

ระบบติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบทันที สำหรับประเมินการเคลื่อนไหวและ
ความเสี่ยงในการหกล้มในผู้สูงอายุ

**A Real-Time Mobility-Related Activity Tracking System for
Mobility and Fall Risk Assessment in Elderly People**

กิตติศักดิ์ บัวบก สุภัสสรา จินบุญมี วัศวี แสนศรีมหาชัย และ มานะชัย โต๊ะฐิติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพฯ

Emails: kbuabok@gmail.com, hnkn_hine@outlook.com, watsawee_san@utcc.ac.th,

manachai_toa@utcc.ac.th

ABSTRACT – Over the last decade, population structure of Thailand has changed dramatically where the proportion of elderly people (persons aged 60 or over) in the population increases rapidly and continuously. It is expected that Thailand will become a super aged society by 2040 or about 20 years from now. The elderly are usually faced with many problems resulting from the deterioration of health with increasing age. One of the major problems in the elderly is falls – balance and gait disorders in the elderly. Falls have significant effects on both physiological and psychological condition of elderly people. They consequently lead to fracture, serious injuries, disability or eventually death. To support medical staffs and caregivers who provide care to elderly people, we propose an innovative software system that can analyze physical activities and assess the risk of falls in elderly remotely. Our system utilizes acceleration force data and gyroscope data derived from a mobile phone attached to the body of the elderly in order to classify mobility-related activities of the elderly in real-time. It can store a significant amount of mobility-related activity information and predict the risk of falls in elderly people. The experimental results demonstrate that our proposed system can work efficiently in real environment with a high activity recognition rate - about 93.90% for overall accuracy.

KEY WORDS -- Mobility-related activity tracking, Elderly, Fall risk assessment, Data stream mining

บทคัดย่อ -- ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โครงสร้างประชากรของประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยยะสำคัญ โดยสัดส่วนของประชากรผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง และคาดการณ์ว่าในอีกไม่เกิน 20 ปีข้างหน้า ประเทศไทยจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุระดับสุดยอด หนึ่งในปัญหาสำคัญของผู้สูงอายุ ได้แก่ ภาวะหกล้ม ซึ่งคือ ภาวะที่ผู้สูงอายุมีปัญหาการทรงตัวและการเคลื่อนไหวที่ไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งนำไปสู่การหกล้มบ่อนทำลายภาวะดังกล่าวผลกระทบต่อผู้สูงอายุอย่างมากทั้งด้านร่างกายและจิตใจ นำไปสู่ปัญหาทางสุขภาพที่สำคัญอื่นๆ เช่น ภาวะกระดูกหัก (Fracture) และความพิการทางร่างกาย อีกทั้งบ่อยครั้งเป็นอันตรายถึงชีวิต ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบที่สามารถติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหวและประเมินความเสี่ยงในการหกล้มของผู้สูงอายุจากระยะไกล ระบบมีความสามารถในการจำแนกและวิเคราะห์กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวแบบทันที จัดเก็บประวัติการทำกิจกรรม ประเมินความเสี่ยงในการหกล้มของผู้สูงอายุ ผลการทดสอบประสิทธิภาพสามารถยืนยันได้ว่า ระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถปฏิบัติงานภายใต้สภาพแวดล้อมการทำงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยความถูกต้องในการจำแนกกิจกรรมการเคลื่อนไหวเฉลี่ย ร้อยละ 93.90

คำสำคัญ -- การติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหว ผู้สูงอายุ ประเมินความเสี่ยงในการหกล้ม การทำเหมืองกระแสข้อมูล

1. บทนำ

จากข้อมูลสถานการณ์ผู้สูงอายุสำรวจโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ โครงสร้างประชากรไทยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยยะสำคัญ โดยสัดส่วนของประชากรผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ในปี 2537 สัดส่วนของผู้สูงอายุคิดเป็นร้อยละ 6.8 ของประชากรทั้งประเทศ สัดส่วนดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็น ร้อยละ 10.7 12.2 และ 14.9 ในปี 2550 2554 และ 2557 ตามลำดับ [1] อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าดัชนีการสูงอายุของประชากร (อัตราส่วนของประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ต่อประชากรที่มีอายุต่ำกว่า 15 ปี) ดัชนีการสูงอายุของประชากรไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน จากร้อยละ 22.6 ในปี 2537 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 44.7 60.8 และ 82.6 ในปี 2550 2554 และ 2557 ตามลำดับ [2] ผลสำรวจดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงสถานการณ์ปัจจุบัน ที่ประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมของผู้สูงวัย (Aging Society) อย่างเต็มรูปแบบ (ประเมินจากดัชนีการสูงอายุของประชากรมีค่ามากกว่า 50) ด้วยแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างประชากรที่กำลังเกิดขึ้น การเตรียมความพร้อมในการดูแลผู้สูงอายุอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งด้านสุขภาพและความปลอดภัย ผ่านการประยุกต์ใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศ จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อจะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตในด้านต่างๆ ของประชากรผู้สูงอายุอย่างยั่งยืนในอนาคต

ปัญหาที่พบมากในผู้สูงอายุ ส่วนใหญ่มีผลมาจากความเสื่อมโทรมของร่างกายเนื่องมาจากความชราที่เพิ่มขึ้น หนึ่งในปัญหาสำคัญ ได้แก่ภาวะหกล้ม ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนไหวที่ไม่มีประสิทธิภาพ การสูญเสียความสามารถในการเดินและการทรงตัวเนื่องจากความชรา ผลกระทบของภาวะหกล้ม นำไปสู่ความเจ็บป่วยด้านอื่นๆ เช่น ภาวะกระดูกหัก (Fracture) ความพิการทางร่างกาย การสูญเสียความสามารถในการดำเนินชีวิตประจำวัน บ่อยครั้งเป็นอันตรายถึงชีวิต นอกจากนี้ ภาวะดังกล่าวยังส่งผลเสียต่อสภาพจิตใจของผู้สูงอายุเอง ทั้งยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของญาติหรือผู้ดูแลเสื่อมทรามลง รวมไปถึงผลกระทบต่อสังคมซึ่งต้องรับภาระและจัดสรรงบประมาณในการดูแลผู้สูงอายุ

ด้วยปัญหาข้างต้น ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบที่สามารถติดตามพฤติกรรมและการเคลื่อนไหวและประเมินความเสี่ยงในการหกล้มของผู้สูงอายุจากระยะไกล กลุ่มเป้าหมายของระบบ ได้แก่ ผู้สูงอายุสุขภาพดี (สำหรับวางแผนการดูแลสุขภาพระยะยาว) และผู้สูงอายุที่มีปัญหาด้านการเคลื่อนไหว (สำหรับแพทย์ในการวินิจฉัยเพื่อวางแผนการรักษา) ในการทำงาน โทรศัพท์เคลื่อนที่และนาฬิกาอัจฉริยะจะถูกใช้เป็นอุปกรณ์หลักที่ผู้สูงอายุจำเป็นต้องสวมใส่ ระบบจะรับข้อมูลจากอุปกรณ์เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ ในระหว่างการทำงานของระบบ แพทย์ หรือผู้ดูแลสามารถเรียกดูข้อมูลพฤติกรรมและการเคลื่อนไหวต่างๆ ของผู้สูงอายุได้ผ่านอินเทอร์เน็ต พร้อมทั้งระบบจะทำการเก็บประวัติการทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อการวิเคราะห์และวินิจฉัยอาการภายหลัง นอกจากนี้ ระบบยังสนับสนุนฟังก์ชันการทดสอบ Timed Up and Go (TUG) เพื่อประเมินความเสี่ยงในการหกล้มของผู้สูงอายุอีกด้วย ระบบที่พัฒนาขึ้นถือเป็นต้นแบบที่สำคัญในการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ที่สามารถติดตามและศึกษาพฤติกรรมและการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ ทั้งนี้ เพื่อลดความเสี่ยงในการหกล้มและความเสี่ยงต่างๆ ทางด้านสุขภาพที่จะเกิดขึ้นกับผู้สูงอายุ

แผนการดูแลสุขภาพระยะยาว) และผู้สูงอายุที่มีปัญหาด้านการเคลื่อนไหว (สำหรับแพทย์ในการวินิจฉัยเพื่อวางแผนการรักษา) ในการทำงาน โทรศัพท์เคลื่อนที่และนาฬิกาอัจฉริยะจะถูกใช้เป็นอุปกรณ์หลักที่ผู้สูงอายุจำเป็นต้องสวมใส่ ระบบจะรับข้อมูลจากอุปกรณ์เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ ในระหว่างการทำงานของระบบ แพทย์ หรือผู้ดูแลสามารถเรียกดูข้อมูลพฤติกรรมและการเคลื่อนไหวต่างๆ ของผู้สูงอายุได้ผ่านอินเทอร์เน็ต พร้อมทั้งระบบจะทำการเก็บประวัติการทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อการวิเคราะห์และวินิจฉัยอาการภายหลัง นอกจากนี้ ระบบยังสนับสนุนฟังก์ชันการทดสอบ Timed Up and Go (TUG) เพื่อประเมินความเสี่ยงในการหกล้มของผู้สูงอายุอีกด้วย ระบบที่พัฒนาขึ้นถือเป็นต้นแบบที่สำคัญในการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ที่สามารถติดตามและศึกษาพฤติกรรมและการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ ทั้งนี้ เพื่อลดความเสี่ยงในการหกล้มและความเสี่ยงต่างๆ ทางด้านสุขภาพที่จะเกิดขึ้นกับผู้สูงอายุ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ด้วยความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ส่งผลให้มีหลายโครงการวิจัย ได้พัฒนาระบบซอฟต์แวร์ซึ่งทำงานร่วมกับอุปกรณ์เคลื่อนที่และเซ็นเซอร์เพื่อช่วยติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุมารวบรวมและ [12] นำเสนอแนวคิดการใช้ตัววัดความเร่ง (Accelerometer) สำหรับติดตามและจำแนกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว ถึงแม้ว่าระเบียบวิธีที่พัฒนาขึ้นโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) จะมีความถูกต้องในการจำแนกกิจกรรมโดยรวมเป็นที่น่าพอใจ (ความถูกต้องเฉลี่ยมากกว่า 90%) แต่กระนั้นกิจกรรมที่มีความซับซ้อน โดยเฉพาะกิจกรรมที่เคลื่อนไหวเฉพาะมือหรือแขน ยังไม่สามารถจำแนกได้ถูกต้องในระดับที่น่าพอใจ โครงการวิจัย WISDM [9] ได้ศึกษาวิธีการจำแนกกิจกรรมการเคลื่อนไหว โดยประยุกต์ใช้ตัววัดความเร่งบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในงานวิจัยนี้ค่าความเร่งที่ตรวจวัดได้จะถูกแปลงเป็นข้อมูลตัวอย่างที่สามารถนำเข้าสู่ระเบียบวิธีการจำแนกข้อมูลที่มีใช้งานอยู่ทั่วไป เช่น โครงสร้างต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ (Decision Tree) อีกทั้งมีการประยุกต์เทคนิคหน้าต่างเวลา (Time Window) เพื่อสนับสนุนการประมวลผลแบบทันเวลา [7] เคิร์นแบบและคณะ [4] นำเสนองานวิจัยที่มีลักษณะ

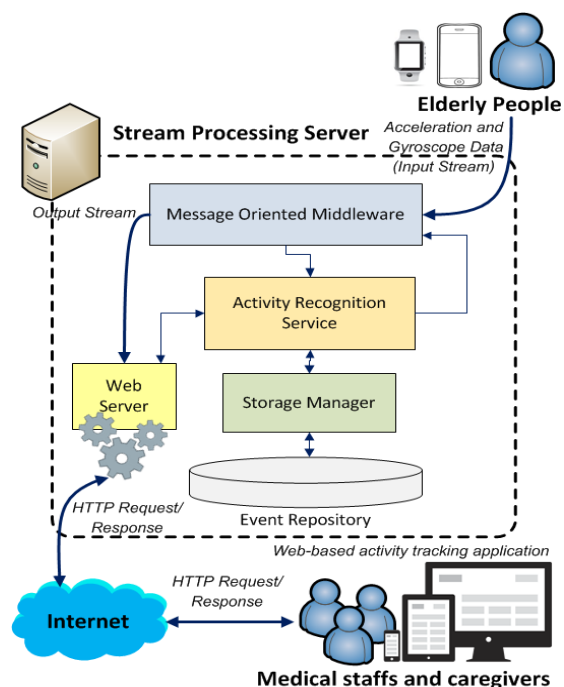
ใกล้เคียงกันในเวลาถัดมา แต่เน้นการจำแนกกิจกรรมที่ซับซ้อน เช่น การทำอาหาร และการทำความสะอาดบ้าน จากการทดสอบ ความถูกต้องในการจำแนกกิจกรรมเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 50 แต่กระนั้น ผลการทดสอบสามารถยืนยันได้ว่า โทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับจำแนกกิจกรรมที่มีความซับซ้อนได้

เพื่อสนับสนุนการดูแลความปลอดภัยของผู้สูงอายุ ปฏิบัติการและคณะ [6] นำเสนอระบบตรวจจับการล้มในผู้สูงอายุไทย โดยใช้เทคนิคการหาค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดในระยะเวลาจำกัด งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ตัววัดความเร่งแบบ 3 แกน โดยติดตั้งอยู่ที่บริเวณลำตัวของผู้สูงอายุ จากนั้นระบบจะส่งความเร่งที่ตรวจวัดได้มายังเครื่องแม่ข่ายและประมวลผลโดย Support Vector Machines (SVM) เพื่อตรวจจับภาวะหกล้ม ระบบ iFall (iFall) [13] เป็นอีกงานวิจัยที่พัฒนาระบบตรวจจับและแจ้งเตือนการหกล้ม iFall นำเสนอแนวคิดการใช้งาน โทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งติดตั้งตัววัดความเร่ง แทนการใช้งานอุปกรณ์เฉพาะด้าน ถึงแม้งานวิจัยนี้จะนำเสนอเทคนิคซึ่งเทียบเคียงได้กับงานของปฏิบัติการและคณะ [6] แต่กระนั้น iFall ได้เสนอแนวทางใหม่เพื่อแก้ปัญหาสัญญาณเตือนผิดพลาด (False alarm) อันเนื่องมาจากความใกล้เคียงกันของรูปแบบความเร่งการหกล้มกับกิจกรรมอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตาม iFall ยังมีข้อจำกัดในการแยกแยะรูปแบบความเร่งของกิจกรรมการเดินเร็วหรือการวิ่ง ด้วยเหตุนี้ เบยและคณะ [3] เสนอแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยระบบจะตรวจสอบการเต้นเป็นจังหวะ (Pulsations) ของค่าความเร่งที่เกิดขึ้นภายในหน้าต่างเวลาขนาด 2 วินาที และ จะใช้ Pulsations ดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญในการจำแนกการเดินเร็วหรือการวิ่งออกจากกิจกรรมปกติ

โดยสรุป ระบบติดตามการเคลื่อนไหวที่พัฒนาขึ้น ปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบที่มีอยู่เดิมในหลายมิติ ระบบประยุกต์ใช้แนวคิดการใช้งานเซ็นเซอร์ที่สวมใส่ได้ ซึ่งการจำแนกกิจกรรมขึ้นกับอุปกรณ์ที่ติดกับตัวของผู้สูงอายุ [11] ระบบนำโทรศัพท์เคลื่อนที่มาใช้เป็นอุปกรณ์หลักเช่นเดียวกับในงานวิจัยของราวีและคณะ [12] เพื่อให้ระบบสามารถจำแนกกิจกรรมแบบทันที ระบบประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองกระแสข้อมูล (Data Stream Mining) ซึ่งทำให้ระบบสามารถจำแนกรูปแบบความเร่งอย่างพลวัต โดยที่ไม่จำเป็นต้องจัดเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำถาวร นอกจากนี้ ระบบได้นำเสนอการประยุกต์ใช้แบบทดสอบ Timed Up and Go [11]

เพื่อประเมินความเสี่ยงในการหกล้ม ซึ่งแตกต่างจากระบบที่มีอยู่เดิม ซึ่งเน้นการตรวจจับภาวะหกล้มภายหลังจากที่เกิดเหตุขึ้นแล้ว ด้วยแนวทางดังกล่าวทำให้ระบบสามารถดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดความเสี่ยงในการหกล้ม รวมทั้งสามารถแจ้งเตือนก่อนที่จะเกิดเหตุอันตรายขึ้นกับผู้สูงอายุ

3. แนวทางการออกแบบและพัฒนาระบบ



รูปที่ 1. ภาพรวมสถาปัตยกรรมของระบบ

3.1 สถาปัตยกรรมของระบบ

ภาพรวมโครงสร้างสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ของระบบ แสดงดังรูปที่ 1 จากรูป ซอฟต์แวร์ตัวกลางสำหรับการรับส่งข้อความ (Message Oriented Middleware - MOM) ทำงานในลักษณะเป็นศูนย์กลางของระบบ โดยทำหน้าที่รับและส่งกระแสข้อมูล ระหว่างเครื่องแม่ข่ายการประมวลผลกระแสข้อมูล (Stream Processing Server) และโปรแกรมติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหวบนเว็บ (Web-Based Activity Tracking Application) ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยในการทำงาน ผู้สูงอายุจำเป็นต้องพกพาอุปกรณ์ ได้แก่ โทรศัพท์เคลื่อนที่และนาฬิกาอัจฉริยะ อุปกรณ์ดังกล่าวจะทำการส่งกระแสข้อมูล (Data Streams) โดยแต่ละรายการข้อมูล (Stream Event)

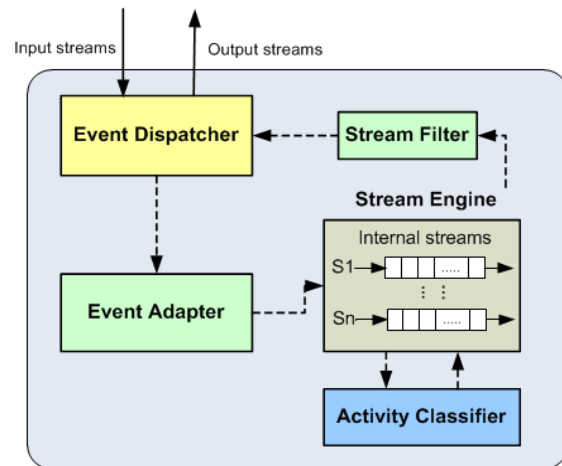
ประกอบด้วยข้อมูลหลักได้แก่ ค่าความเร่ง (Acceleration) และค่าความเร็วเชิงมุม (Angular Velocity) มาซึ่ง Stream Processing Server ซึ่งรับและนำเข้าผ่าน MOM จากนั้นแต่ละรายการข้อมูลจะถูกส่งต่อไปยังส่วนการรู้จำและจำแนกกิจกรรมการเคลื่อนไหว (Activity Recognition Service - ARS) ซึ่งมีคุณสมบัติในการประมวลผลแบบต่อเนื่องและทันกาล (Continuous and Real-Time Processing) โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองกระแสข้อมูล (Data Stream Mining) ในการจำแนกกิจกรรมของผู้สูงอายุ ในกรณีที่ผู้สูงอายุมีการเคลื่อนไหวน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ประเมินจากประเภทกิจกรรมที่จำแนกโดย ARS ในแต่ละวัน เทียบกับเกณฑ์ที่แพทย์เป็นผู้กำหนด) ARS จะสร้างข้อความแจ้งเตือนและส่งข้อความดังกล่าวไปยังโปรแกรมลูกข่าย ซึ่งลงทะเบียนเพื่อรับการแจ้งเตือนจาก MOM นอกจากนี้ผู้ใช้งานของระบบ ซึ่งได้แก่แพทย์ พยาบาล หรือผู้ดูแลผู้สูงอายุ สามารถส่งคำสั่งเพื่อสืบค้นข้อมูล เช่น ประวัติการทำกิจกรรมการเคลื่อนไหว และผลการทำแบบทดสอบ TUG ผ่านการเรียกใช้งานเว็บเซอร์วิส (Web Services)

3.2 การประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองกระแสข้อมูล

การทำเหมืองกระแสข้อมูล (Data Stream Mining) เป็นเทคนิคที่ว่าด้วยการสกัดหรือแยกองค์ความรู้จากกระแสข้อมูลแบบพลวัต ซึ่งกระแสข้อมูล คือ ข้อมูลที่มีคุณลักษณะเฉพาะตัว ถูกสร้างขึ้นในปริมาณมหาศาล เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และต้องการความเร็วในการประมวลผลสูง ในการพัฒนาค้นแบบของระบบติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุนี้ เทคนิคดังกล่าวถูกใช้สนับสนุนการวิเคราะห์และจำแนกประเภทของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวในผู้สูงอายุจากกระแสข้อมูลนำเข้า (Input Stream) ซึ่งประกอบด้วยค่าความเร่งและความเร็วเชิงมุมที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ แบบทันที

ในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลของระบบ ตัวประมวลผลกระแสข้อมูล (Stream Engine) จะประมวลผลกระแสข้อมูลนำเข้าแบบพลวัต ซึ่งรูปแบบการประมวลผลจะปรับเปลี่ยนไปตามรายการข้อมูล (Stream Event) อีกทั้งการประมวลผลจะกระทำอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ความสัมพันธ์ของเวลาของรายการข้อมูลเป็นเงื่อนไข ในช่วงการประมวลผลแทนที่จะจัดเก็บข้อมูลลงในแหล่งเก็บข้อมูลถาวร ก่อนสืบค้น

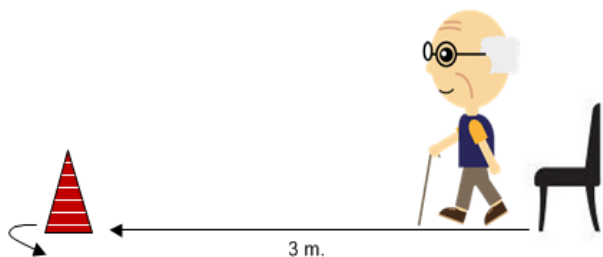
ข้อมูล ระบบจะเน้นจัดการกับข้อมูลขนาดเล็กที่ส่งมาอย่างต่อเนื่อง โดยการสืบค้นจะกระทำแทรกสลับในระหว่างการประมวลผล และเมื่อการประมวลผลเสร็จสิ้น ข้อมูลจะถูกกำจัดทิ้ง ดังนั้นจึงทำให้ระบบสามารถสนับสนุนการตอบสนองภายในเวลาที่จำกัด



รูปที่ 2. การประยุกต์ใช้การทำเหมืองกระแสข้อมูลในส่วนการรู้จำและจำแนกกิจกรรม

รูปที่ 2 แสดงการประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองกระแสข้อมูลภายในส่วนการรู้จำและจำแนกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว (ARS) ระบบจะรับกระแสข้อมูลนำเข้า (Input Streams) โดยส่วนการรับ/ส่งข้อมูล (Event Dispatcher) จากนั้นระบบจะจัดส่งแต่ละรายการข้อมูลไปยังส่วนการปรับรูปแบบ (Event Adapter) เพื่อปรับเปลี่ยนแต่ละรายการข้อมูลให้มีรูปแบบที่เหมาะสมก่อนนำไปประมวลผล จากนั้นระบบจะส่งต่อแต่ละรายการข้อมูลไปยัง Stream Engine ซึ่งทำงานร่วมกับส่วนการวิเคราะห์รูปแบบกิจกรรม (Activity Classifier) เพื่อจำแนกประเภทกิจกรรมการเคลื่อนไหว บนพื้นฐานของ Decision Tree ที่ายที่สุด เพื่อคัดกรองผลลัพธ์ของการจำแนกประเภทกิจกรรม ในกรณีที่ค่าผลลัพธ์ที่ได้ สูง หรือ ต่ำ กว่าค่าขีดแบ่ง (Threshold) เช่น กรณีที่ผู้สูงอายุอยู่นิ่ง โดยไม่กระทำกิจกรรมใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว นานเกินกว่าเกณฑ์ ระบบจะสร้างข้อความแจ้งเตือนและส่งออกผ่าน Event Dispatcher โดยกระบวนการทั้งหมดที่เกิดขึ้นจะกระทำในลักษณะ On-the-fly โดยที่ไม่มีการจัดเก็บข้อมูลระหว่างการประมวลผล

3.3 การประเมินความเสี่ยงในการหกล้มโดยใช้แบบทดสอบ Timed Up and Go



รูปที่ 3 . ภาพรวมการทดสอบ Timed Up and Go

แบบทดสอบ Timed Up and Go (TUG) [11] ถูกพัฒนาขึ้นโดยดัดแปลงแบบทดสอบดั้งเดิม Get Up and Go [10] ซึ่งประเมินการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุจากการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ (เช่น บันทึกข้อมูลระดับการทรงตัว และท่าทางการกระทำกิจกรรมการเคลื่อนไหว) มาเป็นการจับเวลา (หน่วยเป็นวินาที) ในการทำแต่ละกิจกรรมการเคลื่อนไหว ทั้งนี้เพื่อลดความยุ่งยากของการประเมินผลและตีความระดับคะแนน รวมทั้งเพิ่มความแม่นยำในการประเมิน ด้วยจุดเด่นที่สามารถทำการทดสอบได้ง่าย และใช้เวลาการทดสอบสั้น ทำให้ TUG ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการตรวจประเมินผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงในการล้มทางคลินิก [5] สำหรับขั้นตอนการทดสอบ TUG สามารถแสดงโดยสรุปดังรูปที่ 3

จากรูป การทดสอบ TUG จะเริ่มต้นโดยผู้สูงอายุนั่งหลังพิงพนักเก้าอี้และมีมือวางบนที่วางแขนของเก้าอี้สูงมาตรฐาน เมื่อผู้ดูแลหรือผู้ประเมินให้สัญญาณ ผู้สูงอายุจะลุกขึ้นจากเก้าอี้เดินตรงไปข้างหน้าด้วยอัตราเร็วปกติเป็นระยะทาง 3 เมตร จากนั้นหมุนตัวกลับรอบจุดที่กำหนด และเดินตรงกลับมานั่งที่เก้าอี้ตัวเดิม ผู้ดูแลจะจับเวลา (โดยใช้นาฬิกาจับเวลา) ตั้งแต่เริ่มจนสิ้นสุดการทดสอบ และบันทึกเวลาในแต่ละขั้นตอนการทำการกิจกรรมของผู้สูงอายุ เช่น เวลาตั้งแต่นั่งเก้าอี้จนถึงลุกขึ้นยืน หรือเวลาการเดินไปข้างหน้าจนถึงจุดกลับตัว เป็นต้น

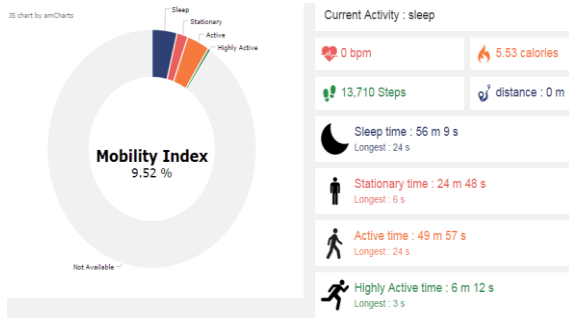
จุดมุ่งหมายหลักในการสนับสนุนฟังก์ชันการทดสอบ TUG คือเพื่อประเมินความเสี่ยงในการหกล้มของผู้สูงอายุจากระยะไกล โดยอำนวยความสะดวกให้ผู้สูงอายุ สามารถทำการทดสอบได้ด้วยตนเอง อีกทั้งผลการทดสอบสามารถแสดงให้แพทย์ได้ทราบผลทันที ซึ่งช่วยสนับสนุนการวางแผนการรักษาในระยะยาว รูปแบบการทดสอบภายในระบบจะถูกปรับเปลี่ยน

เป็นการบันทึกเวลาผ่านการใช้งานนาฬิกาอัจฉริยะด้วยตัวผู้สูงอายุเอง ซึ่งการบันทึกเวลาจะกระทำระหว่างทำการทดสอบ โดยเมื่อผู้สูงอายุบันทึกเวลาในแต่ละขั้นตอน ข้อมูลจะถูกส่งไปจัดเก็บยังเครื่องแม่ข่ายและประมวลผลความเสี่ยงในการหกล้มของผู้สูงอายุอย่างอัตโนมัติ หลังจากการประมวลผลเสร็จสิ้น ระบบจะแสดงผลการทดสอบที่โปรแกรมติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหวบนเว็บแบบทันที ผลการทดสอบจะประกอบด้วย ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการทำการกิจกรรมการเคลื่อนไหว ความเร็วการเคลื่อนที่ องศาในการหมุนตัว รวมทั้งผลการประเมินความเสี่ยงในการหกล้ม

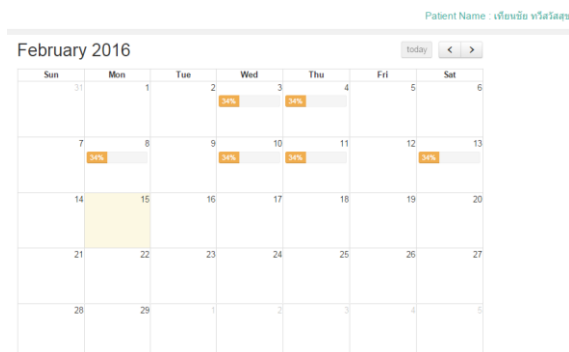
สำหรับเกณฑ์ในการประเมินความเสี่ยงในการหกล้มของผู้สูงอายุของระบบ อ้างอิงกับผลการวิจัยของ พอดชีเอโดและ ริชาร์ดสัน [11] ซึ่งใช้เวลารวมของการทดสอบ TUG เป็นเกณฑ์ โดยประเมินผู้สูงอายุเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือ ผู้สูงอายุที่ใช้เวลาการทดสอบ น้อยกว่า 20 วินาที ผู้สูงอายุในกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวปกติ สามารถทำการกิจกรรมต่างๆ ได้ด้วยตนเอง กลุ่มที่ 2 คือ ผู้สูงอายุที่ใช้เวลาการทดสอบระหว่าง 20 ถึง 30 วินาที ซึ่งเป็นกลุ่มผู้สูงอายุที่เริ่มเคลื่อนไหว ไม่มีประสิทธิภาพ การทรงตัวเริ่มมีปัญหา แต่ยังสามารถทำการกิจกรรมต่างๆ ได้ กลุ่มสุดท้าย คือผู้สูงอายุที่ใช้เวลาการทดสอบมากกว่า 30 วินาที ซึ่งคือกลุ่มผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงในการหกล้มสูง ไม่สามารถทำกิจวัตรประจำวันได้ด้วยตนเอง และสูญเสียความสามารถในการทรงตัว

4. ต้นแบบระบบติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหว

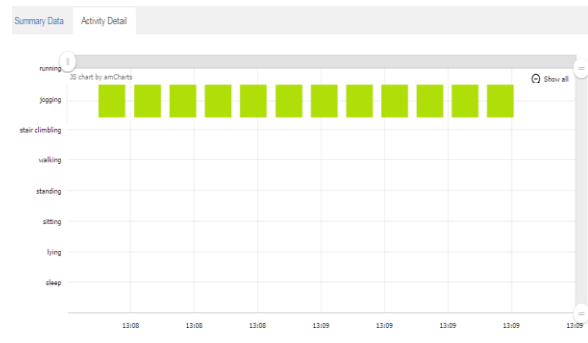
ต้นแบบของระบบติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบทันทีในผู้สูงอายุ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) โปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Application) ซึ่งทำหน้าที่ในการอ่านค่าความเร่งและความเร็วเชิงมุมจากเซ็นเซอร์ในอุปกรณ์ และจัดส่งข้อมูลดังกล่าวผ่านอินเทอร์เน็ตมายังเครื่องแม่ข่ายเพื่อประมวลผล 2) ระบบประมวลผลที่เครื่องแม่ข่าย ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลกระแสข้อมูลเพื่อจำแนกกิจกรรมการเคลื่อนไหวและประเมินความเสี่ยงในการหกล้ม 3) โปรแกรมติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหวบนเว็บ (Web-Based Activity Tracking Application - WATA) ซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (แพทย์ หรือผู้ดูแลผู้สูงอายุ) ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ทั้งนี้ โปรแกรม WATA ถือเป็นส่วนการแสดงผลหลักของระบบ ดังนั้นรายละเอียดของต้นแบบระบบติดตาม



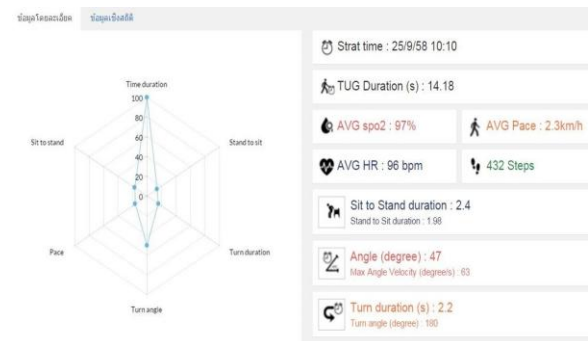
รูปที่ 4 . ฟังก์ชันติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบทันที



รูปที่ 6 . ฟังก์ชันจัดเก็บประวัติการทำกิจกรรม



รูปที่ 5 . ฟังก์ชันแผนผังกิจกรรมตามลำดับเวลา



รูปที่ 7 . ฟังก์ชันแสดงผลประเมินความเสี่ยงในการหกล้ม

กิจกรรมการเคลื่อนไหว จะอธิบายอ้างอิงกับคุณลักษณะสำคัญของ โปรแกรม WATA

โปรแกรม WATA ได้ถูกออกแบบให้จัดเตรียมฟังก์ชันต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงและเรียกดูข้อมูลการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุอ้างอิงกับแผนภูมิประเภทต่างๆ เพื่อสนับสนุนการดูแลและวางแผนการรักษาผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ หนึ่งในความต้องการสำคัญซึ่งจำเป็นในการออกแบบระบบ คือ โปรแกรมจะต้องสามารถใช้งานได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) และบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile Devices) รูปแบบต่างๆ ด้วยเหตุนี้ โปรแกรม WATA จึงถูกออกแบบบนพื้นฐานของ Responsive Web Interface ซึ่งทำให้ระบบสามารถทำงานและแสดงผล ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม บนอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน โดยไม่จำกัดขนาดและความละเอียดของหน้าจอ ด้วยคุณลักษณะนี้ แพทย์หรือผู้ดูแลสามารถประเมินการเคลื่อนไหวและความเสี่ยงในการหกล้มของผู้สูงอายุได้ทุกที่ทุกเวลาผ่านอุปกรณ์ที่หลากหลาย อีกทั้งยังได้รับการแจ้งเตือนกรณีเกิดเหตุการณ์ผิดปกติอย่างรวดเร็วและทันกาล

รูปแบบการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ WATA สามารถจำแนกได้เป็น 5 ฟังก์ชันหลัก โดยรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

- ติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหว (Real-Time Activity Monitoring) : ระบบสามารถติดตามกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุแบบทันที โดยจะแสดงผลในลักษณะแผนภูมิของเวลาที่ในแต่ละประเภทของกิจกรรมในหนึ่งวัน แสดงหน้าจการทำงานของฟังก์ชันดังรูปที่ 4
- แผนผังกิจกรรมตามลำดับเวลา (Activity Timeline): ระบบสามารถแสดงแผนผังกิจกรรมที่ผู้สูงอายุกระทำตามลำดับเวลา โดยจำแนกตามประเภทกิจกรรมการเคลื่อนไหว แสดงหน้าจการทำงานดังรูปที่ 5
- จัดเก็บประวัติการทำกิจกรรม (Activity Log) : ระบบสามารถจัดเก็บประวัติการทำกิจกรรมการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุย้อนหลัง 6 เดือน พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดข้อมูลสนับสนุน เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ และข้อมูลการแจ้งเตือนต่างๆ แสดงหน้าจการทำงานดังรูปที่ 6
- ประเมินความเสี่ยงในการหกล้ม (Mobility Test/Fall Risk Assessment): ระบบสามารถทดสอบประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหว และประเมินความเสี่ยงในการหกล้มของผู้สูงอายุ ผ่านการทำแบบทดสอบ Timed Up and Go (TUG) แสดงหน้าจการทำงานของฟังก์ชันดังรูปที่ 7

- จัดเก็บข้อมูลส่วนตัวของผู้สูงอายุ (Patient Information) ระบบสามารถจัดเก็บและสืบค้นข้อมูลของผู้สูงอายุ โดยข้อมูลดังกล่าวถูกใช้สำหรับการวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางการดูแลและวางแผนการรักษาผู้สูงอายุต่อไป

นอกเหนือจากฟังก์ชันการทำงานหลักแล้ว ระบบยังถูกออกแบบให้สนับสนุนฟังก์ชันการทำงานเสริมอื่นๆ ได้แก่ แสดงคำปรึกษาของแพทย์จากระยะไกล ติดตามปริมาณแคลอรีจากกิจกรรม เฝ้าระวังอัตราการเต้นของหัวใจ และแสดงข้อความแจ้งเตือนผู้ดูแลแบบทันที เป็นต้น พร้อมกันนั้นระบบยังรองรับการดูแลผู้สูงอายุมากกว่า 1 คน ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวสนับสนุนการทำงานของบุคลากรทางการแพทย์หรือผู้ดูแลที่มีความจำเป็นต้องติดตามสุขภาพของผู้สูงอายุจำนวนมากในคราวเดียวกัน



รูปที่ 8. การทดสอบ – ผู้สูงอายุสวมใส่อุปกรณ์ขณะทดสอบ

5. การประเมินประสิทธิภาพของระบบ

ประสิทธิภาพของระบบในเบื้องต้น สามารถประเมินได้จากความถูกต้องที่ระบบสามารถจำแนกประเภทกิจกรรมการเคลื่อนไหวต่างๆ ของผู้สูงอายุ โดยผู้จัดทำได้ทำการทดสอบระเบียบวิธีในการจำแนกและวิเคราะห์ประเภทกิจกรรมการเคลื่อนไหว (Activity Classification Algorithm) ในกระบวนการทดสอบ ผู้จัดทำได้สร้างโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Application) เพื่อจัดเก็บข้อมูลตัวอย่างที่ตรวจวัดจากเซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) และวัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope) จากนั้นได้ทำการทดสอบโดยให้ ผู้สูงอายุที่เข้ารับการทดสอบสวมใส่อุปกรณ์ (คาดโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งเปิดใช้งานโปรแกรมเก็บข้อมูล ไว้ที่ส่วนกลางลำตัว – เอว) ขณะทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวต่างๆ แสดงการทดสอบดังรูปที่ 8

ในระหว่างการทดสอบผู้จัดทำควบคุมปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่างๆ ในเบื้องต้น เช่น ท่าทางและความเร็วในการเคลื่อนไหว ภายหลังจากที่จัดเก็บข้อมูลผ่าน Mobile Application ข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาแปลงเป็นค่าข้อมูลทางสถิติ (Feature) ที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกประเภทกิจกรรม ตัวอย่าง Feature ที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ ค่าความเร่งเฉลี่ย (AVG) ค่าความเร่งสูงสุด/ต่ำสุด (Min/Max) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สำหรับกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ การนอน (Sleeping) การนอนราบ (Lying) การนั่ง (Sitting) การยืน (Standing)

ตารางที่ 1. จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

	ประเภทกิจกรรม	จำนวนตัวอย่าง
1)	Sleeping	512
2)	Lying	512
3)	Sitting	516
4)	Standing	518
5)	Walking	541
6)	Stair Climbing	461
7)	Running	429
	รวม	3,491

ตารางที่ 2. ความถูกต้องในการจำแนกกิจกรรมการเคลื่อนไหว

	ประเภทกิจกรรม	ความถูกต้อง (%)
1)	Sleeping	96.48
2)	Lying	95.55
3)	Sitting	96.89
4)	Standing	97.10
5)	Walking	90.94
6)	Stair Climbing	85.03
7)	Running	95.33
	เฉลี่ย	93.90

การเดิน (Walking) การเดินขึ้นหรือลงบันได (Stair Climbing) และ การวิ่ง (Running) โดยประเภทกิจกรรมคัดเลือจากกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ผู้สูงอายุกระทำเป็นประจำตามคำแนะนำของแพทย์ ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำมาใช้ในการประเมินความถูกต้องของระบบ โดยใช้เทคนิคการแบ่งข้อมูลเพื่อทดสอบ (10 Fold Cross Validation) ผลการทดสอบความถูกต้องในการจำแนกประเภทกิจกรรมการเคลื่อนไหวในเบื้องต้น แสดงดังตารางที่ 1 และ 2

อ้างอิงจากตารางที่ 1 จำนวนตัวอย่างข้อมูลที่จัดเก็บในการทดสอบ แยกตามประเภทกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ผู้สูงอายุกระทำ มีทั้งหมด 3,491 ตัวอย่าง ผลการทดสอบความถูกต้องของระเบียบวิธีในการจำแนกประเภทกิจกรรม (ในตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่า ดัชนีแบบของระบบติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่พัฒนาขึ้น มีความแม่นยำในการจำแนกประเภทกิจกรรมเป็นที่น่าพอใจ โดยจากผลการทดสอบ ความถูกต้องในการจำแนกประเภทกิจกรรมในภาพรวมอยู่ที่ ร้อยละ 93.90 เมื่อลงรายละเอียดไปตามประเภทกิจกรรม พบว่า การยืน (Standing) ถือเป็นกิจกรรมที่เมื่อถูกจำแนกแล้วมีความถูกต้องมากที่สุด ร้อยละ 97.1 กิจกรรม การนั่ง (Sitting) และการนอน (Sleeping) เป็นกิจกรรมที่มีความถูกต้องเป็นลำดับถัดมา ทั้งนี้ กิจกรรมการเดินขึ้นหรือลงบันได (Stair Climbing) เป็นกิจกรรมที่มีความถูกต้องน้อยที่สุด ที่ร้อยละ 85.03 เนื่องจากลักษณะการเคลื่อนไหวคล้ายกับการเดิน (Walking) และ การวิ่ง (Running) จึงทำให้มีความผิดพลาดในการจำแนกระดับหนึ่ง นอกจากนี้การทดสอบยังแสดงให้เห็นว่า ระบบสามารถรับ/ส่งข้อมูลจากอุปกรณ์หรือเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งกับตัวผู้สูงอายุแบบทันที และสามารถปฏิบัติงานภายใต้สภาพแวดล้อมการทำงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกเหนือจากการทดสอบความถูกต้องในการจำแนกกิจกรรมการเคลื่อนไหว ผู้จัดทำได้นำระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบในเบื้องต้น เพื่อสอบถามความคิดเห็นและความพึงพอใจต่อฟังก์ชันงานของระบบ ณ ศูนย์พัฒนาการจัดสวัสดิการสังคมผู้สูงอายุบ้านบางแค ในกระบวนการทดสอบได้มีการสำรวจวิธีการใช้งานระบบให้กับเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลและผู้สูงอายุภายในศูนย์ จากนั้นได้ผู้จัดทำได้วัดผลการทำงานของระบบตามฟังก์ชันต่างๆ และสอบถามความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลผู้สูงอายุ จำนวน 10 คน เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจ จากผลการทดสอบ เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลผู้สูงอายุมีความพึง

พอใจรวมต่อระบบในระดับดีมาก โดยคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.02 คะแนน และเมื่อจำแนกตามหัวข้อสำคัญในการประเมินฯ คะแนนแต่ละหัวข้อมีดังนี้ ส่วนติดต่อผู้ใช้ 3.87 คะแนน ข้อมูลผู้สูงอายุหรือผู้ป่วย 3.85 คะแนน การติดตามการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ 4.21 คะแนน การจัดเก็บประวัติกิจกรรม 4.17 คะแนน และการประเมินความเสี่ยงในการหกล้ม 4.0 คะแนน ทั้งนี้เจ้าหน้าที่ทั้งหมดมีความคิดเห็นโดยรวมว่า ดัชนีแบบของระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการติดตามสุขภาพของผู้สูงอายุในสถานการณ์จริงได้ และยังเหมาะสมที่จะนำไปใช้ดูแลผู้สูงอายุในสถานพยาบาล ศูนย์ดูแล หรือในชุมชน

6. สรุปผล

ระบบติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบทันทีที่พัฒนาขึ้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับเฝ้าระวังการเคลื่อนไหว และประเมินความเสี่ยงในการหกล้มของผู้สูงอายุจากระยะไกล ระบบมีความสามารถในการวิเคราะห์กิจกรรมที่เกี่ยวข้องการเคลื่อนไหวต่างๆ ของผู้สูงอายุแบบทันที บนพื้นฐานของเทคนิคการทำเหมืองกระแสข้อมูล แสดงสรุปสถานะการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ จัดเก็บประวัติกิจกรรมการเคลื่อนไหวย้อนหลัง และแจ้งเตือนกรณีที่คุณสูงอายุมีความเสี่ยงด้านสุขภาพต่างๆ รวมไปถึงการประเมินประสิทธิภาพการเคลื่อนไหว และความเสี่ยงในการหกล้มโดยประยุกต์ใช้การทดสอบ Timed Up and Go ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งประเมินจากความถูกต้องของระเบียบวิธีการจำแนกประเภทกิจกรรมการเคลื่อนไหว สามารถการันตีได้ว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถปฏิบัติงานภายใต้สภาพแวดล้อมการทำงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบมีความแม่นยำในการจำแนกประเภทกิจกรรมการเคลื่อนไหว ความถูกต้องในการจำแนกกิจกรรมโดยเฉลี่ยของระบบอยู่ที่ ร้อยละ 93.90 โดยกิจกรรมการยืนถือเป็นกิจกรรมที่มีความถูกต้องในการจำแนกมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ, ผลการสำรวจประชากรสูงอายุ พ.ศ.2557, <http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/themes/files/elderlyworkFullReport57-1.pdf> (เข้าถึงครั้งสุดท้ายเมื่อวันที่ 8 กันยายน 2559).

- [2] สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, การ
 สูงวัยของประชากรไทย พ.ศ. 2557, [http://www.ipsr.mahidol
 .ac.th/ipsrbeta/th/BookReport.aspx](http://www.ipsr.mahidol.ac.th/ipsrbeta/th/BookReport.aspx), (เข้าถึงครั้งสุดท้ายเมื่อวันที่
 8 กันยายน 2559).
- [3] Y.-W. Bai, S.-C. Wu and C.-L. Tsai, “Design and
 implementation of a fall monitor system by using a 3-axis
 accelerometer in a smart phone”, *IEEE Transactions on
 Consumer Electronics*, Vol. 58, No. 4, pp. 1269-1275, Nov.
 2012.
- [4] S. Dernbach, B. Das, C. N. Krishnan, B. L. Thomas and D.
 J. Cook, “Simple and Complex Activity Recognition through
 Smart Phones”, in *Proceedings of IE 2012*, 2012, pp. 214-221.
- [5] C. Jalayondeja, “Falls screening by Timed Up and Go
 (TUG)”, *Journal of Medical Technology and Physical
 Therapy*, Vol 26, No. 1, pp. 5 -16.
- [6] P. Jantaraprim, P. Phukpattaranont, C. Limsakul and B.
 Wongkittisuksa, “Fall detection for the elderly using a support
 vector machine”, *International Journal of Soft Computing and
 Engineering*, Vol. 2, No. 1, Mar. 2012, pp. 484-490.
- [7] J. R. Kwapisz, G. M. Weiss and S. A. Moore, “Activity
 Recognition Using Cell Phone Accelerometers”, *ACM
 SIGKDD Explorations Newsletter*, Vol. 12, No. 2, pp. 74-82.
- [8] O. D. Lara and M. A. Labrador, “A survey on human
 activity recognition using wearable sensors”, *IEEE
 Communications Surveys Tutorials*, Vol. 15, No. 3, Jan. 2013,
 pp. 1192-1209.
- [9] J. W. Lockhart, G. M. Weiss, J. C. Xue, S. T. Gallagher,
 A. B. Grosner, and T. T. Pulickal, “Design considerations for
 the wisdm smart phonebased sensor mining architecture”, in
Proceedings of SensorKDD’11, 2011, pp. 25-33.
- [10] S. Mathias, U. S. Nayak and B. Lsaacs, “Balance in
 elderly patients: the get-up and go test”, *Arch Phys Med
 Rehabil*, Vol. 67, No. 6, pp. 387-389.
- [11] D. Podsiadlo and S. Richardson, The time “Up & Go”: a
 test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am
 Geriatr Soc*, Vol. 39, No.2, Feb. 1991, pp. 142-148.
- [12] N. Ravi, N. Dandekar, P. Mysore, and M. L. Littman,
 “Activity recognition from accelerometer data”, in
Proceedings of IAAI 2005 - Volume 3, 2005, pp. 1541–1546.
- [13] F. Sposaro and G. Tyson, “iFall: An android application
 for fall monitoring and response”, *Proceedings of EMBC’09*,
 2009, pp. 6119-6122.