพร้อมกับอัตราการเต้นของหัวใจที่ผิดปกติ

3.3.2.2.5.4 การตรวจสอบเงื่อนไขและสร้างระบบแจ้งเตือน การนำผลลัพธ์จากการคำนวณความเสี่ยงมาตรวจสอบกับเงื่อนไขการแจ้งเตือนที่ระบบกำหนดไว้ หากพบค่าที่เกินขีดจำกัดความปลอดภัยหรือมีแนวโน้มที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ Health Data Service จะส่งคำสั่งไปยัง Notification เพื่อสร้างข้อความรายงานความผิดปกติทางสุขภาพ โดยระบบจะทำการส่งข้อมูลแจ้งเตือนไปยังอุปกรณ์ของผู้ดูแล เพื่อให้เกิดการตอบสนองและให้ความช่วยเหลือได้อย่างทันท่วงที

3.3.2.2.6 ขั้นตอนการทำงานของระบบแจ้งเตือน (System Notification Workflow) เพื่อให้ได้ Notification มาแสดงบนแอปพลิเคชัน สามารถเขียนเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้



ภาพที่ 3-14 System Notification Workflow

จากรูป 3-14 กระบวนการทำงานของระบบในส่วนของการส่ง-รับข้อมูลและการแจ้งเตือน มีรายละเอียดขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจัดหาและการรับส่งข้อมูลสุขภาพ (Data Acquisition and Synchronization)

1. อุปกรณ์สวมใส่อัจฉริยะ (สมาร์ตวอทช์) ทำหน้าที่ตรวจวัดชีวสัญญาณทางสุขภาพของผู้ใช้ในสภาวะแวดล้อมจริง เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) จำนวนก้าว (Steps) และระยะเวลาการนอนหลับ (Sleep Data)

2. Android Health Connect ข้อมูลที่บันทึกได้จะถูกส่งผ่าน (Write Data) ไปยังแพลตฟอร์มกลาง Android Health Connect ซึ่งทำหน้าที่เป็นพื้นที่จัดเก็บข้อมูลสุขภาพส่วนกลางภายในอุปกรณ์เคลื่อนที่

ขั้นตอนที่ 2 การดึงข้อมูลและการจัดเก็บข้อมูลภายใน (Data Ingestion and Persistence)

1. Health Connect Service ภายในแอปพลิเคชันจะประกอบด้วยส่วนบริการหลัก คือ Health Connect Service ซึ่งทำหน้าที่สื่อสารเพื่อดึงข้อมูล (Read Data) จากคลังข้อมูลกลาง

2. การประมวลผลข้อมูลดิบ (Raw Data) เมื่อระบบได้รับข้อมูลสุขภาพแล้ว จะทำการบันทึกลงใน SQLite Database ของแอปพลิเคชัน เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลหลักสำหรับการเรียกใช้งานย้อนหลังและการวิเคราะห์ข้อมูลในระดับถัดไป

ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการตรวจสอบและประเมินเงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification Logic and Analysis)

1. จุดเริ่มต้นการแจ้งเตือน (Initialization) เมื่อกระบวนการอ่านข้อมูลเสร็จสิ้นหรือเป็นไปตามรอบเวลาที่กำหนด (Polling interval) ส่วน Health Connect Service จะส่งคำสั่งสร้างรายการแจ้งเตือน (Create Notification) ไปยัง Notification Service

2. การตรวจสอบสถานะความผิดปกติ (Alert Checking) ส่วน Notification Service จะประสานงานร่วมกับ Health Data Service เพื่อตรวจสอบเงื่อนไขความผิดปกติ (Check Alert) โดยการดึงข้อมูลประวัติสุขภาพจาก SQLite Database มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

3. การประเมินความเสี่ยงเชิงพยากรณ์ (Disease Risk Assessment) ข้อมูลสุขภาพจะถูกส่งต่อไปยังส่วน Disease Risk Service เพื่อคำนวณระดับความเสี่ยงของโรค (Calculate Disease Risk) ตามตรรกะหรือแบบจำลองการวิเคราะห์ที่ระบบวางไว้

ขั้นตอนที่ 4 การตัดสินใจและการแสดงผลการแจ้งเตือน (Decision and Notification Output)

1. การประมวลผลผลลัพธ์ Health Data Service จะนำค่าความเสี่ยงที่คำนวณได้มาสรุปผลร่วมกับเกณฑ์การตัดสินใจ (Decision Logic) เพื่อกำหนดระดับความรุนแรงและสถานะการแจ้งเตือน

2. การส่งมอบการแจ้งเตือน (Final Notification) หากผลการวิเคราะห์เข้าเงื่อนไขความผิดปกติ Notification Service จะทำหน้าที่สร้างและแสดงผลการแจ้งเตือน (System Notification) ไปยังผู้ดูแลหรือผู้ใช้งานผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ทันที พร้อมทั้งบันทึกประวัติการแจ้งเตือนลงในระบบเพื่อใช้เป็น Log File ในอนาคต

```
7 references
public AlertLevel CalculateStepsAlert(int? steps, int consecutiveLowDays = 0)
{
    if (!steps.HasValue || steps == 0) return AlertLevel.Normal;

    if (steps >= 7000)
        return AlertLevel.Normal;
    if (steps >= 3000)
        return consecutiveLowDays >= 3 ? AlertLevel.Warning : AlertLevel.Normal;
    // < 3000 steps
    return consecutiveLowDays >= 3 ? AlertLevel.Danger : AlertLevel.Warning;
}

7 references
public AlertLevel CalculateCaloriesAlert(double? calories, int consecutiveLowDays = 0)
{
    if (!calories.HasValue || calories == 0) return AlertLevel.Normal;

    if (calories >= 200)
        return AlertLevel.Normal;
    if (calories >= 100)
        return consecutiveLowDays >= 3 ? AlertLevel.Warning : AlertLevel.Normal;
    // < 100 kcal
    return consecutiveLowDays >= 3 ? AlertLevel.Danger : AlertLevel.Warning;
}

7 references
public AlertLevel CalculateHeartRateAlert(int? heartRate, int consecutiveHighDays = 0)
{
    if (!heartRate.HasValue || heartRate == 0) return AlertLevel.Normal;

    if (heartRate >= 60 && heartRate <= 80)
        return AlertLevel.Normal;
    if (heartRate > 100 || heartRate < 45)
        return consecutiveHighDays >= 2 ? AlertLevel.Danger : AlertLevel.Warning;
    if (heartRate > 85)
        return consecutiveHighDays >= 3 ? AlertLevel.Warning : AlertLevel.Normal;
    // 45-60 or 80-85
    return AlertLevel.Normal;
}
```

ภาพที่ 3-15 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ค่าชีวสัญญาณ (steps, calories, hearRate)

```
7 references
public AlertLevel CalculateSpO2Alert(double? spO2, int consecutiveLowDays = 0)
{
    if (!spO2.HasValue || spO2 == 0) return AlertLevel.Normal;

    if (spO2 >= 95)
        return AlertLevel.Normal;
    if (spO2 >= 90)
        return consecutiveLowDays >= 3 ? AlertLevel.Warning : AlertLevel.Normal;
    // < 90%
    return consecutiveLowDays >= 2 ? AlertLevel.Danger : AlertLevel.Warning;
}

7 references
public AlertLevel CalculateStressAlert(int? stressLevel, int consecutiveHighDays = 0)
{
    if (!stressLevel.HasValue || stressLevel == 0) return AlertLevel.Normal;

    if (stressLevel <= 39)
        return AlertLevel.Normal;
    if (stressLevel <= 69)
        return consecutiveHighDays >= 3 ? AlertLevel.Warning : AlertLevel.Normal;
    // >= 70
    return consecutiveHighDays >= 3 ? AlertLevel.Danger : AlertLevel.Warning;
}

7 references
public AlertLevel CalculateSleepAlert(double? sleepHours, int consecutiveLowDays = 0)
{
    if (!sleepHours.HasValue || sleepHours == 0) return AlertLevel.Normal;

    if (sleepHours >= 7)
        return AlertLevel.Normal;
    if (sleepHours >= 5)
        return consecutiveLowDays >= 3 ? AlertLevel.Warning : AlertLevel.Normal;
    // < 5 hours
    return consecutiveLowDays >= 2 ? AlertLevel.Danger : AlertLevel.Warning;
}
```

ภาพที่ 3-16 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ค่าชีวสัญญาณ (spO2, stressLevel, sleepHours)

```
6 references
public AlertLevel CalculateVO2MaxAlert(double? vo2Max, string gender, int consecutiveLowDays = 0)
{
    if (!vo2Max.HasValue || vo2Max == 0) return AlertLevel.Normal;

    var normalMin = gender == "Female" ? 27.0 : 31.0;
    var warningMin = gender == "Female" ? 19.0 : 22.0;

    if (vo2Max >= normalMin)
        return AlertLevel.Normal;
    if (vo2Max >= warningMin)
        return consecutiveLowDays >= 7 ? AlertLevel.Warning : AlertLevel.Normal;
    // Below warning threshold
    return consecutiveLowDays >= 14 ? AlertLevel.Danger : AlertLevel.Warning;
}
```

ภาพที่ 3-17 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ค่าชีวสัญญาณ (vo2Max)

```
switch (diseaseType)
{
    case DiseaseType.Cardiovascular:
        metricRisks.Add(CalculateCardiovascularStepsRisk(weeklyData, result));
        metricRisks.Add(CalculateCardiovascularVO2MaxRisk(weeklyData, result, gender));
        metricRisks.Add(CalculateCardiovascularHeartRateRisk(weeklyData, result));
        break;

    case DiseaseType.Diabetes:
        metricRisks.Add(CalculateDiabetesStepsRisk(weeklyData, result));
        metricRisks.Add(CalculateDiabetesHeartRateRisk(weeklyData, result));
        metricRisks.Add(CalculateDiabetesSleepRisk(weeklyData, result));
        break;

    case DiseaseType.ChronicStress:
        metricRisks.Add(CalculateStressHeartRateRisk(weeklyData, result));
        metricRisks.Add(CalculateStressStressRisk(weeklyData, result));
        metricRisks.Add(CalculateStressSleepRisk(weeklyData, result));
        break;

    case DiseaseType.SleepDeficiency:
        metricRisks.Add(CalculateSleepStressRisk(weeklyData, result));
        metricRisks.Add(CalculateSleepSleepRisk(weeklyData, result));
        metricRisks.Add(CalculateSleepSpO2Risk(weeklyData, result));
        break;

    case DiseaseType.LackOfExercise:
        metricRisks.Add(CalculateExerciseStepsRisk(weeklyData, result));
        metricRisks.Add(CalculateExerciseCaloriesRisk(weeklyData, result));
        metricRisks.Add(CalculateExerciseVO2MaxRisk(weeklyData, result, gender));
        break;
}
```

ภาพที่ 3-18 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ของภาวะการเกิดโรคต่างๆ

```
#region Cardiovascular Disease Risk Calculations

private RiskLevel CalculateCardiovascularStepsRisk(List<DailyHealthSummary> data, DiseaseRiskResult result)
{
    var daysWithSteps = data.Where(d => d.Steps.HasValue && d.Steps > 0).ToList();
    if (!daysWithSteps.Any()) return RiskLevel.Low;

    var lowStepsDays = daysWithSteps.Count(d => d.Steps < 3000);
    var mediumStepsDays = daysWithSteps.Count(d => d.Steps >= 3000 && d.Steps < 7000);
    var avgSteps = daysWithSteps.Average(d => d.Steps ?? 0);

    RiskLevel risk;
    string threshold;

    if (lowStepsDays >= 3)
    {
        risk = RiskLevel.High;
        threshold = "<3,000 steps for 3+ days";
    }
    else if (mediumStepsDays >= 3)
    {
        risk = RiskLevel.Medium;
        threshold = "3,000-6,999 steps for 3+ days";
    }
    else
    {
        risk = RiskLevel.Low;
        threshold = ">=7,000 steps";
    }

    result.MetricDetails.Add(new MetricRiskDetail
    {
        MetricType = HealthMetricType.Steps,
        MetricName = "Steps",
        RiskLevel = risk,
```

ภาพที่ 3-19 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ภาวะการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด

```
#region Diabetes Risk Calculations

private RiskLevel CalculateDiabetesStepsRisk(List<DailyHealthSummary> data, DiseaseRiskResult result)
{
    var daysWithSteps = data.Where(d => d.Steps.HasValue && d.Steps > 0).ToList();
    if (!daysWithSteps.Any()) return RiskLevel.Low;

    var avgSteps = daysWithSteps.Average(d => d.Steps ?? 0);

    // For diabetes, lower activity is higher risk
    var actualRisk = avgSteps < 3000 ? RiskLevel.High : avgSteps < 5000 ? RiskLevel.Medium : RiskLevel.Low;
    var threshold = actualRisk switch
    {
        RiskLevel.High => "<3,000 steps (low activity risk)",
        RiskLevel.Medium => "3,000-4,999 steps",
        _ => ">=5,000 steps"
    };

    result.MetricDetails.Add(new MetricRiskDetail
    {
        MetricType = HealthMetricType.Steps,
        MetricName = "Steps",
        RiskLevel = actualRisk,
        CurrentValue = avgSteps,
        ThresholdDescription = threshold,
        ConsecutiveDays = daysWithSteps.Count
    });

    return actualRisk;
}

private RiskLevel CalculateDiabetesHeartRateRisk(List<DailyHealthSummary> data, DiseaseRiskResult result)
{
    var daysWithHR = data.Where(d => d.HeartRate.HasValue && d.HeartRate > 0).ToList();
    if (!daysWithHR.Any()) return RiskLevel.Low;
```

ภาพที่ 3-20 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ภาวะการเกิดโรคเบาหวาน

```
#region Chronic Stress Risk Calculations

private RiskLevel CalculateStressHeartRateRisk(List<DailyHealthSummary> data, DiseaseRiskResult result)
{
    return CalculateCardiovascularHeartRateRisk(data, result);
}

private RiskLevel CalculateStressStressRisk(List<DailyHealthSummary> data, DiseaseRiskResult result)
{
    return CalculateCardiovascularStressRisk(data, result);
}

private RiskLevel CalculateStressSleepRisk(List<DailyHealthSummary> data, DiseaseRiskResult result)
{
    return CalculateDiabetesSleepRisk(data, result);
}

#endregion
```

ภาพที่ 3-21 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ภาวะการเกิดโรคเครียดเรื้อรัง

```
#region Sleep Deficiency Risk Calculations

private RiskLevel CalculateSleepStressRisk(List<DailyHealthSummary> data, DiseaseRiskResult result)
{
    return CalculateCardiovascularStressRisk(data, result);
}

private RiskLevel CalculateSleepSleepRisk(List<DailyHealthSummary> data, DiseaseRiskResult result)
{
    var daysWithSleep = data.Where(d => d.SleepHours.HasValue && d.SleepHours > 0).ToList();
    if (!daysWithSleep.Any()) return RiskLevel.Low;

    var lowSleepDays = daysWithSleep.Count(d => d.SleepHours <= 5);
    var mediumSleepDays = daysWithSleep.Count(d => d.SleepHours > 5 && d.SleepHours <= 6);
    var avgSleep = daysWithSleep.Average(d => d.SleepHours ?? 0);

    RiskLevel risk;
    string threshold;

    if (lowSleepDays >= 2)
    {
        risk = RiskLevel.High;
        threshold = "<=5 hrs for 2+ days";
    }
    else if (mediumSleepDays >= 3)
    {
        risk = RiskLevel.Medium;
        threshold = "5-6 hrs for 3+ days";
    }
    else
    {
        risk = RiskLevel.Low;
        threshold = ">=7 hrs";
    }
```

ภาพที่ 3-22 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ภาวะการนอนหลับไม่เพียงพอ

```
#region Lack of Exercise Risk Calculations

private RiskLevel CalculateExerciseStepsRisk(List<DailyHealthSummary> data, DiseaseRiskResult result)
{
    return CalculateCardiovascularStepsRisk(data, result);
}

private RiskLevel CalculateExerciseCaloriesRisk(List<DailyHealthSummary> data, DiseaseRiskResult result)
{
    var daysWithCalories = data.Where(d => d.Calories.HasValue && d.Calories > 0).ToList();
    if (!daysWithCalories.Any()) return RiskLevel.Low;

    var lowCaloriesDays = daysWithCalories.Count(d => d.Calories < 100);
    var mediumCaloriesDays = daysWithCalories.Count(d => d.Calories >= 100 && d.Calories < 200);
    var avgCalories = daysWithCalories.Average(d => d.Calories ?? 0);

    RiskLevel risk;
    string threshold;

    if (lowCaloriesDays >= 3)
    {
        risk = RiskLevel.High;
        threshold = "<100 kcal for 3+ days";
    }
    else if (mediumCaloriesDays >= 3)
    {
        risk = RiskLevel.Medium;
        threshold = "100-200 kcal for 3+ days";
    }
    else
    {
        risk = RiskLevel.Low;
        threshold = ">=200 kcal/day";
    }
```

ภาพที่ 3-23 Coding เงื่อนไขการแจ้งเตือน (Notification) ภาวะการขาดการออกกำลังกาย

3.4 การทดสอบระบบ

3.4.1 การทดสอบระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน ใช้กระบวนการทดสอบแบบแบล็กบ็อกซ์ (Black-box Testing) โดยมุ่งเน้นการตรวจสอบการทำงานจากมุมมองของผู้ใช้ สนใจเฉพาะข้อมูลนำเข้า (Input) และผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ (Output) โดยไม่พิจารณารายละเอียดคำสั่งภายในหรือ Source Code ของโปรแกรม ผู้ทดสอบจะทำการกรอกหรือส่งข้อมูลนำเข้าที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลผู้สูงอายุ ข้อมูลผู้ดูแล ข้อมูลค่าชีวสัญญาณจากอุปกรณ์ IoT การตั้งค่าเกณฑ์แจ้งเตือน และการทดสอบสถานการณ์จำลองกรณีค่าชีวสัญญาณปกติและผิดปกติ จากนั้นระบบจะประมวลผลและแสดงผลลัพธ์หรือแจ้งเตือนกลับมาให้ผู้ทดสอบตรวจสอบว่าระบบทำงานได้ถูกต้อง ตรงตามความต้องการ และเป็นไปตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ หลังจากการทดสอบในแต่ละฟังก์ชัน จะทำการสรุปผลการทดสอบและนำค่าสถิติที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบ โดยคิดเป็นร้อยละ (%) ของความถูกต้องของการทำงานของระบบ โดยจะกำหนดกลุ่มผู้ประเมินเป็นผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีความรู้และประสบการณ์ด้านการ

พัฒนาและประเมินระบบสารสนเทศ ทำการทดสอบฟังก์ชันย่อย ฟังก์ชันละ 10 ครั้ง ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มการทดสอบทั้งหมด 4 กลุ่ม ดังนี้ มีดังนี้

3.4.1.1 กลุ่มทดสอบการเชื่อมต่อและรับส่งข้อมูล

3.4.1.1.1 การเชื่อมต่อระหว่าง Smart Watch กับแอปพลิเคชัน

3.4.1.1.2 การรับข้อมูลสุขภาพจาก Smart Watch

3.4.1.2 กลุ่มทดสอบการแสดงผลข้อมูลสุขภาพ

3.4.1.2.1 การแสดงผลหน้าจอ Home

3.4.1.2.2 การแสดงผลหน้าจอ My Health

3.4.1.2.3 การแสดงผลหน้าจอ Report

3.4.1.3 กลุ่มทดสอบการจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน

3.4.1.3.1 การเพิ่มข้อมูลผู้สูงอายุ

3.4.1.3.2 การแก้ไขข้อมูลผู้สูงอายุ

3.4.1.4 กลุ่มทดสอบระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ

3.4.1.4.1 การแจ้งเตือนเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจผิดปกติ

3.4.1.4.2 การแจ้งเตือนเมื่อพบความผิดปกติของการนอนหลับ

3.4.1.4.3 การแจ้งเตือนเมื่อระดับออกซิเจนในเลือดต่ำ

3.4.1.4.4 การแจ้งเตือนเมื่อพบภาวะโรคหัวใจและหลอดเลือด

3.4.1.4.5 การแจ้งเตือนเมื่อพบภาวะโรคเบาหวาน

3.4.1.4.6 การแจ้งเตือนเมื่อพบภาวะขาดการออกกำลัง

สถิติที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น ใช้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการประเมินประสิทธิภาพ โดยมีสมการดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง} = \frac{A}{C} x\ 100 \quad (3\text{-}1)$$

เมื่อ A คือ จำนวนครั้งการทดสอบที่ให้ผลลัพธ์ถูกต้อง

เมื่อ C คือ จำนวนครั้งการทดสอบทั้งหมดที่ทำการทดสอบ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ผู้วิจัยเลือกใช้แบบสอบถามเพื่อใช้ประเมินความพึงพอใจของระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน จากกลุ่มผู้ใช้งานจำนวน 10 ท่าน โดยแบบสอบถามแบ่งหัวข้อการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

3.5.1.1 ด้านที่ 1 ด้านการทำงานของระบบ

3.5.1.2 ด้านที่ 2 ด้านการใช้งานของระบบ

3.5.1.3 ด้านที่ 3 ด้านประโยชน์ที่ได้รับ

ในการประเมินความคิดเห็นและความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านและระบบแจ้งเตือนผู้ดูแล ผู้วิจัยใช้มาตรวัดทัศนคติแบบลิเคิร์ท (Likert rating scales) ซึ่งประกอบด้วยระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์ให้คะแนนและความหมายของแต่ละระดับคะแนนดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 เกณฑ์คะแนนแบบประเมินความพึงพอใจ

คะแนนเฉลี่ย	ความหมาย
4.51 - 5.00	ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจมากที่สุด
3.51 - 4.50	ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจมาก
2.51 - 3.50	ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจปานกลาง
1.51 - 2.50	ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจน้อย
1.00 - 1.50	ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจน้อยที่สุด

สถิติที่ใช้ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้น จะใช้ค่าตัวกลางเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ยไปเทียบกับเกณฑ์การให้คะแนน และใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อหาความน่าเชื่อถือของข้อมูล ดังนี้

การหาค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\bar{x} = \frac{\sum fx}{N} \quad (3\text{-}2)$$

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum fx$ คือ ผลรวมของผู้ตอบแบบสอบถาม

N คือ จำนวนประชากร

การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}} \quad (3\text{-}3)$$

S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Σfx คือ ผลรวมของผู้ตอบแบบสอบถาม

N คือ จำนวนประชากร

One-Sample Test (t-test)

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (3\text{-}4)$$

t คือ ค่าสถิติ

$\bar{x}$ คือ คะแนนค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ คือ เกณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบ

S คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n คือ จำนวนของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานวิจัย โดยพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของการวิจัยระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน ครอบคลุมทั้งด้านการพัฒนาระบบ การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ และการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จากผลการดำเนินงาน ผู้วิจัยได้แบ่งผลการวิจัยออกเป็น 3 หัวข้อย่อย ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

4.1 ผลการพัฒนาระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยองค์ประกอบที่จำเป็นต่อการติดตามสุขภาพผู้สูงอายุและการแจ้งเตือนผู้ดูแล แบ่งออกเป็นส่วนของอุปกรณ์ IoT ส่วนประมวลผลและจัดเก็บข้อมูล และส่วนแอปพลิเคชันสำหรับผู้ดูแล โดยสามารถสรุปหน้าที่การทำงานที่สำคัญได้ ดังนี้

4.1.1 ฟังก์ชันจัดการข้อมูลผู้สูงอายุ เช่น การลงทะเบียน แก้ไข และจัดเก็บประวัติพื้นฐาน

4.1.2 ฟังก์ชันจัดการข้อมูลผู้ดูแล และสิทธิ์การเข้าใช้งานระบบ

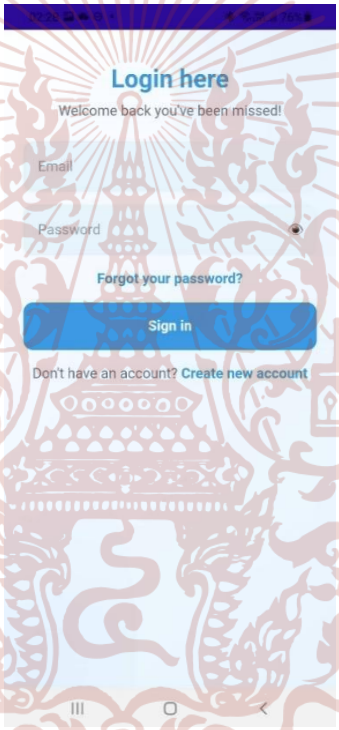
4.1.3 ฟังก์ชันรับและบันทึกข้อมูลชีวสัญญาณจากอุปกรณ์ IoT/อุปกรณ์สวมใส่ (เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ จำนวนก้าวเดิน ฯลฯ)

4.1.4 ฟังก์ชันวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าชีวสัญญาณกับเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อคัดกรองภาวะเสี่ยงหรือความผิดปกติ

4.1.5 ฟังก์ชันแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันเมื่อพบค่าชีวสัญญาณผิดปกติ หรือมีเหตุการณ์สำคัญที่กำหนด

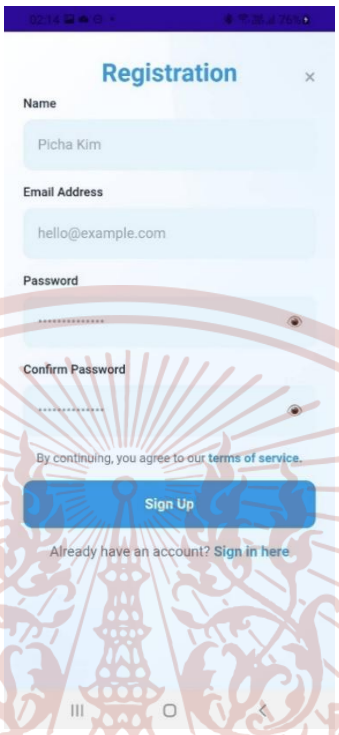
4.1.6 ฟังก์ชันแสดงประวัติ แนวโน้ม และรายงานสรุปข้อมูลสุขภาพผู้สูงอายุ

หน้าจอการเข้าสู่ระบบ เป็นหน้าจอการเข้าสู่ระบบเป็นจุดเริ่มต้นของการใช้งานแอปพลิเคชัน ทำหน้าที่ตรวจสอบและยืนยันตัวตนของผู้ดูแลก่อนเข้าถึงข้อมูลภายในระบบ คุณสมบัติหลักของหน้าจอนี้คือรองรับการกรอกข้อมูลสำหรับเข้าสู่ระบบ ได้แก่ อีเมล รหัสผ่าน และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนอนุญาตให้เข้าสู่ระบบ หากผู้ใช้กรอกข้อมูลถูกต้อง ระบบจะนำเข้าสู่หน้าจอหลักของแอปพลิเคชัน แต่หากข้อมูลไม่ถูกต้อง ระบบจะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ตรวจสอบและกรอกใหม่



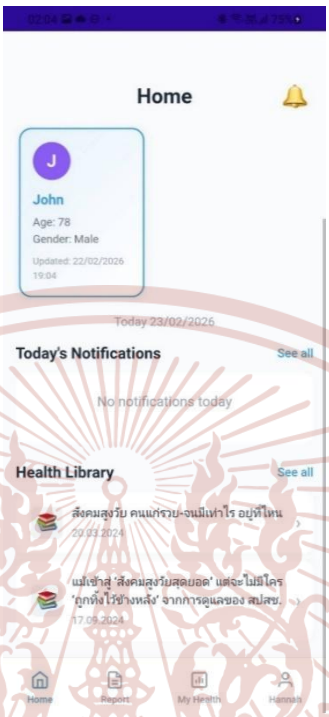
ภาพที่ 4-1 หน้าจอการเข้าสู่ระบบ

หน้าจอ Registration ผู้ดูแล รองรับการสมัครสมาชิกสำหรับผู้ดูแลรายใหม่ เพื่อให้สามารถสร้างบัญชีผู้ใช้งานในระบบได้ คุณสมบัติหลักของหน้าจอนี้คือ การรับข้อมูลพื้นฐานของผู้ดูแล เช่น ชื่อ นามสกุล อีเมล หมายเลขโทรศัพท์ ชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน เมื่อการลงทะเบียนสำเร็จ ผู้ดูแลจึงจะสามารถใช้บัญชีดังกล่าวในการเข้าสู่ระบบและใช้งานฟังก์ชันต่าง ๆ ภายในแอปพลิเคชันได้



ภาพที่ 4-2 หน้าจอการ Registration ผู้ดูแล

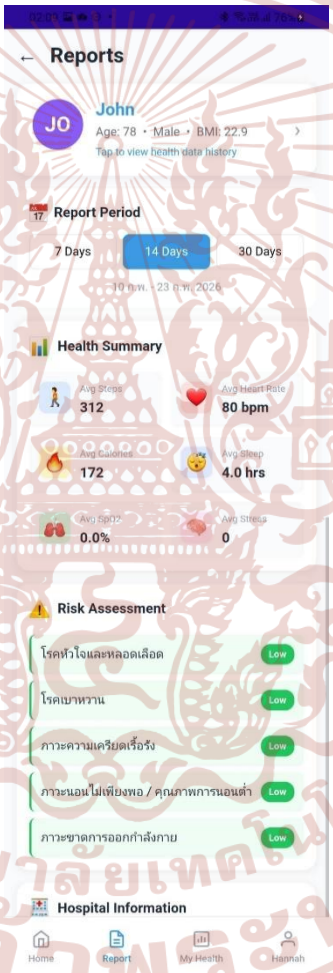
หน้าจอ Home เป็นหน้าจอหลักของแอปพลิเคชันที่ทำหน้าที่แสดงข้อมูลสำคัญที่ผู้ดูแลควรรับทราบในแต่ละวัน โดยหน้าจอนี้ถูกออกแบบให้ผู้ใช้เห็นภาพรวมของระบบได้อย่างรวดเร็วในหน้าเดียว ประกอบด้วยการแสดง Notification ประจำวัน และส่วนของ Health Library ซึ่งรวบรวมข่าวสารหรือข้อมูลความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพผู้สูงอายุ ช่วยให้ผู้ดูแลสามารถตรวจสอบเหตุการณ์สำคัญหรือการแจ้งเตือนล่าสุดได้ โดยไม่ต้องค้นหาจากหลายเมนู นอกจากนี้ ส่วน Health Library ยังช่วยเสริมองค์ความรู้ในการดูแลผู้สูงอายุ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับโรคที่พบบ่อย การดูแลสุขภาพประจำวัน หรือคำแนะนำในการป้องกันภาวะเสี่ยงต่าง ๆ



ภาพที่ 4-3 หน้าจอ Home

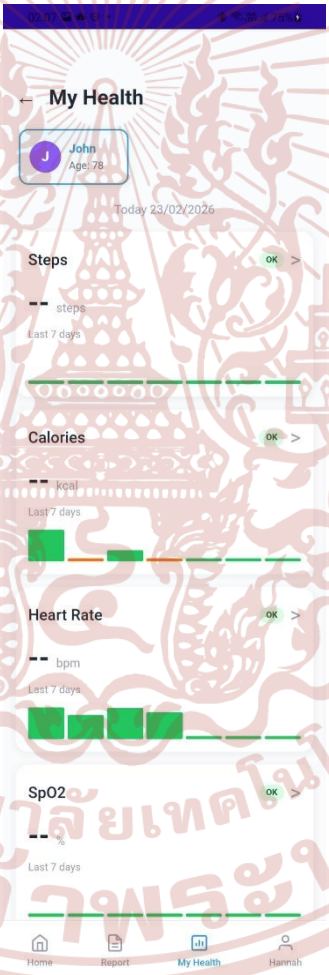
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

หน้าจอ Report ใช้สำหรับดูข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุที่อยู่ภายใต้การดูแลในลักษณะสรุปผลหรือรายงานภาพรวม เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถติดตามแนวโน้มสุขภาพของผู้สูงอายุได้สะดวกมากขึ้น โดยระบบจะดึงข้อมูลสุขภาพย้อนหลังมาแสดงในรูปแบบรายงาน เช่น ข้อมูลตามวัน ตามสัปดาห์ หรือช่วงเวลาที่กำหนด ทำให้ผู้ดูแลสามารถวิเคราะห์ภาพรวมของสุขภาพผู้สูงอายุได้ ไม่ว่าจะเป็นแนวโน้มชีพจร การนอนหลับ หรือเหตุการณ์ผิดปกติที่เคยเกิดขึ้น หน้าจอนี้จึงเหมาะสำหรับใช้ติดตามสุขภาพแบบต่อเนื่องและใช้เป็นข้อมูลประกอบการดูแล



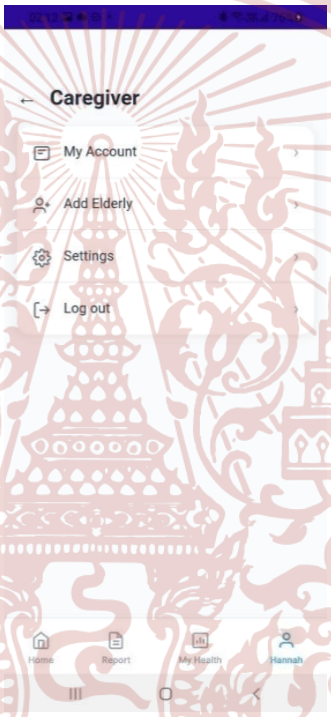
ภาพที่ 4-4 หน้าจอ Report

หน้าจอ My Health ใช้สำหรับแสดงข้อมูลชีวสัญญาณของผู้สูงอายุที่ดูแล โดยเน้นข้อมูลสุขภาพเชิงลึกที่ได้จากอุปกรณ์สมาร์ตวอทช์ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับออกซิเจนในเลือด ความเครียด คุณภาพการนอนหลับ หรือข้อมูลทางสุขภาพอื่นที่ระบบรองรับ ช่วยให้ผู้ดูแลสามารถตรวจสอบค่าชีวสัญญาณของผู้สูงอายุได้โดยตรง และมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลสุขภาพในเชิงรายละเอียดมากกว่าหน้าจอ Report ในเชิงการทำงาน ระบบจะดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลสุขภาพมาแสดงผลในรูปแบบที่อ่านง่าย เช่น รายการตัวเลข กราฟ หรือสรุปตามช่วงเวลา เพื่อสนับสนุนการเฝ้าระวังสุขภาพประจำวันของผู้สูงอายุ



ภาพที่ 4-5 หน้าจอ My Health

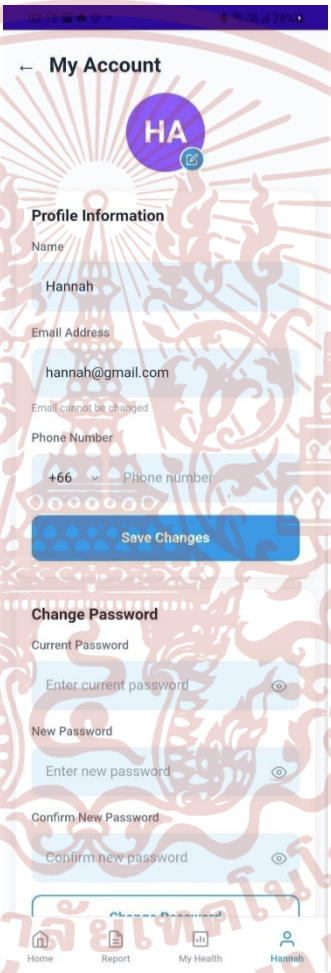
หน้าจอ Caregiver เป็นหน้าจอสำหรับจัดการข้อมูลและการตั้งค่าที่เกี่ยวข้องกับผู้ดูแล โดยมีคุณสมบัติหลักคือ รองรับการตั้งค่า Account การเพิ่มผู้สูงอายุที่อยู่ภายใต้การดูแล รวมถึงการเข้าถึงเมนูสำคัญอื่น ๆ เช่น การตั้งค่า sync data และการออกจากระบบ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของการบริหารจัดการผู้ใช้งานในระดับผู้ดูแล ผู้ดูแลสามารถใช้หน้าจอนี้เพื่อเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลผู้สูงอายุที่ต้องการติดตาม จัดการค่าการเชื่อมต่อข้อมูล และควบคุมบัญชีผู้ใช้งานของตนเองได้ จึงเป็นหน้าจอที่มีบทบาทสำคัญต่อการจัดการระบบในภาพรวม



ภาพที่ 4-6 หน้าจอ Caregiver

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

หน้าจอ My Account ใช้สำหรับตั้งค่าและจัดการข้อมูลบัญชีของผู้ดูแลโดยเฉพาะ รองรับการแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของผู้ดูแล และการเปลี่ยนรหัสผ่านสำหรับเข้าสู่ระบบ นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้ใช้สามารถดูแลความปลอดภัยของบัญชีตนเองได้ เช่น การเปลี่ยนรหัสผ่านเมื่อมีความจำเป็น หรือการแก้ไขข้อมูลบัญชีเพื่อให้เป็นปัจจุบัน ซึ่งมีความสำคัญต่อการรักษาความถูกต้องของข้อมูลผู้ใช้งานและความมั่นคงปลอดภัยของระบบ



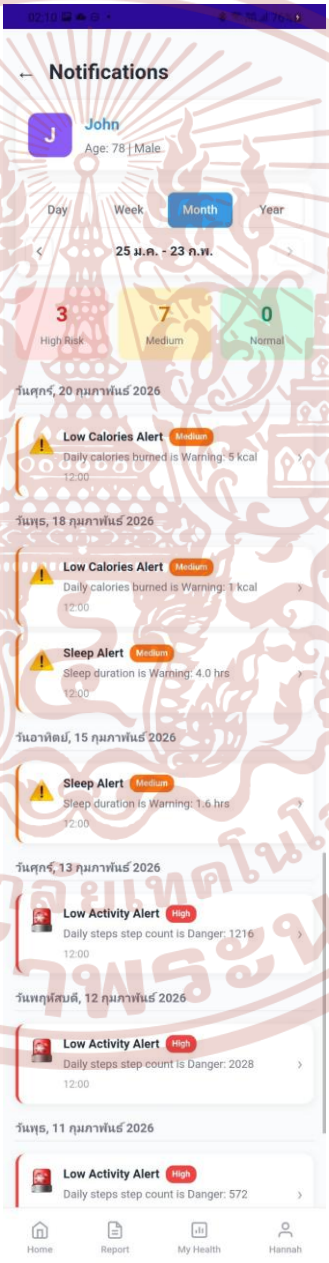
ภาพที่ 4-7 หน้าจอ My Account

หน้าจอ Notification ของผู้สูงอายุ ใช้สำหรับตรวจสอบรายการแจ้งเตือนที่เกิดขึ้นจากระบบ พร้อมทั้งแสดงแนวทางการปฏิบัติเบื้องต้นเมื่อพบเหตุผิดปกติ คุณสมบัติของหน้าจอนี้คือการแสดงรายการแจ้งเตือนแบบชัดเจน เช่น ประเภทเหตุการณ์ วันเวลา และรายละเอียดของความผิดปกติที่ตรวจพบ กรณีระบบตรวจพบว่าค่าชีวสัญญาณเกินเกณฑ์ที่กำหนด หรือพบเหตุการณ์เสี่ยง ระบบจะสร้างการแจ้งเตือนและส่งมายังหน้าจอนี้เพื่อให้ผู้ดูแลรับทราบ นอกจากระบบยังสามารถแสดงคำแนะนำเบื้องต้น เช่น การสังเกตอาการเพิ่มเติม การตรวจสอบซ้ำ หรือการติดต่อสถานพยาบาลในกรณีจำเป็น ทำให้ผู้ดูแลสามารถตอบสนองต่อสถานการณ์ได้อย่างเหมาะสมและรวดเร็ว



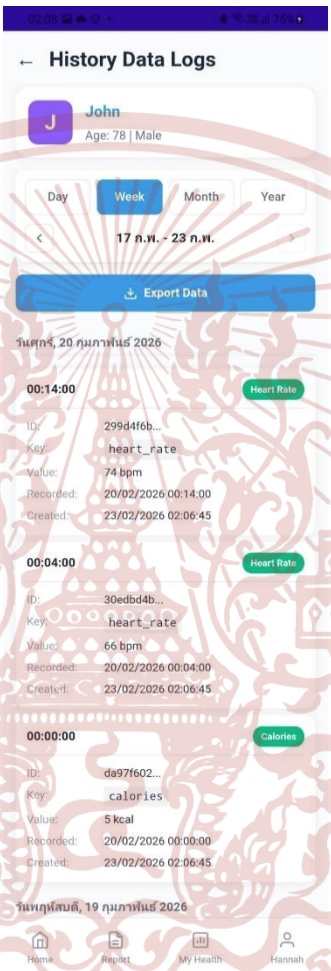
ภาพที่ 4-8 หน้าจอ Notification

หน้าจอ History Notification ของผู้สูงอายุ ใช้สำหรับตรวจสอบประวัติการเกิด Notification ย้อนหลัง รวมถึงแนวทางการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับแต่ละเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นในอดีตอย่างเป็นระบบ โดยผู้ดูแลสามารถใช้หน้าจอนี้เพื่อตรวจสอบว่าเคยเกิดเหตุการณ์ผิดปกติขึ้นตอนไหนบ้าง และระบบได้ให้คำแนะนำเบื้องต้นอย่างไร ซึ่งมีประโยชน์ในการทบทวนข้อมูลย้อนหลังเปรียบเทียบความถี่ของเหตุการณ์ หรือใช้ประกอบการประเมินสุขภาพของผู้สูงอายุในระยะยาว



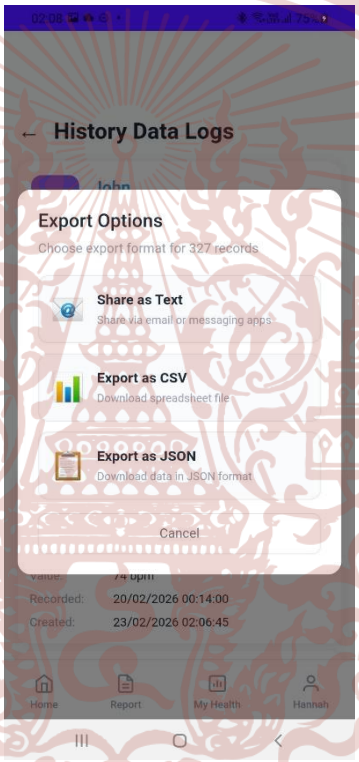
ภาพที่ 4-9 หน้าจอ History Notification

หน้าจอ History Data logs ของผู้สูงอายุ ใช้สำหรับตรวจสอบประวัติข้อมูล logs จากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์ย้อนหลัง โดยเป็นข้อมูลที่ระบบได้รับจากอุปกรณ์และบันทึกไว้ตามช่วงเวลา จึงมีบทบาทสำคัญทั้งในด้านการติดตามสุขภาพและการตรวจสอบความถูกต้องของระบบ



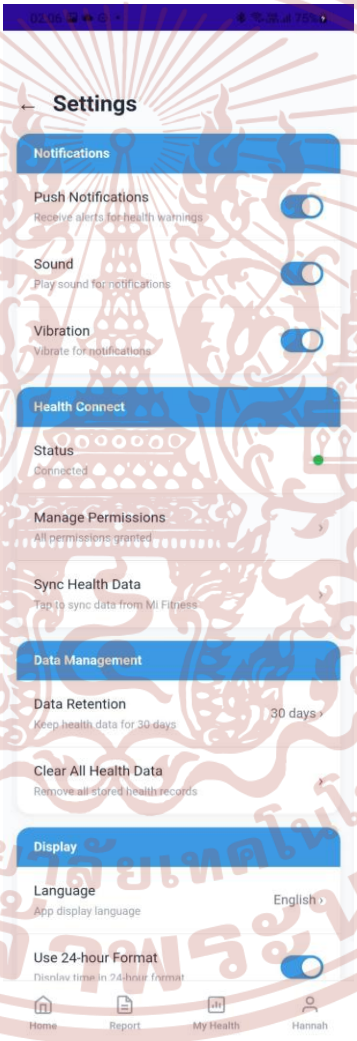
ภาพที่ 4-10 หน้าจอ History Data logs

หน้าจอ Export File History Data logs ของผู้สูงอายุ ใช้สำหรับนำข้อมูล logs ของผู้สูงอายุออกจากระบบในรูปแบบไฟล์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เพิ่มเติมหรือจัดเก็บเป็นเอกสารภายนอก รองรับการเลือกข้อมูลย้อนหลังและส่งออกข้อมูลในรูปแบบไฟล์ที่สามารถนำไปใช้งานต่อได้ ในเชิงการทำงาน ผู้ดูแลหรือผู้เกี่ยวข้องสามารถใช้ฟังก์ชันนี้เพื่อดึงข้อมูลบันทึกย้อนหลังไปตรวจสอบภายนอกระบบ เช่น การใช้ประกอบการวิเคราะห์ทางวิชาการ การจัดทำรายงาน หรือการส่งต่อข้อมูลให้ผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพ



ภาพที่ 4-11 หน้าจอ Export File History Data logs

หน้าจอ Setting ใช้สำหรับการตั้งค่าการทำงานของระบบ โดยเฉพาะในส่วนของการ Sync Health Data และการจัดการ Permission สำหรับดึงค่าจากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดค่าการเชื่อมต่อและสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลสุขภาพได้ตามความเหมาะสม เนื่องจากข้อมูลสุขภาพจะถูกดึงมาใช้งานได้ก็ต่อเมื่อมีการอนุญาตสิทธิ์อย่างถูกต้องและการเชื่อมต่อข้อมูลทำงานสมบูรณ์ ผู้ใช้สามารถใช้หน้าจอนี้เพื่อตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อ ตั้งค่าการซิงก์ข้อมูล เปิดหรือปิดสิทธิ์ที่เกี่ยวข้อง และแก้ไขปัญหาเบื้องต้นเกี่ยวกับการดึงข้อมูลจากอุปกรณ์ได้



ภาพที่ 4-12 หน้าจอ Setting

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

การประเมินประสิทธิภาพของระบบใช้วิธีการทดสอบแบบแบล็กบ็อกซ์ (Black-box Testing) ตามที่กำหนดไว้ในบทที่ 3 โดยผู้วิจัยออกแบบกรณีทดสอบ (Test Case) ให้ครอบคลุมฟังก์ชันการทำงานหลักของระบบ โดยจะประกอบด้วยกลุ่มการทดสอบทั้งหมด 4 กลุ่ม ดังนี้

4.2.1 กลุ่มทดสอบการเชื่อมต่อและรับส่งข้อมูล

4.2.2 กลุ่มทดสอบการแสดงผลข้อมูลสุขภาพ

4.2.3 กลุ่มทดสอบการจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน

4.2.4 กลุ่มทดสอบระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ

ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ทำการทดสอบฟังก์ชันย่อย ฟังก์ชันละ 10 ครั้ง จากนั้นได้ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบประสิทธิภาพที่ได้แต่ละฟังก์ชัน มีผลสรุปดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบทั้งหมด 4 กลุ่ม

กลุ่ม 1 ทดสอบการเชื่อมต่อและรับส่งข้อมูล				
การทดสอบ	**ผลที่คาดไว้**	**จำนวนครั้งที่ถูกต้อง**	**% ความถูกต้อง**	**ผลการทดสอบ**
การเชื่อมต่อระหว่าง Smart Watch กับแอปพลิเคชัน	● ระบบเชื่อมต่อกับ Smart Watch สำเร็จ ● แสดงสถานะเชื่อมต่อบนหน้าจอ	30	100	ผ่าน
การรับข้อมูลสุขภาพจาก Smart Watch	● แอปรับข้อมูลจากอุปกรณ์ได้ ● ข้อมูลแสดงบนหน้าจอได้ ● ข้อมูลถูกบันทึกลงฐานข้อมูล	30	100	ผ่าน
กลุ่ม 2 ทดสอบการแสดงผลข้อมูลสุขภาพ				
การทดสอบ	**ผลที่คาดไว้**	**จำนวนครั้งที่ถูกต้อง**	**% ความถูกต้อง**	**ผลการทดสอบ**
การแสดงผลหน้าจอ Home	● แสดงเมนูหลักครบถ้วน ● แสดงข้อมูลผู้สูงอายุที่อยู่ภายใต้การดูแล	30	100	ผ่าน
การแสดงผลหน้าจอ My Health	● ระบบแสดงข้อมูลรายสัปดาห์ได้	30	100	ผ่าน

ตารางที่ 4-1 (ต่อ) ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบทั้งหมด 4 กลุ่ม

กลุ่ม 2 ทดสอบการแสดงผลข้อมูลสุขภาพ				
การแสดงผลหน้าจอ My Health	● ผู้ใช้สามารถดูแนวโน้มสุขภาพได้			
กลุ่ม 3 ทดสอบการจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน				
การทดสอบ	**ผลที่คาดไว้**	**จำนวนครั้งที่ถูกต้อง**	**% ความถูกต้อง**	**ผลการทดสอบ**
การแสดงผลหน้าจอ Report	● ระบบแสดงรายการข้อมูลย้อนหลังได้ ● ผู้ใช้สามารถตรวจสอบย้อนหลังได้	30	100	ผ่าน
การเพิ่มข้อมูลผู้สูงอายุ	● ระบบบันทึกข้อมูลสำเร็จ ● แสดงข้อมูลผู้สูงอายุในรายการ ● สามารถนำข้อมูลไปใช้กับการติดตามสุขภาพได้	30	100	ผ่าน
การแก้ไขข้อมูลผู้สูงอายุ	● ข้อมูลถูกอัปเดตสำเร็จ ● ระบบแสดงข้อมูลล่าสุดถูกต้อง	30	100	ผ่าน
กลุ่ม 4 ทดสอบระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ				
การทดสอบ	**ผลที่คาดไว้**	**จำนวนครั้งที่ถูกต้อง**	**% ความถูกต้อง**	**ผลการทดสอบ**
การแจ้งเตือนเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจผิดปกติ	● ระบบสร้างแจ้งเตือนอัตโนมัติ ● หากเข้าเงื่อนไขผิดปกติระบบจะแจ้งเตือนผู้ดูแล ● บันทึกประวัติแจ้งเตือนในระบบ ● ระบบแสดงรายการแจ้งเตือน	29	96.7	ผ่าน

ตารางที่ 4-1 (ต่อ) ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบทั้งหมด 4 กลุ่ม

กลุ่ม 4 ทดสอบระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ				
การทดสอบ	**ผลที่คาดไว้**	**จำนวนครั้งที่ถูกต้อง**	**% ความถูกต้อง**	**ผลการทดสอบ**
	ครบ ● แสดงประเภทเหตุการณ์ วันที่และเวลาได้ถูกต้อง			
การแจ้งเตือนเมื่อพบความผิดปกติของการนอนหลับ	● ระบบสร้างแจ้งเตือนอัตโนมัติ ● หากเข้าเงื่อนไขผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือนผู้ดูแล ● บันทึกประวัติแจ้งเตือนในระบบ ● ระบบแสดงรายการแจ้งเตือนครบ ● แสดงประเภทเหตุการณ์ วันที่และเวลาได้ถูกต้อง	30	100	ผ่าน
การแจ้งเตือนเมื่อระดับออกซิเจนในเลือดต่ำ	● ระบบสร้างแจ้งเตือนอัตโนมัติ ● หากเข้าเงื่อนไขผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือนผู้ดูแล ● บันทึกประวัติแจ้งเตือนในระบบ ● ระบบแสดงรายการแจ้งเตือนครบ ● แสดงประเภทเหตุการณ์ วันที่และเวลาได้ถูกต้อง	29	96.7	ผ่าน
การแจ้งเตือนเมื่อพบภาวะโรคหัวใจและหลอดเลือด	● ระบบสร้างแจ้งเตือนอัตโนมัติ ● หากเข้าเงื่อนไขผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือนผู้ดูแล ● บันทึกประวัติแจ้งเตือนใน	29	96.7	ผ่าน

ตารางที่ 4-1 (ต่อ) ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบทั้งหมด 4 กลุ่ม

กลุ่ม 4 ทดสอบระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ				
การทดสอบ	**ผลที่คาดไว้**	**จำนวนครั้งที่ถูกต้อง**	**% ความถูกต้อง**	**ผลการทดสอบ**
	ระบบ ● ระบบแสดงรายการแจ้งเตือนครบ ● แสดงประเภทเหตุการณ์ วันที่และเวลาได้ถูกต้อง			
การแจ้งเตือนเมื่อพบภาวะโรคเบาหวาน	● ระบบสร้างแจ้งเตือนอัตโนมัติ ● หากเข้าเงื่อนไขผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือนผู้ดูแล ● บันทึกประวัติแจ้งเตือนในระบบ ● ระบบแสดงรายการแจ้งเตือนครบ ● แสดงประเภทเหตุการณ์ วันที่และเวลาได้ถูกต้อง	29	96.7	ผ่าน
การแจ้งเตือนเมื่อพบภาวะขาดการออกกำลัง	● ระบบสร้างแจ้งเตือนอัตโนมัติ ● หากเข้าเงื่อนไขผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือนผู้ดูแล ● บันทึกประวัติแจ้งเตือนในระบบ ● ระบบแสดงรายการแจ้งเตือนครบ ● แสดงประเภทเหตุการณ์ วันที่และเวลาได้ถูกต้อง	28	93.3	ผ่าน
ผลการประเมินประสิทธิภาพ		**29.5**	**98.4**	**ผ่าน**

การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุภายในที่พักอาศัย อาศัยกระบวนการทดสอบแบบ Black-box Testing โดยผู้วิจัยได้กำหนดกรณีทดสอบ (Test Case) ให้ครอบคลุมฟังก์ชันการทำงานหลัก 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการเชื่อมต่อและรับส่งข้อมูล ด้านการแสดงผลข้อมูลสุขภาพ ด้านการจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน และด้านระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ การทดสอบดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งแต่ละท่านทำการทดสอบฟังก์ชันย่อยรายการละ 10 ซ้ำ จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบในภาพรวม ผลการประเมินพบว่า ระบบสามารถปฏิบัติงานได้สอดคล้องกับผลลัพธ์ที่คาดหวังและผ่านเกณฑ์มาตรฐานในทุกมิติการทดสอบ โดยในหมวดการเชื่อมต่อและรับส่งข้อมูล ระบบสามารถตั้งค่าการเชื่อมต่อระหว่างนาฬิกาอัจฉริยะกับแอปพลิเคชันได้อย่างสมบูรณ์ สามารถแสดงสถานะการเชื่อมต่อผ่านหน้าจอตลอดจนรับและบันทึกข้อมูลสุขภาพลงสู่ระบบฐานข้อมูลได้อย่างครบถ้วน โดยมีระดับความถูกต้องที่ร้อยละ 100 สำหรับหมวดการแสดงผลข้อมูลสุขภาพ แอปพลิเคชันสามารถแสดงผลหน้าจอหลักและนำเสนอข้อมูลของผู้สูงอายุภายใต้การดูแลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ รวมถึงมีหน้าจอรายงานข้อมูลสุขภาพรายสัปดาห์ที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์แนวโน้มสุขภาพได้อย่างชัดเจน ส่วนหมวดการจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน พบว่าระบบรองรับการเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง การเพิ่มรายชื่อ การเรียกดูรายการและการนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้กับการติดตามสุขภาพได้อย่างสมบูรณ์แบบ รวมถึงสามารถแก้ไขและปรับปรุงข้อมูลผู้สูงอายุให้เป็นปัจจุบันได้ โดยผลการทดสอบของทั้งสองหมวดนี้มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 100 ในด้านระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ ซึ่งถือเป็นกลไกสำคัญของการวิจัย พบว่าระบบสามารถสร้างและส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลได้ทันทีเมื่อตรวจพบค่าสุขภาพที่เข้าข่ายผิดปกติตามเงื่อนไข พร้อมทั้งสามารถบันทึกประวัติ ระบุประเภทเหตุการณ์ วันที่ และเวลาได้อย่างแม่นยำ โดยการแจ้งเตือนความผิดปกติของคุณภาพการนอนหลับมีความถูกต้องร้อยละ 100 ขณะที่การแจ้งเตือนภาวะอัตราการเต้นของหัวใจผิดปกติ ระดับออกซิเจนในเลือดต่ำ ความเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือด และความเสี่ยงโรคเบาหวาน มีระดับความถูกต้องที่ร้อยละ 96.7 ส่วนการแจ้งเตือนภาวะขาดการออกกำลังกายมีความถูกต้องร้อยละ 93.3 ซึ่งผลลัพธ์ทั้งหมดนี้จัดอยู่ในระดับที่ดีและผ่านเกณฑ์การทดสอบ เมื่อพิจารณาในภาพรวม ผลการทดสอบแบบ Black-box Testing ระบุว่า ระบบมีสถิติความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 29.5 ครั้ง จากการทดสอบทั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ยความถูกต้องร้อยละ 98.4 ซึ่งผ่านเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้ ข้อมูลดังกล่าวเป็นตัวชี้วัดเชิงประจักษ์ว่า ระบบต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีเสถียรภาพ มีความแม่นยำสูง และรองรับการนำไปปฏิบัติงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ การแสดงผล การบริหารจัดการข้อมูล ไปจนถึงกลไกการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินทางสุขภาพของผู้สูงอายุ

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามมาตรประมาณค่าแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ ตามที่กำหนดไว้ในบทที่ 3 กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้ดูแลหลักของผู้สูงอายุ รวมทั้งสิ้น 10 ท่าน ทำการทดลองใช้งานระบบจริงเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (7 วัน) แล้วตอบแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

4.2.1 ด้านทัศนคติต่อการใช้งานระบบติดตามสุขภาพและการแจ้งเตือน

4.3.2 ด้านการใช้งานของระบบและแอปพลิเคชัน (ความสะดวก ความเข้าใจง่าย และความเหมาะสมของหน้าจอ)

4.3.3 ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้งานระบบต่อการดูแลผู้สูงอายุ

หลังจากผู้ใช้งานประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบมีผลสรุปดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ทัศนคติต่อการใช้			
1) ท่านมีความพึงพอใจกับการใช้งานระบบโดยรวม	4.50	0.71	มาก
2) ท่านมีความเชื่อมั่นในข้อมูลและการแจ้งเตือนมีความถูกต้อง/เชื่อถือได้	4.60	0.84	มากที่สุด
3) ท่านมีความตั้งใจจะใช้ต่อเนื่อง หากมีให้ใช้อย่างต่อเนื่อง	4.60	0.70	มากที่สุด
4) ระบบทำให้การดูแลสุขภาพผู้สูงอายุที่ท่านดูแล มีความสะดวกมากยิ่งขึ้น	5.00	0.00	มากที่สุด
รวม	**4.68**	**0.56**	**มากที่สุด**
การใช้งานของระบบ			
1) ขั้นตอนการเรียกดูระบบมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน	4.30	1.25	มาก
2) ระบบมีการใช้ขนาดตัวอักษร และสีของตัวอักษรได้อย่างชัดเจน	4.30	0.82	มาก
3) การออกแบบหน้าจอและมุมมองของรายงานมีความชัดเจน	4.20	0.63	มาก

ตารางที่ 4-2 (ต่อ) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
การใช้งานของระบบ			
4) ระบบมีการเลือกใช้คำศัพท์ที่เข้าใจง่าย	4.30	0.82	มาก
รวม	**4.28**	**0.88**	**มาก**
ประโยชน์ที่ได้รับ			
1) ระบบช่วยให้รับรู้เหตุผิดปกติของผู้สูงอายุได้	5.00	0.00	มากที่สุด
2) ระบบมีส่วนช่วยทำให้ภาระงานติดตามลดลง	4.50	0.71	มาก
3) ระบบสามารถสรุปข้อมูลสุขภาพในแอปลิเคชั่น ช่วยให้ตัดสินใจดูแลได้ดีขึ้น	4.20	0.63	มาก
4) ข้อมูลจากระบบเอื้อต่อการคุยกับแพทย์/ผู้เกี่ยวข้อง	4.40	0.70	มาก
รวม	**4.53**	**0.51**	**มากที่สุด**

จากตารางแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) พบว่าในภาพรวมผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.50 และค่า S.D. รวมเท่ากับ 0.65 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านตามเกณฑ์การแปลผลคะแนนความพึงพอใจ มีรายละเอียด ดังนี้

ด้านทัศนคติต่อการใช้ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับ มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.68) โดยจุดที่โดดเด่นที่สุดคือระบบช่วยให้การดูแลสุขภาพผู้สูงอายุมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น ซึ่งได้รับคะแนนเต็ม (ค่าเฉลี่ย 5.00) รวมถึงผู้ใช้งานมีความเชื่อมั่นในความถูกต้องของข้อมูลและการแจ้งเตือน

ด้านการใช้งานของระบบ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับ มาก (ค่าเฉลี่ย 4.28) โดยมีความเห็นว่าขั้นตอนการเรียกดูระบบมีความชัดเจน เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน รวมถึงการใช้ขนาดตัวอักษร สี และคำศัพท์มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน

ด้านประโยชน์ที่ได้รับ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับ มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.53) โดยประเด็นที่ผู้ใช้งานให้ความสำคัญสูงสุดคือ ระบบสามารถช่วยให้รับรู้เหตุผิดปกติของผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ค่าเฉลี่ย 5.00) และช่วยลดภาระงานในการติดตามดูแลลงได้

สรุปได้ว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุอยู่ในระดับสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการเพิ่มความสะดวกในการดูแล และความสามารถในการรับรู้เหตุผิดปกติ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หลักของการพัฒนาระบบที่มุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีเพื่อยกระดับความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการดูแลผู้สูงอายุภายในที่พักอาศัย

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

บทนี้เป็นการกล่าวถึงสรุปภาพรวมในการพัฒนาระบบวางแผนจัดการ รายงานแสดงผล และแจ้งเตือนทรัพยากรโครงการ โดยผู้วิจัยแบ่งหัวข้อย่อยเป็น 3 หัวข้อ ดังนี้

5.1 สรุปและอภิปรายผล

5.2 ปัญหาที่พบในการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผล

การดำเนินงานวิจัยเรื่องระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน สามารถสรุปผลตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัยได้ ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์

5.1.1.1 ด้านการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบติดตามสุขภาพที่ประกอบด้วยสถาปัตยกรรม 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนฮาร์ดแวร์ตรวจวัดสัญญาณชีพด้วย IoT, ส่วนฐานข้อมูลคลาวด์ และส่วนแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ผลลัพธ์คือระบบสามารถแสดงผลค่าสุขภาพได้แบบออนไลน์ มีระบบจัดเก็บข้อมูลย้อนหลัง และมีฟังก์ชันแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลทันทีเมื่อพบความผิดปกติ ซึ่งถือว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์การพัฒนาที่วางไว้

5.1.1.2 ด้านประสิทธิภาพของระบบ จากการทดสอบการทำงานของระบบผ่านกระบวนการ Black-box Testing และ User Acceptance Testing (UAT) พบว่าระบบมีความถูกต้องและแม่นยำในการทำงานร้อยละ 98.4 ซึ่งเมื่อพิจารณาตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าระบบต้องมีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 ($H1: \mu > 80$) ผลการวิจัยจึงยอมรับสมมติฐาน H1 แสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญ

5.1.1.3 ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างผู้ดูแล 10 ท่าน ใน 3 ด้านหลัก (ทัศนคติ, การใช้งานแอปพลิเคชัน และประโยชน์ที่ได้รับ) พบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับ มากถึงมากที่สุด โดยเฉพาะด้านการใช้งานแอปพลิเคชันมีค่าเฉลี่ยประมาณ 4.28 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ในสมมติฐานคือระดับมาก หรือมากกว่า 4.00 ($H1: \mu > 4.00$) ผลการวิจัยจึงยอมรับสมมติฐาน H1

5.1.2 อภิปรายผล

5.1.2.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ จากการทดสอบการทำงานของระบบผ่านกระบวนการทดสอบแบบ Black-box Testing และการทดสอบการยอมรับจากผู้ใช้งาน (User

Acceptance Testing: UAT) ร่วมกับผู้ดูแลจำนวน 3 ท่าน พบว่าระบบมีความถูกต้องและแม่นยำของเทคโนโลยี IoT ความแม่นยำที่สูงถึงร้อยละ 98.4 สอดคล้องและโดดเด่นกว่างานวิจัยระบบติดตามพฤติกรรมผู้สูงอายุโดยใช้เครือข่ายไร้สาย [50] ซึ่งรายงานค่าความแม่นยำในช่วงร้อยละ 85–99 จุดที่ทำให้งานวิจัยนี้มีความเสถียรสูงเนื่องจากการออกแบบโครงสร้างข้อมูลและการเลือกใช้เซนเซอร์ที่เหมาะสม แม้จะมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย แต่ผลลัพธ์โดยรวมพิสูจน์ได้ว่าเทคโนโลยี IoT สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือหลักในการเฝ้าระวังสุขภาพเชิงป้องกัน (Preventive Health) ได้

5.1.2.2 การยอมรับเทคโนโลยีและการใช้งานแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานจริงจำนวน 10 ท่าน ผ่านแบบสอบถาม 5 ระดับ โดยทดสอบบนระบบเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ แต่เนื่องด้วยขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (n=10) ถือว่ามีจำนวนค่อนข้างน้อยในทางสถิติ จึงไม่สามารถใช้สถิติอ้างอิงประเภทพารามิเตอร์ (Parametric Statistics) เช่น t-test ได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากทางสถิติ การนำเสนอผลในส่วนนี้จึงมุ่งเน้นการใช้สถิติเชิงพรรณนา (ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เพื่อแสดงแนวโน้มความพึงพอใจในภาพรวม แทนการใช้สถิติอนุมานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยจะมีผลการประเมินความพึงพอใจใน 3 ด้าน ดังนี้

5.1.2.2.1 ความพึงพอใจด้านทัศนคติต่อการใช้ ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 ประเด็นที่ผู้ใช้งานให้คะแนนสูงสุดคือระบบช่วยให้การดูแลสุขภาพผู้สูงอายุมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 รองลงมาคือความเชื่อมั่นในความถูกต้องของการแจ้งเตือนและความตั้งใจที่จะใช้งานระบบอย่างต่อเนื่อง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60

5.1.2.2.2 ความพึงพอใจด้านการใช้งานของระบบ ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับ มาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.88 ผู้ใช้งานมีความเห็นว่าขั้นตอนการเข้าถึงระบบมีความชัดเจน ไม่ซับซ้อน มีการใช้ขนาดตัวอักษรและสีสันที่ชัดเจน รวมถึงเลือกใช้คำศัพท์ที่เข้าใจง่าย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และด้านการออกแบบหน้าจอและมุมมองรายงานมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในกลุ่มนี้คือ 4.20

5.1.2.2.3 ความพึงพอใจด้านประโยชน์ที่ได้รับ ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 โดยผู้ใช้งานเห็นว่าระบบมีประโยชน์สูงสุดในการช่วยรับรู้เหตุผิดปกติของผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 รองลงมาคือช่วยลดภาระงานในการติดตามดูแล ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และข้อมูลจากระบบเอื้อต่อการปรึกษาแพทย์หรือผู้เกี่ยวข้อง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40

ในการอภิปรายผลด้านประสิทธิภาพและความแม่นยำของการทำงานของระบบ (System Functionality and Accuracy) เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับงานวิจัย ระบบตรวจวัดสัญญาณ

ชีพและเฝ้าติดตามการล้มของผู้สูงอายุผ่าน IoT [47] ซึ่งประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อเฝ้าติดตามสุขภาพผู้สูงอายุ พบว่าความแม่นยำของระบบส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงร้อยละ 85–99 แตกต่างกันไปตามระเบียบวิธีวิจัยที่เลือกใช้ ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยที่พัฒนาระบบตรวจวัดสัญญาณชีพและเฝ้าติดตามการล้มผ่าน IoT มีความแม่นยำในการจำแนกพฤติกรรม (ยืน นั่ง นอน วิ่ง และล้ม) ในภาพรวมอยู่ที่ร้อยละ 94.16 โดยมีความแม่นยำเฉพาะการตรวจจับการพลัดตกหกล้มที่ร้อยละ 95–100 ตามทิศทางของการล้ม นอกจากนี้ หากพิจารณางานวิจัยในประเทศไทยที่พัฒนาระบบแจ้งเตือนและเฝ้าติดตามผู้สูงอายุผ่าน IoT ส่วนใหญ่มักรายงานผลการประเมินประสิทธิภาพในภาพรวมระดับ ดีถึงดีมาก (ร้อยละ 80–90) แต่ยังขาดการระบุรายละเอียดเชิงปริมาณที่ชัดเจน จากข้อมูลเชิงเปรียบเทียบดังกล่าว จึงสามารถอภิปรายได้ว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพทัดเทียมหรือสูงกว่าระบบเฝ้าติดตามการพลัดตกหกล้ม (Fall monitoring) และระบบเฝ้าระวังความผิดปกติอื่น ๆ ในช่วงเวลาเดียวกัน พร้อมทั้งมีจุดเด่นในการนำเสนอหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เป็นตัวเลขทางสถิติอย่างชัดเจนกว่างานวิจัยในกลุ่มเดียวกัน

สำหรับประเด็นการเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction Comparison) กับงานวิจัยการพัฒนาแอปพลิเคชันควบคุมระดับแสงอัจฉริยะภายในห้องผู้สูงอายุผ่านเทคโนโลยี IoT [51] ที่ใช้เครื่องมือการประเมินในลักษณะใกล้เคียงกัน พบว่างานวิจัยด้านการพัฒนาแอปพลิเคชันควบคุมระดับแสงอัจฉริยะภายในห้องผู้สูงอายุผ่าน IoT มีระดับความพึงพอใจจากผู้เชี่ยวชาญเฉลี่ยที่ 4.63 อยู่ในระดับดีมาก และงานวิจัยการสร้างอุปกรณ์แจ้งเตือนเพื่อช่วยเหลือผู้สูงอายุด้วยเทคโนโลยีไอโอที [52] มีระดับความพึงพอใจด้านความสามารถในการใช้งานและการพกพาเฉลี่ยที่ 4.30 อยู่ในระดับมาก ผลการเปรียบเทียบในส่วนนี้สะท้อนให้เห็นว่า ระดับความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นมีระดับการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ที่ใกล้เคียงหรือสูงกว่างานวิจัยอื่นในบริบทเดียวกัน ทั้งด้านความสามารถในการใช้งานได้จริง (Usability) และการรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness) ซึ่งสอดคล้องกับกรอบทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี Technology Acceptance Model (TAM) และทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (UTAUT) เป็นการยืนยันว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการและสร้างการยอมรับจากผู้ใช้งานกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิผล

5.2 ปัญหาที่พบในการวิจัย

ปัญหาและอุปสรรคที่พบระหว่างการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ สามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ ข้อจำกัดทางเทคนิคของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ความเสถียรของโครงข่ายสัญญาณโทรคมนาคม

และพฤติกรรมการใช้งานของกลุ่มตัวอย่าง ปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความต่อเนื่องของข้อมูล คือปัญหาการขาดการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์สวมใส่และสมาร์ตโฟน ตลอดจนความไม่เสถียรของสัญญาณอินเทอร์เน็ตภายในที่พักอาศัย ซึ่งทำให้การส่งผ่านข้อมูลสัญญาณชีพและการแจ้งเตือนเกิดความล่าช้า นอกจากนี้ ปัจจัยด้านพฤติกรรมมนุษย์ (Human factor) เช่น ความร่วมมือในการสวมใส่อุปกรณ์ของผู้สูงอายุ และความพร้อมในการตอบสนองต่อการแจ้งเตือนของผู้ดูแล ยังเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้การประเมินประสิทธิภาพของระบบในสถานการณ์จริงมีความคลาดเคลื่อนในบางช่วงเวลาของการทดสอบ

5.2.1 ข้อจำกัดของอุปกรณ์ IoT และความแม่นยำของนาฬิกาอัจฉริยะ ระหว่างการทดสอบพบว่าการตรวจวัดพารามิเตอร์ทางสรีรวิทยาผ่านนาฬิกาอัจฉริยะ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO_2) และความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ (HRV) เพื่อประเมินความเครียด มีความคลาดเคลื่อนในบางช่วงเวลา โดยเฉพาะเมื่อผู้ใช้งานมีการเคลื่อนไหวร่างกาย หรือมีปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ซึ่งเป็นข้อจำกัดเชิงกลไกของเซนเซอร์ประเภท Photoplethysmography (PPG) ที่ติดตั้งในอุปกรณ์ (Commercial grade) ทั่วไป ทำให้ข้อมูลบางประการ เช่น คุณภาพการนอนหลับ หรือค่าประมาณการความดันโลหิต มีความแม่นยำไม่เทียบเท่ากับเครื่องมือทางการแพทย์มาตรฐาน ข้อมูลที่จัดเก็บได้จึงเหมาะสมสำหรับการเฝ้าติดตามแนวโน้มสุขภาพ (Trend monitoring) มากกว่าการนำไปใช้เพื่อวินิจฉัยโรคโดยตรง นอกจากนี้ นาฬิกาอัจฉริยะยังมีข้อจำกัดด้านการจัดการพลังงาน โดยแบตเตอรี่จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเปิดใช้งาน Bluetooth และระบบระบุพิกัด (GPS) ควบคู่กัน ทำให้ไม่สามารถตั้งค่าความถี่ในการเก็บข้อมูลในระดับสูง (High-frequency sampling) ได้ตลอดเวลา ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดช่องโหว่ของข้อมูล (Data gaps)

5.2.2 ข้อจำกัดด้านสัญญาณเครือข่ายและระบบส่งผ่านข้อมูล อุปสรรคสำคัญในการวิจัย คือการหลุดการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์สวมใส่สมาร์ตโฟน ส่งผลให้ข้อมูลไม่ถูกอัปโหลดเข้าสู่ระบบตามวงรอบเวลาที่กำหนด ผู้ใช้งานจำเป็นต้องแก้ไขโดยการเชื่อมต่อใหม่หรือรีสตาร์ตอุปกรณ์ ทำให้สูญเสียความต่อเนื่องของข้อมูลบางส่วน นอกจากนี้ความไม่เสถียรของสัญญาณอินเทอร์เน็ตภายในที่พักอาศัยของผู้สูงอายุบางราย ยังก่อให้เกิดความหน่วงเวลา (Latency) ในการส่งข้อมูลส่งผลกระทบต่อเนื่องถึงความล่าช้าของระบบแจ้งเตือนแบบพุช (Push Notification) ในบางกรณีพบว่าระบบอ้างอิงการส่งข้อความสำเร็จ แต่ผู้ดูแลไม่ได้รับการแจ้งเตือน ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดด้านความน่าเชื่อถือแบบเวลาจริง (Real-time reliability) รวมถึงข้อจำกัดในการซิงโครไนซ์ข้อมูลย้อนหลัง (Offline-to-online synchronization) จากหน่วยความจำภายในเครื่อง (SQLite Database) เมื่อระบบเครือข่ายกลับมาใช้งานได้ปกติ ทำให้แฟ้มข้อมูลสูญหายหรือไม่ครบถ้วนสมบูรณ์

5.2.3 ข้อจำกัดด้านพฤติกรรมการใช้งานของผู้สูงอายุและผู้ดูแล ในส่วนของผู้ใช้งานพบประเด็นด้านความร่วมมือในการสวมใส่อุปกรณ์ (Device adherence) โดยผู้สูงอายุบางรายมักถอดนาฬิกาออกในขณะพักผ่อนหรือลืมสวมใส่กลับหลังการทำภารกิจส่วนตัว ส่งผลให้ขาดข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์อย่างต่อเนื่อง และทำให้ระบบพลาดการตรวจจับอุบัติการณ์สำคัญที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว ในส่วนของผู้ดูแลพบว่าบางรายยังไม่มีความคุ้นชินในการตอบสนองต่อการแจ้งเตือนของแอปพลิเคชันแบบเวลาจริง เช่น การตั้งค่าโทรศัพท์มือถือในโหมดปิดเสียง หรือละเลยการตรวจสอบข้อความแจ้งเตือนทันที ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้ผู้วิจัยไม่สามารถประเมินผลตัวชี้วัดระยะเวลาในการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ข้อจำกัดทางกายภาพของผู้สูงอายุ เช่น การมองเห็น ความจำ และทักษะความรอบรู้ทางดิจิทัล (Digital literacy) ยังเป็นอุปสรรคต่อการโต้ตอบกับส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface)

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาระบบและนำไปทดลองใช้งานจริง พบว่าระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้เทคโนโลยี IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน สามารถทำงานได้ในระดับที่น่าพอใจและสนับสนุนการดูแลผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้การนำระบบไปประยุกต์ใช้เกิดประสิทธิผลสูงสุดและเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคต ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะโดยแบ่งออกเป็นประเด็นด้านการนำไปปฏิบัติและประเด็นด้านการพัฒนาต่อยอด ดังนี้

ด้านการนำระบบไปปฏิบัติใช้งานจริง ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จคือความพร้อมของผู้ใช้งานและเสถียรภาพของระบบโครงข่าย ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมให้แก่ผู้สูงอายุและผู้ดูแลผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการ เพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการสวมใส่อุปกรณ์ การบำรุงรักษา การจัดการพลังงานแบตเตอรี่ และการตอบสนองต่อการแจ้งเตือน ควบคู่ไปกับการพัฒนาคู่มือการใช้งานที่เข้าใจง่ายในรูปแบบสื่อผสม เช่น ภาพประกอบหรือวิดีทัศน์ พร้อมระบุแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น (Troubleshooting) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นขณะใช้งาน นอกจากนี้ ควรมีการเตรียมความพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐาน โดยเฉพาะการปรับปรุงสัญญาณอินเทอร์เน็ตภายในที่พักอาศัยหรือจุดติดตั้งเกตเวย์ให้มีความเสถียร หรือพัฒนาระบบให้รองรับการบันทึกข้อมูลแบบออฟไลน์ชั่วคราวและซิงโครไนซ์ข้อมูลทันทีเมื่อระบบเครือข่ายกลับมาเป็นปกติ เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูลสำคัญ

ด้านการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยในอนาคต ผู้วิจัยเห็นควรให้มีการขยายขอบเขตการศึกษาทั้งในเชิงปริมาณและระยะเวลา กล่าวคือควรเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างให้มากขึ้นและมีความหลากหลายครอบคลุมช่วงอายุ ภาวะสุขภาพ และระดับทักษะทางเทคโนโลยี เพื่อลดข้อจำกัดในการสรุปผลอ้างอิงไปยังประชากรทั่วไป (Generalizability) อีกทั้งควรขยายระยะเวลาการทดสอบให้ยาวนานขึ้น

กว่า 1 สัปดาห์ เพื่อให้สามารถสะท้อนปัญหาในระยะยาว เช่น ความคงทนของอุปกรณ์ หรือพฤติกรรมการใช้งานที่แท้จริงของผู้ใช้ นอกจากนี้ ประเด็นด้านความแม่นยำของอุปกรณ์ถือเป็นเรื่องสำคัญ งานวิจัยระยะถัดไปควรกำหนดมาตรฐานของสมาร์ตวอทช์ที่ใช้ในการทดสอบ โดยอาจมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างรุ่นหรือยี่ห้อ เนื่องจากความแตกต่างของเซ็นเซอร์และอัลกอริทึมอาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของค่าชีวสัญญาณ โดยเฉพาะค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO_2) และระดับความเครียด จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) ด้วยการเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานทางการแพทย์ เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูลก่อนนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจทางสุขภาพ

ท้ายที่สุดในด้านการพัฒนาระบบเชิงเทคนิค ควรยกระดับมาตรการความมั่นคงปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของข้อมูล (Data Privacy and Security) ให้สอดคล้องกับมาตรฐานข้อมูลสุขภาพ เช่น การเข้ารหัสข้อมูลและการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึง รวมถึงควรปรับปรุงอัลกอริทึมการแจ้งเตือนให้มีความยืดหยุ่น สามารถกำหนดเกณฑ์ (Threshold) แบบเฉพาะบุคคล หรือใช้การยืนยันความผิดปกติจากหลายสัญญาณชีพร่วมกัน เพื่อลดปัญหาการแจ้งเตือนที่ผิดพลาด (False Alarm) และป้องกันภาวะความล้าจากการรับแจ้งเตือน (Alert Fatigue) ของผู้ดูแล นอกจากนี้ระบบควรถูกออกแบบให้มีสถาปัตยกรรมแบบเปิดที่สามารถรองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์สุขภาพประเภทอื่น ๆ และสามารถบูรณาการข้อมูลร่วมกับระบบสารสนเทศโรงพยาบาล (HIS) หรือระบบการแพทย์ทางไกล (Telemedicine) ได้ในอนาคต พร้อมทั้งปรับปรุงส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ให้รองรับการใช้งานของผู้สูงอายุที่มีข้อจำกัดทางกายภาพ เพื่อให้เทคโนโลยีสามารถเข้าถึงและอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานได้ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมายอย่างแท้จริง

บรรณานุกรม

[1] United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2567) [ออนไลน์]. World Population Prospectsz2024. [สืบค้นวันที่ 6 ธันวาคม 2568] จาก https://population.un.org/wpp/assets/Files/WPP2024_Summary-of-Results.pdf

[2] World Health Organization. (2568) [ออนไลน์]. Ageing and health. [สืบค้นวันที่ 7 ธันวาคม 2568] จาก https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health

[3] Mutualfinding. (2568) [ออนไลน์]. สูงวัยโดยสมบูรณ์: สรุปสถานการณ์ผู้สูงวัยในปี 2567 และจะไปต่อกันอย่างไร เมื่อ ‘ลูก’ คือรายได้หลักของพ่อแม่วัยเกษียณ. [สืบค้นวันที่ 10 ธันวาคม 256] จาก https://section09.thaihealth.or.th/2025/01/09/complete-aged-society

[4] NHK World Japan. (2569) [ออนไลน์]. Thailand prepares for super-aged society. [สืบค้น13 ธันวาคม 2568] จากhttps://www3.nhk.or.jp/nhkworld/en/news/backstories/4603

[5] Suanrueang, P. (2567) [ออนไลน์]. A comparison of the disease occurrence of cerebrovascular diseases, diabetes mellitus, hypertensive diseases, and ischaemic heart diseases among hospitalized older adults in Thailand. Scientific Reports, 14(1), Article 123. [สืบค้นวันที่ 14 ธันวาคม 2568] จาก https://doi.org/10.1038/s41598-023-49274-z

[6] กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2564) [ออนไลน์]. ผู้สูงอายุกับปัญหาสุขภาพ. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2568] จาก https://www.dop.go.th/th/know/15/415

[7] อนามัยโพล โพลเพื่อสุขภาพ โดยกรมอนามัย. (2567) [ออนไลน์]. ภาวะพึ่งพิงของผู้สูงอายุไทยในอนาคตอีก 20 ปี. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2568] จาก https://hfd.anamai.moph.go.th/th/news-anamai-3/229198

[8] สราวุธ ไพฑูรย์พงษ์. (2561) [ออนไลน์]. ระบบการดูแลผู้สูงอายุระดับชุมชนแบบบูรณาการ. [สืบค้นวันที่ 21 ธันวาคม 2568] จาก https://hfd.anamai.moph.go.th/th/news-anamai-3/229198

[9] กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2064) [ออนไลน์]. ‘5 ก.’ กลไกชุมชน เพื่อสังคมที่เอื้อต่อผู้สูงวัย. [สืบค้น3 มกราคม 2569] จาก https://www.dop.go.th/th/know/15/498

[10] กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2567) [ออนไลน์]. วิจัยปริทัศน์แนวทางการแก้ปัญหาผู้สูงอายุ คนไร้ที่พึ่งในสังคมไทย. [สืบค้นวันที่ 3 มกราคม 2569] จาก https://prt.parliament.go.th/server/api/core/bitstreams/4db1a6f8-e8ef-4a7b-997f-700a037b6585/content

[11] Medcury. (ม.ป.ป.) [ออนไลน์]. Telehealth กับ Telemedicine ต่างกันอย่างไร? [สืบค้นวันที่ 3 มกราคม 2569] จาก https://www.medcury.health/post/what-is-telehealth-telemedicine-how-different

[12] VFC ศูนย์เทคโนโลยีเพื่อการมีบุตร. (2568) [ออนไลน์]. Telemedicine คือบริการแพทย์ทางไกล เตรียมความพร้อมก่อนรักษา. [สืบค้นวันที่ 4 มกราคม 2569] จาก https://www.v-ivf.com/th/2025/08/what-is-telemedicine

[13] Allwell Healthcare. (2564) [ออนไลน์]. Telemedicine คืออะไร? ตัวเลือกที่น่าสนใจตอบโจทย์ผู้ป่วยในยุค 4.0. [สืบค้นวันที่ 4 มกราคม 2569] จาก https://allwellhealthcare.com/telemedicine

[14] Health and Well-being Thailand. (2565) [ออนไลน์]. Telehealth การแพทย์ทางไกลสำหรับการดูแลสุขภาพ. [สืบค้นวันที่ 4 มกราคม 2569] จาก https://www.hwthailand.org/articleforworkers/telemedicine-for-health-care

[15] สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. (2566) [ออนไลน์]. บริการการแพทย์ทางไกล (Telehealth/Telemedicine) ในระบบหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. [สืบค้นวันที่ 10 มกราคม 2569] จาก https://bdh.moph.go.th/site/wp-content/uploads/2023/08/3.1.3-telemedicine.pdf

[16] สถาบันโรคผิวหนัง. (2567) [ออนไลน์]. คู่มือบริการประชาชน ระบบการแพทย์ทางไกล Tele Medicine. [สืบค้นวันที่ 10 มกราคม 2569] จาก https://www.dms.go.th/backend/Content/Content_File/Population/Attach/25670409105434AM_10%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%9A%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%20%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%9E%E0%B8%97%E0%B8%A2%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%81%E0%B8%A5(Telemedicine%20)IOD%E0%B8%AA.%E0%B8%9C.pdf

[17] GeeksforGeeks. (2568) [ออนไลน์]. 3 layer IoT architecture. [สืบค้นวันที่ 11 มกราคม 2569] จาก https://www.geeksforgeeks.org/computer-networks/3-layer-iot-architecture

[18] Emerging Information and Technology Association (EITA). (2026) [ออนไลน์]. Architecture of IoT. [สืบค้นวันที่ 11 มกราคม 2569] จาก http://www.eitc.org/research-opportunities/new-media-and-new-digital-economy/the-iot-technology-and-applications/architecture-of-iot

[19] Kitrum. (2569) [ออนไลน์]. Three IoT Architecture Layers in IoT Systems & Their Security Threats. [สืบค้นวันที่ 11 มกราคม 2569] จาก https://kitrum.com/blog/three-layer-architecture-in-the-internet-of-things

[20] Iyer, G., & Zhong, Z. (2565) [ออนไลน์]. Pushing notifications as dynamic information design. Marketing Science, 41(1), 51–72. [สืบค้นวันที่ 17 มกราคม 2569] จาก https://doi.org/10.1287/mksc.2021.1305

[21] พงศธร วิริยกุล. (2569) [ออนไลน์]. การแจ้งเตือนแบบพุช (Push Notifications) คืออะไร? [สืบค้นวันที่ 17 มกราคม 2569] จาก https://www.engagelab.com/th_TH/blog/push-notifications

[22] AWS. (2569) [ออนไลน์]. บริการแจ้งเตือนแบบพุชคืออะไร. [สืบค้นวันที่ 18 มกราคม 2569] จาก https://aws.amazon.com/th/what-is/push-notification-service

[23] Jeffreys, K. (2569) [ออนไลน์]. ใช้ข้อความ Push เพื่อสร้างและมีส่วนร่วมกับผู้ใช้อีกครั้ง. [สืบค้นวันที่ 24 มกราคม 2569] จาก https://web.dev/articles/use-push-notifications-to-engage-users?hl=th

[24] สถานีสอนเขียนโปรแกรมอัจฉริยะ. (2569) [ออนไลน์]. เรื่องที่ Software Engineer ควรรู้ - การทำระบบ Notification (เช่น Email, SMS, Push Notification). [สืบค้นวันที่ 24 มกราคม 2569] จาก https://expert-programming-tutor.com/tutorial/article/KE003037_Things_that_a_Software_Engineer_should_know_-_Creating_a_notification_system__such_as_Email_SMS_Push_Notification_.php

[25] Hartery, D. (2565) [ออนไลน์]. วิธีพัฒนากลยุทธ์การตลาดโดยใช้การแจ้งเตือนแบบพุชให้ประสบความสำเร็จ. [สืบค้นวันที่ 25 มกราคม 2569] จาก https://www.adjust.com/th/blog/how-to-develop-a-successfull-push-notification-strategy

[26] Farajpour Cami, R. (2568) [ออนไลน์]. Design of a Push Notification Service. [สืบค้นวันที่ 25 มกราคม 2569] จาก https://dev.to/raminfp/design-of-a-push-notification-service-4589

[27] Gomez-Hernandez, M., Ferre, X., Moral, C., & Villalba-Mora, E. (2023) [ออนไลน์]. Design guidelines of mobile apps for older adults: Systematic review and thematic analysis. JMIR mHealth and uHealth, 11, e43186. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2568] จาก https://doi.org/10.2196/43186

[28] Nimmanterdwong, Z., Boonviriya, S., & Tangkijvanich, P. (2565) [ออนไลน์]. Human-centered design of mobile health apps for older adults: Systematic review and narrative synthesis. JMIR mHealth and uHealth, 10(1), e29512. [สืบค้นวันที่ 31 มกราคม 2569] จาก https://doi.org/10.2196/29512

[29] Beaudouin-Lafon, M., & Mackay, W. E. (2546) [ออนไลน์]. Prototyping tools and techniques. In J. A. Jacko & A. Sears (Eds.), The human-computer interaction handbook: Fundamentals, evolving technologies and emerging applications (pp. 1006–1031). Lawrence Erlbaum Associates. [สืบค้นวันที่ 31 มกราคม 2569] จาก https://www.lri.fr/~mackay/pdffiles/Prototype.chapter.pdf

[30] Hou, G., Anicetus, U., & He, J. (2565) [ออนไลน์]. How to design font size for older adults: A systematic literature review with a mobile device. Frontiers in Public Health, 10, 1039053. [สืบค้นวันที่ 31 มกราคม 2569] จาก https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1039053

[31] Yeh, P.-C. (2564) [ออนไลน์]. Impact of button position and touchscreen font size on healthcare device operation by older adults. International Journal of Industrial Ergonomics, 86, 103233. [สืบค้นวันที่ 31 มกราคม 2569] จาก https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103233

[32] Zhou Hui, Siriporn Satchanan, Supattra Chantanasiri and Ariya Phuvakeereevivat. (2566). The Impact of E-commerce Live Streaming Servicescape on Consumers' Impulsive Purchase Intention. International Journal of Multidisciplinary in Management and Tourism, 7(2), 179-192. Luangporyai Association.

[33] Varatharaj, M. (2568). Integration of Health Monitoring Systems in Smart Home Environments. International Journal of Research in Computer Applications and Information Technology (IJRCAIT), 8(1), 239-253. IAEME Publication.

[34] Efendi, A., Ammarullah, M. I., Isa, I. G. T., Sari, M. P., Izza, J. N., Nugroho, Y. S., Nasrullah, H. and Alfian, D. (2568). IoT-Based Elderly Health Monitoring System Using Firebase Cloud Computing. Health Science Reports, 8(3), e70498. Wiley.

[35] Elkahlout, M., Abu Saqer, M. M., Aldaour, A. F., Issa, A. and Debeljak, M. (2563). IoT-Based Healthcare and Monitoring Systems for the Elderly: A Literature Survey Study. In 2020 International Conference on Assistive and Rehabilitation Technologies (iCareTech), 92-96. IEEE.

[36] Uwizeyimana, T., Ngenzi, A. and Nyesheja M., E. M. (2566). IoT system to monitor health conditions of elderly. In ICSCA '23: Proceedings of the 2023 12th International Conference on Software and Computer Applications, 240-245. ACM, New York, NY, USA.

[37] Isa, I. G. T., Ammarullah, M. I., Efendi, A., Nugroho, Y. S., Nasrullah, H. and Sari, M. P. (2567). Constructing an elderly health monitoring system using fuzzy rules and Internet of Things. AIP Advances, 14(5), 055317. AIP Publishing.

[38] Ramadevi, N., Boddepalli, E., Sree, B. D., Shobana, M., Sushma, B. and Sanjay K. (2568). IoT-Enabled Smart Wearable for Continuous Elderly Health Monitoring and Predictive Care. In Proceedings of the 1st International Conference on Research and Development in Information, Communication, and Computing Technologies (ICRDICCT'25), 219-226. SciTePress.

[39] Olmedo-Aguirre, J. O., Reyes-Campos, J., Alor-Hernández, G., Machorro-Cano, I., Rodríguez-Mazahua, L. and Sánchez-Cervantes, J. L. (2565). Remote Healthcare for Elderly People Using Wearables: A Review. Biosensors, 12(2), 73. MDPI.

[40] Ding, H., et al. (2567). Assessment of Wearable Device Adherence for Monitoring Physical Activity in Older Adults: Pilot Cohort Study. JMIR Aging, 7, e60209. JMIR Publications.

[41] Zhang, H., Xu, J., Lu, X., Xu, M., Shi, Y. and Liang, Y. (2568). Wearable Devices in Elderly Chronic Disease Management: A Qualitative Study of Barriers and Facilitators. Journal of Nursing Management, 2025(1), 1278057. Wiley.

[42] Varghese, A. and Muthukumaraswamy, S. A. (2566). An IoT-Based Health Monitoring System for Elderly Patients. In V. Bhateja, J. R. Mohanty, W. Flores Fuentes and K. Maharatna (eds.), Communication, Software and Networks. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 493, 331-338. Singapore: Springer.

[43] Sahu, K. S., Oetomo, A. and Morita, P. P. (2566). Health Monitoring Using Smart Home Technologies: Scoping Review. JMIR mHealth and uHealth, 11, e37347. JMIR Publications.

[44] Tanakietpinyo, S., O-Charot, L. and Tudpor, K. (2567). Demand for an Internet of Things-based Health Monitoring Pattern to Prevent Falls in the Elderly. วารสารสุขภาพและอาหารเชิงสร้างสรรค์, 2(2), 41-51.

[45] Chokphukhiao, C., Thet Tun, W. S., Duankhan, P., Masa, S., Hongthong, P., Pongskul, C., Chaiayuth, S., Loeiyood, J., Kuhirunyaratn, P., Jindawong, B., Seeooppalat, N., Chiewchanwattana, S., Patramanon, R. and Sunat, K. (2569). IoT-based health monitoring and social welfare access for Thailand's older adults. Frontiers in Digital Health, 8. Frontiers Media SA.

[46] Wudhiphan, W., Suthisoontrin, T., Vanijkachorn, P. และ Visutsak, P. (2567). An IoT-based Multi-sensory Intelligent Device for Bedridden Elderly Monitoring. ECTI Transactions on Computer and Information Technology (ECTI-CIT), 18(2), 136-146. ECTI Association.

[47] อภิรัชตานนท์, ณัฐพงศ์. (2566). ระบบตรวจวัดสัญญาณชีพและเฝ้าติดตามการล้มของผู้สูงอายุผ่านระบบ IoT. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

[48] ส่งเนียม, ณัฐพงศ์. (2565). การพัฒนาระบบผู้ช่วยดูแลผู้สูงอายุโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง. วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, 8(2), 37-39.

[49] วรรณยศ, วงศพัทธ์, ส่งสกุลวัฒนา, อารีย์รัตน์ และ ชูประยูร, วศิณ. (2564). การพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพประสิทธิผลอุปกรณ์ IoT เพื่อการสื่อสารระหว่างผู้สูงอายุป่วยติดเตียงกับผู้ดูแล. วารสารรังสิตสารสนเทศ, 27(1), 27-50. สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยรังสิต.

[50] เลื่อมสำราญ, ปริวัฒน์. (2559). ระบบติดตามพฤติกรรมผู้สูงอายุโดยใช้เครือข่ายไร้สาย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี, 155 หน้า.

[51] บุญเลิศ, พ., จงสุวณิชย์, ช., คณาณุวัตน์, น. และ บุญยัง, ธ. (2563). การพัฒนาแอปพลิเคชันควบคุมระดับแสงอัจฉริยะภายในห้องผู้สูงอายุ ผ่านเทคโนโลยี IoT. ใน บุญเจริญ, ส. (บ.ก.), The 7th National Conference Nakhonratchasima College (หน้า 306–316). วิทยาลัยนครราชสีมา.

[52] บุญเกิด, ช., คงคีรี, ณ., เอื้อจิตร์, ส., สุขสุดา, น. และ จรรจลามิตร, ส. (2567). การสร้างอุปกรณ์แจ้งเตือนเพื่อช่วยเหลือผู้สูงอายุด้วยเทคโนโลยีไอโอที. ใน เอกสารรวบรวมบทความวิจัย การประชุมวิชาการระดับชาติเทคโนโลยีเชิงสร้างสรรค์ ราชมงคลกรุงเทพ วิชาการ 2567 ครั้งที่ 9 (CreTech2024) (หน้า 395–402). สมาคมนวัตกรรมและเทคโนโลยีสร้างสรรค์ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

[53] Alamy. (ม.ป.ป.) [ออนไลน์]. Push and pull Strategy. [สืบค้นวันที่ 9 มีนาคม 2569] จาก https://www.alamy.com/push-and-pull-strategy-image337163681.html

[54] Unique Software Development. (2568) [ออนไลน์]. The Software Development Life Cycle (SDLC): 7 Phases and Models. [สืบค้นวันที่ 9 มีนาคม 2569] จาก https://uniquesoftwaredev.com/the-software-development-life-cycle-sdlc-7-phases-and-models/

[55] Luo, Z. (2567) [ออนไลน์]. Factors contributing to teachers' acceptance intention to gamified EFL tools: a scale development study. [สืบค้นวันที่ 9 มีนาคม 2569] จาก https://link.springer.com/article/10.1007/s11423-023-10249-6/figures/1



ภาคผนวก ก

แบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญสำหรับการประเมินโรค/ภาวะที่อาจจะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่ได้จากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์

แบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญสำหรับ
การประเมินโรค/ภาวะที่อาจจะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่ได้จากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์
ชื่อ นางสาวปนัสยา ทองดี รหัสประจำตัวนักศึกษา 6707021856051
สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

-

คำแนะนำ: แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทางสุขภาพเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการใช้ข้อมูลจากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์ เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อโรคหรือภาวะต่าง ๆ กรุณาตอบตามความรู้ ความเชี่ยวชาญ หรือประสบการณ์ของท่าน

โปรดพิจารณาทดสอบการทำงานของระบบตามฟังก์ชันที่ระบุในตาราง แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง พร้อมระบุข้อมูล/อาการควรเก็บเพิ่มเติม และข้อเสนอแนวทางการป้องกัน

ตอนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. ชื่อ-นามสกุล (ไม่บังคับ):
   .....
2. เพศ:
   - ☐ ชาย
   - ☐ หญิง
   - ☐ ไม่ระบุ
3. ช่วงอายุ:
   - ☐ ต่ำกว่า 30 ปี
   - ☐ 30–39 ปี
   - ☐ 40–49 ปี
   - ☐ 50 ปีขึ้นไป
4. ระดับการศึกษา:
   - ☐ ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโท

☐ ปริญญาเอก

☐ อื่น ๆ (ระบุ): .....

5. ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน / อาชีพ:

☐ แพทย์เวชศาสตร์ทั่วไป

☐ แพทย์เฉพาะทาง (ระบุสาขา): .....

☐ พยาบาล / เจ้าหน้าที่สาธารณสุข

☐ อื่น ๆ (ระบุ): .....

6. หน่วยงาน/โรงพยาบาลที่สังกัด: .....
7. จำนวนปีที่มีประสบการณ์ในสายงานที่เกี่ยวข้อง:

☐ น้อยกว่า 3 ปี

☐ 3–5 ปี

☐ 6–10 ปี

☐ มากกว่า 10 ปี

8. ท่านมีประสบการณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากอุปกรณ์สวมใส่เพื่อประเมินสุขภาพหรือไม่?

☐ มี

☐ ไม่มี

☐ เคยศึกษา / ทดลองในเชิงวิจัย

ตอนที่ 2: การประเมินโรคจากข้อมูล สมาร์ตวอทช์

คำชี้แจง โปรดกรอกข้อมูลในแต่ละช่องให้ครบถ้วนตามความเข้าใจหรือประสบการณ์ของท่าน โดยพิจารณาตามหัวข้อในแต่ละแถว และระบุข้อมูลในแต่ละช่อง ดังนี้

1. สามารถประเมินได้จากค่าใดบ้าง – โปรดระบุค่าที่สามารถใช้ในการประเมินภาวะนั้นได้ (เช่น Heart Rate, Sleep, Steps ฯลฯ)
2. พบความเสี่ยงจากข้อมูลบ่อยเพียงใด – โปรดทำเครื่องหมายในช่องที่ตรงกับความถี่ที่พบ (บ่อย, บางครั้ง, ไม่บ่อย)

3. ควรเก็บข้อมูลอะไรเพิ่มเติม หรือควรสังเกตอาการอะไรเพิ่มเติม – โปรดเขียนเพิ่มเติมหากเห็นว่าควรมีข้อมูลอื่นร่วมในการประเมิน
4. ข้อเสนอแนะแนวทางการป้องกัน หรือข้อควรระวัง – โปรดเขียนคำแนะนำหรือแนวทางการป้องกันภาวะสุขภาพดังกล่าว

ข้อมูลประกอบ

ข้อมูลที่ได้รับจากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์ ดังนี้

Data	Description
Calories	จำนวนแคลอรีที่เผาผลาญในแต่ละวัน
Heart Rate	อัตราการเต้นของหัวใจ (bpm) แบบต่อเนื่อง
Steps	จำนวนก้าวที่เดินในแต่ละวัน
SpO2	เปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด
Stress	ระดับความเครียดโดยประมาณจาก HRV
Sleep	ข้อมูลการนอน เช่น ระยะเวลาและคุณภาพ
VO2 Max	ปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายใช้ได้ (ml/kg/min)

จากตัวอย่างนี้ คือ สามารถใช้ข้อมูลจากนาฬิกาสมาร์ตวอทช์ ได้แก่ Heart Rate, VO_2 Max, Steps, Stress, Sleep และ SpO_2 เพื่อช่วยประเมินความเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดในระดับเบื้องต้นได้ โดยบางค่าพบความเสี่ยงบ่อย เช่น Heart Rate และ Stress ขณะที่บางค่าเช่น VO_2 Max และ Sleep พบความเสี่ยงเป็นบางครั้ง

ทั้งนี้ควรเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ความดันโลหิต หรือสังเกตอาการร่วม เช่น เหนื่อยง่าย นอนหลับไม่สนิท เพื่อประเมินความเสี่ยงได้แม่นยำขึ้น

แนวทางป้องกันเบื้องต้น ได้แก่ การออกกำลังกายสม่ำเสมอ พักผ่อนเพียงพอ ลดความเครียด รับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพ และติดตามค่าต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องเพื่อเฝ้าระวังและป้องกันโรคหัวใจในระยะยาว

โรค/ภาวะ	**สามารถประเมินได้จากค่าใดบ้าง (เช่น Heart Rate, VO_2max, Steps, Stress ฯลฯ)**	**พบความเสี่ยงจากข้อมูลบ่อยเพียงใด (เช่น บ่อย, บางครั้ง, ไม่บ่อย)**	**ควรเก็บข้อมูลอะไรเพิ่มเติม หรือควรสังเกตอาการอะไรเพิ่มเติม**	**ข้อเสนอแนวทางการป้องกันหรือเฝ้าระวัง**
	[ ] Calories			

โรค/ภาวะ	สามารถประเมินได้จากค่าใดบ้าง (เช่น Heart Rate, VO_2max, Steps, Stress ฯลฯ)	พบความเสี่ยงจากข้อมูลบ่อยเพียงใด (เช่น บ่อย, บางครั้ง, ไม่บ่อย)	ควรเก็บข้อมูลอะไรเพิ่มเติม หรือควรสังเกตอาการอะไรเพิ่มเติม	ข้อเสนอแนวทางการป้องกันหรือเฝ้าระวัง
1. โรคหัวใจและหลอดเลือด	[/] Heart Rate	**บ่อย** (โดยเฉพาะผู้สูงอายุหรือมีโรคประจำตัว)	ตรวจจับความผิดปกติ เช่น HR resting >100 หรือ <50 bpm	● ออกกำลังกายแบบแอโรบิกสม่ำเสมอ อย่างน้อย 150 นาที/สัปดาห์ ● ลดเครียดและพักผ่อนเพียงพอ (หลีกเลี่ยงการทำงานหนักเกินไปหรือนอนดึก) ● รับประทานอาหารลดไขมันและน้ำตาล เพิ่มผักผลไม้และอาหารที่มีโอเมก้า-3 ● ติดตามค่า HR, VO_2max, Sleep และ Stress อย่างต่อเนื่อง ● ตรวจสุขภาพประจำปีโดยแพทย์ โดยเฉพาะถ้ามีความเสี่ยงพื้นฐาน (เช่น อายุเกิน 45 ปี หรือโรคประจำตัว)
	[/] Steps	**บางครั้ง** (ถ้าค่าเฉลี่ยต่อวันต่ำ)	เฝ้าระวังค่าเฉลี่ย <5,000 ก้าว/วัน	
	[/] SpO2	**ไม่บ่อย** (มักพบในโรคร่วม เช่น OSA)	เฝ้าระวังค่า SpO_2 < 94% โดยเฉพาะขณะนอนหลับ	
	[/] Stress	**บ่อย** (โดยเฉพาะในคนวัยทำงาน)	ตรวจจับความเครียดเรื้อรังหรือระดับสูงบ่อยครั้ง	
	[/] Sleep	**บ่อย** (หากนอนน้อย/หลับไม่ลึก)	ตรวจค่า deep sleep, จำนวนครั้งที่ตื่นกลางดึก	
	[/] VO2 Max	**บางครั้ง** (ขึ้นกับพฤติกรรมสุขภาพ)	เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามอายุและเพศ	

โรค/ภาวะ	สามารถประเมินได้จากค่าใดบ้าง (เช่น Heart Rate, VO_2max, Steps, Stress ฯลฯ)	พบความเสี่ยงจากข้อมูลบ่อยเพียงใด (เช่น บ่อย, บางครั้ง, ไม่บ่อย)	ควรเก็บข้อมูลอะไรเพิ่มเติมหรือควรสังเกตอาการอะไรเพิ่มเติม	ข้อเสนอแนวทางการป้องกันหรือเฝ้าระวัง
1. โรคหัวใจและหลอดเลือด	[ ] Calories	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	.....	.....
	[ ] Heart Rate	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	.....	.....
	[ ] Steps	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	.....	.....
	[ ] SpO2	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	.....	.....
	[ ] Stress	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	.....	.....
	[ ] Sleep	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	.....	.....

โรค/ภาวะ	สามารถประเมินได้จากค่าใดบ้าง (เช่น Heart Rate, VO_2max, Steps, Stress ฯลฯ)	พบความเสี่ยงจากข้อมูลบ่อยเพียงใด (เช่น บ่อย, บางครั้ง, ไม่บ่อย)	ควรเก็บข้อมูลอะไรเพิ่มเติม หรือควรสังเกตอาการอะไรเพิ่มเติม	ข้อเสนอแนวทางการป้องกันหรือเฝ้าระวัง
	[ ] VO2 Max	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	.....	.....
2. โรคเบาหวาน	[ ] Calories	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	.....	.....
	[ ] Heart Rate	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	.....	.....
	[ ] Steps	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	.....	.....
	[ ] SpO2	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	.....	.....
	[ ] Stress	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	.....	.....

โรค/ภาวะ	สามารถประเมินได้จากค่าใดบ้าง (เช่น Heart Rate, VO_2max, Steps, Stress ฯลฯ)	พบความเสี่ยงจากข้อมูลบ่อยเพียงใด (เช่น บ่อย, บางครั้ง, ไม่บ่อย)	ควรเก็บข้อมูลอะไรเพิ่มเติม หรือควรสังเกตอาการอะไรเพิ่มเติม	ข้อเสนอแนวทางการป้องกันหรือเฝ้าระวัง
	[ ] Sleep	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....
	[ ] VO2 Max	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....
3. ภาวะความเครียดเรื้อรัง	[ ] Calories	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....
	[ ] Heart Rate	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....
	[ ] Steps	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	.....

โรค/ภาวะ	สามารถประเมินได้จากค่าใดบ้าง (เช่น Heart Rate, VO_2max, Steps, Stress ฯลฯ)	พบความเสี่ยงจากข้อมูลบ่อยเพียงใด (เช่น บ่อย, บางครั้ง, ไม่บ่อย)	ควรเก็บข้อมูลอะไรเพิ่มเติมหรือควรสังเกตอาการอะไรเพิ่มเติม	ข้อเสนอแนวทางการป้องกันหรือเฝ้าระวัง
	[ ] SpO2	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....
	[ ] Stress	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....
	[ ] Sleep	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....
	[ ] VO2 Max	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....
4. ภาวะนอนไม่เพียงพอ / คุณภาพการนอนต่ำ	[ ] Calories	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	.....

โรค/ภาวะ	สามารถประเมินได้จากค่าใดบ้าง (เช่น Heart Rate, VO_2max, Steps, Stress ฯลฯ)	พบความเสี่ยงจากข้อมูลบ่อยเพียงใด (เช่น บ่อย, บางครั้ง, ไม่บ่อย)	ควรเก็บข้อมูลอะไรเพิ่มเติมหรือควรสังเกตอาการอะไรเพิ่มเติม	ข้อเสนอแนวทางการป้องกันหรือเฝ้าระวัง
	[ ] Heart Rate	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....
	[ ] Steps	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....
	[ ] SpO2	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....
	[ ] Stress	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....
	[ ] Sleep	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....
	[ ] VO2 Max	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....

โรค/ภาวะ	สามารถประเมินได้จากค่าใดบ้าง (เช่น Heart Rate, VO_2max, Steps, Stress ฯลฯ)	พบความเสี่ยงจากข้อมูลบ่อยเพียงใด (เช่น บ่อย, บางครั้ง, ไม่บ่อย)	ควรเก็บข้อมูลอะไรเพิ่มเติมหรือควรสังเกตอาการอะไรเพิ่มเติม	ข้อเสนอแนวทางการป้องกันหรือเฝ้าระวัง
				…… …… …… ……
5. ภาวะขาดการออกกำลังกาย	[ ] Calories	☐ บ่อย: …… ☐ บางครั้ง: …… ☐ ไม่บ่อย: ……	…… …… ……	…… …… …… ……
	[ ] Heart Rate	☐ บ่อย: …… ☐ บางครั้ง: …… ☐ ไม่บ่อย: ……	…… …… ……	…… …… …… ……
	[ ] Steps	☐ บ่อย: …… ☐ บางครั้ง: …… ☐ ไม่บ่อย: ……	…… …… ……	…… …… …… ……
	[ ] SpO2	☐ บ่อย: …… ☐ บางครั้ง: …… ☐ ไม่บ่อย: ……	…… …… ……	…… …… …… ……
	[ ] Stress	☐ บ่อย: …… ☐ บางครั้ง: …… ☐ ไม่บ่อย: ……	…… …… ……	……

โรค/ภาวะ	สามารถประเมินได้จากค่าใดบ้าง (เช่น Heart Rate, VO_2max, Steps, Stress ฯลฯ)	พบความเสี่ยงจากข้อมูลบ่อยเพียงใด (เช่น บ่อย, บางครั้ง, ไม่บ่อย)	ควรเก็บข้อมูลอะไรเพิ่มเติมหรือควรสังเกตอาการอะไรเพิ่มเติม	ข้อเสนอแนวทางการป้องกันหรือเฝ้าระวัง
	[ ] Sleep	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....
	[ ] VO2 Max	☐ บ่อย: ..... ☐ บางครั้ง: ..... ☐ ไม่บ่อย:	....	....

ตอนที่ 3: ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

1. ควรมีเทคโนโลยีหรือการวัดเพิ่มเติมใด เพื่อเสริมประสิทธิภาพการวิเคราะห์สุขภาพจากอุปกรณ์สวมใส่?

   .....

   .....

2. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ สำหรับการใช้ข้อมูลจาก สมาร์ตวอทช์ เพื่อดูแลสุขภาพสำหรับผู้ใช้ในเชิงป้องกัน

   .....

   .....

ขอขอบพระคุณสำหรับข้อมูลของท่านในครั้งนี้



ภาคผนวก ข

แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

แบบประเมินประสิทธิภาพ

ระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

ชื่อ นางสาวปนัสยา ทองดี รหัสประจำตัวนักศึกษา 6707021856051

สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

คำชี้แจง การตอบแบบประเมินประสิทธิภาพ

1. แบบสอบถามชุดนี้เป็นส่วนหนึ่งของการค้นคว้าอิสระในหัวข้อ การพัฒนาระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน
2. ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระเกี่ยวกับการทำงานของระบบ โดยข้อมูลที่ท่านให้จะถูกนำไปใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น และใช้ในการปรับปรุงระบบให้เหมาะสมยิ่งขึ้นเท่านั้น
3. โปรดพิจารณาทดสอบการทำงานของระบบตามฟังก์ชันที่ระบุในตาราง แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ถูกต้อง หรือ ไม่ถูกต้อง พร้อมระบุเหตุผลหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในช่องหมายเหตุ

ตารางผลการประเมินประสิทธิภาพระบบ

การทดสอบ		ผลการทดสอบ		ผลที่คาดไว้
		ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	
1. ทดสอบการเชื่อมต่อและรับส่งข้อมูล				
	การเชื่อมต่อระหว่าง Smart Watch กับแอปพลิเคชัน			● ระบบเชื่อมต่อกับ Smart Watch สำเร็จ ● แสดงสถานะเชื่อมต่อบนหน้าจอ
	การรับข้อมูลสุขภาพจาก Smart Watch			● แอปรับข้อมูลจากอุปกรณ์ได้ ● ข้อมูลแสดงบนหน้าจอได้ ● ข้อมูลถูกบันทึกลงฐานข้อมูล

การทดสอบ		ผลการทดสอบ		ผลที่คาดไว้
		ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	
2. ทดสอบการแสดงผลข้อมูลสุขภาพ				
	การแสดงผลหน้าจอ Home			● แสดงเมนูหลักครบถ้วน ● แสดงข้อมูลผู้สูงอายุที่อยู่ภายใต้การดูแล
	การแสดงผลหน้าจอ My Health			● ระบบแสดงข้อมูลรายสัปดาห์ได้ ● ผู้ใช้สามารถดูแนวโน้มสุขภาพได้
3. ทดสอบการจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน				
	การแสดงผลหน้าจอ Report			● ระบบแสดงรายการข้อมูลย้อนหลังได้ ● ผู้ใช้สามารถตรวจสอบย้อนหลังได้
	การเพิ่มข้อมูลผู้สูงอายุ			● ระบบบันทึกข้อมูลสำเร็จ ● แสดงข้อมูลผู้สูงอายุในรายการ ● สามารถนำข้อมูลไปใช้กับการติดตามสุขภาพได้
	การแก้ไขข้อมูลผู้สูงอายุ			● ข้อมูลถูกอัปเดตสำเร็จ ● ระบบแสดงข้อมูลล่าสุดถูกต้อง
4. ทดสอบระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ				
	การแจ้งเตือนเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจผิดปกติ			● ระบบสร้างแจ้งเตือนอัตโนมัติ

การทดสอบ		ผลการทดสอบ		ผลที่คาดไว้
		ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	
				• หากเข้าเงื่อนไขผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือนผู้ดูแล • บันทึกประวัติแจ้งเตือนในระบบ • ระบบแสดงรายการแจ้งเตือนครบ
	การแจ้งเตือนเมื่อพบความผิดปกติของการนอนหลับ			• ระบบสร้างแจ้งเตือนอัตโนมัติ • หากเข้าเงื่อนไขผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือนผู้ดูแล • บันทึกประวัติแจ้งเตือนในระบบ • ระบบแสดงรายการแจ้งเตือนครบ
	การแจ้งเตือนเมื่อระดับออกซิเจนในเลือดต่ำ			• ระบบสร้างแจ้งเตือนอัตโนมัติ • หากเข้าเงื่อนไขผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือนผู้ดูแล • บันทึกประวัติแจ้งเตือนในระบบ • ระบบแสดงรายการแจ้งเตือนครบ
	การแจ้งเตือนเมื่อพบภาวะโรคหัวใจและหลอดเลือด			• ระบบสร้างแจ้งเตือนอัตโนมัติ • หากเข้าเงื่อนไขผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือนผู้ดูแล

การทดสอบ		ผลการทดสอบ		ผลที่คาดไว้
		ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	
				• บันทึกประวัติแจ้งเตือนในระบบ • ระบบแสดงรายการแจ้งเตือนครบ
	การแจ้งเตือนเมื่อพบภาวะโรคเบาหวาน			• ระบบสร้างแจ้งเตือนอัตโนมัติ • หากเข้าเงื่อนไขผิดปกติระบบจะแจ้งเตือนผู้ดูแล • บันทึกประวัติแจ้งเตือนในระบบ • ระบบแสดงรายการแจ้งเตือนครบ
	การแจ้งเตือนเมื่อพบภาวะขาดการออกกำลัง			• ระบบสร้างแจ้งเตือนอัตโนมัติ • หากเข้าเงื่อนไขผิดปกติระบบจะแจ้งเตือนผู้ดูแล • บันทึกประวัติแจ้งเตือนในระบบ • ระบบแสดงรายการแจ้งเตือนครบ

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่ประเมิน ...../...../.....

ภาคผนวก ค

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อการพัฒนาระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อ
การพัฒนาระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

ชื่อ นางสาวปนัสยา ทองดี รหัสประจำตัวนักศึกษา 6707021856051
สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

-

คำชี้แจง การตอบแบบประเมินความพึงพอใจ

1. แบบประเมินความพึงพอใจฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้งานทั่วไปประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้น โดยแบ่งหัวข้อในการประเมินเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1.1. ปัจจัยด้านรับรู้ประโยชน์ (PU : Perceived Usefulness) เป็นการประเมินประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง

1.2. ปัจจัยด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (PE : Perceived Ease of Use) เป็นการประเมินระบบว่ามีความเหมาะสมเพียงใด ใช้งานง่าย เข้าใจได้ง่าย และสะดวกมากน้อยเพียงใด มีการจัดวางรูปแบบหน้าจอ และการเลือกใช้ตัวอักษรที่เหมาะสมมากน้อยเพียงใด

1.3. ปัจจัยด้านทัศนคติต่อการใช้ (AU : Attitude Toward Using) เป็นเจตคติ/ความรู้สึกโดยรวมต่อการใช้ระบบ ครอบคลุมความพึงพอใจ ความเชื่อมั่น ความไว้วางใจข้อมูล และความตั้งใจใช้ต่อเนื่อง

2. แบบประเมินความพึงพอใจแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้งาน โปรดเติมข้อความในช่องว่างตามความเป็นจริง

ตอนที่ 2 ความเห็นของผู้ใช้งานเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้น โปรดทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด โดยตัวเลขของระดับความพึงพอใจในแต่ละด้านมีความหมายดังนี้

คะแนน	ระดับความพึงพอใจ
5	ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
4	ความพึงพอใจในระดับมาก
3	ความพึงพอใจในระดับปานกลาง

2	ความพึงพอใจในระดับน้อย
1	ความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้งาน

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย (✓) ในช่องที่ตรงกับข้อมูลส่วนตัวของท่าน

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ ☐ 21–25 ปี ☐ 26–35 ปี ☐ 36–40 ปี ☐ มากกว่า 40 ปี
3. อาชีพ/ ตำแหน่ง .....
4. ประสบการณ์ในการทำงาน

☐ 0-2 ปี ☐ 3-6 ปี ☐ 7-10 ปี ☐ มากกว่า 10 ปี

ตอนที่ 2 ทฤษฎีแบบจำลองความพึงพอใจเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model : TAM) ที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้น

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย (✓) ในช่องแบบสอบถามที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

2.1 รายการปัจจัยรับรู้ประโยชน์ (PU : Perceived Usefulness)

เป็นการประเมินประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง

รายการปัจจัยรับรู้ประโยชน์ (PU : Perceived Usefulness)	**ระดับความคิดเห็น**				
	มากที่สุด	**มาก**	**ปานกลาง**	**น้อย**	**น้อยที่สุด**
	5	**4**	**3**	**2**	**1**
1) ระบบช่วยให้รับรู้เหตุผิดปกติของผู้สูงอายุได้					
2) ระบบมีส่วนช่วยทำให้ภาระงานติดตามลดลง					
3) ระบบสามารถสรุปข้อมูลสุขภาพในแอปลิเคชั่น ช่วยให้ตัดสินใจดูแลได้ดีขึ้น					
4) ข้อมูลจากระบบเอื้อต่อการคุยกับแพทย์/ผู้เกี่ยวข้อง					

2.2 รายการปัจจัยการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (PE : Perceived Ease of Use)

เป็นการประเมินรูปแบบการแสดงผลของระบบว่ามีความเหมาะสมเพียงใด ผู้งานเข้าได้ง่าย และใช้งานได้สะดวกมากน้อยเพียงใด การจัดวางรูปแบบหน้าจอ และการเลือกใช้ตัวอักษรเหมาะสมมากน้อยเพียงใด

รายการปัจจัยการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (PE : Perceived Ease of Use)	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	5	4	3	2	1
1) ขั้นตอนการเรียกดูระบบมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน					
2) ระบบมีการใช้ขนาดตัวอักษร และสีของตัวอักษรได้อย่างชัดเจน					
3) การออกแบบหน้าจอและมุมมองของรายงานมีความชัดเจน					
4) ระบบมีการเลือกใช้คำศัพท์ที่เข้าใจง่าย					

2.3 รายการทัศนคติต่อการใช้ (AU : Attitude Toward Using)

เป็นเจตคติ/ความรู้สึกโดยรวมต่อการใช้ระบบ ครอบคลุมความพึงพอใจ ความเชื่อมั่น ความไว้วางใจข้อมูล และความตั้งใจใช้ต่อเนื่อง

รายการทัศนคติต่อการใช้ (AU : Attitude Toward Using)	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	5	4	3	2	1
1) ท่านมีความพึงพอใจกับการใช้งานระบบโดยรวม					
2) ท่านมีความเชื่อมั่นในข้อมูลและการแจ้งเตือนมีความถูกต้อง/เชื่อถือได้					
3) ท่านมีความตั้งใจจะใช้ต่อเนื่อง หากมีให้ใช้อย่างต่อเนื่อง					
4) ระบบทำให้การดูแลสุขภาพผู้สูงอายุที่ท่านดูแล มีความสะดวกมากยิ่งขึ้น					

ข้อเสนอแนะ (โปรดแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับระบบ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบพระคุณสำหรับข้อมูลการประเมินผลของท่านในครั้งนี้



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวปนัสยา ทองดี

ชื่อการค้นคว้าอิสระ ระบบติดตามสุขภาพผู้สูงอายุในบ้านโดยใช้ IoT ร่วมกับระบบแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน

สาขาวิชา ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ประวัติ

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2555 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ประวัติการทำงาน

มิถุนายน 2556 - กันยายน 2556 ตำแหน่ง Sourcing Engineer
บริษัท คอสโม กรุ๊ป จำกัด

มกราคม 2557 - ธันวาคม 2558 ตำแหน่ง Quality Control (QC Staff)
บริษัท ทีเอช คัลเล่อร์ จำกัด

มกราคม 2559 – มิถุนายน 2559 ตำแหน่ง Quality Control (QC Staff)
บริษัท ไฮ ช็อปปิ้ง จำกัด

มิถุนายน 2559 - มกราคม 2561 ตำแหน่ง Preventive Maintenance
บริษัท บิซิเนส เซอร์วิสเซส อัลไลแอนซ์ จำกัด (Contractor: บริษัท พีทีที ดิจิตอล โซลูชั่น จำกัด)

มกราคม 2561 - สิงหาคม 2566 ตำแหน่ง Business analyst
บริษัท บิซิเนส เซอร์วิสเซส อัลไลแอนซ์ จำกัด (Contractor: บริษัท พีทีที ดิจิตอล โซลูชั่น จำกัด)

กันยายน 2566 - มีนาคม 2567 ตำแหน่ง Project manager

บริษัท วันลิ้งค์ เทคโนโลยี่ จำกัด

เมษายน 2567 - พฤษภาคม 2567 ตำแหน่ง Business analyst

บริษัท คมกริบ เทคโนโลยีส์ จำกัด

มิถุนายน 2567 - ปัจจุบัน ตำแหน่ง Business analyst

บริษัท จีเอเบิล จำกัด (มหาชน)

