

## ประสิทธิภาพของถุงลมนิรภัยอัตโนมัติเพื่อลดอาการบาดเจ็บจากการล้มของผู้สูงอายุ\*

### Efficiency of Automatic Airbag for Decreasing Injury of Falls in Elderly

|           |         |          |
|-----------|---------|----------|
| Received: | January | 23, 2019 |
| Revised:  | June    | 24, 2019 |
| Accepted: | June    | 25, 2019 |

สมบัติ สันกวาน (Sombat Sankwan)\*\*  
ธนพงศ์ คุ่มญาติ (Tanapong Khumyat)\*\*

#### บทคัดย่อ

การล้มของผู้สูงอายุเป็นปัญหาสำคัญในสังคมปัจจุบันที่เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ทำให้เกิดปัญหาต่อทั้งผู้สูงอายุ ครอบครัว และสังคมโดยรวม ด้วยความสำคัญดังกล่าวผู้วิจัยจึงสร้างชุดควบคุมถุงลมนิรภัยอัตโนมัติเพื่อลดอาการบาดเจ็บจากการล้มของผู้สูงอายุ และทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่สร้างขึ้น จากผลการทดสอบกับหุ่นทดลองพบว่า การล้มแบบอิสระใช้เวลาจากช่วงเริ่มต้นจนถึงช่วงกระทบพื้นเฉลี่ย 1,602 มิลลิวินาที ช่วงการล้มมีความเร่งเฉลี่ยสูงสุด และความเร็วเชิงมุมเฉลี่ยสูงสุด 87.22 เมตร/วินาที<sup>2</sup> และ 248 องศาต่อวินาที ตามลำดับ ระบบถุงลมนิรภัยจะเริ่มทำงานทันทีเมื่อตรวจจับได้ว่ามีความเร่งน้อยกว่า 2 เมตร/วินาที<sup>2</sup> และความเร็วเชิงมุมมากกว่า 30 องศา/วินาที เมื่อช่วงเวลาเฉลี่ยที่ถุงลมนิรภัยสามารถพองออกเพื่อรองรับศีรษะของหุ่นทดลองก่อนกระทบพื้นเท่ากับ 216.7 มิลลิวินาที

**คำสำคัญ :** ถุงลมนิรภัย การล้มของผู้สูงอายุ เซ็นเซอร์ความเร่ง เซ็นเซอร์ความเร็วเชิงมุม

---

\* เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย

\*\* อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบควบคุมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Lecturer of Electronics Engineering and Automatic Control System, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak., Corresponding author, E-mail: Sombat\_Tk@rmutl.ac.th, Tel. 097 924 5484

## Abstract

Falls in the elderly is an important problem in community that will become an aging society. It cause problems to the elderly, their family and overall society. From this emphasis, authors create the automatic airbag for decreasing Injury of falls in elderly and test efficiency of the created system. The test results from the testing robot show that the free fall take an average time from start to finish on the floor within 1,602 millisecond. The highest average acceleration and highest average angular velocity during fall are  $87.22 \text{ m/sec}^2$  and  $248 \text{ degree/sec}$ , respectively. The airbag can be automatically inflated when the system detect the acceleration that is less than  $2 \text{ meters/sec}^2$  and the angular velocity is more than  $30 \text{ degree/sec}$ . Meanwhile, the average inflating time of airbag to support the robot head before hitting the floor is 216.7 millisecond.

**Keywords:** Airbag, Falls in the elderly, Acceleration sensors, angular velocity sensors

## บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังเข้าสู่การเป็นสังคมผู้สูงอายุ โดยจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2561) ในปีพ.ศ. 2564 ซึ่งจะมีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปสูงถึงร้อยละ 20 จากจำนวนประชากรทั้งหมดของประเทศ ในขณะที่อัตราการเกิดของเด็กมีน้อยลงเรื่อยๆ เป็นผลทำให้อัตราส่วนของจำนวนผู้ดูแลผู้สูงอายุต่อจำนวนผู้สูงอายุลดลงอย่างต่อเนื่อง และน่าเป็นห่วงในปีพ.ศ. 2574 ปัญหาสุขภาพเป็นสิ่งสำคัญของผู้สูงอายุ โดยเฉพาะโรคทางอายุรกรรม อาทิเช่น ความดันโลหิตสูง อาการทางประสาท หรืออาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง (Lan et al., 2000) เป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาตามมาคือการล้มของผู้สูงอายุ ที่ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บอย่างรุนแรง (คุณัสปรกรณ์ มัคคัพลานนท์ และ ปุณทรี ศุภเวช, 2559; Pradnya and Ragupathy, 2016) ที่กระดูกสะโพก ข้อมือ หรือที่ศีรษะ ต้องรักษาเป็นเวลานาน อาจพิการหรือเสียชีวิตได้ ที่ผ่านมามีงานวิจัยหลายชิ้นที่ศึกษาค้นคว้า หาวิธีช่วยเหลือผู้สูงอายุจากการล้ม (Charif and Mckenna, 2004; Lee and Mihailidis, 2005; Bourke and Lyons, 2008) มีการเสนอวิธีการตรวจจับการล้มโดยการใช้อุปกรณ์ตรวจจับความแรงของร่างกายผู้สูงอายุ (Jia, 2009) หรือการใช้วิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดการล้มผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ข้อความสั้น หรือเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อช่วยเหลือผู้สูงอายุอย่างทันทีทันใด แต่อย่างไรก็ตามวิธีดังกล่าวไม่สามารถลดอาการบาดเจ็บได้ จึงมีงานวิจัยที่ต่อยอดออกไปที่สามารถตรวจจับการล้มและมีอุปกรณ์นิรภัยพองออกมาเพื่อรองรับแรงกระแทกที่ส่วนต่างๆของร่างกายเพื่อลดอาการบาดเจ็บ (Tamura et al., 2007; Tamura et al., 2009) ซึ่งใช้อุปกรณ์ตรวจจับความแรง และความเร็วเชิงมุม เพื่อประมวลผลว่าเข้าเงื่อนไขการล้มหรือไม่ เมื่อเกิดการล้มขึ้น ระบบปล่อยก๊าซจะทำงานทันที จากการเผาไหม้ของผงดินปืนเพื่อเจาะรูหลอดก๊าซ และปล่อยก๊าซเข้าสู่ถุงลมนิรภัยที่ติดตั้งที่สะโพก และศีรษะ เพื่อลดแรงกระแทกที่เกิดขึ้น

แต่อย่างไรก็ตามการใช้ดินปืนในการเจาะหลอดก๊าซค่อนข้างอันตรายในการใช้งานจริง ซึ่งใช้เป็นส่วนประกอบของการผลิตกระสุนปืน (สกลกฤษณ์ เอกจักรวาล และคณะ, 2560) ดังนั้นผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบตรวจจับการล้มจากการตรวจจับความเร่งและความเร็วเชิงมุมเพื่อปล่อยก๊าซเข้าถุงลมนิรภัย โดยใช้วิธีใหม่ในการเจาะหลอดก๊าซด้วยกลไกทางกล และมีงานวิจัยโดยออกแบบให้มีถุงลมนิรภัยทั้งศีรษะ หลังและสะโพก โดยตรวจจับความเร่งเชิงมุม ความเร็วเชิงมุม และมุมเอียงของผู้ล้ม และวัดแรงกระแทกพื้น โดยวัดจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Jo et al., 2017)

## วิธีการวิจัย

แบ่งเป็น 5 ส่วนดังต่อไปนี้

### 1. การออกแบบระบบตรวจจับการล้ม

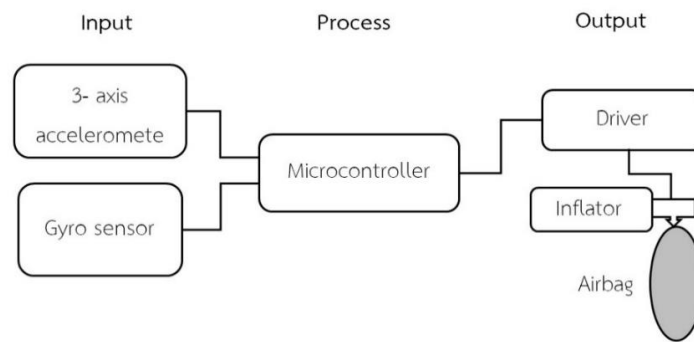
งานวิจัยนี้เริ่มทำเมื่อ พ.ศ. 2561 เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบของระบบถุงลมนิรภัยอัตโนมัติเพื่อลดอาการบาดเจ็บจากการล้มของผู้สูงอายุ โดยสมมติฐานของการวิจัยคือ เมื่อเกิดการล้ม ความเร่งและความเร็วเชิงมุมที่วัดได้มีความแตกต่างจากกรณีการนั่งหรือนอนทั่วไป โดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับความเร่ง และความเร่งเชิงมุมของหุ่นจำลอง ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับผู้สูงอายุ โดยหุ่นจำลองมีความสูง 150 เซนติเมตร และน้ำหนักรวม 50 กิโลกรัม ที่ใช้แทนการล้มของผู้สูงอายุเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล



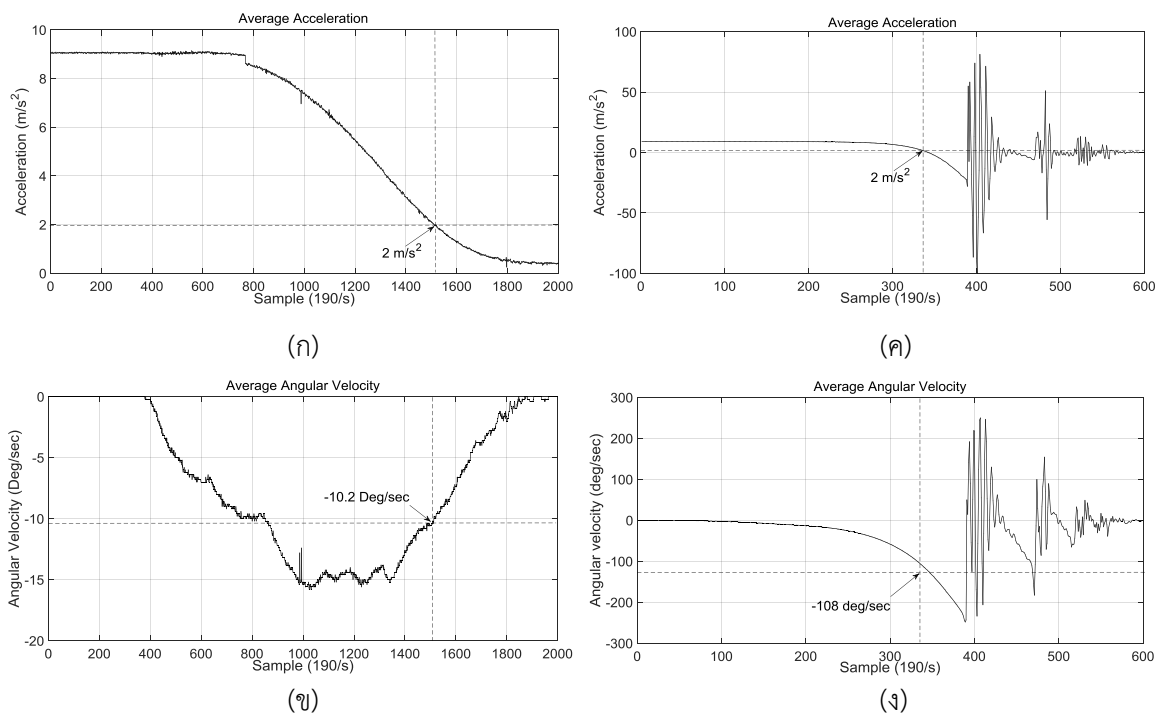
ภาพที่ 1 ลักษณะการทดลอง

และสร้างสัญญาณกระตุ้นกลไกการเจาะหลอดก๊าซ ช่วงเวลาต่างๆ ของการล้มจะถูกบันทึกภาพจากกล้องดิจิทัลที่มีอัตราเฟรมภาพสูง การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่ง วัดความเร็วเชิงมุม ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดปล่อยก๊าซ และถุงลมนิรภัย ทั้งหมดถูกติดตั้งบนเสื้อกั๊กที่สวมไว้ที่หุ่นทดลอง ดังแสดงใน ภาพที่ 1 ในส่วนของกระบวนการทำงานของระบบถุงลมนิรภัยอัตโนมัติที่เสนอมี 3 ส่วน ส่วนแรกคือภาคสัญญาณเข้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์วัดความเร่งแบบ 3 แกนและไจโรสโคป สัญญาณที่วัดได้จะถูกส่งต่อไปยังส่วนที่สอง คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน้าที่ประมวลผล โดยนำค่าที่ได้มาคำนวณเปรียบเทียบกับเงื่อนไขที่ตั้งไว้ เมื่อตรวจพบว่าเกิดการล้มขึ้น กลไกการเจาะหลอดก๊าซในกระบวนการสุดท้าย มีหน้าที่ปล่อยก๊าซเข้าถุงลมอย่างอัตโนมัติทันที กระบวนการทั้งหมดอธิบายไว้ในภาพที่ 2 จากการทดลองให้หุ่นล้มแบบหงายไปด้านหลังหลายครั้ง

ได้เงื่อนไขตรวจจับการล้มที่เหมาะสมคือ ระบบถุงลมนิรภัยจะเริ่มทำงานทันทีเมื่อตรวจจับได้ว่ามีความเร่งน้อยกว่า 2 เมตร/วินาที<sup>2</sup> และความเร็วเชิงมุมมีมากกว่า 30 องศา/วินาที ซึ่งอ้างอิงจากงานวิจัยเดิม (Tamura et al., 2007; Tamura et al., 2009) และมาจากค่าที่วัดได้จริงจากการทดลอง และในกรณีที่มีการเคลื่อนปกติในชีวิตประจำวัน ถุงลมนิรภัยจะไม่ทำงาน เงื่อนไขดังกล่าวอธิบายไว้ในภาพที่ 3 ซึ่งค่าบนแกนนอนเป็นค่าที่ได้จากการวัดสัญญาณจริงในช่วงเวลา 1 วินาทีที่มีการวัดค่ารวม 190 ครั้ง (190/s)



ภาพที่ 2 กระบวนการทำงานของระบบถุงลมนิรภัยอัตโนมัติ



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบค่าความเร่งและความเร็วเชิงมุมในกรณีการนอนปกติ และกรณีการล้ม

(ก) ความเร่งกรณีการนอนปกติ

(ค) ความเร่งกรณีการล้ม

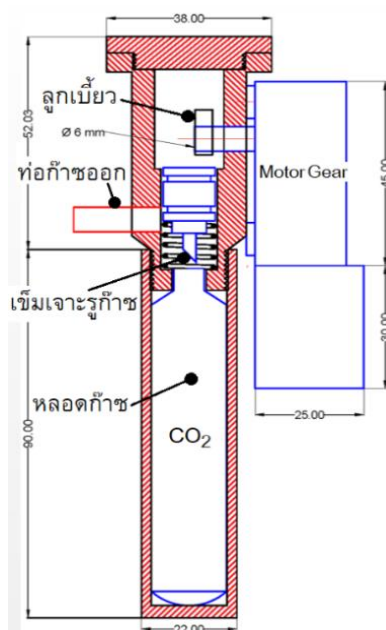
(ข) ความเร็วเชิงมุมกรณีการนอนปกติ

(ง) ความเร็วเชิงมุมกรณีการล้ม

เมื่อเส้นประในแนวนอนในภาพที่ 3 (ค) คือ ค่าความเร่ง ที่กำหนดให้เป็นเงื่อนไขว่าในขณะนั้นเกิดการล้มขึ้นหรือไม่

## 2. การออกแบบกลไกปล่อยก๊าซเข้าสู่ถุงลมนิรภัย

กลไกปล่อยก๊าซแสดงรายละเอียดไว้ในภาพที่ 4 พื้นที่ที่ระบบตรวจจับพบว่าเกิดการล้มหน่วยประมวลผลจะสั่งให้มอเตอร์หมุนลูกเบี้ยวให้เปิดที่หัวเจาะ จากนั้นก๊าซจะไหลออกจากหลอดเข้าสู่ถุงลมนิรภัย เพื่อรองรับแรงที่กระแทกขึ้นส่วนของหุ่นทดลอง ถุงลมผ้าใบมีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร จุก๊าซได้ประมาณ 2.5 ลิตร หลอดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ขนาด 12 กรัม มีปริมาตรทั้งหมด 14 มิลลิลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 18.6 มิลลิเมตร ยาว 84 มิลลิเมตร ความดันในหลอดประมาณ 45 เมกะปาสคาล โดยที่อุปกรณ์ทั้งหมดมีน้ำหนักรวม 760 กรัม จุดประสงค์สำคัญของงานวิจัยนี้คือระบบจะต้องตรวจจับการล้ม และพองถุงลมก่อนที่จะกระแทกพื้น โดยที่ถุงลมจะไม่พองขณะที่มีการเคลื่อนไหวแบบทั่วไปในชีวิตประจำวัน ซึ่งสามารถทำได้โดยการตัดสินใจจากการวัดความเร่ง และความเร่งเชิงมุมของหุ่นทดลองที่ถูกติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ ใน ภาพที่ 3(ก) และ 3(ข) แสดงค่าความเร่ง และความเร่งเชิงมุมที่วัดได้จากกรณีที่หุ่นนอนลงบนพื้นช้าๆ พบว่าที่ความเร่ง 2 เมตร/วินาที<sup>2</sup> มีความเร่งเชิงมุมในเวลาเดียวกันเป็น -10.2 องศา/วินาที ซึ่งไม่อยู่ในเงื่อนไขการล้ม ในขณะที่ในภาพที่ 3(ค) และ 3(ง) แสดงค่าความเร่ง และความเร่งเชิงมุมที่วัดได้ จากกรณีที่หุ่นล้มแบบอิสระลงบนพื้น



ภาพที่ 4 กลไกการเจาะหลอดก๊าซ

พบว่าที่ความเร่ง 2 เมตร/วินาที<sup>2</sup> มีความเร่งเชิงมุม ณ ช่วงเวลาเดียวกันเป็น -108 องศา/วินาที ซึ่งอยู่ในเงื่อนไขการล้ม ที่จะต้องมีความเร่งเชิงมุมมากกว่า 30 องศา/วินาที (ไม่คำนึงถึงทิศทางการหมุน)จะทำให้ระบบปล่อยถุงลมทำงานทันที

### 3. การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ วงจรชุดควบคุมการทำงานลงบนกล่อง

ติดตั้งอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นชุดควบคุมการทำงาน ลงบนกล่องอเนกประสงค์



ภาพที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์และวงจรชุดควบคุมการทำงาน

### 4. การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์บนเสื้อถุงลมนิรภัย

เสื้อถุงลมนิรภัยนั้นจะเลือกใช้สื่อกัก ซึ่งเมื่อสวมใส่แล้วจะรู้สึกสบายไม่อึดอัด อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนเสื้อคือ ถุงลมนิรภัย เซ็นเซอร์ ชุดควบคุมการทำงาน และชุดปล่อยก๊าซ



ภาพที่ 6 การติดตั้งอุปกรณ์บนเสื้อถุงลมนิรภัย



(ก) ด้านหน้า



(ข) ด้านหลัง

ภาพที่ 7 หุ่นทดลองสวมเสื้อถุงลมนิรภัย

#### 5. วิธีการทดลองและบันทึกผล

ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของช่วงเวลาต่างๆของกระบวนการทำงานของระบบถุงลมนิรภัยอัตโนมัติ ถูกคำนวณจากข้อมูลในตารางที่ 1 ซึ่งได้มาจากการทดลองล้มแบบอิสระของหุ่นทดลอง 45 ครั้ง โดยวัดจังหวะการทำงานช่วงต่างๆ ของระบบ 4 ช่วงคือ ช่วงเวลาในการตรวจจับการล้ม ช่วงเวลาการทำงานของกลไกเจาะหลอดก๊าซ รวมกับช่วงเวลาปล่อยก๊าซเข้าสู่ถุงลมนิรภัย ช่วงเวลาทั้งหมดในการล้ม และช่วงเวลาปลอดภัยก่อนกระแทกพื้น นำข้อมูลทั้งหมดมาคำนวณช่วงเวลาเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อให้ทราบประสิทธิภาพของระบบที่นำเสนอ

#### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากภาพที่ 3(ก) 3(ข) 3(ค) และ 3(ง) แสดงให้ทราบว่าการนอนแบบปกติ มีความแตกต่างจากการล้มอย่างชัดเจน ที่ความเร่ง 2 เมตร/วินาที<sup>2</sup> ความเร็วเชิงมุมของทั้งสองกรณีมีความแตกต่างกันถึง 97.8 องศา/วินาที ทำให้ระบบสามารถแยกแยะท่าทางของผู้ใช้งานได้อย่างถูกต้อง และเมื่อพิจารณาช่วงเวลาของการล้มตัวลงนอนแบบปกติกับกรณีการล้มจะมีช่วงเวลาที่แตกต่างกันไม่น้อยกว่า 5 วินาที

จากภาพที่ 3(ค) ตรวจจับการล้มที่ความเร่ง 2 เมตร/วินาที<sup>2</sup> และขณะเดียวกันในรูปที่ 3(ง) มีความเร็วเชิงมุม -108 องศา/วินาที ซึ่งมากกว่าความเร็วสูงสุดในกรณีการนอนปกติมีค่าประมาณ -15 องศา/วินาทีในรูปที่ 3 (ข) ซึ่งเข้าเงื่อนไขการล้มที่กำหนดไว้ ที่ความเร่ง 2 เมตร/วินาที<sup>2</sup> และความเร็วเชิงมุมมีมากกว่า 30 องศา/วินาที โดยไม่คิดเครื่องหมายลบของความเร็วเชิงมุม (ทิศทางการหมุน) ระบบถุงลมนิรภัยจะเริ่มทำงานทันที

**ตารางที่ 1** ช่วงเวลาต่างๆ (มิลลิวินาที) ในกระบวนการทำงานของระบบ

| No. | Detect time | Inflation time | Fall time | Safety time | No.                       | Detect time | Inflation time | Fall time | Safety time |
|-----|-------------|----------------|-----------|-------------|---------------------------|-------------|----------------|-----------|-------------|
| 1   | 764         | 618            | 1,583     | 201         | 25                        | 769         | 610            | 1,612     | 233         |
| 2   | 771         | 603            | 1,612     | 238         | 27                        | 771         | 624            | 1,625     | 230         |
| 3   | 768         | 620            | 1,624     | 236         | 28                        | 767         | 628            | 1,609     | 214         |
| 4   | 763         | 617            | 1,571     | 191         | 29                        | 776         | 619            | 1,625     | 230         |
| 5   | 768         | 623            | 1,593     | 202         | 30                        | 768         | 614            | 1,614     | 232         |
| 6   | 772         | 617            | 1,607     | 218         | 31                        | 763         | 606            | 1,610     | 241         |
| 7   | 763         | 631            | 1,585     | 191         | 31                        | 760         | 618            | 1,607     | 229         |
| 8   | 774         | 605            | 1,616     | 237         | 32                        | N/A         | N/A            | 1,616     | N/A         |
| 9   | 770         | 615            | 1,592     | 207         | 33                        | 773         | 622            | 1,621     | 226         |
| 10  | 766         | 618            | 1,623     | 239         | 34                        | 765         | 627            | 1,578     | 186         |
| 11  | 771         | 620            | 1,618     | 227         | 35                        | 769         | 632            | 1,595     | 194         |
| 12  | 765         | 621            | 1,591     | 205         | 36                        | 758         | 619            | 1,583     | 206         |
| 13  | 761         | 617            | 1,564     | 186         | 37                        | 765         | 625            | 1,604     | 214         |
| 14  | N/A         | N/A            | 1,587     | N/A         | 38                        | 768         | 620            | 1,611     | 223         |
| 15  | 760         | 625            | 1,592     | 207         | 39                        | 775         | 631            | 1,625     | 219         |
| 16  | 774         | 619            | 1,614     | 221         | 40                        | 756         | 627            | 1,581     | 198         |
| 17  | 775         | 617            | 1,621     | 229         | 41                        | 763         | 614            | 1,593     | 216         |
| 18  | 771         | 629            | 1,597     | 197         | 42                        | N/A         | N/A            | 1,604     | N/A         |
| 19  | N/A         | N/A            | 1,573     | N/A         | 43                        | 774         | 628            | 1,630     | 228         |
| 20  | 760         | 617            | 1,596     | 219         | 44                        | 770         | 624            | 1,626     | 232         |
| 21  | 757         | 610            | 1,590     | 223         | 45                        | 766         | 620            | 1,607     | 221         |
| 22  | 761         | 626            | 1,587     | 200         | <i>Statistical values</i> |             |                |           |             |
| 23  | 760         | 613            | 1,582     | 209         | AVG                       | 766.707     | 619.610        | 1602.289  | 216.683     |
| 24  | 765         | 615            | 1,609     | 229         | SD                        | 5.405       | 7.000          | 17.131    | 15.836      |

จากตารางที่ 1 การตรวจวัดค่าต่างๆโดยเริ่มตั้งแต่การยื่นปกติแล้วให้หุ่นจำลองล้มตัดผ่านเซ็นเซอร์แสงที่มุม 10 องศา ช่วงเวลาในการตรวจจับการล้มมีค่า  $766.707 \pm 5.405$  มิลลิวินาที ช่วงเวลาการทำงานของกลไกเจาะหลอดก๊าซ ช่วงเวลาปล่อยก๊าซเข้าถุงลมนิรภัยรวมกันมีค่า  $619.61 \pm 7.00$  มิลลิวินาที และช่วงเวลาปลดปล่อยก่อนกระแทกพื้นมีค่า  $216.683 \pm 15.836$  มิลลิวินาที จากการทดลองเซ็นเซอร์ไม่สามารถวัดค่าได้ 4 ครั้ง จากการทดลองทั้งหมด 45 ครั้ง ดังนั้นระบบถุงลมนิรภัยที่นำเสนอมีความถูกต้องในการตรวจจับการล้มร้อยละ 91.11

### สรุปผล

จากผลการทดลองพบว่าระบบถุงลมนิรภัยที่สร้างขึ้น สามารถพองออกได้อย่างอัตโนมัติก่อนที่หุ่นทดลองจะกระแทกพื้น แรงกระแทกที่บริเวณศีรษะของหุ่นทดลองจะลดลง จากการกระจายพลังงานจากการกระแทกไปที่ถุงลมนิรภัย ซึ่งถุงลมนิรภัยจะรองรับแรงกระแทกแทนศีรษะ ทำให้สามารถลดอาการบาดเจ็บจากการล้มได้ ระบบถุงลมนิรภัยที่นำเสนอมีความถูกต้องในการตรวจจับการล้มร้อยละ 91.11 การตรวจจับที่ผิดพลาดเกิดขึ้นเมื่อความเร่งมีค่า 2 เมตร/วินาที<sup>2</sup> แต่ความเร็วเชิงมุมที่เวลาเดียวกันนั้น อ่านค่าผิดพลาด ทำให้ไม่เข้าเงื่อนไขการล้ม ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดขึ้น ซึ่งแนวทางแก้ไขจะต้องใช้อุปกรณ์ตรวจจับที่มีคุณภาพสูง และปรับปรุงวิธีการตัดสินใจ อย่างไรก็ตาม การที่พัฒนางานวิจัยนี้ไปสู่การใช้งานจริงจะต้องทดลองกับมนุษย์ซึ่งมีเงื่อนไข และท่าทางที่ซับซ้อนมากกว่าการวิจัยกับหุ่นทดลอง

## References

- Akejakrawan, S., Suebpongsiri, S., and Boonmak. T. (2017). “kañ thaī phāp phūñ phiu lū̄k krasunpūñ bāep sām miti phūā trūat pīāpthiāp lū̄k krasunpūñ thī ying ‘ōk chāk lamklōng pūñ bāep pholī̄ โจนอล.”[ Photography Surface of Bullet 3D for Comparison Individual Marks of Bullet Fired From Polygonal Rifling]. Veridian E-Journal, Silpakorn University 4,3 ( May – June ) : 36-49.
- Bourke, A. K., and Lyons, G. M.(2008).“A threshold-based fall-detection algorithm using a biaxial gyroscope sensor” Medical Engineering & Physics, 1 : 84-90.
- Charif, H. N., and Mckenna, S. J. (2004). “Activity summarization and fall detection in a supportive home environment.” Paper presented at the Proceeding of the 17th International Conference on Pattern Recognition (UK), Cambridge, 26 August (pp. 162-165).
- Jia, N. (2009).“Detecting Humen Falls with a 3-Axis Digital Accelerometer.”Analog Dialogue, 43 : 1-5.
- Jo, B., Lee, Y., Kim, J., Jung, S., Yang, D., Lee, J. and Hong, J. (2017), “Design of Wearable Airbag with Injury Reducing System.” In Proceedings of the 3rd International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and e-Health (ICT4AWE 2017), Porto, Portugal, 28-29 April (pp. 188-191).
- Lan, J., Steven, B. H., ZiMian, W., and Robert, R. (2000).“Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr.”Journal of Applied Physiology, 89(1). : 81-88.
- Lee, T., and Mihailidis, A. (2005). “An intelligent emergency response system : preliminary deleopment and testing of automated fall detection.” Journal of Telemedicine and telecare, 11 : 194-198.
- Makkabphalanon, K., and Suppawach, P. (2016). “kāñdūlāē phū sūng ‘āyū lang phātat plīan khō̄ saphōk thīām .” [Elderly care post total hip arthroplasty]. Veridian E-Journal, Silpakorn University 3,6 ( November –December ) : 57-66.
- National Statistical Office. (2018) . “ sathiti bō̄k ‘arai phū sūng wai patchuban lāē ‘anā̄hot. ” [What does statistics tell : Elderly at present and future.] Available From : [http://www.nso.go.th/sites/2014/Pages/Press\\_Release/2561/N10-04-61-1.aspx](http://www.nso.go.th/sites/2014/Pages/Press_Release/2561/N10-04-61-1.aspx) [Search May 10, 2018].
- Pradnya, D., and Ragupathy, S.(2016). “Prevalence of risk factors for falls among elderly people living in long-term care homes.” Journal of Clinical Gerontology & Geriatrics, 7 : 99-103.

- Tamura, T., Yoshimura, T., and Sekine, M. (2007). “A Preliminary study to Demonstrate the use of and airbag device to prevent full-related Injuries.” Paper presented at the Proceeding of the 29th International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (France), Lyon, 22-26 August (pp. 3833-3835).
- Tamura, T., Yoshimura, T., Sekine, M., and Tanaka, O. (2009). “A Wearable Airbag to Prevent Fall Injuries.” IEEE Transaction on Information Technology in Biomedicine, 13(6) : 910-914.