

วารสาร

# วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ปีที่ 41 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม - มิถุนายน 2565



JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
MAHASARAKHAM UNIVERSITY  
INDEXED IN

ISSN (Print Edition) : 1686-9664  
ISSN (Online Edition) : 2586-9795



## วัตถุประสงค์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแหล่งเผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่มีคุณภาพของนักวิชาการทั้งในและต่างประเทศ โดยเผยแพร่บทความวิจัย (research article) บทความปริทัศน์ (review article) ในสาขาวิชาต่างๆ ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ แพทยศาสตร์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## เจ้าของ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
สำนักงานกองบรรณาธิการ  
กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150  
โทรศัพท์ภายใน 1754 โทรศัพท์โทรสาร 0-4375-4416

## ที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ศาสตราจารย์ ดร.วิสิทธิ์ ไบไม้  
ศาสตราจารย์ ดร.วิชัย บุญแสง  
ศาสตราจารย์ ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์

## บรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา

## ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร ศิริอมพรพรณ  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วรพล เองวานิช  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.วัลยา สุทธิขำ  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ บุญเกิด  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ศาสตราจารย์ ดร.ละอองศรี เสนาะเมือง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อ่านเป็รื่อง  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์ เสนาะเมือง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ศาสตราจารย์ ดร.วงศา เล้าหศิริวงษ์  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สายกระสุน  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณ บุญยะสิทธิ์พรณ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญใจ กนกเมธากุล  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา อารมย์ดี  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญจง ขาวสิทธิวงษ์  
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์  
รองศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ถนงแก้ว  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แสงประดับ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.อรวิชัย กุมพล  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต บุญปก  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์เทอดศักดิ์ คำเหม็ง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ยืน ภู่วรรณ  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ศิริเกษม ศิริลักษณ์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ พุทธกาล  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา เพียรชนะ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุขะเสนา  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลย์พร ทองเจริญบัวงาม  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ ละม่อม  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ณัฐพล ภูมิพันธ์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมนึก พ่วงพรพิทักษ์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
อาจารย์ เกียรติกร ดร.รักษจินดา วัฒนาลัย  
มหาวิทยาลัยสยาม  
Dr.Adrian Roderick Plant  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## เลขานุการ

ฉวีวรรณ อรรถเศรษฐ์

## ผู้ช่วยเลขานุการ

พัทธวิไล รุ่งวิสัย  
จิรารัตน์ ภูสีฤทธิ์

## กำหนดเผยแพร่

ปีละ 6 ฉบับ  
ฉบับที่ 1 มกราคม-กุมภาพันธ์  
ฉบับที่ 2 มีนาคม-เมษายน  
ฉบับที่ 3 พฤษภาคม-มิถุนายน  
ฉบับที่ 4 กรกฎาคม-สิงหาคม  
ฉบับที่ 5 กันยายน-ตุลาคม  
ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน-ธันวาคม

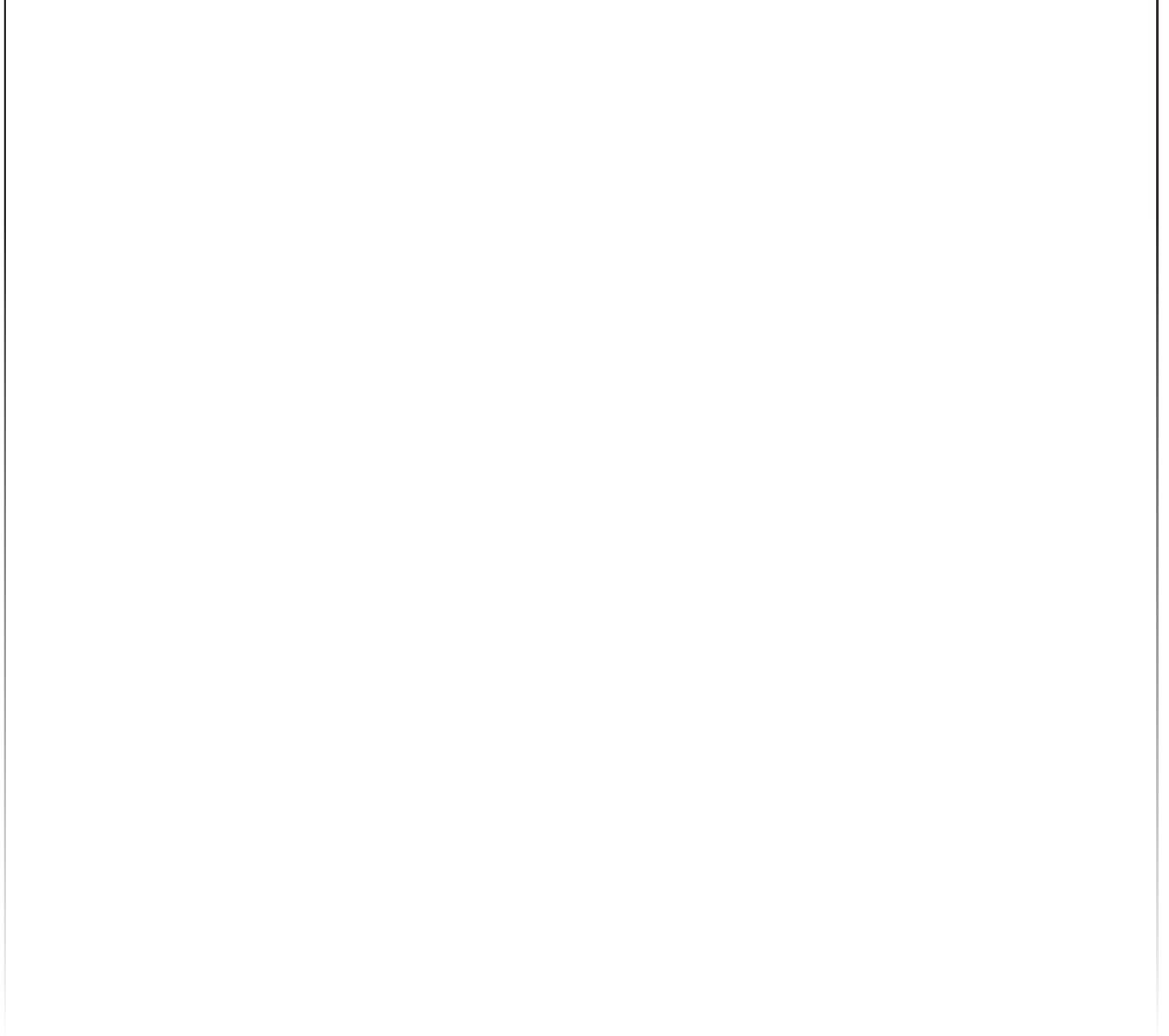
บทความและความคิดเห็นในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นความคิดเห็นของผู้เขียน กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป และบทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สงวนสิทธิ์ตามกฎหมายไทย การจะนำไปเผยแพร่ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากกองบรรณาธิการเท่านั้น

## บทบรรณาธิการ

สวัสดีท่านผู้อ่านและนักวิจัยทุกท่านครับ นับเป็นเวลากว่า 2 ปีครึ่งแล้วที่เราต้องเจอกับเผชิญกับวิกฤตการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือ COVID-19 ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ มากมายในการดำเนินชีวิตของเราทุกคน วิธีการดำเนินชีวิตของเราก็ต้องมีการปรับเปลี่ยนไปเป็นแบบ new normal การดำเนินชีวิตที่ดูแลตนเองมากขึ้น การใส่หน้ากากอนามัยทุกครั้งที่ออกจากที่พักอาศัย การระมัดระวังตนเองในการติดต่อกับคนอื่นมากขึ้น และโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเราดูในเรื่องผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับวงการการศึกษา COVID-19 ส่งผลกระทบต่อการศึกษาอย่างมาก เด็กนักเรียนนักศึกษาต้องหยุดการเรียน โรงเรียนและมหาวิทยาลัยต้องหยุดการสอนแบบ on-site และต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนการสอนเป็นการสอนแบบ online รวมถึงใช้เทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาช่วย ทำให้เด็ก ๆ ต้องปรับตัวกับระบบการเรียนการสอนแบบใหม่นี้ ซึ่งย่อมมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ที่ต้องหาทางปรับปรุงพัฒนาให้ดี ให้เหมาะสมที่สุด

แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันสถานการณ์โควิดในไทยมีแนวโน้มที่ดีขึ้น จำนวนผู้ติดเชื้อและผู้เสียชีวิตจาก COVID-19 ลดลงอย่างต่อเนื่อง ประชาชนได้รับวัคซีนและมีภูมิคุ้มกันมากขึ้น ทำให้มาตรการในการควบคุมโรคต่างๆ เริ่มผ่อนคลายลง กิจกรรมต่างๆ เริ่มกลับมาจัดมากขึ้น โรงเรียน มหาวิทยาลัย และสถานศึกษาต่างๆ เริ่มกลับมาจัดการเรียนการสอนในสถานที่มากขึ้น นิสิตนักศึกษาได้กลับเข้ามาเรียนภาคปฏิบัติ ทำโปรเจกต์วิจัยในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งทำกิจกรรมต่างๆ ในมหาวิทยาลัย ดังที่เคยเป็นก่อนการระบาด นอกจากนี้ในส่วนของวงการวิชาการและวงวิจัย จะเห็นได้ว่าการจัดอบรมและงานประชุมวิชาการในเวทีต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศก็เริ่มมีการกลับมาจัด on-site เช่นเดิม นี่จึงเป็นสัญญาณที่ดีที่เราจะได้กลับสู่ภาวะปกติได้ไปอบรม สัมมนา และนำเสนอผลงานวิจัยตามงานต่างๆ ดังเช่นที่ผ่านมาครับ ท้ายที่สุดทางกองบรรณาธิการขอขอบพระคุณท่านผู้อ่านและนักวิจัยทุกท่านที่ติดตามรวมถึงส่งผลงานวิจัยมาเพื่อเผยแพร่ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม นี้มาโดยตลอดครับ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.ณัฐพล ภูมิพันธุ์  
กองบรรณาธิการ  
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม



## สารบัญ

### Biological Science

ฤทธิ์ต้านเบาหวานและการบรรเทาความวิตกกังวลและความเครียดของสารสกัดเมล็ดหมาม่วยอินเดีย 117

**Antidiabetic activities and relief of anxiety and stress by seed extract from *Mucuna pruriens* var. *utilis***

**(Wall. ex Wight) Baker ex Burck**

นพรัตน์ พุทธกาล, มานิดา ไชรัมย์, ชุศรี ตลับมุก, กฤติยา ทิสยากร, อรทัย สารกุล

Nopparat Buddhakala, Manida Chorum, Chusri Talubmook, Krittiya Thisakorn, Orathai Sarakul

### Computer and Information Technology

ระบบปัญญาประดิษฐ์สำหรับการจัดหมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการของรัฐ 134

**An artificial intelligence system for classifying public comments and suggestions**

**toward government projects**

อิทธิศักดิ์ ศรีดำ

Idhisak Sridam

แบบจำลองระยะทางในการฟุ้งกระจายและความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ที่เกิดจากการเผาชีวมวล 142

**A computational model for diffusion and concentration of PM<sub>2.5</sub> caused by**

**biomass burning**

วรชพันธ์ ชูทอง

Warachanan Choothong

### Engineering

การควบคุมเลเซอร์พอยเตอร์สำหรับการตรวจจับบุคคลด้วยการเรียนรู้เชิงลึก 151

**Laser pointer control for deep learning human detection**

ภาริณี อรุณศิริวัฒนา, จิราพร เกียรติวุฒิมอร์, ชัยพิชิต คำพิมพ์

Parinee Arunsiriwattana, Jiraporn Kiatwuthiamorn, Chaipichit Cumpim

### Environmental Science

การประเมินและเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมือง: กรณีศึกษาหาดใหญ่ เชียงใหม่ และอุบลราชธานี 164

**Assessment and comparison of urban flood vulnerability index: a case study of Hat Yai,**

**Chiang Mai and Ubon Ratchathani**

ณัชชา แซ่เจิ้น, นฐมนพรรณ สุวรรณชาติ, ธนัท ชูอุปการ, ธนิต เฉลิมยานนท์

Nachaya Sae-jern, Nathamonpan Suwanchatree, Tanan Chub-uppakarn, Tanit Chalermyanont



# ฤทธิ์ต้านเบาหวานและการบรรเทาความวิตกกังวลและความเครียดของสารสกัดเมล็ดหมามูยอินเดีย

## Antidiabetic activities and relief of anxiety and stress by seed extract from *Mucuna pruriens* var. *utilis* (Wall. ex Wight) Baker ex Burck

นพรัตน์ พุทธกาล<sup>1</sup>, มานิดา โชรัมย์<sup>2</sup>, ชุศรี ตลับมูข<sup>3</sup>, กฤติยา ทิสยากร<sup>4</sup>, อรทัย สารกุล<sup>5\*</sup>

Nopparat Buddhakala<sup>1</sup>, Manida Chorum<sup>2</sup>, Chusri Talubmook<sup>3</sup>, Krittiya Thisakorn<sup>4</sup>, Orathai Sarakul<sup>5\*</sup>

Received: 19 December 2021 ; Revised: 18 February 2021 ; Accepted: 4 March 2022

### บทคัดย่อ

หมามูยอินเดีย *Mucuna pruriens* var. *utilis* (Wall. ex Wight) Baker ex Burck เป็นพืชสมุนไพรที่มีการใช้เป็นยาพื้นบ้านมาเป็นเวลานานในการรักษาโรคต่างๆ เช่น มาลาเรีย มะเร็ง เบาหวาน พาร์กินสัน วิตกกังวล รวมทั้งเสริมสร้างสมรรถภาพทางเพศ วัตถุประสงค์ในการศึกษานี้ เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ฤทธิ์บรรเทาความวิตกกังวลและความเครียด และฤทธิ์ต้านเบาหวานของสารสกัดเมล็ดหมามูยอินเดีย (MPSE) ที่สกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ MPSE ด้วยเครื่อง GC-MS พบสารทั้งหมด 48 ชนิด เป็นสารที่มีปริมาณมาก 9 ชนิด ได้แก่ 5-Hydroxymethyl furfural, Dodecanamide, N-(2-hydroxyethyl)-, 9,12-Octadecadienoic acid, (Z,Z)-, n-Hexadecanoic acid, endo-Borneol, 9,12-Octadecadienoic acid ethyl ester, Hexadecanoic acid ethyl ester, Octadecanoic acid และ 9-Octadecenoic acid และสารที่มีปริมาณน้อย 39 ชนิด จากการประเมินด้วยวิธี Light/dark test, Hole board และ Force plate actimeter พบว่า MPSE แสดงผลในการลดอาการวิตกกังวลในหนูถีบจักร โดยเฉพาะหนูกลุ่มที่ได้รับ MPSE ขนาด 400 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม น้ำหนักตัว มีจำนวนครั้งในการเดินเข้าไปในฝั่งมืดและฝั่งสว่าง (Number of entries in chamber) จำนวนครั้งในการยืนด้วยเท้าหลังในฝั่งมืด (Number of rear in dark chamber) การใช้เวลาในฝั่งสว่าง (Time spent in light chamber) และจำนวนครั้งของการมุดรูของแผ่นเจาะรู (Hole board) มากกว่าหนูกลุ่มควบคุม แต่มีระยะเวลาที่ใช้ก่อนการเข้าไปในฝั่งสว่าง (Latency to enter the light chamber) ต่ำกว่าหนูกลุ่มควบคุม หนูกลุ่มที่ได้รับ MPSE ยังมีระยะเวลาในการหลับนานกว่าหนูกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ MPSE ยังสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ โดยมีค่า IC<sub>50</sub> 0.38±0.70 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และยับยั้งได้ดีกว่ายาอะคาร์โบส ที่มีค่า IC<sub>50</sub> 1.57±0.23 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ผลการทดลอง ชี้ให้เห็นว่า สารสกัดเมล็ดหมามูยอินเดีย มีฤทธิ์บรรเทาความวิตกกังวลและความเครียด และต้านเบาหวาน โดยมีสาร endo-Borneol และ Octadecanoic acid เป็นสารออกฤทธิ์บรรเทาความวิตกกังวลและความเครียด และสาร 9,12-Octadecadienoic acid, (Z,Z)- และ n-Hexadecanoic acid เป็นสารออกฤทธิ์ต้านเบาหวาน จึงเป็นการยืนยันการใช้หมามูยอินเดียเป็นยาพื้นบ้านในการบรรเทาความวิตกกังวลและความเครียด และบำบัดโรคเบาหวาน

**คำสำคัญ:** หมามูยอินเดีย ความวิตกกังวล ความเครียด เอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส

<sup>1</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, อาจารย์, สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, จังหวัดปทุมธานี, 12110

<sup>2</sup> อาจารย์, สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, จังหวัดปทุมธานี, 12110

<sup>3</sup> รองศาสตราจารย์, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม, 44150

<sup>4</sup> นักวิจัย, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ตำบลคลองห้า อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี, 12111

<sup>5</sup> อาจารย์, สาขาการแพทย์แผนไทย คณะการแพทย์บูรณาการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, จังหวัดปทุมธานี, 12130

<sup>1</sup> Assistant Professor, Division of Biology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, 12110

<sup>2</sup> Lecturer, Division of Biology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, 12110

<sup>3</sup> Associate Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Maha Sarakham, 44150.

<sup>4</sup> Researcher, Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Tambon Khlong Ha, Amphoe Klong Luang, Pathum Thani, 12120

<sup>5</sup> Lecturer, Faculty of Integrative Medicine, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, 12130

\* Corresponding author ; Orathai Sarakul, Faculty of Integrative Medicine, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, 12130, Thailand. E-mail: auratai\_s@rmutt.ac.th, 081-5724709

## Abstract

*Mucuna pruriens* var. *utilis* (Wall. ex Wight) Baker ex Burck has been used as a traditional medicine for a long time to treat several diseases such as malaria, cancer, diabetes, Parkinson's disease, anxiety disorder and to improve sexual performance. This research investigated phytochemical constituents, anxiety and stress relieving properties, and antidiabetic activities of seed extract from *M. pruriens* (MPSE) extracted with 95% ethanol. Analysis using GC-MS revealed the presence of 48 chemical compounds with 9 main compounds including 5-Hydroxymethylfurfural, Dodecanamide, N-(2-hydroxyethyl)-, 9,12-Octadecadienoic acid, (Z, Z)-, n-Hexadecanoic acid, endo-Borneol, 9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester, Hexadecanoic acid, ethyl ester, Octadecanoic acid and 9-Octadecenoic acid, and another 39 trace compounds in the extract. Evaluation using light/dark task, hole board and force plate actimeter (FPA) revealed that the number of entries into the chamber, number of rear in dark chamber, time spent in light chamber and the number of entries to the hole board of the 400 mg/kg body weight, MPSE treated mice were significantly ( $p < 0.05$ ) higher than those of the controls, whilst the latency to enter the light chamber was less than that of the controls. In addition, the sleeping time of the MPSE treated mice was significantly ( $p < 0.05$ ) longer than that of the controls. Furthermore, MPSE exhibited an inhibitory effect on  $\alpha$ -glucosidase activity with  $IC_{50}$  of  $0.38 \pm 0.70$  mg/mL, which was better than Acarbose ( $IC_{50}$  of  $1.57 \pm 0.23$  mg/mL). The results indicate that MPSE has anxiety and stress relieving properties and also antidiabetic activities. The endo-Borneol and Octadecanoic acid were responsible for anxiety and stress relieving activity, and 9, 12-Octadecadienoic acid, (Z, Z)- and n-Hexadecanoic acid were responsible for antidiabetic activity. The results obtained also confirmed the traditional used of *M. pruriens* for relieving anxiety disorder and stress, and the treatment of diabetes mellitus.

**Keywords:** *Mucuna pruriens*, anxiety, stress,  $\alpha$ -glucosidase

## บทนำ

ภาวะการแพร่ระบาดของโรคอุบัติใหม่ โรคโควิด 19 (COVID-19) ในปัจจุบัน ทำให้ประชากรทั่วโลกมีการติดเชื้อและเสียชีวิตจากโรคนี้เป็นจำนวนมาก ตลอดจนมีวิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปจากวิถีชีวิตปกติ เกิดความวิตกกังวลและความเครียด เพื่อหาทางรอด ปลอดภัย และกลับมาดำเนินชีวิตตามปกติ ประชากรในประเทศไทยก็ได้รับผลกระทบจากโรคนี้อย่างมากเช่นกัน โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุ และกลุ่มผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัวเรื้อรัง

ความวิตกกังวล เป็นความรู้สึกไม่สบายใจ หวาดหวั่น ไม่มั่นใจต่อสถานการณ์ในอนาคต เกรงว่าจะเกิดอันตรายหรือความเสียหาย เนื่องจากมี หรือคาดว่าจะมีสิ่งคุกคาม หากมีความวิตกกังวลมาก หรือมีความวิตกกังวลเป็นระยะเวลานานๆ จะมีผลเสียต่อสุขภาพของบุคคลได้ (Stuart & Sundeen, 1995) ความเครียด เป็นภาวะของอารมณ์ หรือความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่อเผชิญหน้ากับปัญหาต่างๆ ที่ทำให้รู้สึกไม่สบายใจ คับแค้นใจ หรือถูกบีบคั้น กดดัน จนทำให้เกิดความรู้สึกทุกข์ใจ สับสน โกรธหรือเสียใจ (กรมสุขภาพจิต, 2541) ความเครียดเป็นกลุ่มอาการที่ร่างกายมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งที่คุกคามบุคคล โดยสิ่งนั้นเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ และประเมินแล้วว่าเป็นอันตรายต่อตนเอง (Selye, 1976) ความวิตกกังวลและความเครียด ส่งผลกระทบต่อเกือบ 1 ใน 8 ของประชากรทั่วโลก (Eisenberg *et al.*, 1998) หากไม่สามารถ

จัด หรือปรับลดพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดความวิตกกังวลและความเครียดได้ ย่อมส่งผลกระทบต่อร่างกายและจิตใจ (เจนจิรา เกียรติสินทรัพย์ และคณะ, 2562) นอกจากนี้ ในเพศชายยังส่งผลกระทบต่อทางลบต่อปัจจัยที่สัมพันธ์กับคุณภาพของอสุจิ ได้แก่ ความเข้มข้นของอสุจิ การเคลื่อนที่ และรูปร่างของอสุจิ สมรรถภาพทางเพศ และการหลั่งอสุจิ มีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยทางด้านจิตใจ และเป็นสาเหตุของภาวะมีบุตรยาก (McGrady, 1984) ความวิตกกังวลและความเครียดมักมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของการนอนหลับ (Beck, 1992 ; ดารัสณี โพรธารส, 2560) และปัญหาการนอนไม่หลับ (ชลธิชา แยมมา และ พีรพันธ์ ลีบุญญะวัชชัย, 2556) ขณะนอนหลับ ร่างกายจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาต่างๆ ลดกิจกรรมที่ใช้กล้ามเนื้อและใช้ความคิดน้อยลง ทำให้รู้สึกคลายเครียด คลายความวิตกกังวล และเกิดอาการอ่อนคลาย (สมภพ เรืองตระกูล, 2550 ; เกษม ตันติผลาชีวะ, 2543 ; อินทิรา ปากันทะ, 2550) นอกจากนี้ ยังมีการลดลงของระดับการรับรู้ อัตรการเผาผลาญ อุณหภูมิของร่างกาย ความดันโลหิต และอัตราการหายใจ ตลอดจนการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆ ของร่างกาย (Yaremchuk & Wardrop, 2010 ; Wilson & Nutt, 2008)

วัยผู้สูงอายุ เป็นวัยที่ต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงสภาพร่างกาย จนไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพจิต ทำให้ไม่มีความสุข ท้อแท้ รู้สึกเหงา หมดหวัง



ในชีวิต วิตกกังวล เกิดโรคจิต โรคสมองเสื่อม ในปี 2576 คาดการณ์ว่าจะเป็นปีที่มีสังคมผู้สูงอายุระดับสูงสุด คือ มีสัดส่วนประชากรผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป สูงถึงร้อยละ 28 ของประชากรทั้งหมด (<https://www.thaitgri.org.all>)

โรคเบาหวาน (Diabetes mellitus) เป็นโรคเรื้อรัง มีภาวะน้ำตาลในเลือดสูง และมีการเปลี่ยนแปลงเมแทบอลิซึมของไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน และมักมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคแทรกซ้อน เช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง ไตวาย และความดันโลหิตสูง เป็นต้น (Hex *et al.*, 2012) โรคเบาหวาน เป็นโรคที่ยังไม่มีวิธีรักษาให้หายขาดได้ ต้องใช้ระยะเวลาในการรักษาต่อเนื่องและยาวนาน ส่งผลต่อภาวะแทรกซ้อนต่างๆ ทำให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตเสื่อมลง อายุสั้นลง และมีค่าใช้จ่ายในการรักษาสูง จึงเป็นปัญหาด้านสาธารณสุข (สถาบันวิจัยและพัฒนาาระบบสาธารณสุข, 2552) โรคเบาหวาน เป็นปัญหากับประเทศต่างๆ ทั่วโลก พบได้ในทุกเพศ ทุกวัย คาดว่าในปี พ.ศ. 2583 จะมีผู้ป่วยเบาหวานทั่วโลกสูงถึง 642 ล้านคน (Ogurtsova *et al.*, 2017) และประมาณร้อยละ 90 ของผู้สูงอายุเป็นผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (American Diabetes Association, 2006)

ปัญหาสุขภาพจิตโดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับความวิตกกังวลและความเครียด และโรคเบาหวาน ควรได้รับความสนใจให้การดูแลและบำบัดเป็นอย่างดี แต่การบำบัดด้วยการใช้ยาแผนปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น อะคาร์โบส (Acarbose) เมทฟอร์มิน (Metformin) และไกลเบนคลาไมด์ (Glibenclamide) เพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 มักมีค่าใช้จ่ายสูง และมักก่อผลข้างเคียงต่อผู้ป่วยเบาหวาน เช่น ทำให้เกิดอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ท้องร่วง ภาวะอาหารอึกเสบ และเกิดแผลในกระเพาะอาหาร (Su *et al.*, 2013) การนำพืชสมุนไพรที่สามารถใช้ทดแทน หรือใช้ควบคู่กับยาแผนปัจจุบัน และให้ผลการบำบัดได้ดี จึงเป็นทางเลือกหนึ่ง มีรายงานว่า ร้อยละ 67 ของผู้ป่วยเบาหวานใช้พืชสมุนไพรในการบำบัดควบคู่กับการใช้ยาแผนปัจจุบัน การควบคุมอาหาร และการออกกำลังกาย สามารถลดภาวะแทรกซ้อนจากโรคเบาหวานได้ (Kooti *et al.*, 2016) พืชสมุนไพรที่นิยมใช้ในการลดระดับน้ำตาลในเลือดผู้ป่วยเบาหวาน เช่น บอระเพ็ด ขิง ขะพลู กระเทียม มะระ กระเจี๊ยบแดง ดอกคำฝอย พริก และบัวหลวง เป็นต้น (อารียา สุจินทบุตร และคณะ, 2551) สำหรับพืชสมุนไพรที่มีรายงานว่า มีฤทธิ์ต่อสรีรวิทยาต้านการคลายความวิตกกังวลและความเครียด รักษาโรคเรื้อรัง และสามารถฟื้นฟูภาวะผิดปกติทางเพศได้ เช่น บอระเพ็ด รากสามสิบ โสมอินเดีย โหระพา หมามูยอินเดีย เป็นต้น (Dahanukar & Hazra, 1995 ; Yang *et al.*, 2004)

หมามูยอินเดีย [*Mucuna pruriens* var. *utilis* (Wall. ex Wight) Baker ex Burck] เป็นพืชในวงศ์ Fabaceae (Rajeshwar *et al.*, 2005) ต้นมีลักษณะคล้ายกับหมามูยไทย แต่แตกต่างกันที่หมามูยอินเดียมีลักษณะฝัก และเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ มีขนสั้น ไม่คันเวลาสัมผัส สีเมล็ดมี 2 ลักษณะ คือ สีขาว และสีดำ แต่หมามูยไทยมีฝักขนาดเล็ก ขนฝักขนาดยาว และคันเวลาสัมผัสขนฝัก มีทั้งเมล็ดเล็กและใหญ่แต่มีสีดำเพียงสีเดียว หมามูยอินเดีย เป็นไม้เลื้อยยาวได้ถึง 15 เมตร เมื่อตอนเป็นต้นอ่อนจะมีขนอ่อนปกคลุม เมื่อโตขึ้นขนจะหายไป ใบเป็นใบประกอบแบบขนนก มีใบย่อย 3 ใบ เรียงสลับ ดอกมีสีม่วงเข้ม รูปดอกถั่วแต่จะมีขนาดใหญ่กว่า ผลเป็นฝักโค้ง รูปแถบขอบขนาน ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร มีเมล็ด 4 ถึง 6 เมล็ด (Chinnasamy & Thangamani, 2014 ; นันทวัน บุญยะประภัศร และ อรุณช โขชัยเจริญพรหม, 2543) หมามูยอินเดีย พบได้ทั่วไปในเขตร้อน และถูกนำมาใช้เป็นยาพื้นบ้านมาเป็นระยะเวลานาน (Longhi *et al.*, 2011) ทั้งในประเทศไทย อินเดีย และประเทศอื่นๆ ในเขตร้อน (Rachsee *et al.*, 2021 ; ระพีพันธุ์ ศิริเดช และคณะ, 2560) โดยมีการใช้หมามูยอินเดียในการจัดการภาวะมีบุตรยาก การเป็นหมันในเพศชาย (Rajeshwar *et al.*, 2005) บำบัดโรคเบาหวาน (Pansare & Sadabal, 2019) และโรคพาร์กินสัน (Fu *et al.*, 2015) ช่วยในการจัดการความเครียด ปรับปรุงคุณภาพของอสุจิ (Shukla *et al.*, 2010 ; Kumar *et al.*, 1994) ในตำรายาโบราณของไทยระบุว่า เมล็ดหมามูยสามารถใช้เป็นยาบำรุงกำลังและเพิ่มสรรพภาพทางเพศได้ (สันติสุข โสภณสิริ, 2557) ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษเรื้อรังที่รุนแรง (พราว ศุภจริยาวัตร และคณะ (2561) ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้จากเมล็ดหมามูย สามารถนำมาใช้ในการบำบัดโรคที่มีสาเหตุจากอนุมูลอิสระ เช่น โรครูมาตอยด์ โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือด ความผิดปกติของระบบประสาท และการเป็นหมันในเพศชาย (Rajeshwar *et al.*, 2005) ผงเมล็ดหมามูย ช่วยต้านภาวะเครียด (Kumar *et al.*, 1994) บำบัดโรคพาร์กินสัน (Katzenschlager *et al.*, 2004 ; Molloy *et al.*, 2006) Daxenbichler *et al.* (1971) และระพีพันธุ์ ศิริเดช และคณะ (2560) พบว่า สาร L-DOPA (3-(3,4-Dihydroxyphenyl)-L-alanine) และ 5-HTP (5-Hydroxy tryptophan) เป็นสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของหมามูย และพบมากในส่วนเมล็ด ส่วนสารอื่นที่พบในเมล็ดหมามูย ได้แก่ Glutathione, Lecithin, Gallic acid, beta-Sitosterol และกรดไขมันจำเป็น เช่น Linolenic acid และ Oleic acid (ระพีพันธุ์ ศิริเดช และคณะ, 2560) Norepinephrine, Epinephrine (Molloy *et al.*, 2006 ; Shukla *et al.*, 2010), Alkaloids, Mucunine, Mucunadine, Nicotine, Mucunadinine, Prurienidine, Vernolic acid รวมถึง Tryptamine, Alkylamines, Steroids, Flavonoids,

Coumarins, Cardenolides และโลหะ เช่น ทองแดง แมงกานีส สังกะสี แมงกานีส และเหล็ก (Misra & Wagner, 2007) นอกจากนี้ ในเมล็ดยังมีสารอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ และเส้นใย (Shahaji, 2011)

หามามูยอินเดีย มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด เช่น ต้านอนุมูลอิสระ (Kumar *et al.*, 2010 ; Longhi *et al.*, 2011 ; Sonpetkar *et al.*, 2012) ต้านเนื้องอก ต้านจุลชีพ (Sachan *et al.*, 2015) ต้านเบาหวาน (Majekodunmi, 2011) ต้านการอักเสบ ต้านแบคทีเรีย (Bala, 2011) ต้านคอเลสเตอรอล ลดน้ำตาล ลดไขมัน (Ratnawati, 2011) และปกป้องระบบประสาท (Sharma *et al.*, 1978) สารสกัดเมทานอลจากเมล็ดหามามูย มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Rajeshwar *et al.*, 2005 ; Sonpetkar *et al.*, 2012) ขณะที่สารสกัดเอทิลอะซิเตท และ สารสกัดเอทานอลจากต้นหามามูยอินเดีย มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (Kumar *et al.*, 2010) และสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางเพศ (Krishnamoorthy, 2011 ; DeLay *et al.*, 2016) นอกจากนี้ ผงและสารสกัดเมล็ดหามามูย มีผลในการปรับระดับฮอร์โมนในเพศชาย และเพิ่มปริมาณและคุณภาพของอสุจิ (Shukla *et al.*, 2010 ; Gupta *et al.*, 2011 ; Ahmad *et al.*, 2008) และต้านความวิตกกังวล (Singh *et al.*, 2019 ; Sachan *et al.*, 2015)

จากปัญหาของความวิตกกังวล ความเครียด และโรคเบาหวาน และความพยายามในการหาแนวทางในการบำบัดโรค เพื่อลดค่าใช้จ่าย และลดปัญหาข้างเคียงจากการใช้ยาแผนปัจจุบัน ตลอดจนความสำคัญในสรรพคุณ และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของหามามูยอินเดีย การวิจัยครั้งนี้ จึงได้ศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดเมล็ดหามามูยอินเดียในการบรรเทาความวิตกกังวลและความเครียดในหนูถีบจักร ฤทธิ์และกลไกการออกฤทธิ์ต้านเบาหวานโดยการทดสอบการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสของสารสกัดเมล็ดหามามูยอินเดีย รวมทั้งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด เพื่อให้ทราบชนิดของสารที่มีความสัมพันธ์กับการออกฤทธิ์ของสารสกัด อันจะเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์หามามูยอินเดียสำหรับบรรเทาความวิตกกังวล คลายความเครียด และควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

## วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา

### 1. การเตรียมเมล็ดหามามูยอินเดีย

เมล็ดหามามูยอินเดีย (*Mucuna pruriens* var. *utilis* (Wall. ex Wight) Baker ex Burck) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ชื้อมาจากคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่เก็บรวบรวมจากการเก็บเกี่ยวใหม่ๆ ในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ 2564 เป็นเมล็ดที่ได้จากต้นหามามูยอินเดียที่ปลูกในสภาวะกึ่งธรรมชาติ ปราศจากการ

ใช้สารเคมี และไม่ผ่านกรรมวิธีและสภาวะทอดทอดอบใดๆ คัดเลือกเมล็ดที่แก่เต็มที่ มีลักษณะสมบูรณ์ ปราศจากโรคและการทำลายของแมลง นำเมล็ดหามามูยมาทำความสะอาด และขจัดสิ่งปนเปื้อนโดยการล้างในน้ำประปาหลายๆ ครั้ง จากนั้นนำไปสะเด็ดน้ำ ผึ่งในที่ร่ม นำไปอบต่อให้แห้งในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดสมุนไพร ร้อนผ่านตะแกรง ชั่งน้ำหนัก และเก็บไว้ในภาชนะที่สะอาดแห้ง และป้องกันความชื้นได้ ก่อนการนำไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

### 2. การเตรียมสารสกัดเมล็ดหามามูยอินเดีย

เตรียมสารสกัดเมล็ดหามามูยอินเดีย (MPSE) โดยดำเนินการตามวิธีของ Buddhakala *et al.* (2020) ด้วยการนำผงเมล็ดหามามูย น้ำหนัก 1,500 กรัม ห่อด้วยผ้าขาวบาง วางในโหลแก้วใส เติมน้ำเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วนผงเมล็ดหามามูยอินเดีย 100 กรัม: เอทานอล 400 มิลลิลิตร หมักไว้เป็นเวลา 7 วัน เมื่อครบกำหนด นำส่วนผสมที่หมักไว้ไปกรองเอากากออกโดยใช้ชุดกรองสารระบบสุญญากาศ นำส่วนที่กรองได้มาระเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหย (Rotary evaporator) บรรจุ MPSE ที่ได้ไว้ในภาชนะที่มีฝาปิดสนิท และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อบรรเทาความวิตกกังวลและความเครียด และฤทธิ์ต้านเบาหวาน

### 3. การเตรียมสัตว์ทดลอง

สัตว์ทดลองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ หนูถีบจักรสายพันธุ์ ICR เพศผู้ (Male Swiss albino mice) อายุ 8 สัปดาห์ น้ำหนัก 27-33 กรัม ชื้อจากบริษัท Nomura Siam เป็นหนูที่มีหลักฐานแสดงสายพันธุ์ และความคงที่ทางพันธุกรรมของสายพันธุ์ที่ต้องการใช้ ตลอดจนมีหลักฐานตรวจสอบได้ว่าเป็นสัตว์ที่เลี้ยงด้วยระบบอนุบาลแบบปิด การดำเนินการทดลองได้ผ่านการอนุมัติจากคณะกรรมการกำกับและดูแลการเลี้ยงสัตว์และใช้สัตว์ทดลอง ให้ดำเนินการทดลองและใช้สัตว์ทดลองเพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี รหัสโครงการ RMUTT. SCI.2019.R005 การทดลองและการเลี้ยงสัตว์ทดลองได้ดำเนินการ ณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ทำการทดลองและเลี้ยงหนูทดลอง ในสภาวะของห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65±5% และแสงสว่าง 12 ชั่วโมง หนูทดลองได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับหนูทดลอง และน้ำดื่มในปริมาณเพียงพอ ให้หนูทดลองได้ปรับสภาพคุ้นชินสภาพห้องทดลองเป็นระยะเวลา 15 วัน ก่อนนำไปใช้ในการทดสอบฤทธิ์คลายความวิตกกังวลและความเครียด

#### 4. การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี

นำ MPSE ไปวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) ซึ่งเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสาร มีความสามารถในการแยกสารผสมซึ่งกลายเป็นไอได้ง่ายให้ออกเป็นองค์ประกอบเดี่ยวๆ ด้วยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี และองค์ประกอบของสารแต่ละชนิดที่ผ่านการแยกแล้วจะถูกตรวจวัดด้วยวิธีแมสสเปกโทรเมตรีที่มีความจำเพาะต่อการตรวจวัด มีสภาพไวในการตรวจวัดสูง และให้ข้อมูลแมสสเปกตรัมของสารที่สามารถใช้ในการพิสูจน์เอกลักษณ์สารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีแก๊สฮีเลียมเป็นตัวพา คอลัมน์ที่ใช้ คือ Bruker รุ่น 450 GC Rtx-5MS Capillary column (30 m x 0.25 mm x 0.25  $\mu$ m) ที่มีอัตราการไหล 1 มิลลิลิตร/นาที มีอุณหภูมิเริ่มต้นของคอลัมน์ที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นในอัตรา 4.5 องศาเซลเซียส/นาที จนถึง 250 องศาเซลเซียส แล้วจึงฉีดสารทดสอบปริมาตร 1 ไมโครลิตร สำหรับ Mass Spectrometry มีอุณหภูมิแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน 230 องศาเซลเซียส อุณหภูมิส่วนคัดแยก 150 องศาเซลเซียส และมีพลังงานของอิเล็กตรอนที่วิ่งชนโมเลกุลของสารเท่ากับ 70 eV นำข้อมูลที่ได้ไปแยกชนิดของสารโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลใน Wiley 9 GC-MS Library

#### 5. การศึกษาฤทธิ์คลายความวิตกกังวล

ศึกษาฤทธิ์ของ MPSE ในการคลายความวิตกกังวล โดยใช้วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของ Kim & Jonh (2006), Brown & Nemes (2008) และ Krishna *et. al.* (2006) ดังนี้

แบ่งหนูทดลองออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 6 ตัว ให้สารละลาย Corticosterone ในน้ำดื่มสำหรับหนูทดลอง ในขนาด 13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน เป็นเวลา 16 วัน เพื่อเหนี่ยวนำให้หนูเกิดความวิตกกังวลและความเครียด จากนั้น ในวันที่ 17 ของการทดลอง ป้อนสารทดสอบแก่หนูทดลองตามที่ได้แบ่งกลุ่มไว้ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ป้อนสาร 20% Acacia และ 0.2% Tween 80 (กลุ่มควบคุม)

กลุ่มที่ 2 ป้อนสารมาตรฐาน Phenobarbital 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

กลุ่มที่ 3 ป้อน MPSE ขนาด 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

กลุ่มที่ 4 ป้อน MPSE ขนาด 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

กลุ่มที่ 5 ป้อน MPSE ขนาด 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

5.1 ศึกษาฤทธิ์ของ MPSE ในการคลายความวิตกกังวล โดยใช้ Hole board ดังนี้ หลังให้สารทดสอบแล้ว 45 นาที นำหนูทดลองวางตรงกลางของแผ่น Hole board เพื่อบันทึกจำนวนครั้งของการมุดสำรวจเป็นเวลา 3 นาที ซึ่งในแต่ละรูของแผ่น Hole board มีเครื่องตรวจจับ (Sensor) ในการตรวจจับเมื่อหนูทดลองมุดหัวเข้าไปสำรวจในแต่ละรูของ Hole board จำนวนครั้งของการมุดสำรวจที่มากขึ้น แสดงถึงพฤติกรรมที่หนูทดลองมีความวิตกกังวลน้อยลง หนูทดลองจึงกล้าที่จะสำรวจรูบนแผ่น Hole board หากหนูทดลองวิตกกังวลหรือกลัว จะแสดงอาการอยู่นิ่งบนแผ่น Hole board และไม่กล้ามุดสำรวจ

5.2 ศึกษาฤทธิ์ของ MPSE ในการคลายความวิตกกังวล โดยวิธี Light/dark test ดังนี้ หลังจากป้อนสารทดสอบแล้ว 1 ชั่วโมง นำหนูเข้าทดสอบใน Light/dark task โดยนำหนูทดลองแต่ละตัววางใน Light/dark chamber ซึ่งเป็นกล่องอะคริลิกใส ขนาด 20 x 60 x 35 เซนติเมตร ด้านบนของกล่องมีช่องระบายอากาศ และช่องเปิดสำหรับใส่หนูทดลอง แบ่งกึ่งกลางของกล่องเป็น 2 ฝั่งด้วยแผ่นพลาสติกสีดำทึบ มีช่องเล็กๆ ที่หนูทดลองสามารถผ่านเข้าออกระหว่าง 2 ฝั่งได้ ด้านฝั่งสว่างมีหลอดไฟสีขาว ขนาด 9 วัตต์ ติดอยู่ด้านบนกล่อง จากนั้น สังเกต และจดบันทึกพฤติกรรมของหนูทดลองเป็นเวลา 10 นาที ได้แก่

1) จำนวนครั้งของการเดินเข้าไปในฝั่งมืดและฝั่งสว่าง (Number of entries in chamber) โดยการนับว่าหนูทดลองได้เดินเข้าไปในฝั่งนั้นๆ เมื่อเท้าทั้ง 4 ได้เดินเข้าไปทั้งหมด ใช้หลักการนับจำนวนครั้งของการเดินที่มากกว่า แสดงว่า หนูทดลองมีความวิตกกังวลน้อยกว่าหนูที่มีอาการไม่ค่อยเดินเข้าไป หรือมีจำนวนครั้งที่เดินเข้าไปยืนด้วยเท้าหลังในฝั่งมืดและฝั่งสว่างมีจำนวนครั้งทีน้อย

2) จำนวนครั้งของการยืนด้วยเท้าหลังในฝั่งมืดและสว่าง (Number of rear in chamber) การยืนด้วยเท้าหลังหมายถึง หนูทดลองมีการสำรวจสถานที่นั้นๆ ดังนั้น จำนวนครั้งของการยืนด้วยเท้าหลังที่มากกว่า แสดงว่า หนูทดลองมีความวิตกกังวลน้อยกว่าหนูที่มีอาการไม่ค่อยเดินเข้าไป หรือมีจำนวนครั้งที่เดินเข้าไปยืนด้วยเท้าหลังในฝั่งมืดและฝั่งสว่างมีจำนวนครั้งทีน้อย

3) จำนวนครั้งของการเดินตัดแสง Sensor ในฝั่งมืดและสว่าง (Number of locomotor activities) การเดินตัดแสง Sensor แสดงว่า หนูทดลองมีการเดิน หรือเคลื่อนไหวในฝั่งนั้นๆ ดังนั้น จำนวนครั้งของการเดินตัดแสง Sensor ที่มากกว่า จึงแสดงว่า หนูทดลองมีความวิตกกังวลน้อยกว่าการมีจำนวนครั้งที่ไม่ค่อยเดินตัดแสง

4) เวลาที่ใช้ทั้งสิ้นในฝั่งสว่าง (Time spent in light chamber, sec) หากหนูทดลองใช้เวลาในฝั่งสว่างมาก แสดงว่า หนูทดลองมีความวิตกกังวลน้อย

5) เวลาที่ใช้ก่อนเข้าไปในฝั่งสว่าง (Latency to enter the light chamber, sec.) หากหนูทดลองใช้เวลาเล็กน้อยก่อนการเข้าไปในฝั่งสว่าง แสดงว่า หนูทดลองมีความวิตกกังวลน้อย ในทางตรงข้าม หากหนูทดลองใช้เวลานานในการเปลี่ยนจากฝั่งมืดเป็นฝั่งสว่าง แสดงว่า หนูทดลองมีความวิตกกังวลสูง

5.3 ศึกษาฤทธิ์ของ MPSE ในการคลายความวิตกกังวล ด้วยการทดสอบการเคลื่อนที่ (Locomotor activity) โดยใช้เครื่อง Force Plate Actimeter (FPA)

นำหนูเข้าเครื่อง FPA เป็นเวลา 10 นาที เพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ และหาค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่ (Distance and Traveled ; mm.) การแปลผลจากการทดสอบ จะแบ่งเป็นกรอบแต่ละช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ (Frame) ซึ่งมีจำนวนรวมทั้งหมด 15 Frame แต่ละ Frame มีระยะเวลาประมาณ 0.7 นาที Frame ที่ 1-5 เป็นช่วงเวลาในการสำรวจสิ่งแวดล้อมใหม่ ดังนั้น จึงเริ่มคำนวณหาค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่เป็นระยะทางที่ใช้จริงตั้งแต่ Frame ที่ 6-10 ส่วน Frame ที่ 11-15 เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงความคุ้นกับสถานที่ใหม่จึงไม่นำมาคำนวณ การเคลื่อนที่เป็นระยะทางที่มากขึ้น แสดงให้เห็นถึงความวิตกกังวลที่ลดลง

## 6. การศึกษาฤทธิ์ช่วยผ่อนคลาย และนอนหลับ

6.1 ศึกษาฤทธิ์ของ MPSE ในการช่วยผ่อนคลาย และนอนหลับ ด้วยการทดสอบความสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อ (Muscle relaxant activity) ซึ่งประยุกต์ใช้วิธีของ Zia *et al.* (1995) ดังนี้

1) ฝึกให้หนูทุกตัวสามารถเดินบนแท่งกลมหมุน (Rota rod) ให้ได้ 20 รอบต่อนาที นาน 10 นาทีจนกระทั่งไม่ตกจาก Rota rod ซึ่งจะใช้เวลาในการฝึกประมาณ 6-8 สัปดาห์ บันทึกเวลาเป็นหน่วยวินาที จากเวลาเริ่มต้นการทดลอง จนถึงหนูตกจาก Rota rod

2) แบ่งหนูทดลองออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 6 ตัว ป้อนสารทดสอบแก่หนูทดลองแต่ละกลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1 ป้อน 20% Acacia และ 0.2% Tween 80 (กลุ่มควบคุม)

กลุ่ม 2 ป้อน Caffeine ขนาด 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

กลุ่ม 3 ป้อน MPSE ขนาด 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

กลุ่ม 4 ป้อน MPSE ขนาด 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

กลุ่ม 5 ป้อน MPSE ขนาด 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

หลังจากป้อนสารทดสอบแล้ว 60 นาที ป้อน Diazepam ขนาด 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว แก่หนูทุกตัวหลังจากป้อนยา Diazepam แล้ว 30 นาที ให้หนูเดินบน Rota rod ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที บันทึกวินาทีที่หนูตกจาก Rota rod โดยกำหนดเวลานานที่สุดเป็น 180 วินาที

6.2 ศึกษาฤทธิ์ของ MPSE ในการช่วยให้ผ่อนคลาย และนอนหลับ ด้วยวิธีวัดระยะเวลาในการนอนหลับ (Sleeping time) โดยประยุกต์จากวิธีของ Tsuji *et al.* (1996) และ Helton *et al.* (1998) ดังนี้

ใช้หนูทดลองชุดเดียวกับข้อ 6.1 โดยให้มีช่วงระยะเวลาพัก เพื่อให้แน่ใจว่าสารทดสอบที่หนูทดลองได้รับจากข้อ 6.1 ได้ถูกขับออกจากร่างกายแล้ว (Wash out) เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ก่อนการทดสอบงัดให้อาหารหนูทดลองเป็นเวลา 16 ชั่วโมง

ในวันที่ทำการทดสอบ แบ่งหนูทดลองออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 6 ตัว ป้อนสารทดสอบให้หนูทดลองแต่ละกลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1 ป้อน 20% Acacia และ 0.2% Tween 80 (กลุ่มควบคุม)

กลุ่ม 2 ป้อน Caffeine ขนาด 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

กลุ่ม 3 ป้อน MPSE ขนาด 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

กลุ่ม 4 ป้อน MPSE ขนาด 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

กลุ่ม 5 ป้อน MPSE ขนาด 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

หลังจากป้อนสารทดสอบแล้ว 60 นาที ป้อน diazepam ขนาด 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว แก่หนูทุกตัว และสังเกตการหลับทันที โดยการทดสอบ Righting reflex ด้วยการกระตุ้นบริเวณหูและอุ้งเท้าด้วยพู่กัน หากไม่มีการเคลื่อนไหว หรือไม่มีการกระตุกรับจึงนับว่าเป็นการหลับสนิท บันทึกช่วงเวลาของการนอนหลับ ได้แก่

1. Onset คือ เวลาตั้งแต่ป้อน diazepam จนถึงสูญเสีย Reflex (เริ่มหลับ)

2. Duration time คือ ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มหลับ จนถึงเริ่มต้น

## 7. การศึกษาฤทธิ์ต้านเบาหวาน

ศึกษาฤทธิ์ของ MPSE ในการต้านเบาหวาน โดยการทดสอบการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการทดสอบด้วยวิธีที่ประยุกต์จาก Dong *et al.* (2012) โดยทำการทดสอบในจานหลุมชนิด 96 หลุม (96 well plate) ดังนี้

เตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (Phosphate buffer solution ; 0.1 M PBS, pH 6.8) เอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส (0.01 unit/ml  $\alpha$ -glucosidase enzyme) จาก *Saccharomyces cerevisiae* บริษัท Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO) 4-nitrophenyl- $\alpha$ -D-glucopyranoside (0.2mM PNPG บริษัท Calbiochem ; Merck, Germany) โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate, 2.0 M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) และ MPSE ที่เตรียมในสารละลาย PBS จากนั้นผสมสารละลายเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ปริมาตร 50 ไมโครลิตร กับสารละลาย MPSE ปริมาตร 60 ไมโครลิตร และสารละลาย PBS ปริมาตร 50 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วจึงเติมสารละลาย PNPG ปริมาตร 50 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ทำให้ปฏิกิริยาลิ้นสุดลงด้วยการเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ปริมาตร 160 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารทดสอบที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Microplate reader

ใช้ยาอะคาร์โบส (Acarbose ; Glucobay, Bayer Pharma AG, Germany) เป็นสารเปรียบเทียบ และสารละลาย PBS เป็นสารควบคุม (Blank) ความเข้มข้น MPSE และยาอะคาร์โบส ที่ใช้ คือ 0.02 0.05 0.09 0.19 0.38 0.75 1.50 และ 3.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

คำนวณเป็นร้อยละการยับยั้งของกิจกรรมเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและแอลฟาไกลูโคซิเดส จากสมการ

$$\% \text{ inhibition} = \left[ \frac{(\text{ABS}_{\text{blank}} - \text{ABS}_{\text{sample}})}{\text{ABS}_{\text{blank}}} \right] \times 100$$

เมื่อ

A blank คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย PBS

A sample คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ MPSE หรือยาอะคาร์โบส

#### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการทดลองที่ได้แสดงเป็นค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าความผิดพลาดของค่าเฉลี่ย (Mean  $\pm$  S.E.M.) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดสอบโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance, One-way ANOVA) และ LSD post-hoc test ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p-value <0.05)

## ผลการศึกษา

### 1. องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ MPSE ด้วย GC-MS พบ Peak ของสารองค์ประกอบทั้งหมด 48 ชนิด ซึ่งสามารถบอกชนิดของสารประกอบ จากการเทียบค่า Retention time และ Mass spectrum ขององค์ประกอบทางเคมีของ MPSE กับค่า Retention time และ Mass spectrum ของค่ามาตรฐานที่มีการบันทึกไว้ใน Library ในสารทั้งหมด 48 ชนิด เป็นสารที่มีปริมาณมาก 9 ชนิด และสารที่มีปริมาณน้อย 39 ชนิด โดยมีโครมาโตแกรม ดังแสดงใน Figure 1

สารที่มีปริมาณมากจำนวน 9 ชนิด ได้แก่ 5-Hydroxymethyl-furfural, Dodecanamide, N-(2-hydroxyethyl)-, 9,12-Octadecadienoic acid, (Z,Z)-, n-Hexadecanoic acid, endo-Borneol, 9,12-Octadecadienoic acid ethyl ester, Hexadecanoic acid ethyl ester, Octadecanoic acid และ 9-Octadecenoic acid ซึ่งมี Retention time (RT) สูตรโมเลกุล (Molecular formula) และเปอร์เซ็นต์ (% of Total) ดังแสดงใน Table 1

### 2.ฤทธิ์คลายความวิตกกังวล

2.1 ศึกษาฤทธิ์ของ MPSE ในการคลายความวิตกกังวล โดยใช้แผ่นเจาะรู (Hole board) โดยให้หนูทดลองได้รับ MPSE ขนาดต่างกัน คือ 200 400 และ 800 มิลลิกรัมกิโลกรัม น้ำหนักตัว พบว่า หนูกลุ่มทดลองที่ได้รับ MPSE ขนาด 400 มิลลิกรัมกิโลกรัม น้ำหนักตัว มีจำนวนครั้งของการมุดรูเข้าไปในแผ่นเจาะรู มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ MPSE ทั้ง 3 ให้ผลไม่แตกต่างจาก กลุ่มที่ได้รับ Phenobarbital ดังแสดงใน Table 2

2.2 การศึกษาพฤติกรรมคลายความวิตกกังวล ด้วยวิธี Light/dark test พบว่า หลังจากให้สารละลาย Corticosterone ในน้ำดื่มแก่หนูเป็นเวลา 16 วัน แล้วให้ MPSE ขนาดต่างๆ แก่หนูทดลอง ได้ผลการทดลองดังแสดงใน Table 2 ที่พบว่า MPSE มีแนวโน้มในการลดอาการวิตกกังวลในหนูทดลอง โดยหนูทดลองกลุ่มที่ได้รับ MPSE ขนาด 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว มีจำนวนครั้งในการเดินเข้าไปในฝั่งมืดและฝั่งสว่าง (Number of entries in chamber) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกับหนูกลุ่มที่ได้รับสารมาตรฐาน Phenobarbital และยังมีจำนวนครั้งในการยืนด้วยเท้าหลังในฝั่งมืด (Number of rear in dark chamber) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อพิจารณาถึงจำนวนครั้งของการเดินตัดแสง Sensor ในฝั่งมืดและสว่าง (Number of locomotor activities) พบว่า หนูทดลองทุกกลุ่มมีจำนวนครั้งของการเดินตัดแสง Sensor ในฝั่งมืดและสว่างไม่แตกต่างกัน ยกเว้นหนูทดลอง

กลุ่มที่ได้รับ MPSE ขนาด 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว มีจำนวนครั้งของการเดินตัดแสง Sensor ในฝั่งมืดแตกต่างจากหมู่อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่หมู่อื่นๆ ได้รับ MPSE ขนาด 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว มีการใช้เวลาในฝั่งสว่าง (Time spent in light chamber) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แต่มีระยะเวลาที่ใช้ก่อนการเข้าไปในฝั่งสว่าง (Latency to enter the light chamber) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

2.3 การศึกษาพฤติกรรมคลายความวิตกกังวล โดยใช้เครื่อง Force Plate Actimeter (FPA) เมื่อให้ MPSE ขนาด 200 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวแก่หนูทดลอง พบว่า MPSE ทุกขนาด และทุกช่วงระยะเวลาที่บันทึก (ช่วงที่ 6-8) มีค่าระยะทางในการเคลื่อนที่ (Distance and Traveled, mm) ไม่แตกต่างกัน และไม่แตกต่างจากหมู่อื่นๆ แต่มีค่าระยะทางในการเคลื่อนที่น้อยกว่าหมู่อื่นๆ ที่ได้รับสาร Phenobarbital อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ทั้งนี้นอกจากในช่วงที่ 8 เท่านั้น ที่หนูทดลองกลุ่มที่ได้รับ MPSE ขนาด 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

ที่มีค่าระยะทางการเคลื่อนที่มากกว่าหมู่อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ขณะที่สาร Phenobarbital ที่มีค่าการเคลื่อนที่เป็นระยะทางมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ทุกช่วงระยะเวลาของการบันทึก ดังแสดงใน Figure 2

### 3.ฤทธิ์ช่วยให้ผ่อนคลาย และนอนหลับ

3.1 ศึกษาฤทธิ์ของ MPSE ในการช่วยให้ผ่อนคลาย และนอนหลับ ด้วยการทดสอบความสัมพันธ์ กับการทำงาน ของกล้ามเนื้อ ด้วยวิธี Muscle relaxant activity พบว่า หลังจากให้หนูทดลองได้รับ Diazepam 30 นาที แล้วให้หนูเดินบน Rota rod ที่ความเร็ว 20 รอบต่อนาที หมู่อื่นๆ ที่ได้รับ MPSE ทั้ง 3 ขนาดสามารถเดินบน Rota rod ได้ไม่ถึง 10 วินาที โดยเฉพาะอย่างยิ่งหมู่อื่นๆ ที่ได้รับ MPSE ขนาด 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว สามารถเดินได้เพียง  $3.0 \pm 3.0$  วินาที ซึ่งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เดินได้นานถึง  $9.3 \pm 0.3$  วินาที ส่วนหมู่อื่นๆ ที่ได้รับ MPSE ขนาด 200 และ 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว สามารถเดินได้นาน  $7.57 \pm 2.6$  และ  $6.56 \pm 1.3$  วินาที ตามลำดับ

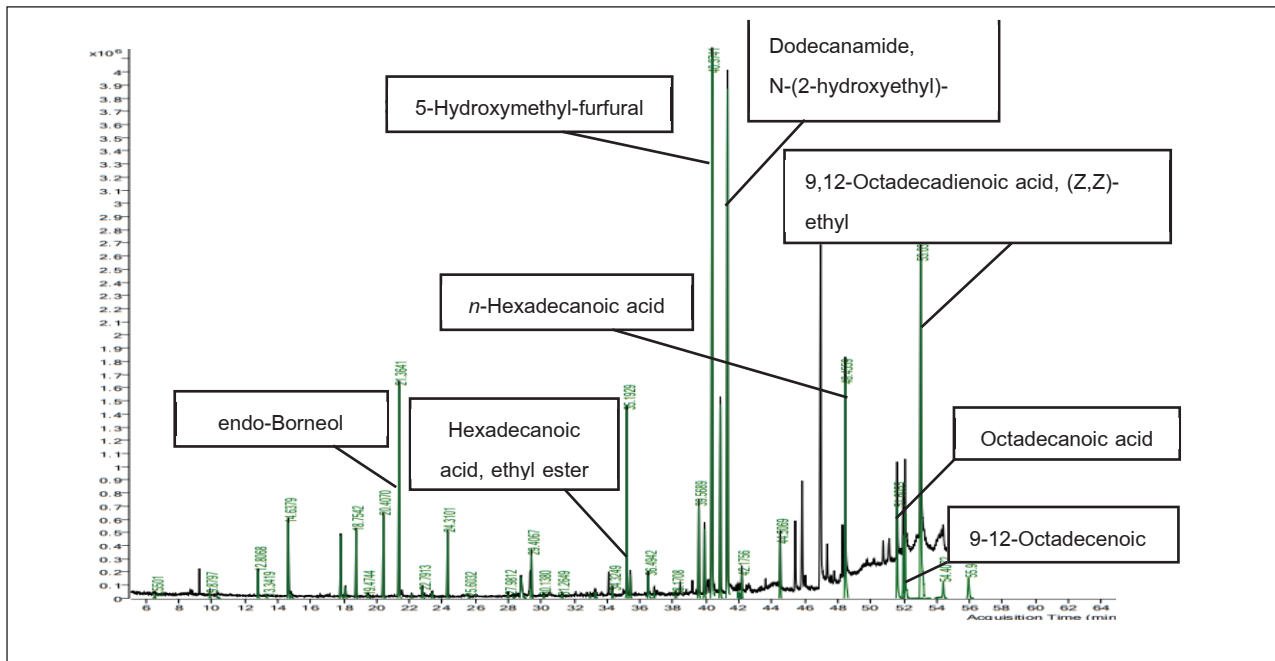


Figure 1 GC-MS chromatogram of chemical components in MPSE

**Table 1** The main chemical components in MPSE

RT (min)	Compound Name	Molecular formula	% of Total
40.37	5-Hydroxymethylfurfural	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	12.07
41.36	Dodecanamide, N-(2-hydroxyethyl)	C <sub>14</sub> H <sub>29</sub> NO <sub>2</sub>	10.92
53.03	9,12-Octadecadienoic acid, (Z,Z)-	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	8.92
48.45	n-Hexadecanoic acid	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	4.45
21.36	endo-Borneol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	3.98
40.87	9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester	C <sub>20</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	3.76
35.19	Hexadecanoic acid, ethyl ester	C <sub>37</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	3.42
51.60	Octadecanoic acid	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	2.06
52.08	9-Octadecenoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1.79

**Table 2** Relieving activity of MPSE and Phenobarbital in mice using Hole board

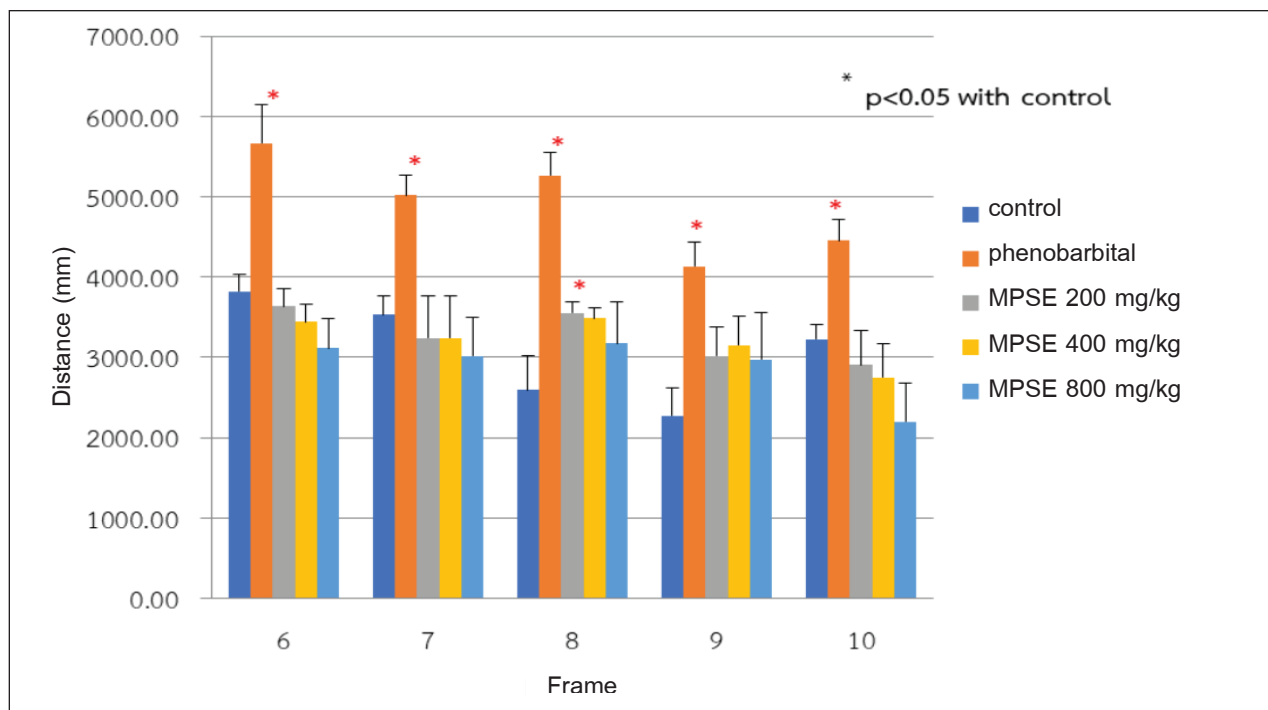
	Groups				
	Control	Phenobarbital	MPSE 200 mg/kg	MPSE 400 mg/kg	MPSE 800 mg/kg
No. of Hole Board					
Mean	29.2	35.6	30.7	43.6*	34.1
S.E.M.	3.4	3.6	1.9	3.0	4.2

Mean in the same row, \* indicate statistical significant different (p<0.05) from control group. Statistical analysis was carried out using One way ANOVA followed by LSD post-hoc test.

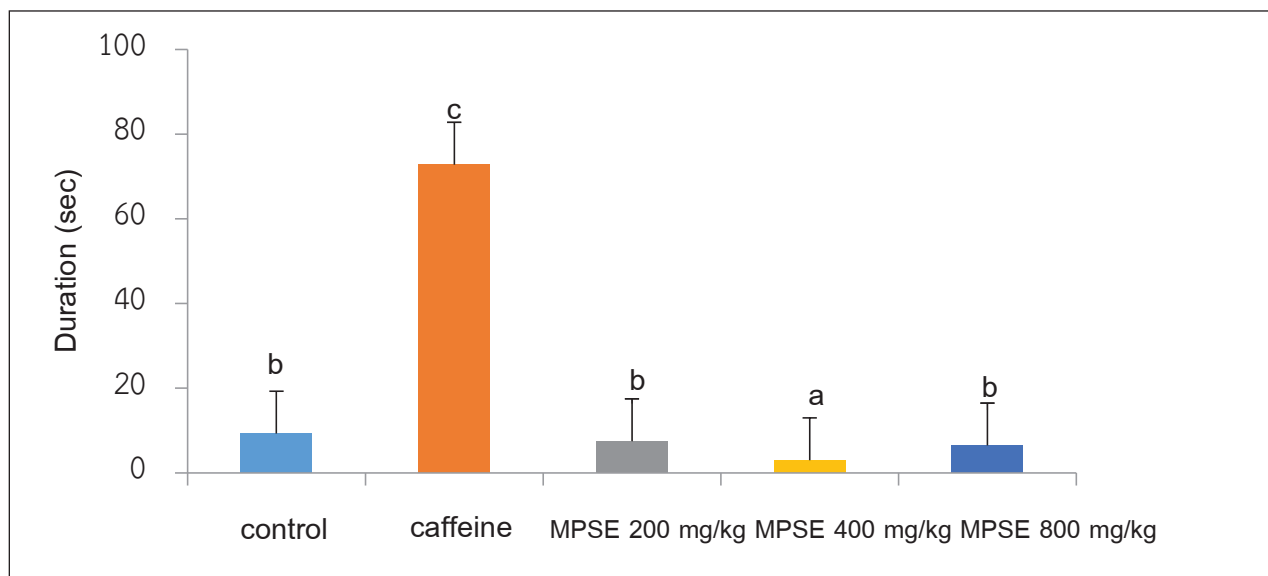
**Table 3** Relieving activity of MPSE and Phenobarbital in mice using Light/dark task

Groups	No. of entries in Chamber		No. of rear in Chamber		No. of locomotor activities		Time spent in light chamber (sec)	Latency to enter the light chamber (sec)
	Light	Dark	Light	Dark	Light	Dark		
Control	12.8±0.8	12.8±0.5	11.5±2.5	23.5±2.5	17.3±5.6	31.5±12.5	184.8±38.1	432.3±25.9
Phenobarbital	17.5±0.5*	18.5±0.6*	12.0±1.9	26.8±3.7	16.5±4.6	31.0±3.9	194.3±27.3	405.3±27.8
MPSE 200	17.6±0.5*	18.2±0.6*	18.6±5.3	45.6±0.6*	16.6±4.5	27.0±6.4*	184.6±14.3	412.8±14.1
MPSE 400	14.2±1.2	14.3±1.1	18.5±1.1	22.0±0.8	23.0±5.2	31.0±9.4	251.0±9.8*	350.7±12.3*
MPSE 800	12.3±1.8	13.0±1.7	15.2±2.5	28.8±3	15.0±1.8	25.2±12.4	221.5±15.8	390.0±12.8

Values are expressed as means ± S.E.M, n=6 rats in each group. In the same column, \* indicate statistical significant different from control at p<0.05. Statistical analysis was carried out using One way ANOVA followed by LSD post-hoc test.



**Figure 2** Relieving activity of MPSE and Phenobarbital in mice using Force Plate Actimeter. Values are expressed as means  $\pm$  S.E.M, n=6 rats in each group. \* indicate statistical significant different at  $p < 0.05$  compared to control. Statistical analysis was carried out using One way ANOVA followed by LSD post-hoc test.



**Figure 3** Effect of MPSE and Caffeine on muscle relaxant activity (duration on the Rota rod ; sec.) after the treatment of Diazepam for 30 min, compared to control group. a, b, c indicate statistical significant different at  $p < 0.05$ . Statistical analysis was carried out using One way ANOVA followed by LSD post-hoc test.



แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในขณะที่หนูกลุ่มที่ได้รับ Caffeine สามารถเดินได้นานถึง 72.8±2.4 วินาที ซึ่งนานกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังแสดงใน Figure 3

3.2 ศึกษาฤทธิ์ช่วยให้ผ่อนคลายและนอนหลับ ด้วยการทดสอบโดยวิธี Sleeping time พบว่า หลังจากให้หนูทุกตัวได้รับ Diazepam แล้วสังเกตการนอนหลับทันที ด้วยการทดสอบ Righting reflex โดยการกระตุ้นบริเวณหู และอุ้งเท้าด้วยพู่กัน แล้วบันทึกช่วงเวลาของการหลับทั้งในส่วนของ ระยะเวลาที่เริ่มหลับ (Onset) และระยะเวลาที่นอนหลับ

(Duration time) หนูกลุ่มที่ได้รับ MPSE ทั้ง 3 ขนาด มีระยะเวลาเริ่มหลับสั้นกว่า แต่มีระยะเวลาในการนอนหลับยาวกว่ากลุ่มควบคุม การออกฤทธิ์นี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดของสารที่ได้รับ (Dose dependent manner) นอกจากนี้ยังให้ผลแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$  ทั้งระยะเวลาที่เริ่มหลับ และระยะเวลาที่นอนหลับในหนูกลุ่มที่ได้รับ MPSE ทั้งขนาด 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว อย่างไรก็ตาม ไม่พบการนอนหลับ (ระยะเวลาในการนอนหลับ เท่ากับ 0) ของหนูทุกตัวในกลุ่มที่ได้รับ Caffeine ผลดังกล่าวแสดงใน Table 4

**Table 4** Effect of MPSE and Caffeine on sleeping time (Onset and Duration time) after treating with Diazepam compared to control group

Groups	Sleeping time	
	Onset (min)	Duration time (min)
Control	51.2±0.60	41.0±0.12
Caffeine	0	0
MPSE 200 mg/kg	36.8±0.39	25.2±3.9
MPSE 400 mg/kg	28.8±0.97*	142.8±3.76*
MPSE 800 mg/kg	19.8±0.44*	164.0±5.38*

Values are expressed as Means±S.E.M, n=6 rats in each group. In the same column, \* indicate statistical significant different from control at  $p < 0.05$ . Statistical analysis was carried out using One way ANOVA followed by LSD post-hoc test. 0 = without Sleeping time

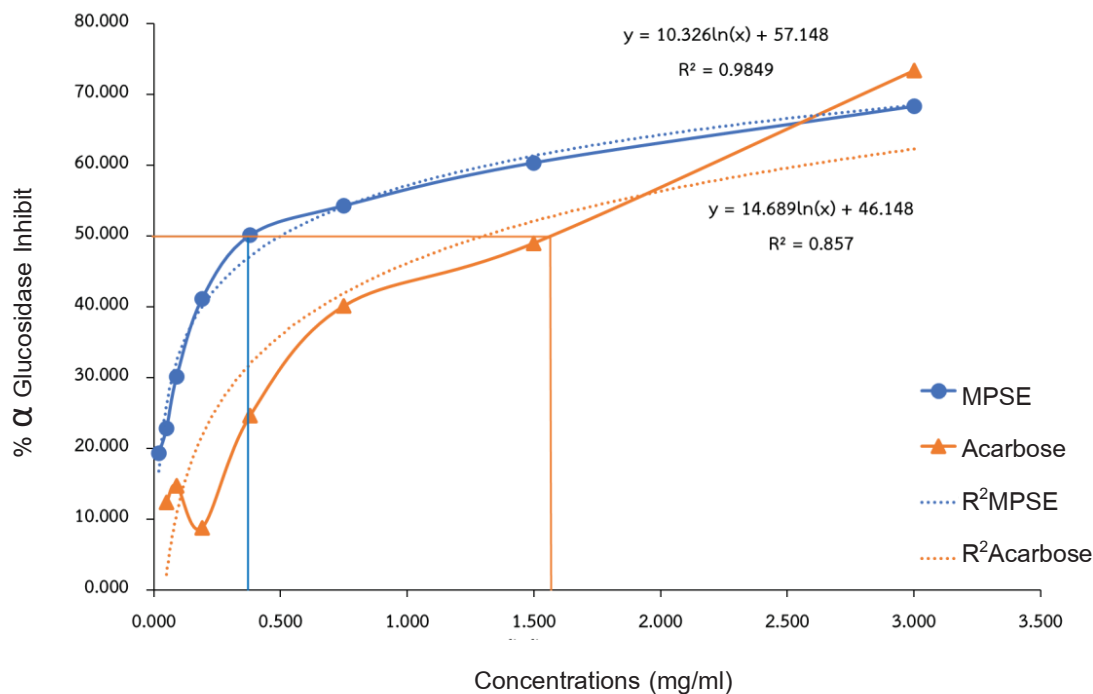
#### 4. ฤทธิ์ต้านเบาหวาน

การศึกษาฤทธิ์ต้านเบาหวานโดยการทดสอบการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส พบว่า MPSE และยาอะคาโบส ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ และฤทธิ์ในการยับยั้งผันแปรตามความเข้มข้นของสารที่ใช้ ที่ระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ 3.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้มีการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสมากที่สุด คือ MPSE สามารถยับยั้ง

ได้ 68.31±0.34 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ระดับความเข้มข้นที่เท่ากัน ยาอะคาร์โบสยับยั้งได้ 73.37±0.59 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม เมื่อประมวลโดยรวม พบว่า MPSE มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส โดยมีค่า  $IC_{50}$  0.38±0.07 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และมีฤทธิ์ยับยั้งดีกว่ายาอะคาร์โบส ซึ่งมีค่า  $IC_{50}$  1.57±0.23 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังแสดงใน Table 5 และ Figure 4

**Table 5** Inhibitory effect of MPSE and Acarbose on  $\alpha$ -Glucosidase activity Values are expressed as means  $\pm$  S.E.M, n= 3 replications. There was significant difference between means have the different alphabetical superscript letters (a,b,c and d) in the same column (p<0.05), and there was significant difference between means have \* in the same row (p<0.05). Statistical analysis was carried out using One way ANOVA followed by LSD post-hoc test. ND = Not Detected

Concentrations (mg/mL)	% $\alpha$ - Glucosidase Inhibition		LC <sub>50</sub> (mg/mL)	
	MPSE	Acarbose	MPSE	Acarbose
3.00	68.31 $\pm$ 0.34 <sup>f*</sup>	73.37 $\pm$ 0.59 <sup>e</sup>		
1.50	60.34 $\pm$ 0.75 <sup>e*</sup>	48.98 $\pm$ 0.69 <sup>d</sup>		
0.75	54.28 $\pm$ 0.67 <sup>d*</sup>	40.11 $\pm$ 0.57 <sup>c</sup>		
0.38	50.11 $\pm$ 0.62 <sup>d*</sup>	24.60 $\pm$ 0.35 <sup>b</sup>		
0.19	41.12 $\pm$ 0.51 <sup>c*</sup>	14.71 $\pm$ 0.21 <sup>a</sup>	0.38 $\pm$ 0.07*	1.57 $\pm$ 0.23
0.09	30.11 $\pm$ 0.38 <sup>b*</sup>	12.36 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>		
0.05	22.81 $\pm$ 0.29 <sup>a*</sup>	8.73 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>		
0.02	19.32 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	ND		



**Figure 4** Inhibitory effect (IC<sub>50</sub>) of MPSE and Acarbose on  $\alpha$ -glucosidase

**วิจารณ์และสรุปผล**

การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของ MPSE โดยใช้เครื่อง GC-MS พบสารทั้งหมด 48 ชนิด เป็นสารที่มีปริมาณมาก 9 ชนิด ได้แก่ 5-Hydroxymethyl-furfural, Dodecanamide, N-(2-hydroxyethyl)-, 9,12-Octadecadienoic acid, (Z,Z)-, n-Hexadecanoic acid, endo-Borneol, 9,12-Octadecadienoic

acid ethyl ester, Hexadecanoic acid ethyl ester, Octadecanoic acid และ 9-Octadecenoic acid และสารที่มีปริมาณน้อย 39 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่พบว่า เป็นสารในกลุ่มของ กรดไขมัน ซึ่งมีทั้งกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) และ กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ซึ่งกลุ่มสารที่ พบครั้งนี้ สอดคล้องกับรายงานของ รพีพันธุ์ ศิริเดช และคณะ (2560) ที่รายงานว่า สารพฤษเภสัชภัณฑ์ที่พบในหมามูย

เป็นจำพวกกรดไขมัน ได้แก่ Linolenic acid และ Oleic acid อย่างไรก็ตาม มีรายงานการวิจัยอื่นๆ ที่พบสารอื่นๆ เป็นองค์ประกอบในเมล็ดหมามูยอินเดีย ได้แก่ สาร 3, 4-dihydroxyphenylalanine, (Levodopa ; L-DOPA) และ 5-Hydroxy tryptophan, 5-HTP (Daxenbichler *et al.*, 1971), Epinephrine, Norepinephrine (Molloy *et al.*, 2006 ; Shukla *et al.*, 2010), Alkaloids, Mucunine, Mucunadine, Mucunadinine, Prurienidine, Nicotine, beta-Sitosterol, Glutathione, Lecithin, Vernolic acid, Gallic acid, Tryptamine, Alkylamines, Steroids, Flavonoids, Coumarins, Cardenolides และโลหะ เช่น แมกนีเซียม ทองแดง สังกะสี แมงกานีส เหล็ก (Misra & Wagner, 2007) รวมทั้งสารอาหาร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ และเส้นใย (Shahaji, 2011)

การศึกษาจากเอกสาร พบว่า พืชชนิดนี้ที่มีความสัมพันธ์กับฤทธิ์บรรเทาความวิตกกังวลและความเครียด และฤทธิ์ต้านเบาหวาน เช่น 9,12-Octadecadienoic acid, (Z,Z)-ต้านการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส และทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลง (Morenike *et al.*, 2018) n-Hexadecanoic acid ลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด (Morenike *et al.*, 2018) Octadecanoic acid คลายความกังวล (วารุณี ธนะแพสย์, 2549) และ 9-Octadecenoic acid กล่อมประสาท และคลายความวิตกกังวล (ปิยานี รัตนชานอง, 2562) เนื่องจากการพบสารเหล่านี้ เป็นองค์ประกอบใน MPSE ในการศึกษาครั้งนี้ด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่า สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบใน MPSE มีส่วนสำคัญในการออกฤทธิ์คลายความวิตกกังวลและความเครียด และฤทธิ์ต้านเบาหวานของสารสกัดเมล็ดหมามูยอินเดีย

จากการศึกษาฤทธิ์ของ MPSE ในหนูถีบจักร ในการคลายความวิตกกังวล ด้วยวิธี Light/dark test, Hole board และ FPA จะเห็นได้ว่า MPSE ขนาด 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว มีฤทธิ์ช่วยคลายความวิตกกังวล ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินฤทธิ์ในการต้านความวิตกกังวลด้วยวิธี Elevated plus maze (EPM) ของ Singh *et al.* (2019) ที่พบว่า สารสกัดเมล็ดหมามูย ขนาด 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว สามารถลดระยะเวลา และจำนวนครั้งในการเข้าไปใน Closed arm แต่เพิ่มระยะเวลาและจำนวนครั้งในการเข้าไปใน Opened arm แสดงให้เห็นว่า สารสกัดเมล็ดหมามูยอาจมีคุณสมบัติในการต้านความวิตกกังวลได้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sonpetkar *et al.* (2012) และ Sachan *et al.* (2015) ที่ศึกษาฤทธิ์ช่วยคลายความวิตกกังวลด้วยวิธี Elevated plus-maze model พบว่า สารสกัดเอทานอลของหมามูยอินเดีย มีฤทธิ์ช่วยคลายความวิตกกังวลได้ โดยสามารถทำให้หนูทดลองมีระยะ

เวลาที่ใช้ และจำนวนครั้งในการอยู่ใน Open arms เพิ่มขึ้น แต่มีจำนวนครั้งในการเข้าไปใน Y-maze ลดลง

MPSE ที่ใช้ในการศึกษานี้ มีฤทธิ์ช่วยบรรเทาความวิตกกังวลได้ เนื่องจาก มีสารที่ช่วยผ่อนคลายและคลายกังวล ได้แก่ Octadecanoic acid (วารุณี ธนะแพสย์, 2549) และ Octadecenoic acid-9 (ปิยานี รัตนชานอง, 2562)

นอกจากนี้ มีรายงานว่า สารสกัดเมล็ดหมามูยช่วยให้เกิดความผ่อนคลายได้ เนื่องจากมีสารสื่อประสาทโดปามีนซึ่งเป็นสารที่ช่วยทำให้เกิดความผ่อนคลาย (Ankita *et al.*, 2017)

จากผลการทดสอบความสัมพันธ์ของ MPSE กับการทำงานของกล้ามเนื้อด้วยวิธี Muscle relaxant activity พบว่า หนูกลุ่มที่ได้รับ MPSE ทั้ง 3 ขนาด มีแนวโน้มในการคลายกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะ MPSE ขนาด 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ซึ่งสามารถแสดงผลที่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

จากผลการศึกษาฤทธิ์ช่วยให้ผ่อนคลายและนอนหลับเมื่อทดสอบด้วย Sleeping time พบว่า หนูกลุ่มที่ได้รับ MPSE ทั้ง 3 ขนาด มีแนวโน้มในการช่วยให้นอนหลับได้ ซึ่ง MPSE ขนาด 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว แสดงผลที่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และ MPSE ขนาด 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว มีฤทธิ์ทำให้หนูหลับได้นานที่สุด ผลจากการวิจัยในครั้งนี้ สอดคล้องกับการวิจัยของ Longhi *et al.* (2011) และระพีพันธุ์ ศิริเดช และคณะ (2560) ที่พบว่า การป้อน สารสกัดเมล็ดหมามูย ขนาด 250, 500 และ 750 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ทำให้หนูหลับได้ (ระพีพันธุ์ ศิริเดช และคณะ 2560) และสารสกัด ขนาด 750 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว มีฤทธิ์ทำให้หนูหลับได้นานที่สุด (Longhi *et al.* (2011) ซึ่งต่างจาก Caffeine ที่ไม่สามารถทำให้หนูทุกตัวนอนหลับ (ระยะเวลาในการนอนหลับ เท่ากับ 0) เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีว่า Caffeine เป็นสารที่มีฤทธิ์ในการกระตุ้นระบบประสาท ทำให้ไม่่วงนอน ดังนั้น จึงไม่พบการนอนหลับในหนูทุกตัวที่ได้รับ Caffeine

จากการทดสอบฤทธิ์ของ MPSE ในการคลายความกังวลและความเครียด ในการวิจัยครั้งนี้ จะเห็นได้ว่า MPSE ทั้ง 3 ขนาด คือ 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว มีฤทธิ์ในการคลายความวิตกกังวลและความเครียด และช่วยในการนอนหลับของหนูทดลอง นอกจากนี้ MPSE ยังออกฤทธิ์ในทิศทางเดียวกับสาร Phenobarbital ซึ่งเป็นสารที่ใช้สำหรับลด หรือคลายความวิตกกังวลและความเครียด อย่างไรก็ตาม MPSE ออกฤทธิ์ได้ดีที่สุดของการทดสอบในแต่ละวิธี ในขนาดที่ใช้แตกต่างกัน จึงอาจกล่าวได้ว่า สารสกัดเมล็ดหมามูยอินเดียบรรเทาอาการวิตกกังวล และช่วยในการนอนหลับในหนูทดลองได้ดีขึ้นอยู่กับขนาดของสารสกัดที่ใช้

การศึกษาฤทธิ์ต้านเบาหวานของ MPSE พบว่า MPSE มีฤทธิ์ต้านเบาหวาน เนื่องจากสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ และจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ MPSE พบว่า มี n-Hexadecanoic acid และ 9,12-Octadecadienoic acid, (Z,Z)- เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย และจากการศึกษาของ Morenike *et al.* (2018) พบว่า สารสกัดเอทานอลของ *Lentinus squarrosulus* ประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส คือ n-Hexadecanoic acid และ 9,12-Octadecadienoic acid, (Z,Z)-

ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า MPSE มีฤทธิ์ต้านเบาหวาน โดยออกฤทธิ์ผ่านกลไกการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ อันเป็นผลมาจาก n-Hexadecanoic acid และ 9,12-Octadecadienoic acid, (Z,Z)- และ MPSE มีฤทธิ์ต้านเบาหวาน ( $IC_{50}$  0.38±0.70 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และมีฤทธิ์ดีกว่ายาอะคาร์โบส ที่มีค่า  $IC_{50}$  1.57± 0.23 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร อย่างไรก็ตาม เมื่อเทียบค่า  $IC_{50}$  ของยาอะคาร์โบส ที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ จะมีค่าสูงกว่าค่า  $IC_{50}$  การศึกษาของ Wongnawa *et al.*, (2014) ที่รายงานว่า ยาอะคาร์โบสที่นำมาใช้เป็นสารควบคุมมีค่า  $IC_{50}$  816.87±99.65 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หรือคิดเป็น 0.817± 9.97 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายาอะคาร์โบสที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ มีฤทธิ์อ่อนกว่าในการศึกษาของ Wongnawa *et al.*, (2014) ทั้งนี้ เพราะในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ยิงใช้สารทดสอบความเข้มข้นน้อยกว่า แสดงว่า สารทดสอบนั้นยังมีฤทธิ์สูงกว่า

แต่เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสยาอะคาร์โบสที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ (1.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ยับยั้งได้เพียง 48.98±0.69% ขณะที่ในงานวิจัยของ Wongnawa *et al.* (2014) ใช้ยาอะคาร์โบส เพียง 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แต่สามารถยับยั้งได้สูงกว่า คือยับยั้งได้ 50.04±3.55% นอกจากนี้ งานวิจัยของพรชนก ชโลปกรณ์ & พงศธร กล่อมสกุล (2560) ใช้ยาอะคาร์โบส ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เช่นกัน แต่สามารถยับยั้งได้สูงถึง 73.99 ±7.50%

ดังนั้นการออกฤทธิ์ของสารทดสอบในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส จึงขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารทดสอบ สำหรับ MPSE นั้น พบว่า เมื่อใช้ความเข้มข้นในช่วง 0.02-1.50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ดีกว่ายาอะคาร์โบส แต่เมื่อใช้ความเข้มข้น 3.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จะยับยั้งได้น้อยกว่ายาอะคาร์โบส

เมื่อกกล่าวโดยสรุป สารสกัดเมล็ดหมามูยอินเดียที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ มีฤทธิ์ในการคลายความวิตกกังวลและคลายเครียด ช่วยให้ผ่อนคลาย และช่วยให้นอนหลับได้นานขึ้น เช่นเดียวกับการใช้สาร phenobarbital โดยมี endo-Borneol, Octadecanoic acid และ 9-Octadecenoic acid เป็นสารออกฤทธิ์ นอกจากนี้ สารสกัดเมล็ดหมามูยอินเดียยังมีฤทธิ์ต้านเบาหวานโดยมีกลไกผ่านการทำงานยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส โดยมีสารสำคัญในการออกฤทธิ์ คือ n-Hexadecanoic acid และ 9.12-Octadecadienoic acid, (Z,Z)-

จึงมีความเป็นไปได้ในการนำเอาสารสกัดเมล็ดหมามูยอินเดียไปพัฒนา และประยุกต์ใช้ในบุคคลทั่วไป และผู้ป่วยเบาหวาน เพื่อคลายความวิตกกังวลและความเครียด ตลอดจนเพิ่มระยะเวลาในการนอนหลับพักผ่อนให้นานขึ้น ซึ่งจะเป็นผลดีต่อสุขภาพ และการนำไปศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับฤทธิ์อื่นๆ

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือ วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติการ และขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และให้บริการทางวิชาการในการทดสอบ

### เอกสารอ้างอิง

กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข. (2541). *คู่มือ การดำเนินงานในคลินิกคลายเครียด* (พิมพ์ครั้งที่ 2). (ม.ป.ท.)  
เกษม ดันติผลาชีวะ. (2543). *การนอนหลับ และวงจรการนอนหลับ: ไกล่หมอ*. (ม.ป.ท.)  
เจนจิรา เกียรติสินทรัพย์ สาริณี โต๊ะทอง และ ทานตะวัน แยมบุญเรือง. (2562). ผลของการใช้โปรแกรมจัดการความเครียดต่อความสามารถจัดการความเครียดและระดับความเครียดของผู้สูงอายุ ในเขตอำเภอเมืองนนทบุรี. *วารสารเกื้อการุณ*, 67-77.  
ชลธิชา แยมมา และ พีรพนธ์ ลีอนุชรัชชัย. (2556). ปัญหาการนอนหลับ ความเหนื่อยล้า และประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของพยาบาลวิชาชีพในโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์. *วารสารสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย*, 58(2), 183-196.  
ดาร์สัน โปธารส. (2560). *ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพการนอนหลับของนิสิตพยาบาล. วารสารคณะพยาบาลศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา.*

- นันทวัน บุญยะประภัศร และอรนุช โชคชัยเจริญพร. (2543). สมุนไพรพื้นบ้าน. บริษัท ประชาชน จำกัด.
- ปิยานี รัตนชานอง. (2562).ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของมะเขือพวง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 21(2), 124-27.
- พรชนก ซิลป์กรณ์ & พงศธร กล่อมสกุล (2560).ฤทธิ์ในการยับยั้งแอลฟาอะไมเลสและแอลฟาไกลโคซิเดสของสารสกัดฝาง ม้ากระทืบโรงและปลาไหลเผือก. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 12(1), 63-73.
- พราว ศุภจริยาวัตร เตชมนตรี วชิสุนทร บุญญาณี ศุภผล ธนวัฒน์ ทองจีน บรรจง ชาวไร่ และพรชัย สีนเจริญโกไคย. (2561). การศึกษาพิษเรื้อรังของสารสกัดเมล็ดหมามูยอินเดียในสัตว์ทดลอง. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 10(12), 24-26.
- ระพีพันธุ์ ศิริเดช, วัลวิภา เสืออุดม, วิภาพรรณ ชนะภักดี และ นารีลักษณ์ ตั้งศรีศักดิ์. (2560).ฤทธิ์ทางชีวภาพของหมามูย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*, 3(2), 103-108.
- วราณี ธนะแพสย์. (2549). การศึกษาวิธีการสกัดปริมาณและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ในน้ำมันเมล็ดเสาวรส เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางประเภทสบู่ที่มีส่วนผสมของน้ำมันเมล็ดเสาวรส. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมภาพ เรื่องตระกูล. (2550). ความผิดปกติของการนอนหลับ การประเมินและการรักษา. เรือนแก้วการพิมพ์.
- อารียา สุฉันทบุตร ชูศรี ตลับมูข และสนอง จอมเกาะ. (2551). ผลของผงและสารสกัดจากใบชะพลูและลำต้น บอระเพ็ดต่อระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด และค่าทางโลหิตวิทยาในหนูเบาหวาน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 27(3), 227-232.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาระบบสาธารณสุข. (2552). การจัดการเบาหวานแบบบูรณาการ. นนทบุรี. (ม.ป.ท.)
- อินทรา ปากันทะ. (2550). ปัญหาการนอนหลับและวิธีการแก้ไข. *วารสารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, (2), 31-38.
- Ankita, C.B., Gohil, N.K., Kale, K.A., Vijay, L., & Vipul, G. (2017). Review: Phytochemistry, therapeutic use and pharmacological activity of *Mucuna Pruriens* Linn. *Pharma Science Monitor*, 8 (2), 136-142.
- American Diabetes Association. (2006). Standards of medical care in diabetes-2006. *Diabetes Care*, (29), 4-42.
- Ahmad, MK., Mahdi, AA., Shukla, KK., Islam, N., Jaiswar, SP., & Ahmad, S. (2008). Effect of *Mucuna pruriens* on semen profile and biochemical parameters in seminal plasma of infertile men. *Fertility Sterility*, 90(3), 627-635.
- Bala, V. (2011). Anti-inflammatory, diuretic and antibacterial activities of aerial parts of *Mucuna pruriens* Linn. *International Journal of Pharmacology*, (7), 498-503.
- Beck, S.L. (1992). Measuring sleep. In M. Frank Stromborg (Ed.), *Instrument of clinical nursing research* (pp. 255-267). F.A. Davis Company.
- Buddhakala, N., & Talubmook, C. (2020). Toxicity and antidiabetic activity of ethanolic extract of *Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski flower in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 262(2), 113-128 DOI:10.1016/j.jep.2020.113-128
- Brown, G.R. & Nemes (2008). The exploratory behavior of rats in the hole-board apparatus. *Behavioral Processes*, 78(3), 442-448.
- Chinnasamy, K. & Thangamani, C. (2014). Amazing bean *Mucuna pruriens*: A comprehensive review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 8(2), 138-43.
- Daxenbichler, M.E., Van Etten, C.H., Hallinan, E.A., Earle, F.R., & Barclay, A.S. (1971). Seeds as sources of L-dopa. *Journal of Medical Chemistry*, (14), 463-465.
- Dahanukar, S.A. & Hazra, A. (1995). In Dahanukar, S.A. (ed). *Heal with Herbs* (p. 53-74). Publications and Information Directorate, Council of Scientific and Industrial Research.
- DeLay, K.J., Haney, N., & Hellstrom, W.J. (2016). Modifying risk factors in the management of erectile dysfunction: a review. *World Journal Mens Health*, (34), 89-100.
- Dong, H.Q., Li, M., Zhu, F., Liu, F.L., & Huang, J.B. (2012). Inhibitory potential of trilobatin from *Lithocarpus polystachyus* Rehd against  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase linked to type 2 diabetes. *Food Chemistry*, (130), 261-266.
- Eisenberg, D.M., Davis, R.B., Ettner, S.L., Appel, S., Wilkey, S., Van Rompay, M., & Kessler, R.C. (1998). Trends in alternative medicine use in the United States, results of a follow-up national survey. *JAMA International Medicine*, 280(18), 1569-1575. doi: 10.1001/jama.280.18.1569. PMID: 9820257.

- Fu, W., Zhuang, W., Zhou, S., & Wang, X. (2015). Plant-derived neuroprotective agents in Parkinson's disease. *American Journal Trans Research*, 7(7), 1189-1202.
- Gupta, A., Mahdi, A., Ahmad, M.K., Shukla, K.K., Bansal, N., & Jaiswer, S.P., *et al.* (2011). A proton NMR study of the effect of *Mucuna pruriens* on seminal plasma metabolites of infertile males. *Journal Pharmacological & Biomedical Analysis*, (55), 1060-1066.
- Hex, N., Bartlett, C., Wright, D., Taylor, M., & Varley, D. (2012). Estimating the current and future costs of type 1 and type 2 diabetes in the UK, including direct health costs and indirect societal and productivity costs. *Diabetes Medicine*, (29), 855-862.
- Helton, D.R., Tizzano, J.P., Monn, J.A., Schoepp, D.D., & Kallman, M.J. (1998). Anxiolytic and side-effect profile of Ly 354740: A potent, highly selective, orally active agonist for group II metabotropic glutamate receptors. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 284, 651-660.
- Katzenschlager, R., Evans, A., Manson, A., Patsalos, P.N., Ratnaraj, N., Watt, H., Timmermann, L., Van der Giessen, R., & Lees, A.J. (2004). *Mucuna pruriens* in Parkinson's disease: a double blind clinical and pharmacological study. *Journal Neurological and Neurosurgical Psychiatry*, 75(12), 1672-1677. doi: 10.1136/jnnp.2003.028761. PMID: 15548480 ; PMCID: PMC1738871.
- Kim, Y. S., & Joh, T. H. (2006). Microglia, major player in the brain inflammation: their roles in the pathogenesis of Parkinson's disease. *Experimental & Molecular Medicine*, 38, 333-347. doi: 10.1038/emm.40.
- Kooti, W., Farokhipour, M., Asadzadeh, Z., Ashtary-Larky, D., & Asadi-Samani, M. (2016). The role of medicinal plants in the treatment of diabetes: a systematic review. *Electronic physician*, 8(1), 1832-1842. <https://doi.org/10.19082/1832>
- Krishna, A.B., Manikyam, H.K., Sharma, V.K., & Sharma, N. (2015). Cytotoxicity study in non malignant fibroblast L929 cell line with *Mucuna pruriens* seed extract. *International Journal of Phytomedicine*, 7(4), 366-369.
- Krishnamoorthy, M. (2016). Evaluation of andro- genic activity of *Mucuna pruriens* in male rats. *African Journal of Biotechnology*, 10(66), 150-179.
- Kumar, K.V.A., Srinivasan, K.K., Shanbhag, T., & Rao, S.G. (1994). Aphrodisiac activity of the seeds of *Mucuna pruriens*. *Indian Drug*, (31), 321-327.
- Kumar, D.S., Muthu, K.A., Smith, A.A., & Manavalan, R. (2010). In vitro antioxidant activity of various extracts of whole plant of *Mucuna pruriens* (Linn). *International Journal of PharmTech Research*, (2), 2063-2070.
- Longhi, J.G., Perez, E., Lima, J.J., & Bileski Cândido, L.M. (2011). In vitro evaluation of *Mucuna pruriens* (L.) DC. antioxidant activity. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 47(3), 535-544.
- Majekodunmi, S.O., Oyagbemi, A.A., Umukoro, S., & Odeku, O.A. (2011). Evaluation of the anti-diabetic properties of *Mucuna pruriens* seed extract. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 4(8), 632-636. doi: 10.1016/S1995-7645(11)60161-2.
- McGrady, A.V. (1984). Effects of psychological stress on male reproduction: a review. *Archives of Andrology*, (13), 1-7. doi:10.3109/01485018408987495.
- Misra, L., & Wagner, H. (2007). Extraction of bioactive principle from *Mucuna pruriens* seeds. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, (44), 56-60.
- Molloy, S.A., Rowan, E.N., O'Brien, J.T., McKeith, I.G., Wesnes, K., & Burn, D.J. (2006). Effect of levodopa on cognitive function in Parkinson's disease with and without dementia and dementia with Lewy bodies. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, (77), 1323-1328.
- Morenike, O.A-I., Olufunmiso, O.O., Segun, G.J., & Coopoosamy, R.M. (2018). Bioactive compounds in ethanol extract of *Lentinus squarrosulus* Mont - A nigerian medicinal macrofungus. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 15(2), 42-50.
- Ogurtsova, K., da Rocha Fernandes, J.D., Huang, Y., Linnenkamp, U., Guariguata, L., Cho, N.H., Cavan, D., Shaw, J.E., & Makaroff, L.E. (2017). *IDF Diabetes atlas: global estimates for the prevalence of diabetes for 2015 and 2040. Diabetes Research and Clinical Practice*, (128), 40-50.

- Pansare, T.A., & Sadabal, B.G. (2019). Ayurvedic phytochemical therapeutic and pharmacological overview for Kapikacchu (*Mucuna pruriens* Linn.). *International Journal of Engineering Science and Computing*, 5(3), 215-218.
- Rachsee, A., Chiranthanut, N., Kunnaja, P., Sireeratawong, S., Khonsung, P., Chansakaow, S., & Panthong, A. (2020). *Mucuna pruriens* (L.) DC. seed extract inhibits lipopolysaccharide-induced inflammatory responses in BV2 microglial cells. *Journal of Ethnopharmacology*, 1(267), 113518. doi: 10.1016/j.jep.2020.113518. Epub 2020 Oct 26.
- Rajeshwar, Y., Kumar, G.P.S., Gupta, M., & Mazumder, U.K. (2005). Studies on *in vitro* antioxidant activities of methanol extract of *Mucuna pruriens* (Fabaceae) seeds. *European Bulletin of Drug Research*, (13), 31-39.
- Ratnawati, H., (2011). Anticholesterol activity of velvet bean towards hypercholesterolemic rats. *Medicinal Research Center*, (40), 317-321.
- Sachan, A., Kumar, S., Singh, H., Shankar, P., Kumar, D., Kumar, A., & Sachan Kumar, D. (2015). Potential anti-anxiety effect of *Mucuna pruriens* in experimental model of Swiss albino mice. *PTB Reports*, 1(1).
- Selye, H. (1976). *Stress and inflammation*. In Selye, H. (ed). *The stress of life* (pp. 129-144). McGraw-Hill.
- Shahaji, P.S., & Parnu, S.A. (2011). Estrogenic activity of *Mucuna pruriens* in Swiss albino mice. *International Research Journal of Pharmacy*, 2(4), 191-193.
- Sharma, M.L., Chandhoke, N., Ray Ghatak, B.J., Jamwal, K.S., Gupta, O.P., & Singh, G.B. (1978). Pharmacological screening of Indian medicinal plants. *Indian Journal of Experimental Biology*, (16), 228-235.
- Shukla, K.K., Mahdi, A.A., Ahmad, M.K., Jaiswar, S.P., Shankwar, S.N., & Tiwari, S.C. (2010). *Mucuna pruriens* reduces stress and improves the quality of semen in infertile men. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 7(1), 44-137.
- Singh, S., Gupta, P., & Gupta, R. (2019). Evaluation of anti-anxiety activity of *Mucuna pruriens*. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 9(4-A), 104-107.
- Sonpetkar, J.M., Nipate, S.S., Shenoy, P.A., & Chaudhari, P.D. (2012). *In vitro* anti-oxidant activity of ethanolic extract of *Mucuna pruriens* (L.) DC. seeds. *Journal of Pharmaceutical Research*, 5(5), 2769-2772.
- Stuart, G.W., & Sundeen, S.J. (1995). *Principle and practice of psychiatric nursing*. (5<sup>th</sup> ed). ST Louis: Mosby.
- Su, C.H., Lai, M.N., & Ng, L.T. (2013). Inhibitory effects of medicinal mushrooms on alpha -amylase and alpha-glucosidase-enzymes related to hyperglycemia. *Food Function*, (4), 644-649.
- Tsuji, H., Larson, M.N., Venditti, F.J., Manders, E.F., Evans, J.C., Feldman, C.L., & Levy, D. (1996). Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. *Circulation*, 94(11), 2850-2855. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.94.11.2850>Circulation.
- Wilson, S., & Nutt, D.J. (2008). *Sleep Disorders*. OUP Oxford.
- Wongnawa, M., Tohkayomatee, R., Bumrungwong, N., & Wongnawa, S. (2014). Alpha-glucosidase inhibitory effect and inorganic constituents of *Phyllanthus amarus* Schum. & Thonn. Ash. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 36(5), 541-546.
- Yang, N.Y.J., Kaphle, K., Wang, P.H., Jong, D.S., Wu, L.S., & Lin, J.H. (2004). Effect of aqueous extracts of "Betel quid" and its constituents on testosterone production by dispersed mouse interstitial cells. *American Journal of Chinese Medicine*, (32), 705-715.
- Yaremchuk, K.L., & Wardrop, P.A. (2010). *Sleep Medicine*. Plural Publishing Inc.
- Zai, A., Bina, S., Siddiqui, S, Begum, S., Siddiqui, S. & Suria, A. (1995). Studies on the constituents of the leaves of Nerium oleander on behavior pattern in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 49(1), 33-39.

# ระบบปัญญาประดิษฐ์สำหรับการจัดหมวดหมู่ข้อความและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการของรัฐ

## An artificial intelligence system for classifying public comments and suggestions toward government projects

อิทธิศักดิ์ ศรีดำ<sup>1\*</sup>  
Idhisak Sridam<sup>1\*</sup>

Received: 9 July 2021 ; Revised: 24 January 2022 ; Accepted: 14 February 2022

### บทคัดย่อ

ระบบรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการภาครัฐเป็นรูปแบบเว็บไซต์กระดานสนทนา รับฟังความคิดเห็นของประชาชน เป็นข้อความที่มีความหลากหลายไม่สามารถตีความหมายได้ และข้อความไม่ได้ถูกจำแนกหมวดหมู่ไว้อย่างชัดเจน รวมถึงขาดการสรุปผลสถิติข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการภาครัฐเพื่อแสดงให้เห็นถึงการตอบกลับของภาครัฐให้ประชาชนได้รับทราบ บทความนี้มีจุดมุ่งหมายในการเสนอระบบการจัดหมวดหมู่ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการของรัฐโดยวิธีปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงทดลองด้วยการหาค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก ค่าความถูกต้อง และค่าเอฟเมเชอร์ ผลการศึกษา พบว่า การประเมินผลแบบจำลองด้วยการวัดประสิทธิภาพการจำแนกหมวดหมู่ตามคุณลักษณะของข้อมูลทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ หมวดหมู่ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ประเภทโครงการ หน่วยงานหรือจังหวัดที่รับผิดชอบ การจำแนกคุณลักษณะด้านหมวดหมู่ข้อมูลความคิดเห็นและข้อเสนอแนะมีค่าความแม่นยำเท่ากับ 0.88 ค่าความระลึกเท่ากับ 0.86 ค่าความถูกต้องเท่ากับ 86.69% และค่าเอฟเมเชอร์เท่ากับ 0.87 ส่วนการจำแนกคุณลักษณะด้านประเภทโครงการ พบว่า ค่าความแม่นยำเท่ากับ 0.87 ค่าความระลึกเท่ากับ 0.85 ค่าความถูกต้องเท่ากับ 85.23% และค่าเอฟเมเชอร์เท่ากับ 0.85 การจำแนกคุณลักษณะด้านหน่วยงานหรือจังหวัดที่รับผิดชอบมีค่าความแม่นยำเท่ากับ 0.86 ค่าความระลึกเท่ากับ 0.83 ค่าความถูกต้องเท่ากับ 83.94% และค่าเอฟเมเชอร์เท่ากับ 0.84

**คำสำคัญ:** ระบบปัญญาประดิษฐ์ การจัดหมวดหมู่ ข้อความและข้อเสนอแนะ

### Abstract

People participation systems for public comments and suggestions on government projects, using web-boards for public participation have a variety of content and the text data cannot be interpreted. The messages are not clearly categorized without summary of comments and suggestions data on government projects and cannot demonstrate public responses. This article aims to present a classification system for public comments towards government projects with artificial intelligence methods. This study used experimental research methodology with the model evaluation. The four indicators included precision value, recall value accuracy value and F-Measure value were measured. The study indicated that the model evaluation details are as follows: three data characteristics are categories of comments and suggestions indicated that precision = 0.88, recall = 0.86, accuracy = 86.69% and F-Measure = 0.87 ; project type indicated that precision = 0.87, recall = 0.85, accuracy = 85.23% and F-Measure = 0.85 ; and government agencies or provinces indicated that precision = 0.86, recall = 0.83, accuracy = 83.94% and F-Measure = 0.84.

**Keywords:** Artificial Intelligence System, Classification, Comments and Suggestions

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์และระบบสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

<sup>1</sup> Department of Software Engineering and Information System, Faculty of Science and Technology, Pathumwan Institute of Technology, Bangkok, Thailand 10330

\* Corresponding author: Idhisak Sridam, Faculty of Science and Technology, Pathumwan Institute of Technology, Bangkok, Thailand 10330  
E-mail: idhisak@pit.ac.th



**บทนำ**

การพัฒนาโครงการภาครัฐสำคัญต่อการพัฒนาประเทศในด้านการบริการประชาชนในรูปแบบสวัสดิการแห่งรัฐและการใช้ประโยชน์ร่วมกันของประชาชนในรูปแบบทรัพย์สินสาธารณะ โดยโครงการภาครัฐในแต่ละปีจะมีเป็นจำนวนมากและมีมูลค่าสูง ซึ่งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558-2561 ภาครัฐมีโครงการจำนวน 10,868,087 โครงการ มูลค่ารวม 3,478,323.21 ล้านบาท (Figure 1) นอกจากนี้ โครงการภาครัฐถือได้ว่าเป็นวิธีการ (Ways) ของยุทธศาสตร์ชาติ ที่ต้องสร้างความสมดุลของการใช้ทรัพยากร (Means) อย่างเหมาะสมและคุ้มค่าที่จะ

ทำให้บรรลุเป้าหมายของยุทธศาสตร์ชาติ (Ends) ในด้านต่างๆ และต้องให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วม (People participation) ในกระบวนการจัดทำยุทธศาสตร์ชาติ รวมถึงต้องกำหนดให้มีการย้อนกลับ (Feedback) ของข้อมูล เพื่อปรับปรุงแก้ไขยุทธศาสตร์เมื่อพบกับปัญหาและอุปสรรคในระหว่างการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติ (Colone, 2017) ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการภาครัฐจัดอยู่ในส่วนของการให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมและการย้อนกลับของข้อมูล เพื่อปรับปรุงแก้ไขยุทธศาสตร์เมื่อพบกับปัญหาและอุปสรรคในระหว่างการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติ

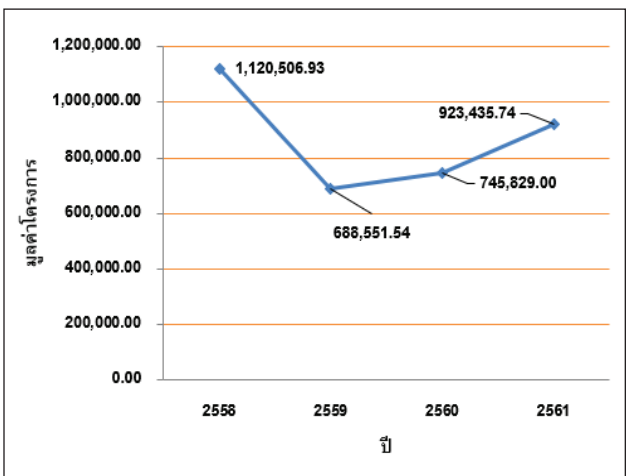
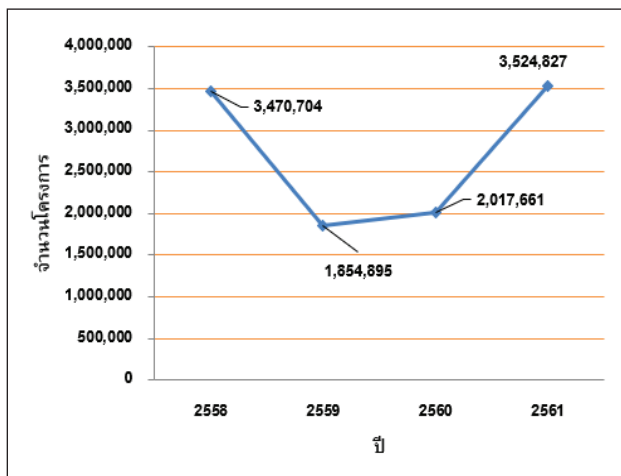


Figure 1 Government Projects Data (Thailand Government Spending, 2020)

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการภาครัฐมีความสำคัญต่อการพัฒนาด้านการวางแผนและการดำเนินงานของโครงการภาครัฐให้ได้ประโยชน์สูงสุดสามารถตอบสนองความจำเป็นของประชาชนและผลประโยชน์สูงสุดของชาติได้อย่างแท้จริง รวมถึงการนำข้อมูลที่ไต่ไปวิเคราะห์หาจุดปรับปรุงสำหรับการพัฒนาระบบรับฟังข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการภาครัฐให้มีประสิทธิภาพในอนาคต ปัจจุบันทางภาครัฐได้พัฒนาระบบรับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนต่อโครงการภาครัฐ ในช่องทางออนไลน์ที่เว็บไซต์การรับฟังความคิดเห็นของประชาชน (Public communication) (Thailand Government Spending, 2020) ซึ่งประชาชนให้ความสนใจและได้แสดงข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อโครงการภาครัฐผ่านทางเว็บไซต์การรับฟังความคิดเห็นของประชาชนระหว่างปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2552 จำนวน 1,618 รายการ อย่างไรก็ตาม หลังจากปี พ.ศ. 2552 จนถึงปี พ.ศ. 2562 พบว่า ประชาชนเลิกให้ความสนใจในการแสดงข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ทำให้ภาครัฐขาดข้อมูลย้อนกลับในการพัฒนาการวางแผนและการดำเนินงานของโครงการภาครัฐ

ดังนั้น แสดงให้เห็นว่าระบบรับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการภาครัฐไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เต็มประสิทธิภาพ และสาเหตุสำคัญที่ทำให้ประชาชนเลิกแสดงข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อโครงการภาครัฐ คือหน่วยงานภาครัฐที่รับผิดชอบโครงการไม่ตอบกลับหรือแสดงสถานะให้ประชาชนเห็นว่าหน่วยงานภาครัฐที่รับผิดชอบโครงการได้รับฟังและนำข้อเสนอแนะไปใช้ประโยชน์ในอนาคต

การที่หน่วยงานภาครัฐที่รับผิดชอบโครงการไม่ตอบกลับหรือแสดงสถานะให้ประชาชนได้รับทราบ สาเหตุอาจมาจากจำนวนข้อมูลข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีจำนวนมากและไม่สามารถทราบว่ามีข้อมูลที่มีอยู่นั้นหน่วยงานภาครัฐใดเป็นผู้รับผิดชอบ ซึ่งข้อมูลเป็นข้อความที่มีความหลากหลายไม่สามารถตีความหมายได้ และข้อความไม่ได้ถูกจำแนกหมวดหมู่ไว้อย่างชัดเจน รวมถึงขาดการสรุปผลสถิติข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการภาครัฐเพื่อแสดงให้เห็นถึงการตอบกลับหรือแสดงสถานะของภาครัฐให้ประชาชนได้รับทราบ (Public Consultation, 2020)

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence) เป็นแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีในรูปแบบที่กำหนดให้ระบบงานคิดและตัดสินใจได้ใกล้เคียงกับมนุษย์ให้สามารถตอบสนอง การทำงานที่มากกว่าการเป็นระบบทั่วไป ประกอบด้วยลักษณะของระบบ 4 ลักษณะ ได้แก่ ความคิดที่เลียนแบบมนุษย์ การกระทำที่เหมือนมนุษย์ ความคิดอย่างมีเหตุผล และการกระทำแบบมีเหตุผล ข้อมูลข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการของรัฐเป็นข้อมูลที่มีความหลากหลายไม่สามารถตีความหมายได้ เป็นข้อความที่ใช้ภาษาพูดทั่วไป และมีปริมาณข้อความ เป็นจำนวนมาก ดังนั้นการจัดหมวดหมู่ข้อมูลในลักษณะนี้แบบอัตโนมัติต้องอาศัยหลักการด้าน การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกรรมวิธีปัญญาประดิษฐ์ที่เน้นศึกษาและสร้างกรรมวิธี (Algorithm) ที่ทำให้ระบบเรียนรู้ได้จากข้อมูลสภาพแวดล้อมที่ถูกกำหนด เพื่อสร้างตัวแบบในการใช้หรือทำนายผลข้อมูลใหม่ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้สูงขึ้น เมื่อระบบได้รับการเรียนรู้ในแต่ละครั้งแล้วระบบจะเก็บข้อมูลในลักษณะขององค์ความรู้ไว้ในฐานข้อมูลความรู้ในรูปแบบต่างๆ เช่น ฟังก์ชัน กฎ ข้อกำหนด เป็นต้น (Philip, 2019) ชนิดของการเรียนรู้ ประกอบด้วย 2 ชนิด ได้แก่ การเรียนรู้โดยการอนุมานแบบนिरนัย (Deductive) และการเรียนรู้โดยอนุมานแบบอุปนัย (Inductive) การเรียนรู้โดยการอนุมานแบบนिरนัย คือ การเรียนรู้โดยอาศัยความรู้ที่เป็นความจริงที่ได้รับการยอมรับเป็นสากล ซึ่งสามารถคาดการณ์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้อย่างแน่นอนตามรูปแบบของสภาพแวดล้อม ส่วนการเรียนรู้โดยอนุมานแบบอุปนัย คือ การเรียนรู้ สิ่งที่น่าสนใจ (Entity) หรือสถานการณ์ (Situation) โดยรู้ความจริงบางส่วนที่จะนำมาใช้อ้างอิงสำหรับการเรียนรู้และทำความเข้าใจเพื่อค้นหาความจริงในส่วนอื่นๆ ทั้งหมดจนเป็นความจริงที่ได้รับการยอมรับเป็นสากล โดยการเรียนรู้ของเครื่องเป็นการเรียนรู้โดยอนุมานแบบอุปนัย ประกอบด้วยกรรมวิธีเรียนรู้ 2 ลักษณะ ได้แก่ การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised learning) และการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised learning) การเรียนรู้แบบมีผู้สอน คือ การเรียนรู้ที่สามารถนำเสนอและจำแนกข้อมูลใดๆ ภายในชุดข้อมูลว่ามีผลลัพธ์ถูกหรือผิดได้ในลักษณะของการกำหนดเป้าหมายของคุณลักษณะของคำตอบ (Target attribute) นำไปใช้ในการจำแนกจัดหมวดหมู่ (Classification) และการทำนายหรือพยากรณ์ค่าของข้อมูลในลักษณะเชิงถดถอยต่อเนื่อง (Regression) ส่วนการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน คือ การเรียนรู้ที่ไม่มีการกำหนดข้อมูลที่สนใจภายในชุดข้อมูลจึงไม่มีการจำแนกผลลัพธ์ว่าจะถูกผิดอย่างไร แต่จะเป็นการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งนำไปใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลให้เป็นลักษณะกลุ่มๆ โดยไม่มีการกำหนดเป้าหมายของคุณลักษณะของคำตอบ (Non target attribute) ซึ่งนำไป ใช้

ในการรวบรวมข้อมูลให้เป็นกลุ่มข้อมูล (Clustering) (Philip, 2019 ; Alaa *et al.*, 2019)

การจัดหมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการของรัฐเป็นการจำแนกข้อมูลในลักษณะของการจัดหมวดหมู่ในรูปแบบอัตโนมัติและไม่ซับซ้อนต้องอาศัยกรรมวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) หรือการจำแนกแบบต้นไม้ (Classification) ซึ่งเป็นกรรมวิธีเรียนรู้แบบมีผู้สอนใช้สำหรับคาดคะเนหรือทำนายเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าที่ได้จากการตัดสินใจในการจำแนกผลลัพธ์ด้วยการนำข้อมูลนำเข้ามาเป็นน้ำหนักในแต่ละโหนดของโครงสร้างข้อมูลต้นไม้ในลักษณะการแตกแขนงจากโหนดราก (Root) ถึงใบ (Leaf) และมีกิ่งก้าน (Branch) แตกออกไปตามเงื่อนไขหรือข้อมูลที่คาดคะเนไว้ การเกิดขึ้นของแต่ละเหตุการณ์ที่มีการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่สนใจกับผลลัพธ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในสถานการณ์ต่างๆ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ใบ กิ่งก้าน และราก ซึ่งใบ คือข้อมูลที่สนใจที่เป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นโดยสภาพแวดล้อมตามสถานการณ์ต่างๆ หรือเป็นสิ่งที่กำหนดตามการคาดคะเนว่ามีโอกาสที่จะเกิดขึ้นตามสถานการณ์แวดล้อม ส่วน กิ่งก้าน คือ ข้อมูลที่เชื่อมโยงไปที่แตกออกมาจากโหนดต่างๆ เพื่อตัดสินใจว่าจะให้เกิดสถานการณ์ใดขึ้น ส่วนราก คือโหนดบนสุดที่จะส่งผลลัพธ์ไปสู่อื่น (ผลลัพธ์) ที่แตกต่างกัน (Philip, 2019) แสดงตัวอย่างกรรมวิธีต้นไม้ตัดสินใจ ดัง Figure 2

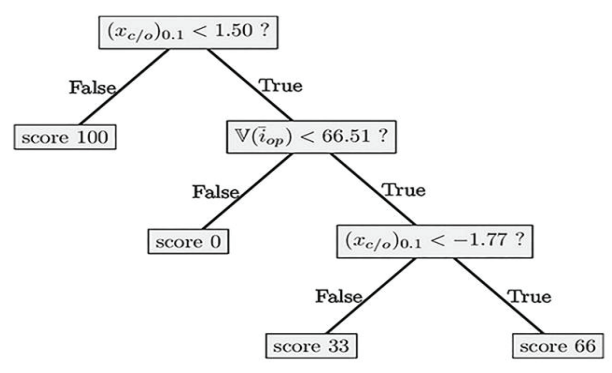


Figure 2 Example of Decision Tree Method (Audiffren *et al.*, 2016)

อย่างไรก็ตาม การใช้กรรมวิธีต้นไม้ตัดสินใจ ในการจำแนกข้อมูลในลักษณะของการจัดหมวดหมู่ในรูปแบบอัตโนมัติต้องอาศัยการค้นหาข้อความที่ใช้เป็นเป้าหมายของคุณลักษณะของคำตอบ ซึ่งข้อความดังกล่าวถูกซ่อนอยู่ในรูปประโยคต่างๆ ของข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการของรัฐ การประมวลผลข้อความ (Text preprocessing) ถูกนำมาพิจารณาใช้ในการค้นหาข้อความที่ใช้เป็นเป้าหมายของคุณลักษณะของคำตอบของกรรมวิธีต้นไม้ตัดสินใจด้วยการสกัดข้อความเพื่อให้ได้

คุณลักษณะคำที่ต้องการ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (Audiffren *et al.*, 2016) ได้แก่

1. การตัดคำ (Word extraction) เป็นขั้นตอนในการประมวลผลสำหรับการจำแนกหมวดหมู่ข้อความ สำหรับข้อความภาษาไทย มีจุดด้อยสำหรับการตัดคำเนื่องจากคำภาษาไทยมีลักษณะไม่มีเครื่องหมายวรรคตอนที่มีการแสดงการแบ่งคำอย่างชัดเจน ไม่มีช่องว่างคั่นที่แสดงขอบเขตของแต่ละคำเหมือนกับข้อความภาษาอังกฤษ ดังนั้น วิธีการตัดคำภาษาไทยวิธีหนึ่งที่สามารถใช้การตัดคำภาษาไทยได้คือ การตัดคำโดยใช้พจนานุกรม (Dictionary-based approach) ในการเปรียบเทียบสายอักขระระหว่างคำจากข้อความที่กำหนดกับคำที่ถูกจัดเก็บในพจนานุกรมร่วมกับการใช้เงื่อนไขในการตัดคำ

2. การกำจัดคำหยุด (Stop-word list removal) เป็นขั้นตอนนำคำในข้อความที่ไม่มีความสำคัญออกและยังคงความหมายของข้อความเหมือนเดิม

3. การหารากศัพท์ (Stemming) เป็นขั้นตอน การสร้างรูปแบบเดิมของคำหรือหาคำที่มีความหมายคล้ายกันให้อยู่เป็นกลุ่มคำที่มีความหมายเดียวกันโดยใช้คำใดคำหนึ่งเป็นตัวแทนของคำทั้งหมดในกลุ่มคำนั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นคืนคำ

4. การสร้างดัชนีคำสำคัญ (Indexing) เป็นขั้นตอนการแปลงเอกสารที่เป็นภาษาธรรมชาติให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจและประมวลผลได้ การสร้างตัวแทนของกลุ่มข้อความโดยทั่วไปให้อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ (Word vector) คำนำหน้าคำซึ่งเป็นคำคุณลักษณะของกลุ่มข้อความ

5. การเลือกคุณลักษณะ (Feature selection) เป็นขั้นตอนเลือกคุณลักษณะที่จำเป็นต่อการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์เท่านั้น (Hacohen-Kerner *et al.*, 2020 ; Woo *et al.*, 2020) เนื่องจากกรรมวิธีต้นไม่ตัดสินใจ และกรรมวิธีอื่นของวิธีปัญญาประดิษฐ์เพื่อสร้างการจำแนกหมวดหมู่ข้อความ จะไม่สามารถรองรับการทำงานของจำนวนคุณลักษณะสูงๆ ได้ ซึ่งข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนจะมีแนวโน้มสูงขึ้นในอนาคต

จากความสำคัญและที่มาของปัญหาดังกล่าวข้างต้น การมีระบบการจัดหมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการของรัฐในรูปแบบอัตโนมัติอาจจะเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ การวิจัยนี้จึงเน้นศึกษาการจัดหมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการของรัฐโดยวิธีปัญญาประดิษฐ์ เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการวิเคราะห์สำหรับการวางแผนและการดำเนินงานของโครงการภาครัฐให้ได้ประโยชน์สูงสุดสามารถตอบสนองความจำเป็นของประชาชนและผลประโยชน์สูงสุดของชาติ รวมถึงการนำข้อมูลที่ไปวิเคราะห์หาจุดปรับปรุงสำหรับการพัฒนาระบบรับฟังข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการภาครัฐให้มีประสิทธิภาพในอนาคต

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาระบบการจัดหมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการของรัฐโดยวิธีปัญญาประดิษฐ์ในรูปแบบการเรียนรู้ของเครื่องด้วยกรรมวิธีต้นไม่ตัดสินใจ

### วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูล การประมวลผลข้อความ การสร้างแบบจำลองการจำแนกหมวดหมู่ข้อความ และการประเมินผลแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากระบบรับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนต่อโครงการรัฐ (รูปแบบกระดานสนทนา) ในช่องทางออนไลน์ที่เว็บไซต์การรับฟังความคิดเห็นของประชาชน (Public communication) (Public Consultation, 2020) โดยเก็บข้อมูลข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2549 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2552 จำนวน 1,618 รายการ โดยมีรายละเอียดและขอบเขตข้อมูล ดัง Table 1

**Table 1** Details and scope of public comments and suggestions toward government projects

No	Filed	Description	Type
1	PostDate	วัน และเวลา	Date time
2	PostTitle	หัวข้อ	Varchar
3	PostDescription	รายละเอียด	Text
4	PostName	ผู้แสดงความคิดเห็น	Varchar

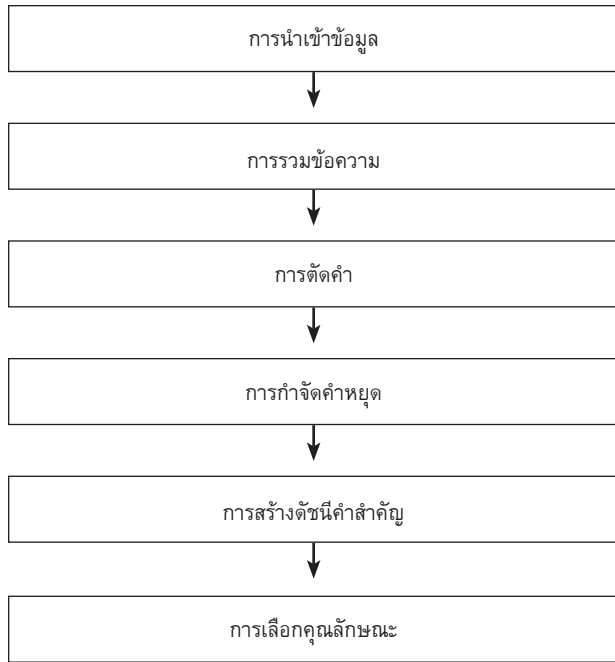


Figure 3 Text processing

**การประมวลผลข้อความ**

การประมวลผลข้อความเป็นการบวนการแปลงข้อความที่อยู่ในรูปแบบภาษาธรรมชาติที่ได้จากระบบรับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนต่อโครงการรัฐให้อยู่ในรูปแบบที่คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้ได้ด้วย การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ การนำเข้าข้อมูล การรวมข้อความ การตัดคำ การกำจัดคำหยุด การหารากศัพท์ การสร้างดัชนี คำสำคัญ และการเลือกคุณลักษณะ

1. การนำเข้าข้อมูล เป็นการรวบรวมข้อมูลจากระบบรับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนต่อโครงการรัฐในช่องทางออนไลน์ที่เว็บไซต์การรับฟังความคิดเห็นของประชาชน<sup>3</sup> มาแปลงไฟล์ข้อมูลที่มีนามสกุล.txt

2. การรวมข้อความ เป็นการรวมข้อความระหว่างหัวข้อ (หรือ Post title) และรายละเอียด (หรือ Post description) เป็นข้อความเดียวกัน เนื่องจากคำสำคัญจะถูกพบทั้งในหัวข้อและรายละเอียด ตัวอย่างดัง Table 2

Table 2 Example of text combine

Subject	Comments and suggestions	Text combine result
ทำไมเขตหนองแขมไม่มีการปรับปรุงทางเท้า	ทำไมเขตหนองแขมไม่มีการปรับปรุงทางเท้า ดิฉันเห็นเขตอื่นๆ ใน กทม. ก็เปลี่ยนพื้นทางเท้ากันแล้ว เวลาเดินบนทางเท้าของเขตหนองแขมแล้วหัวจะทิ่มคะ พื้นมันแหว่งๆ โห้วๆ	ทำไมเขตหนองแขมไม่มีการปรับปรุงทางเท้าทำไมเขตหนองแขมไม่มีการปรับปรุงทางเท้า ดิฉันเห็นเขตอื่นๆ ในกทม. ก็เปลี่ยนพื้นทางเท้ากันแล้ว เวลาเดินบนทางเท้าของเขตหนองแขมแล้วหัวจะทิ่มคะ พื้นมันแหว่งๆ โห้วๆ

3. การตัดคำ เป็นการสกัดคุณลักษณะด้วยการตัดคำเพื่อให้ได้คุณลักษณะจากกลุ่มข้อความในเอกสาร โดยใช้กลุ่มคลาสพจนานุกรมเล็กซ์ทู (LexTo) ซึ่งใช้เทคนิคการตัดคำแบบยาวที่สุด (Longest matching) สำหรับเปรียบเทียบสาย

อักขระระหว่างคำจากข้อความที่กำหนดกับคำที่ถูกจัดเก็บในพจนานุกรม (ไฟล์ lexitron.txt) ร่วมกับการใช้เงื่อนไขในการตัดคำ ตัวอย่างดัง Table 3

Table 3 Example of word segmentations

Comment and suggestion	Text combine result
ทำไมเขตหนองแขมไม่มีการปรับปรุงทางเท้าทำไมเขตหนองแขมไม่มีการปรับปรุงทางเท้า ดิฉันเห็นเขตอื่นๆ ใน กทม. ก็เปลี่ยนพื้นทางเท้ากันแล้ว เวลาเดินบนทางเท้าของเขตหนองแขมแล้วหัวจะทิ่มคะ พื้นมันแหว่งๆ โห้วๆ	ทำไม   เขต   หนอง   แขวง   ไม่มี   การปรับปรุง   ทางเท้า   ทำไม   เขต   หนอง   แขวง   ไม่มี   การปรับปรุง   ทางเท้า     ดิฉัน   เห็น   เขต   อื่นๆ   ใน   กทม.   ก็   เปลี่ยน   พื้น   ทางเท้า   กัน   แล้ว     เวลา   เดิน   บน   ทางเท้า   ของ   เขต   หนอง   แขวง   แล้ว   หัว   จะ   ทิ่ม   คะ     พื้น   มัน   แหว่ง   ็   โห้ว   ็

4. การกำจัดคำหยุดเป็นการนำคำในข้อความ ที่ไม่มีความสำคัญ และเป็นคำที่ไม่มีความเกี่ยวข้องหรือไม่มีประโยชน์ในการจำแนกหมวดหมู่ออก แต่ยังคงความหมายของข้อความเหมือนเดิม เพื่อลดขนาดของดัชนีและลดขนาด

พื้นที่และเวลาในการประมวลผล ซึ่งใช้ประเภทของคำภาษาไทยมาใช้เป็นเกณฑ์หยุดคำ ได้แก่ คำบุพบท คำสันธาน คำสรรพนาม คำวิเศษณ์ และคำอุทาน ซึ่งตัวอย่างคำหยุดภาษาไทยดัง Table 4

**Table 4** Example of thai stop words

Prepositions	Conjunctions	Pronouns	Adverbs	Interjections
บน	แต่	ผม	ไกล	เฮอ
ถึง	และ	ดิฉัน	ใกล้	แหม
จาก	จึง	เธอ	นี้	โ๊ะ
ด้วย	เพราะ	นาย	ง่าย	โถ
กับ	หรือ	คุณ	ยาก	เฮ้
ต่อ	พอ	กระผม	มาก	เอ๊ะ
สำหรับ	คือ	เขา	น้อย	หือ
เพื่อ	ทั้ง	มัน	ไหน	555

5. การสร้างดัชนีคำสำคัญ เป็นการสร้างตัวแทนของเอกสาร (Document representation) ในรูปแบบของเวกเตอร์ค่าน้ำหนักของคำ (Term weighting) โดยให้การหาค่าน้ำหนักแบบคำเดียว (Single word) โดยค่าน้ำหนักของคำหาได้จากการเปรียบเทียบคำสำคัญในรายละเอียดข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเทียบกับคำสำคัญในถ้อยคำแล้วนับจำนวนคำสำคัญที่พบในรายละเอียดข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อนำความถี่มาคำนวณหาค่าน้ำหนักของคำหรือคุณลักษณะดังสมการ 1

6. การเลือกคุณลักษณะ เป็นการเลือกคุณลักษณะที่จำเป็นต่อการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์เท่านั้น เนื่องจากกรรมวิธีอื่นไม่ตัดสินใจหรือกรรมวิธีอื่นๆ ของวิธีปัญญาประดิษฐ์เพื่อสร้างการจำแนกหมวดหมู่ข้อความจะไม่สามารถรองรับการทำงานของจำนวนคุณลักษณะในปริมาณมากได้ ซึ่งข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนจะมีแนวโน้มสูงขึ้นในอนาคต โดยการวนทำซ้ำการสร้างดัชนีคำสำคัญ จำนวน 3 ครั้ง ตามลักษณะตัวแทนเอกสารในการจำแนกหมวดหมู่ 3 ลักษณะ ได้แก่ หมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ประเภทโครงการ หน่วยงานหรือจังหวัดที่รับผิดชอบ แสดงตัวอย่าง

รายละเอียดคุณลักษณะดัง Table 5 ส่วนหมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ งานวิจัยนี้ได้กำหนดลักษณะตัวแทนเอกสารจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาไทยจำนวน 3 คน ประกอบด้วย 6 หมวดหมู่ ได้แก่ การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม การปฏิบัติตามระเบียบ/กฎหมาย การให้ประชาชนมีส่วนร่วม ความต้องการให้รัฐพัฒนาโครงการในพื้นที่ การตรวจสอบความโปร่งใสในการดำเนินงาน และการเร่งให้การดำเนินงานให้แล้วเสร็จ

$$W_{(f, d)} = TF_{(f, d)} \times \left( \log \frac{|D|}{|DF_{(f)}|} \right) \tag{1}$$

โดยที่	$W_{(f, d)}$	คือ	ค่าน้ำหนักของคุณลักษณะ (f) ที่ปรากฏในเอกสาร (d)
	$TF_{(f, d)}$	คือ	ความถี่ของคุณลักษณะ (f) ที่ปรากฏในเอกสาร (d)
	D	คือ	จำนวนเอกสารทั้งหมด
	$ DF_{(f)} $	คือ	จำนวนของเอกสารทั้งหมดที่มีคุณลักษณะ (f) ปรากฏอยู่

**Table 5** Example of feature details

Example of suggestion	Feature	Example of document representation	Example of keywords in the bag of words
งานก่อสร้างถนนในตัวเทศบาลตำบลควรจะได้แล้วครับ ชาวบ้านลำบากมากในการเดินทางจากลูกหลานคนเมืองปทุมธานีครับ	หมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ประเภทโครงการ หน่วยงานหรือจังหวัดที่รับผิดชอบ	การเร่งให้การดำเนินงานให้แล้วเสร็จ *โครงการจ้างก่อสร้าง **องค์การบริหารส่วนตำบล หรือเทศบาลตำบล ***จังหวัดปทุมธานี	เมื่อไร, เสร็จ, ไม่เสร็จ, เวลา งานก่อสร้าง, ก่อสร้าง, สร้าง อบต., ตำบล, เทศบาลตำบล, ราชการประจำตำบล ปทุมธานี

\* ลักษณะตัวแทนเอกสารตามคุณลักษณะด้านประเภทโครงการอ้างอิงมาจากข้อมูลประเภทโครงการ 5 ประเภท ได้แก่ โครงการจ้างก่อสร้าง โครงการจัดซื้อโครงการจ้างทำของ/เหมาบริการ โครงการเช่า และโครงการจ้างที่ปรึกษา (Thailand Government Spending, 2020)

\*\* ลักษณะตัวแทนเอกสารตามคุณลักษณะด้านหน่วยงานหรือจังหวัดที่รับผิดชอบอ้างอิงมาจากรายชื่อหน่วยงานหลักของภาครัฐ จำนวน 15 หน่วยงาน (Thailand Government Spending, 2020)

\*\*\* ลักษณะตัวแทนเอกสารตามคุณลักษณะด้านจังหวัดที่รับผิดชอบอ้างอิงมาจากรายชื่อจังหวัด จำนวน 76 จังหวัด

### การสร้างแบบจำลองการจำแนกหมวดหมู่ข้อความ

นำข้อมูลค่าน้ำหนักของคำสำคัญทั้ง 3 คุณลักษณะ ได้แก่ หมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ประเภทโครงการ หน่วยงานหรือจังหวัดที่รับผิดชอบ มาสร้างเป็นเอกสารนามสกุล .arff ซึ่งเป็นคุณลักษณะของข้อมูลทั้ง 3 ลักษณะ โดยใช้โปรแกรม Rapid Miner 9.7 โดยวิธีปัญญาประดิษฐ์ในรูปแบบการเรียนรู้ของเครื่องด้วยกรรมวิธีต้นไม้ตัดสินใจด้วยการประเมินผลแบบไขว้ 10 ชุด (10-fold cross validation) ต่อคุณลักษณะ โดยแบ่งข้อมูลเป็น 10 ชุด ซึ่งข้อมูลชุดที่ 1 เป็นชุดข้อมูลทดสอบ และอีก 9 ชุดที่เหลือเป็นชุดข้อมูลเรียนรู้ ทำวนจนครบ 10 ชุดข้อมูล

### การประเมินผลแบบจำลอง

การประเมินผลแบบจำลองด้วยการวัดประสิทธิภาพการจำแนกหมวดหมู่ตามคุณลักษณะของข้อมูลทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ หมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ประเภทโครงการ หน่วยงานหรือจังหวัดที่รับผิดชอบ โดยการหาค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าเอฟเมเชอร์ (F-measure) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{FP} + \text{TN} + \text{FN}} \quad (2)$$

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}} \quad (3)$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} \quad (4)$$

$$\text{F-measure} = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (5)$$

โดยที่ TP คือ จำนวนข้อมูลที่ถูกต้องที่ถูกจำแนกออกมา  
FP คือ จำนวนข้อมูลที่ไม่ถูกต้องที่ถูกจำแนกออกมา  
TN คือ จำนวนข้อมูลที่ถูกต้องแต่ไม่ถูกจำแนกออกมา  
FN คือ จำนวนข้อมูลที่ไม่ถูกต้องแต่ไม่ถูกจำแนกออกมา

### ผลการวิจัย

ผลวิจัยจากการศึกษาระบบการจัดหมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการของรัฐโดยวิธีปัญญาประดิษฐ์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องด้วยกรรมวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (หรือ algorithm j48 (W-j48)) จากโปรแกรม Rapid Miner 9.7 แสดงได้ดัง Table 6

การจำแนกคุณลักษณะเกี่ยวกับหมวดหมู่ข้อมูลข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ พบว่า ค่าความแม่นยำเท่ากับ 0.88 ค่าความระลึกเท่ากับ 0.86 ค่าความถูกต้องเท่ากับ 86.69% และค่าเอฟเมเชอร์เท่ากับ 0.87 ส่วนการจำแนกคุณลักษณะเกี่ยวกับประเภทโครงการ พบว่า ค่าความแม่นยำเท่ากับ 0.87 ค่าความระลึกเท่ากับ 0.85 ค่าความถูกต้องเท่ากับ 85.23% และค่าเอฟเมเชอร์เท่ากับ 0.85 และการจำแนกคุณลักษณะเกี่ยวกับหน่วยงานหรือจังหวัดที่รับผิดชอบ พบว่า ค่าความแม่นยำเท่ากับ 0.86 ค่าความระลึกเท่ากับ 0.83 ค่าความถูกต้องเท่ากับ 83.94% และค่าเอฟเมเชอร์เท่ากับ 0.84 โดยค่าต่างๆ ถ้ามีค่าสูงหมายถึงมีประสิทธิภาพสูง

**Table 6** The result of a study of artificial intelligence for comments and suggestions classification system toward government projects using decision tree method

Features	Precision	Recall	Accuracy	F-measure
หมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ	0.88	0.86	86.69%	0.87
ประเภทโครงการ	0.87	0.85	85.23%	0.85
หน่วยงานหรือจังหวัดที่รับผิดชอบ	0.86	0.83	83.94%	0.84

### สรุปและอภิปรายผล

ผลวิจัยจากการศึกษา พบว่า ระบบปัญญาประดิษฐ์สำหรับการจัดหมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีต่อโครงการของรัฐโดยวิธีปัญญาประดิษฐ์ได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูล การประมวลผลข้อความ การสร้างแบบจำลองการจำแนกหมวดหมู่ข้อความ และการประเมินผลแบบจำลอง เมื่อประเมินผลแบบจำลองด้วยการวัดประสิทธิภาพการจำแนกหมวดหมู่ตามคุณลักษณะของข้อมูลทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ หมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ประเภทโครงการ หน่วยงานหรือจังหวัดที่รับผิดชอบ มีความเหมาะสมต่อ

การนำไปใช้งานในระดับสูง เนื่องจากการทดสอบการจำแนกคุณลักษณะเกี่ยวกับประเภทโครงการ พบว่า มีค่าความถูกต้อง ความแม่นยำ ความระลึก และค่าเอฟเมเชอร์อยู่ในระดับสูง โดยค่าความแม่นยำเท่ากับ 0.88 ค่าความระลึกเท่ากับ 0.86 ค่าความถูกต้องเท่ากับ 86.69% และค่าเอฟเมเชอร์เท่ากับ 0.87 ส่วนการจำแนกคุณลักษณะเกี่ยวกับประเภทโครงการ พบว่า ค่าความแม่นยำเท่ากับ 0.87 ค่าความระลึกเท่ากับ 0.85 ค่าความถูกต้องเท่ากับ 85.23% และค่าเอฟเมเชอร์เท่ากับ 0.85 และการจำแนกคุณลักษณะเกี่ยวกับหน่วยงานหรือจังหวัดที่รับผิดชอบ พบว่า ค่าความแม่นยำเท่ากับ 0.86

ค่าความระลึกเท่ากับ 0.83 ค่าความถูกต้องเท่ากับ 83.94% และค่าเอฟเมเชอร์เท่ากับ 0.84

### ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำผลวิจัยไปใช้อ้างอิงเพื่อปรับปรุงระบบรับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนต่อโครงการรัฐในช่องทางออนไลน์ที่เว็บไซต์การรับฟังความคิดเห็นของประชาชน (Public communication) โดยการพัฒนาต่อยอดเป็นระบบจัดหมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของประชาชนต่อโครงการรัฐด้วยการจำแนกเป็น 3 คุณลักษณะ ได้แก่ หมวดหมู่ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ประเภทโครงการหน่วยงานหรือจังหวัดที่รับผิดชอบ

2. ในการทำวิจัยต่อไปควรพิจารณาเกี่ยวกับความจำเป็นในการหารากศัพท์ เพราะคำภาษาไทยบางคำสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจนโดยศึกษาและพัฒนาคลังรากศัพท์ภาษาไทยเพื่อให้ระบบงานได้แม่นยำขึ้น

3. ในการทำวิจัยต่อไปควรพิจารณาเกี่ยวกับการนำวิธีปัญญาประดิษฐ์ในรูปแบบการเรียนรู้ของเครื่องด้วยการรวมวิธีอื่นๆ มาศึกษาเพิ่มเติม นอกจากกรรมวิธีต้นไม้ตัดสินใจ เช่น กรรมวิธีหาเพื่อนบ้านใกล้กันที่สุด (k-Nearest neighbor) กรรมวิธีสนับสนุนการเรียนรู้ของเครื่องแบบเวกเตอร์ (Support vector machine) กรรมวิธีแบบโครงข่ายใยประสาท (Neural networks) กรรมวิธีเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary computation) เป็นต้น

### เอกสารอ้างอิง

- Alaa, A., Feras, H., Mohammad, K., Mahmoud, A. & Nahla, A. (2019). Dynamic detection of software defects using supervised learning techniques. *International Journal of Communication Networks and Information Security*, 11, 158-191.
- Audiffren, J., Bargiotas, I., Vayatis, N., Vidal, P., & Ricard, D.A. (2016). Non-linear scoring approach for evaluating balance: classification of elderly as fallers and non-fallers. *PLOS ONE*, 11, 1-12.
- Colone, S.S. (2017). *Strategic model and national strategy in the 21<sup>th</sup> century*, national defence-college of Thailand. Bangkok.
- Hacohen-Kerner, Y., Miller, D., & Yiga, Y. (2020). The influence of preprocessing on text classification using a bag-of-words representation. *PLOS ONE*, 15, 1-22.
- Philip, C.J. (2019). *Introduction to artificial intelligence* (7<sup>th</sup> ed.). Dover.
- Public Consultation. (2020). <http://www.publicconsultation.opm.go.th/Web/Index>
- Thailand Government Spending. (2020). from <https://govspending.data.go.th>
- Woo, H., Kim, J., & Lee, W. (2020). Validation of text data preprocessing using a neural network model. *Mathematical Problems in Engineering*, 10(11), 3681.

# แบบจำลองระยะทางในการฟุ้งกระจายและความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ที่เกิดจากการเผาชีวมวล

## A computational model for diffusion and concentration of PM<sub>2.5</sub> caused by biomass burning

วรชานันท์ ชูทอง<sup>1\*</sup>  
Warachanan Choothong<sup>1\*</sup>

Received: 5 December 2021 ; Revised: 22 January 2022 ; Accepted: 3 March 2022

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองการฟุ้งกระจายสำหรับฝุ่นละอองอนุภาคขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM<sub>2.5</sub>) ที่เกิดจากการเผาเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ ด้วยโมเดล NRC และ Gaussian Plume โดยทำการทดสอบทั้งแนวดิ่ง และแนวนอน ในการทดสอบแนวดิ่ง จะทดสอบที่ระยะ 600 เมตรเหนือพื้นดินเหมือนกันทั้ง 2 โมเดล เนื่องจากเป็นระยะความสูงที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด แต่ตัวแปรสำหรับการทดสอบในแนวนอนนั้น จะใช้ค่าตัวแปรที่ไม่เหมือนกัน เพื่อให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนในแต่ละโมเดล ในส่วนโมเดล NRC สามารถใช้ทดสอบกับแรงลมเบาได้เพียงอย่างเดียวนั้น กำหนดให้ใช้ตัวแปรระยะทางทดสอบ 2 ระยะ คือ 100 และ 1,000 เมตร โดยผลที่ได้สำหรับระยะ 100 เมตร ค่าความเข้มข้นอยู่ที่ 0.0815 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเมื่อระยะทางห่างออกไปเป็น 1,000 เมตร อัตราความเข้มข้นลดลงเหลือเพียง 0.0793 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับโมเดล Gaussian Plume สามารถใช้ทดสอบกับแรงลมได้หลายระดับ ประกอบด้วย เบา ปานกลาง และแรง ใช้ค่าตัวแปรทดสอบในแนวนอน 3 ระยะ ได้แก่ 5 10 และ 100 เมตร โดยผลที่ได้ สามารถจำแนกได้ดังนี้ ระดับลมเบา ค่าความเข้มข้นอยู่ที่ 0.1940 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 0.1183 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 0.0023 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ระดับลมปานกลาง ค่าความเข้มข้นอยู่ที่ 3.1042x10<sup>-5</sup> ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 0.0057 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 0.0013 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และระดับลมแรง ค่าความเข้มข้นอยู่ที่ 0.00002 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 0.0030 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 0.0007 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

**คำสำคัญ:** แบบจำลอง PM<sub>2.5</sub> การเผาชีวมวล เอ็นอาร์ซี เกาส์เซียนพลัม

### Abstract

This research aims to create a simulation model for dispersion of Particulate Matter 2.5 (PM<sub>2.5</sub>) from burning agricultural waste in Nakhon Sawan province by applying two different models, NRC and Gaussian Plume. The experiment with these models used both vertical and horizontal variables for testing. For vertical testing, both models performed at a distance of 600 meters above the ground because this parameter could give the best results. Horizontal testing, however, would use different variables to make a clear result between both models. The NRC model could only be tested with light wind ; nevertheless, two different distance variables were assigned to a model, 100 and 1,000 meters, for measurement. The concentration of dust for a distance of 100 meters was 0.0815 µg/m<sup>3</sup>, and it was reduced to 0.0793 µg/m<sup>3</sup> at a distance of 1,000 meters. In contrast, the Gaussian Plume model could be examined with various wind levels, including light, moderate, and high wind using three distance parameters, 5, 10, and 100 meters. The results of dust density could be classified into three groups: 1) 0.1940 µg/m<sup>3</sup> 0.1183 µg/m<sup>3</sup> and 0.0023 µg/m<sup>3</sup> for light

<sup>1</sup> อาจารย์, สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ 60000

\* ผู้พิมพ์ประสานงาน: Warachanan@nsru.ac.th

<sup>1</sup> Lecturer, Department of Computer and Technology, Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan, 60000

\* Corresponding author: Warachanan@nsru.ac.th



wind speed, 2)  $3.1042 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$   $0.0057 \mu\text{g}/\text{m}^3$  and  $0.0013 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for moderate wind speed, and 3)  $0.00002 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $0.0030 \mu\text{g}/\text{m}^3$  and  $0.0007 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for high wind speed.

**Keywords:** Model,  $PM_{2.5}$ , Biomass Burning, NRC, Gaussian Plume

## บทนำ

$PM_{2.5}$  (Particulate Matter 2.5) เป็นฝุ่นที่เมื่อวัดขนาดจากเส้นผ่านศูนย์กลางแล้ว จะมีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และสามารถพบได้จากการปนเปื้อนอยู่กับสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ลอยปะปนอยู่กับไอน้ำ คิวโนและก๊าซ เป็นต้น (สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเลย, 2562) หาก  $PM_{2.5}$  มีมากเกินไปในอากาศย่อมสร้างผลกระทบต่อสุขภาพตามมา เช่น ผลกระทบต่อการท่องเที่ยว ช่วงปี พ.ศ. 2557 ถึงปี พ.ศ.2561 จำนวนนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ลดลง 106,060 คน กรุงเทพมหานครลดลง 659,368 คน (ธีรวัฒน์ น้าคำ และเริงชัย ตันสุชาติ, 2564) เมื่อต้นปี 2564 กรุงเทพฯ และปริมณฑล ได้รับผลกระทบทางเศรษฐกิจในมุมมองของค่าเสียโอกาสด้านการท่องเที่ยว 1,000-2,400 ล้านบาท ค่าเสียโอกาสด้านสุขภาพ 2,000-3,000 ล้านบาท (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2563) ผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้อาการของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ หากได้รับ  $PM_{2.5}$  36-75 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพิ่มการกำเริบขึ้น 1.5 เท่า และหากได้รับ  $PM_{2.5}$  มากกว่า 75 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพิ่มการกำเริบขึ้น 1.6 เท่า (กนก พิพัฒน์เวช และศิริพร อุรกิจ, 2564) รวมไปถึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในหลายๆ จังหวัดอีกด้วย

สำหรับพื้นที่ในเขตภาคเหนือมีรายงานค่าฝุ่นละออง วันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2563 มีปริมาณ  $PM_{2.5}$  เกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี โดยจังหวัดนครสวรรค์อยู่ในเขตพื้นที่ใกล้เคียงที่มีค่า  $PM_{2.5}$  เกินค่ามาตรฐานด้วยเช่นกัน (ส่วนแผนงาน สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, 2563) เนื่องจากจังหวัดนครสวรรค์มีพืชเศรษฐกิจที่เป็นสาเหตุของการเกิดฝุ่นละอองในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวผลผลิต คือ ข้าว และอ้อย โดยมีพื้นที่เพาะปลูกรวมกันมากถึง 3,276,023 ไร่ ฝุ่นละอองที่เกิดจากนาข้าวมีสาเหตุจากชวานาเผาเศษฟางข้าวที่เหลือจากการนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อความรวดเร็วในการจัดเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวในครั้งต่อไป ส่วนฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการเผาไร่อ้อย เป็นเพราะสร้างความสะดวกในการเก็บผลผลิตลำต้นอ้อย เพื่อส่งให้กับโรงงานน้ำตาลภายในพื้นที่ของทางจังหวัด (สำนักงานจังหวัดนครสวรรค์, 2564)

จากปัญหาการเผาไหม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง  $PM_{2.5}$  ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้สมการคณิตศาสตร์และแบบจำลองคอมพิวเตอร์มาใช้ในการพยากรณ์การฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง และหาความ

เข้มข้นของ  $PM_{2.5}$  ในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ที่ระดับความสูงตั้งแต่ระดับพื้นดินสูงขึ้นไปจนถึงระดับ 1,500 เมตรเหนือพื้นดิน เพื่อให้ทราบผลกระทบของปริมาณ  $PM_{2.5}$  ในอากาศต่อการฟุ้งกระจาย การเผา ไร่ และนำการพยากรณ์นี้มาช่วยเป็นเครื่องมือสำคัญในการวางแผนป้องกัน ควบคุม และรับมือกับเหตุการณ์ดังกล่าวได้

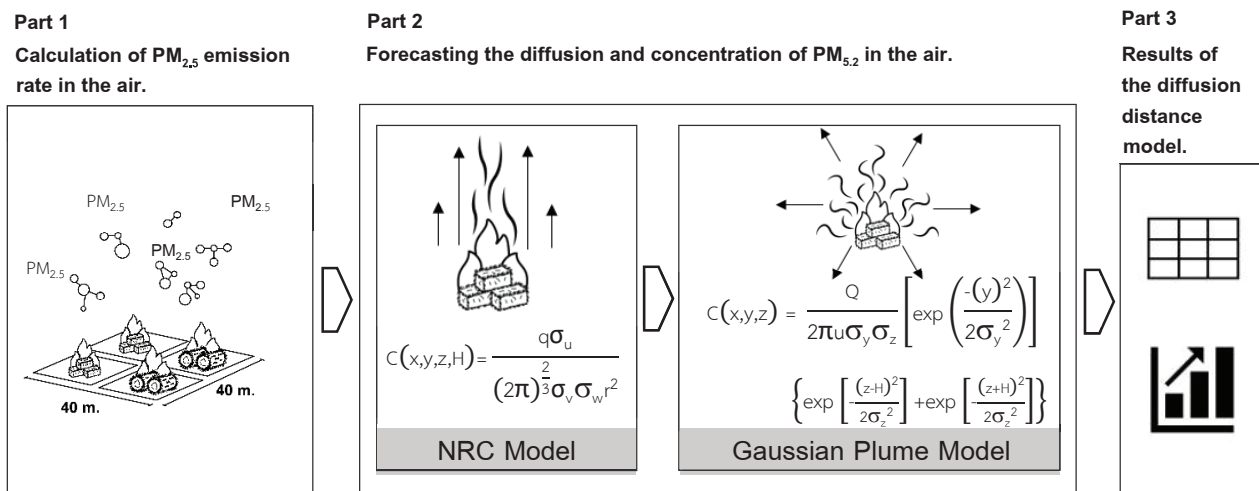
แบบจำลองคุณภาพอากาศสำหรับการศึกษาค้นคว้าประกอบไปด้วย 2 แบบจำลอง ได้แก่ 1. NRC Model เป็นวิธีการที่เหมาะสมกับลมสงบ การคำนวณหาความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศขึ้นอยู่กับความสูงของควันที่เพิ่มขึ้น โดยมีพารามิเตอร์ที่อธิบายความรุนแรงของความผันผวนของความเร็วลมในแนวแกน x, y, z กำหนดเป็นค่าคงที่ และไม่ขึ้นกับความเสถียรของบรรยากาศ ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ (Cuculeanu *et al.*, 2019a) 2. Gaussian Plume Model เป็นแบบจำลองที่สารมลพิษถูกปล่อยออกมา ลักษณะต่อเนื่องเป็นทางยาวจากแหล่งกำเนิดแบบจุด โดยควันจะลอยตัวตามกระแสลม และแผ่ออกด้านข้างคล้ายรูปกรวย ความเข้มข้นของสารมลพิษจะมากที่สุดบริเวณกึ่งกลางของควัน ส่วนบริเวณขอบด้านข้างจะมีความเข้มข้นของสารมลพิษน้อยกว่า (Abdel- Rahman, 2008) โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้ Lotrecchiano *et al.*, (2020) ศึกษาวิจัยการกระจายตัวของสารก่อมลพิษ  $PM_{2.5}$  โดยใช้ Gaussian Plume Dispersion Model พบว่าความเข้มข้นสูงสุดของสารก่อมลพิษที่คาดการณ์ไว้จะมีค่าสูงกว่าค่าข้อมูลที่บันทึกไว้ที่สถานีตรวจสอบ ซึ่งการมีสถานีตรวจวัดหลายแห่งในบริเวณใกล้เคียงกัน จะช่วยให้ตรวจสอบความถูกต้องได้ Yang *et al.*, (2020) ใช้ Gaussian Plume Model เพื่อทำนายการกระจายตัวของแอมโมเนีย และ  $PM$  ในโรงเรือนสัตว์ปีก ภายใต้สมมติฐานความเข้มข้นกระจายแบบปกติ ความเร็วลมและข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยามีค่าสม่ำเสมอ ความแรงและแหล่งกำเนิดคงที่ มีความเร็วลมมากพอที่จะทำให้ฟุ้งกระจายได้ และมวลของสารพิษคงที่ ซึ่งตรวจสอบด้วยการวัดภาคสนามได้ผลออกมาดีขึ้น Cuculeanu *et al.*, (2019a) พัฒนาและประเมินแบบจำลองการกระจายตัวสำหรับลมต่ำ และความสงบในบรรยากาศ ชื่อว่า ConDefa โดยแบ่งงานวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนที่ 1 พัฒนาแบบจำลองที่คำนึงถึงทั้งการฟุ้งกระจาย และการเคลื่อนตัวไปตามทิศทางลม การคำนวณความเข้มข้นในระดับลมต่ำ มี 2 เงื่อนไขสำหรับสภาวะ

ลมสงบ คือ ใช้อัลกอริทึมในการคำนวณผลกระทบ และใช้ NRC Model คำนวณความเข้มข้นที่ขึ้นอยู่กับความสูงของปล่องปล่อยควัน ส่วนที่ 2 ใช้แบบจำลอง ConDefa ประเมินผลการกระจายตัวของไอโซโทปในชั้นบรรยากาศเทียบกับความเข้มข้นที่วัดได้ พบว่าแบบจำลองสามารถให้ค่าประมาณที่เชื่อถือได้ Pandey & Sharan (2019) ใช้แบบจำลองการกระจายคุณภาพอากาศ AERMOD ในการวัดความเข้มข้นจากการทดลองการกระจายลมต่ำ โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ FASTALL, LOW-WIND1 และ LOW-WIND3 การวัดทางสถิติของทั้ง 3 กลุ่มพบว่าสอดคล้องกับการสังเกตและการวิเคราะห์เชิงปริมาณตาม ANOVA แสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์จากทั้ง 3 กลุ่มของ AERMOD เทียบได้ในระดับนัยสำคัญ 5% Alemayehu & Hackett (2015) ศึกษาวิจัยความเข้มข้นของ PM<sub>2.5</sub> และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) โดยใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD ที่อิงตามแบบจำลอง Gaussian Air Modeling พบว่า มีอย่างน้อย 19-26% ของความเข้มข้น PM<sub>2.5</sub> และ SO<sub>2</sub> ที่ปล่อยออกมาสู่

ชั้นบรรยากาศถึงพื้นที่ศึกษา และตรวจวัดมลพิษได้น้อยกว่า 12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน Abdel- Rahman (2008) ประเมินการกระจายของสารมลพิษทางอากาศโดยใช้ Gaussian Plume Model หาความเข้มข้นของสารมลพิษที่ปล่อยจากระดับพื้นดิน ที่ระยะทางในแนวแกน x ที่แตกต่างกัน อิทธิพลหลักมาจากความเสถียรของบรรยากาศ ความเร็วลม ความสูงและอัตราการปล่อยสารมลพิษ ที่จะทำให้ความเข้มข้นที่ระดับพื้นดินสูง และลดลงจากเส้นกลาง

**วิธีการศึกษา**

การดำเนินการสำหรับการศึกษาค้นคว้าประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ 1. การคำนวณอัตราการปล่อย PM<sub>2.5</sub> ในอากาศ 2. พยากรณ์ปริมาณของ PM<sub>2.5</sub> ที่ฟุ้งกระจายในอากาศ และ 3. ผลลัพธ์ของแบบจำลองระยะทางการฟุ้งกระจาย แสดงใน Figure 1



**Figure 1** Conceptual framework of computational model for diffusion and concentration of PM<sub>2.5</sub> caused by biomass burning

ส่วน 1 การคำนวณอัตราการปล่อย PM<sub>2.5</sub> ในอากาศ สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ อัตรามลพิษทางอากาศของ PM<sub>2.5</sub> นั้นคำนวณจากมวลของฟางข้าวแห้งในพื้นที่ขนาด 1 ไร่ (40 เมตร x 40 เมตร) แสดงในสมการ (1)

$$Q_{PM_{2.5}} = MxEF_{PM_{2.5}} \quad (1)$$

กำหนดให้:

Q<sub>PM<sub>2.5</sub></sub> คือ อัตราการปล่อยสารมลพิษของ PM<sub>2.5</sub> (มิลลิกรัมต่อวินาที)

M คือ มวลของฟางข้าวแห้ง (กรัม มวลแห้ง ต่อไร่)

EF<sub>PM<sub>2.5</sub></sub> คือ ปัจจัยการปล่อยสารมลพิษของ PM<sub>2.5</sub> (วินาทีต่อไร่)

ส่วน 2 พยากรณ์ปริมาณของ PM<sub>2.5</sub> ที่ฟุ้งกระจายในอากาศ ในส่วนนี้เป็นการคำนวณหาความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> ที่แต่ละช่วงความสูง โดยแบ่งเป็นช่วง ช่วงละ 100 เมตร จากพื้นดิน จนถึงระยะความสูง 1,500 เมตรเหนือพื้นดิน เริ่มต้นการคำนวณหาความเข้มข้นของ PM<sub>2.5</sub> ที่มีลักษณะคว้นลอยตัวขึ้นตรงๆ ด้วยวิธีการ NRC Model (The US Nuclear Regulatory Commission Model) และเมื่อมีการฟุ้งกระจายของ PM<sub>2.5</sub> จะคำนวณด้วยวิธีการ Gaussian Plume Model แสดงรายละเอียดดังนี้

วิธีการ NRC Model ใช้เพื่อหาการลอยขึ้นของฝุ่นละออง ด้วยการกำหนดให้ฝุ่นละอองนั้นลอยขึ้นตรงๆ จากพื้นดิน แล้วนำมาคำนวณหาความเข้มข้นในแต่ละช่วง โดยกำหนดให้ค่าความเร็วลมนั้นคงที่ และตัดปัจจัยเรื่องความเสถียรภาพของบรรยากาศนั้นออกไป (Cuculeanu et al., 2019b) แสดงในสมการ (2) และ (3)

$$C(x,y,z,H) = \frac{q\sigma_z}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \quad (2)$$

$$r^2 = x^2 + \left(\frac{\sigma_x}{\sigma_z}\right)^2 (H-z)^2 \quad (3)$$

กำหนดให้:

$C(x,y,z,H)$  คือ ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษ ณ ตำแหน่ง  $x, y, z$  และ  $H$  (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

$q$  คือ อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ (มิลลิกรัมต่อวินาที)

$\sigma_x$  คือ ความผันผวนกำลังสองของความเร็วลมเฉลี่ยในแนวแกน  $x$  (เมตร)

$\sigma_y$  คือ ความผันผวนกำลังสองของความเร็วลมเฉลี่ยในแนวแกน  $y$  (เมตร)

$\sigma_z$  คือ ความผันผวนกำลังสองของความเร็วลมเฉลี่ยในแนวแกน  $z$  (เมตร)

$\pi$  คือ ค่าคงที่ 3.141

$r^2$  คือ ความรุนแรงของความผันผวน

$x$  คือ ระยะทางในแนวแกน  $x$  (เมตร) จากแหล่งกำเนิดของผู้ที่ได้รับผลกระทบ

$H$  คือ ความสูงของแหล่งกำเนิดสารมลพิษ (เมตร)

$Z$  และ  $Z_r$  คือ ระยะทางในแนวแกน  $z$  (เมตร) หรือระยะความสูงจากพื้นดินของผู้ที่ได้รับผลกระทบซึ่งมีค่าเท่ากัน

จากสมการ (3)  $r^2$  คำนวณจากระยะทางในแนวแกน  $x$  ที่ 100 เมตร และ 1,000 เมตร,  $\sigma_x$  มีค่าเท่ากับ 0.4 เมตรต่อวินาที,  $\sigma_y$  มีค่าเท่ากับ 0.4 เมตรต่อวินาที,  $\sigma_z$  มีค่าเท่ากับ 0.04 เมตรต่อวินาที,  $H$  กำหนดค่า เป็น 0 เมตรเนื่องจากเผาบนพื้นดิน และ  $Z_r$  โดยเริ่มที่ 0 เมตร และเพิ่มระยะความสูงช่วงละ 100 เมตรจากพื้นดินจนถึงระยะความสูง 1,500 เมตรเหนือพื้นดิน สอดคล้องกับ Algorithm1 การลอยตัวของสารมลพิษ แสดงใน Figure 2

**Algorithm1 Pollutant Flotation**

```

C(x,y,z,H) <- Concentration of Pollution in mg/m3
For l = 0 To 1,500 <- Number of Each Individual Positions z
    Pollutants and Air Pollution Emissions. <- Gases_Emission_Rate
    Calculate the severity of the fluctuation of pollutants (r2).
    Calculate the Concentration of Pollutant at Positions x, z and H.
    If (Calculation of Pollutant's Concentration is Complete)
        Next Positions z
    End If
End For
    
```

Variable	Description
Gases_Emission_Rate	Air pollution emission rate of PM <sub>2.5</sub>

Figure 2 Algorithm1 Pollutant Flotation

วิธีการ Gaussian Plume Model วิธีการนี้คำนวณหาความเข้มข้นของ PM<sub>2.5</sub> จากปัจจัยความเร็วลม ระดับเสถียรภาพของบรรยากาศ ระยะความสูงของแหล่งกำเนิด และระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น (Yang et al., 2020) กำหนดระยะทางในแนวแกน  $x$  เป็น 3 ระยะ คือ ระยะ 5 เมตร 10 เมตร และ 100 เมตร กำหนดระดับความเร็วลมเป็น 3 ระดับ คือ ระดับลมเบา ลักษณะวันลอยขึ้นตรง มีความเร็วลม 0.44 เมตรต่อวินาที ระดับลมปานกลาง ลักษณะฝุ่นพุ่ง มีความเร็วลม 5.78 เมตรต่อวินาที และระดับลมแรง ลักษณะกิ่งไม้ใหญ่โยก มีความเร็วลม 11.11 เมตรต่อวินาที (Weather Forecast Office, n.d.) และใช้เสถียรภาพของบรรยากาศ ระดับ B (Moderately Unstable) และระดับ D (Neutral) ซึ่งเป็นเสถียรภาพที่เลวร้ายที่สุดที่จะทำให้มลพิษทางอากาศสะสมปริมาณมากในแต่ละระดับความเร็วลมที่เลือกมาใช้ในวิธีการนี้ แสดงในสมการ (4) (5) (6) และ (7)

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \left[ \exp\left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left[\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \right] \quad (4)$$

$$\sigma_y = 465.11628(x) \tan(\text{TH}) \quad (5)$$

$$\text{TH} = 0.017453293 [c - d \ln(x)] \quad (6)$$

$$\sigma_z = ax^b \quad (7)$$

กำหนดให้:

$C(x,y,z)$  คือ ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษ ณ ตำแหน่ง  $x, y$  และ  $z$  (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

$Q$  คือ อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ (มิลลิกรัมต่อวินาที)

$\pi$  คือ ค่าคงที่ 3.141

x คือ ระยะทางในแนวแกน x จากแหล่งกำเนิดของ ผู้ที่ได้รับผลกระทบในทิศทางใต้ลม (เมตร)

y คือ ระยะทางในแนวแกน y (เมตร) จากตำแหน่งที่ตั้ง จากกับแกน x

z คือ ระยะทางในแนวแกน z (เมตร) หรือระยะความ สูงจากพื้นดินของผู้ที่ได้รับผลกระทบ

H คือ ความสูงของแหล่งกำเนิดสารมลพิษ (เมตร) กำหนดค่าเป็น 0 เมตรเนื่องจากเผาบนพื้นดิน

$\sigma_y$  คือ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในแนว แกน y (เมตร)

$\sigma_z$  คือ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในแนว แกน z (เมตร)

TH คือ ค่าองศาที่ตั้งฉากกับแกน x มีหน่วยเป็น เรเดียน และ a, b, c, d คือ ค่าที่ได้จากการจัดรูปแบบตาม ระดับเสถียรภาพของบรรยากาศ โดยสอดคล้องกับความเร็ว ลม (เมตรต่อวินาที) และปริมาณการส่องแสงสว่างของแสง อาทิตย์ หรือปริมาณเมฆบนท้องฟ้า

จากสมการ (5) และ (6)  $\sigma_y$  คำนวณค่า TH โดยที่ ระยะทางในแนวแกน x ที่ใช้มีหน่วยเป็นกิโลเมตร ที่ระดับ ลมเบา ความเร็วลม 0.44 เมตรต่อวินาที เสถียรภาพของ บรรยากาศ ระดับ B ค่า c มีค่าเท่ากับ 18.3330 และ d มีค่า เท่ากับ 1.8096 ที่ระดับลมปานกลาง ความเร็วลม 5.78 เมตร ต่อวินาที เสถียรภาพของบรรยากาศ ระดับ D ค่า c มีค่าเท่ากับ 8.333 และ d มีค่าเท่ากับ 0.72382 และระดับลมแรง ความเร็ว ลม 11.11 เมตรต่อวินาที เสถียรภาพของบรรยากาศ ระดับ D ค่า c มีค่าเท่ากับ 8.333 และ d มีค่าเท่ากับ 0.72382 (U.S. Environmental Protection Agency, 1995)

จากสมการ (7)  $\sigma_z$  ระยะทางในแนวแกน x ที่ใช้ ในการคำนวณมีหน่วยเป็นกิโลเมตรที่ระดับลมเบา ความเร็ว ลม 0.44 เมตรต่อวินาที เสถียรภาพของบรรยากาศ ระดับ B ค่า a มีค่าเท่ากับ 90.673 และ b มีค่าเท่ากับ 0.93198 ที่ระดับ ลมปานกลาง ความเร็วลม 5.78 เมตรต่อวินาที เสถียรภาพ ของบรรยากาศ ระดับ D ค่า a มีค่าเท่ากับ 34.459 และ b มีค่าเท่ากับ 0.86974 และระดับลมแรง ความเร็วลม 11.11 เมตรต่อวินาที เสถียรภาพของบรรยากาศ ระดับ D ค่า a มีค่าเท่ากับ 34.459 และ b มีค่าเท่ากับ 0.86974 (U.S. Environmental Protection Agency, 1995) สอดคล้องกับ Algorithm2 การฟุ้งกระจายของ PM<sub>2.5</sub> แสดงใน Figure 3

**Algorithm2 Diffusion of PM<sub>2.5</sub>**

```
C(x,y,z.) <- Concentration of Pollution in mg/m3
For l = 1 To 1,500 <- Number of Each Individual Position z
    Pollutants and Air Pollution Emissions <- Gases_Emission_Rate
    Calculates the degree's perpendicular to the x-axis (TH).
    Calculate the y-axis diffusion coefficient (σy).
    Calculate the z-axis diffusion coefficient (σz).
    Calculate the Dispersion of Pollutants at Position x, z.
    If (Calculation of Pollutant's Concentration is Complete)
        Next Position z
    End If
End For
```

Variable	Description
Gases_Emission_Rate	Air pollution emission rate of PM <sub>2.5</sub>

**Figure 3** Algorithm2 Diffusion of PM<sub>2.5</sub>

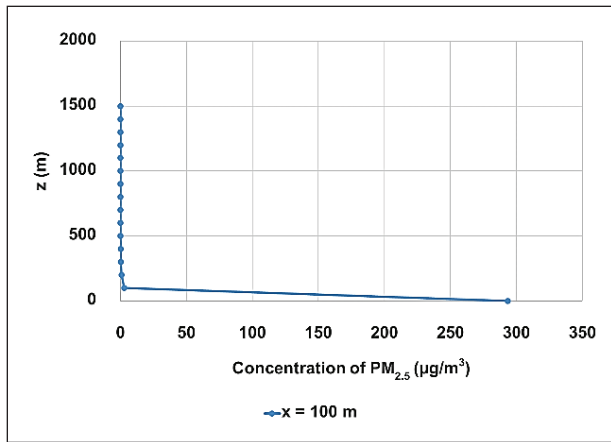
ส่วน 3 ผลลัพธ์ของแบบจำลองระยะทางการฟุ้ง กระจาย แสดงในรูปแบบของตารางและกราฟ วิธีการ NRC Model คำนวณปริมาณความเข้มข้นของ PM<sub>2.5</sub> จากแหล่ง กำเนิดจะมีความเข้มข้นสูงสุด และที่ระดับความสูงเพิ่มขึ้นจาก พื้นดินจะมีปริมาณความเข้มข้นลดลงจนเข้าใกล้ศูนย์ในระยะ ทางตามแนวแกน x ส่วน  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  และ  $\sigma_w$  เป็นค่าคงที่ และวิธีการ Gaussian Plume Model ปริมาณความเข้มข้นของ PM<sub>2.5</sub> จาก แหล่งกำเนิดจะมีความเข้มข้นสูงสุด และที่ระดับความสูงเพิ่ม ขึ้นจากพื้นดินจะมีปริมาณความเข้มข้นลดลงจนเข้าใกล้ศูนย์ ในระยะทางตามแนวแกน x ซึ่งผลลัพธ์จะแสดงตามความเร็ว ลม และระดับเสถียรภาพของบรรยากาศที่เปลี่ยนไป ผลจาก การคำนวณความเข้มข้นของ PM<sub>2.5</sub> ทั้ง 2 วิธีการจะนำมา เปลี่ยนหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

**ผลการศึกษา**

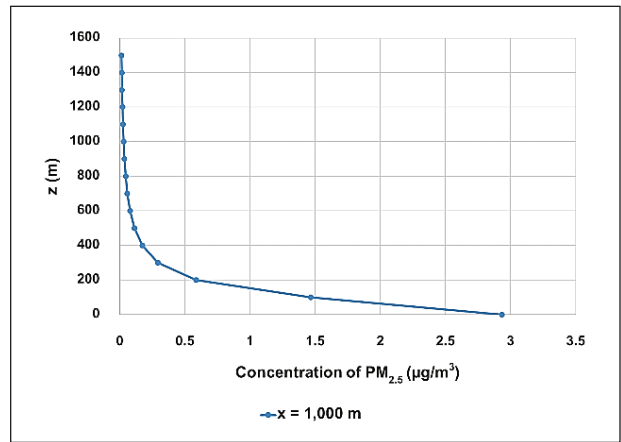
จากผลการวิจัยสร้างแบบจำลองระยะทางในการฟุ้ง กระจายและความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ที่เกิดจากการเผาชีวมวล โดยคำนวณหาอัตราการ ปลดปล่อยสารมลพิษของ PM<sub>2.5</sub> ในอากาศ จากสมการ (1) คำนวณ EF<sub>PM<sub>2.5</sub></sub> เท่ากับ 8.5 กรัมต่อกิโลกรัม<sup>มวลแห้ง</sup> และ M เท่ากับ 650 กิโลกรัมต่อไร่ คำนวณค่า Q<sub>PM<sub>2.5</sub></sub> ได้เท่ากับ 5,525 กรัม ต่อไร่ แต่ด้วยอัตราการเผาไหม้ที่นำมาคำนวณเท่ากับ 1 เฮกตาร์ต่อวัน (6.25 ไร่ต่อวัน) (Prato & Huertas, 2019) หรือเท่ากับ 13,824 วินาทีต่อไร่ จึงดำเนินการเปลี่ยนหน่วย ได้ผลลัพธ์เท่ากับ 399.667 มิลลิกรัมต่อวินาที เพื่อนำไปใช้ ในการคำนวณสมการ (2) และ (4) ต่อไป ในส่วนของ การพยากรณ์ปริมาณความเข้มข้นของ PM<sub>2.5</sub> ที่ฟุ้งกระจายใน อากาศจะใช้วิธีการ NRC Model จากสมการ (2) และ (3) เป็น วิธีการคำนวณที่ความเร็วลมคงที่เพื่อดูแนวทางการลอยตัว ของ PM<sub>2.5</sub> ที่ระยะทางในแนวแกน x เท่ากับ 100 เมตร และ

1,000 เมตร โดยเริ่มที่ระดับพื้นดิน และลอยตัวเพิ่มความสูง ช่วงละ 100 เมตรจากพื้นดินจนถึงระยะความสูง 1,500 เมตร

เหนือพื้นดิน ผลลัพธ์แสดงใน Figure 4 และ Table 1



(A)



(B)

Figure 4  $PM_{2.5}$  results from the NRC Model where the x-axis distance is (A) 100 meters and (B) 1,000 meters

Table 1 Concentration of  $PM_{2.5}$  from the NRC Model where the x-axis distance is (A) 100 meters and (B) 1,000 meters

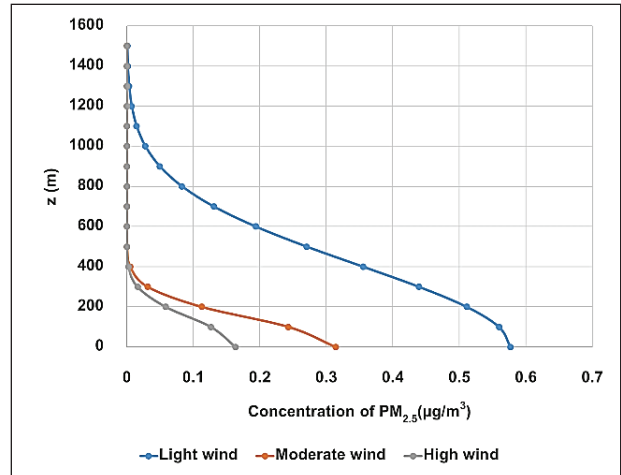
x = 100 m			x = 1,000 m		
Concentration of $PM_{2.5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	z (m)	$r^2$	Concentration of $PM_{2.5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	z (m)	$r^2$
293.4762839	0	10000	2.934762839	0	1000000
2.905705781	100	1010000	1.467381419	100	2000000
0.731861057	200	4010000	0.586952568	200	5000000
0.325722846	300	9010000	0.293476284	300	10000000
0.18330811	400	16010000	0.172633108	400	17000000
0.117343576	500	25010000	0.112875494	500	26000000
0.081498551	600	36010000	0.079317915	600	37000000
0.059880899	700	49010000	0.058695257	700	50000000
0.045848506	800	64010000	0.045150198	800	65000000
0.036227167	900	81010000	0.035789791	900	82000000
0.029344694	1000	100010000	0.029057058	1000	101000000
0.024252234	1100	121010000	0.024055433	1100	122000000
0.020378882	1200	144010000	0.020239744	1200	145000000
0.017364433	1300	169010000	0.017263311	1300	170000000
0.014972516	1400	196010000	0.014897273	1400	197000000
0.013042811	1500	225010000	0.012985676	1500	226000000

จาก Figure 4 แสดงกราฟที่เป็นผลลัพธ์ด้วยวิธีการ NRC Model ของ  $PM_{2.5}$  พบว่า จากแหล่งกำเนิดการเผาชีวมวลที่ระยะทางในแนวแกน x เท่ากับ 100 เมตร มีความเข้มข้นเริ่มต้น 293.48 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่า

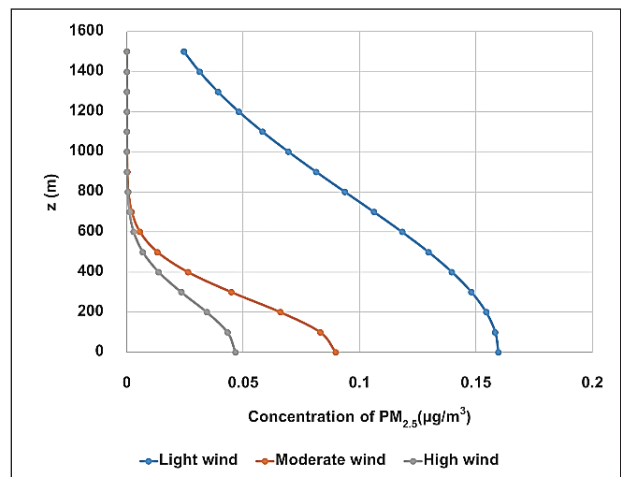
ลดลงตามระดับความสูง เมื่อสิ้นสุดการคำนวณมีความเข้มข้น 0.0130 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ระยะทางในแนวแกน x เท่ากับ 1,000 เมตร มีความเข้มข้นเริ่มต้น 2.93 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าลดลงตามระดับความสูง เมื่อสิ้นสุด

การคำนวณมีความเข้มข้น 0.0130 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จาก Table 1 แสดงค่าความเข้มข้นที่ลดลงตามระดับความสูงกับทุกระยะทางในแนวแกน x ค่าความเข้มข้นสูงสุด 293.4763 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าความเข้มข้นต่ำสุด 0.0130 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในเสถียรภาพของบรรยากาศที่เลวร้ายที่สุดที่ส่งผลกระทบต่อผู้ที่ได้รับผลกระทบและนำมาแสดงผลลัพธ์ดัง Figure 4 และวิธีการ Gaussian Plume Model จากสมการ(4)-(7) เป็นวิธีการคำนวณที่ความเร็วลม 0.44 เมตรต่อวินาที 5.78 เมตรต่อวินาที และ 11.11 เมตรต่อวินาที ในเสถียรภาพของบรรยากาศที่เลวร้ายที่สุดที่จะทำให้มลพิษทางอากาศสะสมปริมาณมาก เพื่อดูแนวทางการลอยตัวของ PM<sub>2.5</sub> ที่ระยะทางในแนวแกน x เท่ากับ 5 เมตร 10 เมตร และ 100 เมตร โดยเริ่มที่ระดับพื้นดิน และลอยตัวเพิ่มความสูงช่วงละ 100 เมตรจากพื้นดินจนถึงระยะความสูง 1,500 เมตรเหนือพื้นดินผลลัพธ์แสดงดัง Figure 5 และ Table 2

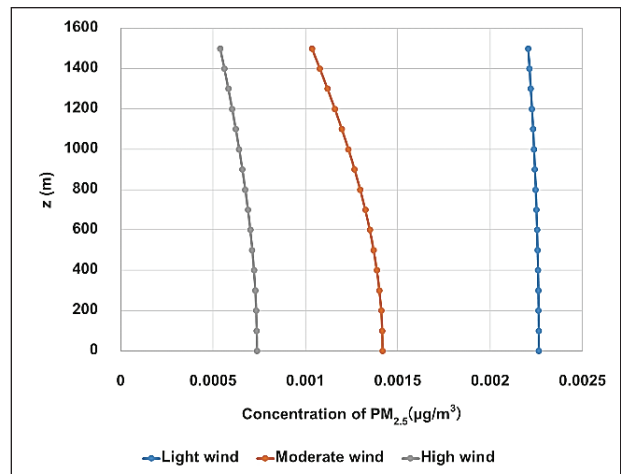
จาก Figure 5 แสดงกราฟที่เป็นผลลัพธ์ด้วยวิธีการ Gaussian Plume Model ของ PM<sub>2.5</sub> พบว่า จากแหล่งกำเนิดการเผาชีวมวลที่ระยะทางในแนวแกน x เท่ากับ 5 เมตร ระดับลมเบา มีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.577 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าลดลงตามระดับความสูงเมื่อสิ้นสุดการคำนวณมีความเข้มข้น 0.0006 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ระดับลมปานกลางมีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.31 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าลดลงตามระดับความสูง เมื่อสิ้นสุดการคำนวณมีความเข้มข้น  $2.9206 \times 10^{-26}$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ระดับลมแรงมีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.16 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าลดลงตามระดับความสูง เมื่อสิ้นสุดการคำนวณมีความเข้มข้น  $1.5195 \times 10^{-26}$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ระยะทางในแนวแกน x เท่ากับ 10 เมตร ระดับลมเบา มีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.16 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าลดลงตามระดับความสูง เมื่อสิ้นสุดการคำนวณมีความเข้มข้น 0.02 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ระดับลมปานกลางมีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.09 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าลดลงตามระดับความสูง เมื่อสิ้นสุดการคำนวณมีความเข้มข้น  $2.86148 \times 10^{-9}$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ระดับลมแรงมีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.05 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าลดลงตามระดับความสูง เมื่อสิ้นสุดการคำนวณมีความเข้มข้น  $1.48869 \times 10^{-9}$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ระยะทางในแนวแกน x เท่ากับ 100 เมตร ระดับลมเบา มีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.0023 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าลดลงตามระดับความสูง เมื่อสิ้นสุดการคำนวณมีความเข้มข้น 0.0022 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ระดับลมปานกลางมีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.0014 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าลดลงตามระดับความสูง เมื่อสิ้นสุดการคำนวณมีความเข้มข้น 0.0010 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



(A)



(B)



(C)

**Figure 5** PM<sub>2.5</sub> results from the Gaussian Plume Model where the x-axis distance is (A) 5 meters (B) 10 meters and (C) 100 meters and conditions light wind, moderate wind and high wind

**Table 2** Example for concentration of  $PM_{2.5}$  from the Gaussian Plume Model where the x-axis distance is 5 meters

Light wind		Moderate wind		High wind	
Concentration of $PM_{2.5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	z (m)	Concentration of $PM_{2.5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	z (m)	Concentration of $PM_{2.5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	z (m)
0.57711128	0	0.31404557	0	0.163382846	0
0.55989804	100	0.24307567	100	0.126460611	100
0.51127798	200	0.11271662	200	0.058641049	200
0.43944445	300	0.03131353	300	0.016290928	300
0.35550822	400	0.00521163	400	0.002711362	400
0.27070363	500	0.00051965	500	0.00027035	500
0.19401587	600	$3.1042 \times 10^{-5}$	600	$1.61497 \times 10^{-5}$	600
0.13088178	700	$1.1109 \times 10^{-6}$	700	$5.77961 \times 10^{-7}$	700
0.08310361	800	$2.3819 \times 10^{-8}$	800	$1.23917 \times 10^{-8}$	800
0.04966602	900	$3.0595 \times 10^{-10}$	900	$1.5917 \times 10^{-10}$	900
0.02793815	1000	$2.3544 \times 10^{-12}$	1000	$1.22487 \times 10^{-12}$	1000
0.01479226	1100	$1.0854 \times 10^{-14}$	1100	$5.64694 \times 10^{-15}$	1100
0.00737175	1200	$2.9979 \times 10^{-17}$	1200	$1.55968 \times 10^{-17}$	1200
0.00345784	1300	$4.9607 \times 10^{-20}$	1300	$2.58081 \times 10^{-20}$	1300
0.00152665	1400	$4.9177 \times 10^{-23}$	1400	$2.55844 \times 10^{-23}$	1400
0.00063441	1500	$2.9206 \times 10^{-26}$	1500	$1.51946 \times 10^{-26}$	1500

ระดับลมแรงมีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.0007 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าลดลงตามระดับความสูง เมื่อสิ้นสุดการคำนวณมีความเข้มข้น 0.0005 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จาก Table 2 แสดงตัวอย่างค่าความเข้มข้นที่ลดลงตามระดับความสูงกับทุกระยะทางในแนวแกน x ค่าความเข้มข้นสูงสุด 0.577 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าความเข้มข้นต่ำสุด  $1.51946 \times 10^{-26}$  ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในเสถียรภาพของบรรยากาศที่เลวร้ายที่สุดที่ส่งผลต่อผู้ที่ได้รับผลกระทบและนำมาแสดงผลลัพธ์ดัง Figure 5

**สรุปผล**

การคำนวณหาความเข้มข้นของ  $PM_{2.5}$  เกิดจากการเผาชีวมวล ใช้ 2 วิธีการ คือ วิธีการ NRC Model และวิธีการ Gaussian Plume Model โดยใช้อัตราการปล่อยสารมลพิษของ  $PM_{2.5}$  ในอากาศเป็นค่าเดียวกัน คือ 399.667 มิลลิกรัมต่อวินาที และที่ระยะความสูง 600 เมตรเหนือพื้นดิน เป็นระยะความสูงที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งวิธีการ NRC Model เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการมีลมเบาคงที่ และทุกระดับความสูงที่เพิ่มขึ้นจากพื้นดินช่วงละ 100 เมตรจากพื้นดินจนถึงระยะความสูง 1,500 เมตรเหนือพื้นดิน ที่ระยะทางในแนวแกน x เท่ากับ 100 เมตร มีความเข้มข้นเริ่มต้น 293.48 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และที่ระยะทางในแนวแกน x เท่ากับ 1,000 เมตร

มีความเข้มข้นเริ่มต้น 2.93 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าลดลงตามระดับความสูง แต่เมื่อมีความเร็วลมเพิ่มขึ้นจะใช้วิธีการ Gaussian Plume Model คำนวณความเข้มข้นของ  $PM_{2.5}$  ที่ความเร็วลมระดับลมเบาเสถียรภาพของบรรยากาศ ระดับ B ระยะทางในแนวแกน x เท่ากับ 5 เมตร มีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.577 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ระยะ 10 เมตร มีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.16 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และที่ระยะ 100 เมตร มีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.0023 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และที่ความเร็วลมระดับลมปานกลาง ระยะทางในแนวแกน x เท่ากับ 5 เมตร มีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.31 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ระยะ 10 เมตร มีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.09 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และที่ระยะ 100 เมตร มีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.0014 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ระดับลมแรงเสถียรภาพของบรรยากาศ ระดับ D ระยะทางในแนวแกน x เท่ากับ 5 เมตร มีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.16 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ระยะ 10 เมตร มีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.05 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และที่ระยะ 100 เมตร มีความเข้มข้นเริ่มต้น 0.0007 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเสถียรภาพของบรรยากาศทั้ง 2 ระดับเป็นรูปแบบที่เลวร้ายที่สุดที่จะทำให้มลพิษทางอากาศสะสมปริมาณมากในแต่ละระดับความเร็วลมที่เลือก และที่ระดับความสูงที่เพิ่มขึ้นจากพื้นดินช่วงละ 100 เมตรจาก

พื้นดินจนถึงระยะความสูง 1,500 เมตรเหนือพื้นดิน โดยปริมาณความเข้มข้นลดลงจนเข้าใกล้ศูนย์ในทุกระยะทางในแนวแกน x และทุกระดับของความเร็วลม

### ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยนี้พบว่า การคำนวณหาความเข้มข้นของ  $PM_{2.5}$  เกิดจากการเผาชีวมวล ด้วยวิธีการ NRC Model และวิธีการ Gaussian Plume Model คำนวณหาระยะทางการฟุ้งกระจายในแนวตั้งจากระดับพื้นดินสูงขึ้นไปในอากาศ โดยปริมาณความเข้มข้นของ  $PM_{2.5}$  จะลดลงจนเข้าใกล้ศูนย์ในทุกระยะทางในแนวแกน x และทุกระดับของความเร็วม ผู้วิจัยจึงเห็นควรว่าเพื่อให้ได้ทราบปริมาณความเข้มข้นของ  $PM_{2.5}$  ที่จะเกิดขึ้นในแนวราบที่ระยะทางที่แตกต่างกันโดยสร้างสมการคณิตศาสตร์ และพัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์ขึ้นมาวัดระยะทางในการแพร่กระจายและพยากรณ์ผลกระทบของ  $PM_{2.5}$  ที่จะส่งผลไปยังปัจจัยแวดล้อมอื่นของบริเวณที่มีการเผาไหม้พื้นที่ทางการเกษตรของจังหวัดนครสวรรค์ รวมถึงวิเคราะห์จุดแข็งจุดอ่อน เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น เพื่อเป็นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของงานวิจัย

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- กนก พิพัฒน์เวช และศิริพร อุปจักร. (2564). ความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสฝุ่นละออง  $PM_{2.5}$  กับอาการกำเริบของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ในโรงพยาบาลน่าน. *วารสารวิชาการสาธารณสุข*, 30(4), 645-653.
- ธีรวัฒน์ น้ำคำ และเริงชัย ตันสุชาติ. (2564). ผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็ก  $PM_{2.5}$  ต่อจำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติในจังหวัดเชียงใหม่และกรุงเทพมหานคร. *วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่*, 22(3), 19-35.
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2563). ฝุ่น  $PM_{2.5}$  กระทบเศรษฐกิจเท่าไร? <https://kasikornresearch.com/th/analysis/k-social-media/Pages/FB-M25-23-01-20.aspx>.
- สำนักงานจังหวัดนครสวรรค์. (2564). ข้อมูลสำคัญจังหวัดนครสวรรค์ประจำปี2564. <http://www.nakhonsawan.go.th/joomla/attachments/article/3849>
- สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเลย. (2562). *เกสต์ความรู้  $PM_{2.5}$* . <http://www.mnre.go.th/loi/th/news/detail/30220>.
- ส่วนแผนงาน สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. (2563). *สรุปข้อมูลรายปีสถานีตรวจวัดถาวรต่างจังหวัด*. <http://air4thai.pcd.go.th/webV2/download.php>.

- Abdel- Rahman, A.A. (2008). On the atmospheric dispersion and gaussian plume model. *Proceedings of The 2<sup>nd</sup> International Conference on Waste Management, Water Pollution, Air Pollution, Indoor Climate (Wwai'08)* (pp. 31-39). Greece.
- Alemayehu, D. & Hackett, F. (2015). Dispersion of particulate matters (pm2.5) and sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) concentrations on tribal and, Oklahoma. *American Journal of Environmental Sciences*, 11(6), 440-449. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2015.440.449>
- Cuculeanu, V., Lupu, A., Georgiana, G., Popescu, I. & Toma, A. (2019a). Dispersion model for low wind and atmospheric calm - part I: description. *Romanian Reports in Physics*, 71, 1-9.
- Cuculeanu, V., Lupu, A., Georgiana, G., Popescu, I. & Toma, A. (2019b). Dispersion model for low wind and atmospheric calm - part II: evaluation experiment at a nuclear power plant in Romania. *Romanian Reports in Physics*, 71(4), 1-15.
- Lotrecchiano, N., Sofia, D., Giuliano, A, Barletta, D. & Poletto, M. (2020). Pollution dispersion from a fire using a gaussian plume model. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 10(4), 431-439.
- Pandey, G. & Sharan, M. (2019). Accountability of wind variability in AERMOD for computing concentrations in low wind conditions. *Atmospheric Environment*, 202, 105-116.
- Prato, F.D. & Huertas, I.J.. (2019). Determination of the area affected by agricultural burning. *Atmosphere*, 10(6), 1-14.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1995). *User's guide for the industrial source complex (ISC3) dispersion models volume ii description of model algorithms*. United States Environmental Protection Agency.
- Weather Forecast Office. (n.d.). *Beaufort wind scale*. <https://www.weather.gov/mfl/beaufort>.
- Yang, Z., Yao, Q., Buser, D.M., Alfieri, G.J., Li, H., Torrents, A., McConnell, L.L., Downey, M.P. & Hapeman, J.C. (2020). Modification and validation of the Gaussian plume model (GPM) to predict ammonia and particulate matter dispersion. *Atmospheric Pollution Research*, 11(7), 1063-1072.



# การควบคุมเลเซอร์พอยเตอร์สำหรับการตรวจจับบุคคลด้วยการเรียนรู้เชิงลึก

## Laser pointer control for deep learning human detection

ภาริณี อรุณศิริวัฒนา<sup>1\*</sup>, จิราพร เกียรติวุฒิมอร<sup>2</sup>, ชัยพิชิต คำพิมพ์<sup>2</sup>  
Parinee Arunsiriwattana<sup>1\*</sup>, Jiraporn Kiatwuthiamorn<sup>2</sup>, Chaipichit Cumpim<sup>2</sup>

Received: 2 November 2021 ; Revised: 14 January 2021 ; Accepted: 7 February 20

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการพัฒนาระบบการติดตามบุคคลแบบอัตโนมัติ ในปัจจุบันระบบตรวจสอบวัตถุโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึกสามารถทำงานได้อย่างแม่นยำมีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย การติดตามวัตถุในภาพวิดีโอก็เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งนำไปประยุกต์ใช้ ในงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบการติดตามและระบุตัวบุคคลที่มีการประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึก โดยการทำงานของระบบประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกจะใช้การเรียนรู้เชิงลึกตรวจสอบบุคคลภายในภาพที่ได้รับจากกล้องดิจิทัล จากนั้นนำภาพบุคคลที่ถูกระบุตำแหน่งได้มาคำนวณหาจุดศูนย์กลาง ขั้นตอนสุดท้ายจะนำจุดศูนย์กลางไปคำนวณระยะการเคลื่อนที่ในแนวแกนตั้งและแกนนอนของสเต็ปปีงมอเตอร์ การเคลื่อนที่ของมอเตอร์จะไปบังคับตัวเลเซอร์พอยเตอร์ให้ชี้ไปยังตัวบุคคลที่ตรวจสอบได้ภายในภาพจากกล้องดิจิทัล โดยผลการทำงานของระบบนี้สามารถทำการชี้ไปยังตัวบุคคลที่ปรากฏภายในภาพ

**คำสำคัญ:** การตรวจจับบุคคล การติดตามบุคคล การเรียนรู้เชิงลึก

### Abstract

This research proposes a method for developing an automated person tracking system. At present, many object inspection systems use deep learning and deep learning methods are widely used in object detection methods. Object tracking in a video image is another example. In this research, a new approach is developed to track and identify the person by using deep learning. This method consists of two steps. The first step, deep learning is used to examine the person featured in digital images. The center point of the detected person is used for the next step. In the last step, two-stepping motors are forced to move on the vertical and horizontal axes. The moving distance of the two axes is calculated by using the previous step center point. This movement of stepping motors will control the laser pointer for pointing out the person appearing in the digital image. The experiment and result of this method demonstrate that the method can point to the person within an image.

**Keywords:** Human Detection, Human Tracking, Deep Learning

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170

<sup>2</sup> อาจารย์สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170

<sup>1</sup> Bachelor degree student, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, 73170

<sup>2</sup> Lecturer, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin 73170

\* Corresponding author; Parinee Arunsiriwattana, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, 73170.  
parinee.aru@rmutr.ac.th

## บทนำ

ปัจจุบันรัฐบาลได้กำหนดนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ที่มุ่งการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม โดยมุ่งเน้นการพัฒนาอุตสาหกรรมหลักทั้งหมด 5 กลุ่ม คือ กลุ่มอาหาร เกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ กลุ่มสาธารณสุข สุขภาพและเทคโนโลยีทางการแพทย์ กลุ่มเครื่องมือ อุปกรณ์อัจฉริยะ หุ่นยนต์และระบบเครื่องกลที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม กลุ่มดิจิทัล เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเชื่อมต่อ รวมถึงปัญญาประดิษฐ์ และกลุ่มอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ วัฒนธรรมและบริการที่มีมูลค่าสูง จากหัวข้อที่กล่าวมาการควบคุมแบบอัตโนมัติและปัญญาประดิษฐ์ ได้เข้ามามีส่วนสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ จึงมีการนำเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องเข้ามาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดประโยชน์ในหลายๆ ด้าน เช่น เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต และลดต้นทุน เป็นต้น

สำหรับตัวอย่างในการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ เช่น การนำการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้กับปัญญาประดิษฐ์เพื่อใช้ในการระบุตัวตนของบุคคลที่ปรากฏในภาพที่ได้รับจากกล้องวงจรปิด การนับจำนวนรถที่วิ่งผ่านบนท้องถนน การสร้างภาพความละเอียดสูง การนับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตผ่านสายพานลำเลียงโดยกล้องวงจรปิด การตรวจสอบคุณภาพของสินค้าที่ผลิตได้ในแต่ละอุตสาหกรรม เช่น การตรวจสอบหน้ากากอนามัย การตรวจสอบรูปร่างของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

สำหรับการพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์มีไลบรารีนิยมใช้กัน คือ ไพทอช (PyTorch) (Paszke *et al.*, 2019) และ TensorFlow (Abadi *et al.*, 2015) ทั้งสองไลบรารีมีฟังก์ชันที่ใช้สร้างโครงข่ายประสาทเทียม สำหรับการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) (Goodfellow *et al.*, 2016) โดยนำมาใช้งานร่วมกับระบบคอมพิวเตอร์วิทัศน์ และการประมวลผลภาพ สามารถใช้ได้หลายระบบปฏิบัติการ ตัวอย่างการใช้งาน คือ การนำเอาไพทอชมาเป็นส่วนหนึ่งของไลบรารี Jetson Inference เพื่อนำไปประมวลผลบนบอร์ด Nvidia Jetson Nano เพื่อใช้ในการฝึกสอนชุดข้อมูลให้กับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดการเรียนรู้ (Transfer Learning) สำหรับการตรวจจับวัตถุ การจำแนกวัตถุ และการแบ่งส่วนภาพ ปัจจุบันมีการนำวิธีการของ SSD (Single Shot MultiBox Detector) (Liu *et al.*, 2016) คือการตรวจจับวัตถุในภาพ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่ซับซ้อนน้อยลง หรือใช้โมเดล MobileNetV2 (Sandler *et al.*, 2019) ที่ใช้ในการจำแนกสิ่งของหรือ การตรวจจับวัตถุในภาพหรือวิดีโอ ซึ่งเหมาะสำหรับการทำงานแบบ Real Time ที่ต้องการความเร็วและความแม่นยำในการทำงาน

ในปัจจุบันมีการใช้การเรียนรู้เชิงลึกมาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) ซึ่งเป็นเครือข่ายอุปกรณ์ที่สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน เพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ โดยอุปกรณ์เหล่านี้จะรับข้อมูลจากเซนเซอร์และส่งกลับไปยังระบบที่มีการวิเคราะห์และตัดสินใจ โดยระบบการเรียนรู้เชิงลึกก็จะถูกนำเข้ามาในส่วนของการวิเคราะห์และตัดสินใจ เพื่อควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าให้ทำงานตามที่ต้องการ ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ทำงานอยู่ในส่วนของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เช่น บอร์ดเจตสันนาโน (Jetson Nano) คือ บอร์ดที่เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กสามารถใช้งานได้ทั่วไปเหมือนคอมพิวเตอร์ มีการประมวลผลผ่าน GPU บอร์ด ESP8266 ESP-12E (ESP8266 ESP-12E Board) สามารถเชื่อมกับอุปกรณ์ต่างๆ ผ่าน GPIO อย่างเช่นบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ (Stepper Motor Driver) เป็นตัวไดรเวอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของตัวสเต็ปมอเตอร์ (Stepping Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้การขับเคลื่อนด้วยสัญญาณพัลส์ หรือบอร์ด Arduino Mega 2560 (Arduino Mega 2560 Board) โดยเขียนคำสั่งด้วยภาษา C++ หรือภาษา Python

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการนับวัตถุหรือการติดตามวัตถุจำนวนมาก ซึ่งสามารถแบ่งประเภทงานวิจัยในเรื่องเหล่านี้ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกคือกลุ่มที่ใช้วิธีการจัดการทางด้านข้อมูลด้วยคณิตศาสตร์ กลุ่มที่สอง คือ การนำการโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้

สำหรับตัวอย่างงานวิจัยกลุ่มแรก งานวิจัยแรกคือระบบตรวจจับวัตถุแบบอัตโนมัติ (Chinpanthana, 2010) เป็นวิธีที่ใช้การประมวลผลภาพด้วยเทมเพลตแมชชีนแบบนอร์มัลไลซ์คอร์เรชัน ที่มีการตรวจจับวัตถุได้ดีกว่าการใช้เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ สำหรับงานวิจัยต่อมา (Chinpanthana & Phiasai, 2017) เป็นการนับวัตถุด้วยวิธีการโดยใช้เทมเพลตแมชชีนแบบฟาสนอร์มัลไลซ์คอร์เรชันที่มีการนับวัตถุได้ดีกว่าการใช้เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุนบนสายพานลำเลียง ส่วนงาน (Saraphak & Thaweewannakij, 2018) เป็นงานวิจัยที่ใช้การติดตามบุคคลด้วยแอปพลิเคชันติดตามบุคคล โดยเป็นการนำจีพีเอสในการระบุพิกัดตำแหน่งที่อยู่และติดตามตัวบุคคล สุดท้าย (Kajornrit *et al.*, 2017) เป็นงานวิจัยการควบคุมระบบส่องสว่างภายในบ้านด้วยสมาร์ตโฟน โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things สำหรับงานวิจัยกลุ่มนี้ เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับและติดตามวัตถุจากภาพถ่ายดิจิทัล สำหรับงานวิจัยที่สาม เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการติดตามบุคคลที่ใช้จีพีเอส ส่วนงานวิจัยสุดท้ายเป็นการประยุกต์ใช้การควบคุมอุปกรณ์

ไฟฟ้าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับ Internet of Things

ตัวอย่างงานวิจัยกลุ่มที่สอง งานวิจัยแรกคือการอ่านเลขสายรถประจำทางจากภาพ (Wongta, 2017) โดยนำเสนอโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก Fast RCNN (Girshick, 2015) โดยงานวิจัยนี้ได้มีการปรับปรุงความแม่นยำในภายหลังการประมวลผลเพื่อทำนายเลขสายรถประจำทาง ส่วนงาน (Pohtongkam & Srinonchat, 2018) ได้นำเสนองานวิจัยที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับการประมวลผลภาพ เพื่อใช้ในการจดจำวัตถุจากการสัมผัสพื้นผิว โดยใช้ประสาทสัมผัสทางกายเทียม งานนี้ได้พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นพื้นฐานของหุ่นยนต์ที่นำมาใช้แทนมือของมนุษย์ ต่อมา (Manokij, 2019) เป็นงานวิจัยที่ใช้การเรียนรู้เชิงลึก 2 โมเดลในการทำนายปริมาณน้ำฝน โดยใช้โมเดลแรกในการทำนายพื้นที่ที่เกิดฝน ส่วนโมเดลที่สองใช้ทำนายปริมาณน้ำฝนที่จะเกิดขึ้น สำหรับ (Yongying, 2019) เป็นงานวิจัยที่ใช้การเรียนรู้เชิงลึกในการแยกประเภทข้อมูลของถนนจากภาพถ่าย Drone เพื่อใช้สำรวจถนนในชนบท เพราะข้อมูลจาก google map ยังไม่ครอบคลุมถนนในชนบท โดยจะใช้โมเดลที่สามารถแยกประเภทและวิเคราะห์ข้อมูลถนนในภาพถ่ายเพื่ออัปเดตข้อมูล Open Street Map ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับ (Hongboonmee & Jantawong, 2020) เป็นงานวิจัยที่วิเคราะห์ความหวานของแตงโมจากภาพถ่าย โดยนำเอาเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกไปใช้งานบนสมาร์ตโฟนเพื่อความสะดวกในการใช้งานของบุคคลทั่วไปในกรณีที่ต้องการทราบชื่อพันธุ์และความหวานของแตงโม โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ไลบรารี TensorFlow ในการพัฒนาโมเดลที่ใช้ในการทำนาย งานวิจัยนี้ได้ทดลองเปรียบเทียบอัลกอริทึม InceptionV3 (Szegedy *et al.*, 2015) และ MobileNet (Howard *et al.*, 2017) ผลการทดลองพบว่าโมเดลจากอัลกอริทึม InceptionV3 มีประสิทธิภาพที่เท่ากับโมเดลจากอัลกอริทึม MobileNet และเมื่อพิจารณาขนาดของโมเดล พบว่า MobileNet มีขนาดของโมเดลเล็กกว่า InceptionV3 งานวิจัยสุดท้าย (Inthanon & Mungsing, 2020) เป็นงานวิจัยที่ใช้โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมในการตรวจจับใบหน้าของบุคคล โดยนำโมเดลไปประมวลผลบนบอร์ด AI Edge Computing ผลการทดลองพบว่าบอร์ด Raspberry Pi 4 + Intel® Neural Compute Stick 2 มีความแม่นยำดีที่สุดสำหรับงานวิจัยกลุ่มนี้ เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำการเรียนรู้เชิงลึกมาประยุกต์ใช้

สำหรับงานวิจัยนี้จะมีลักษณะงานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยกลุ่มที่สอง เป็นการพัฒนาระบบการระบุตำแหน่งด้วยเลเซอร์พอยเตอร์ ร่วมกับการติดตามการเคลื่อนไหวของบุคคล โดยการใช้ระบบการเรียนรู้แบบเชิงลึกติดตามการเคลื่อนไหวของตัวบุคคลที่อยู่ในบริเวณที่กล้องทำการตรวจจับได้ เมื่อระบบทำการติดตามตัวบุคคลได้แล้ว จะทำการชี้มาที่ตำแหน่ง

ของตัวบุคคลด้วยเลเซอร์พอยเตอร์ สำหรับรายละเอียดจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้หลักการการเรียนรู้เชิงลึก มาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์
2. เพื่อศึกษาการพัฒนาระบบอัตโนมัติในการระบุตำแหน่งของบุคคลที่ตรวจจับได้จากกล้องดิจิทัล
3. เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ช่วยในระบบรักษาความปลอดภัย สำหรับการตรวจหาผู้บุกรุก

## วิธีการที่นำเสนอ

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาระบบการชี้ตัวบุคคลด้วยเลเซอร์พอยเตอร์ โดยการเรียนรู้แบบเชิงลึก ระบบประกอบด้วยสองส่วน ส่วนแรกคือการใช้การเรียนรู้เชิงลึกตรวจจับตัวบุคคลเพื่อหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของตัวบุคคล ส่วนที่สองใช้ควบคุมการทำงานการชี้ตำแหน่งของเลเซอร์พอยเตอร์ไปยังตัวบุคคล โดยระบบนี้จะรับข้อมูลภาพจากกล้องดิจิทัลเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นในส่วนประกอบทั้งสองส่วน โดยส่วนแรกจะรับภาพจากกล้องดิจิทัลเข้ามาแล้วทำการตรวจจับตัวบุคคลจากภาพ หลังจากนั้นจะส่งตำแหน่งของตัวบุคคลไปยังส่วนที่สอง เพื่อทำการบังคับให้เลเซอร์พอยเตอร์ชี้ไปยังตัวบุคคล โดยรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบจะได้อธิบายในหัวข้อถัดไป

### 1. ระบบตรวจจับตัวบุคคล

ในระบบการตรวจจับตัวบุคคลโดยการเรียนรู้เชิงลึกของงานวิจัยนี้ ได้ใช้โมเดล SSD MobilenetV2 เพื่อตรวจหาบุคคลจากภาพที่ได้รับจากกล้องดิจิทัล เนื่องจากโมเดลถูกออกแบบมาให้สามารถนำไปใช้งาน Real Time บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น สมาร์ตโฟน หรืออุปกรณ์ Edge Computing เป็นต้น หลังจากสอนโครงข่ายประสาทเทียมของโมเดลนี้ตามขั้นตอนที่แสดงในโฟลชาดตั้ง Figure 1 จะได้ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ที่ใช้ตรวจสอบบุคคลเพียงอย่างเดียว โดยปกติค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้กันอยู่สามารถตรวจสอบวัตถุได้ 91 กลุ่ม งานวิจัยนี้ได้เลือกเฉพาะกลุ่มของ Person หลังจากได้ค่าถ่วงน้ำหนักแล้วจะนำมาใช้ตรวจสอบตัวบุคคลที่ปรากฏในภาพในกระบวนการต่อไป

สำหรับกระบวนการตรวจสอบบุคคลภายในภาพ ค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จากขั้นตอนที่ผ่านมาจะถูกนำไปใช้ในโครงข่ายประสาทเทียมโมเดล SSD MobilenetV2 โดยทำการรับภาพจากกล้องดิจิทัล จากนั้นนำภาพจากกล้องดิจิทัลมากำหนดเป็นอินพุตให้กับโครงข่ายประสาทเทียมที่มีการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักไว้เรียบร้อยแล้ว โครงข่ายประสาทเทียม

จะทำการตรวจสอบหาบุคคลภายในภาพ เมื่อปรากฏบุคคลเพียง 1 บุคคลภายในภาพ หากโครงข่ายประสาทเทียมตรวจพบ ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการนี้คือจุดศูนย์กลางและพื้นที่ของกรอบภาพบุคคลที่ตรวจพบ สำหรับกรณีที่มีจำนวนบุคคลมากกว่า 1 คนภายในภาพ ระบบจะเลือกเอาจุดศูนย์กลางภาพของบุคคลที่มีขนาดของพื้นที่มากที่สุด โดยกำหนดจุดศูนย์กลางของภาพบุคคลเป็น  $(x_c, y_c)$  โดย  $x_c$  คือ ตำแหน่งพิกเซลของภาพในแกนแนวนอน และ  $y_c$  คือ ตำแหน่งพิกเซลของภาพในแกนตั้ง สำหรับขั้นตอนการตรวจจับตัวบุคคลภายในภาพจะแสดงได้ดัง Figure 2

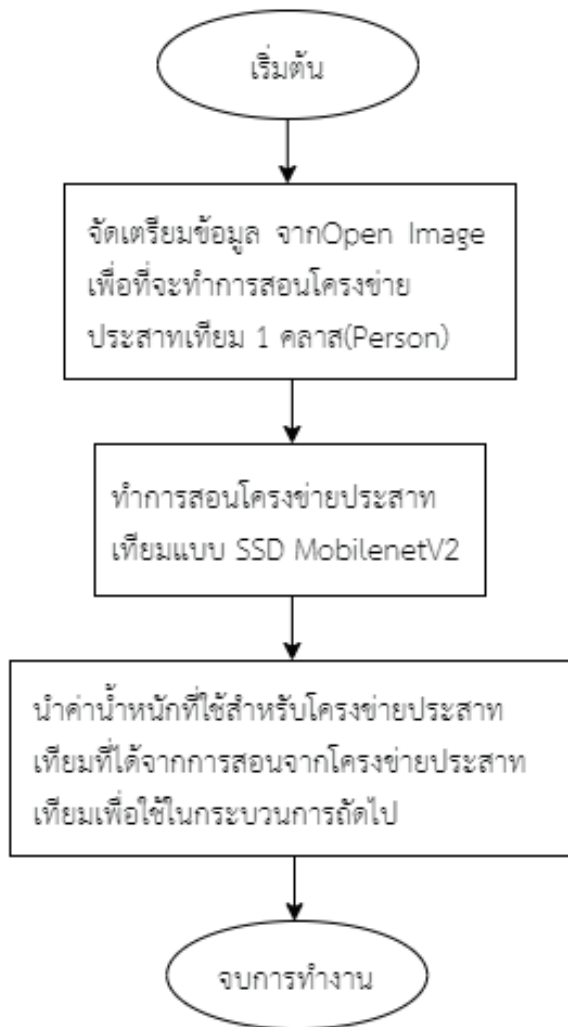


Figure 1 Teaching a Neural Network

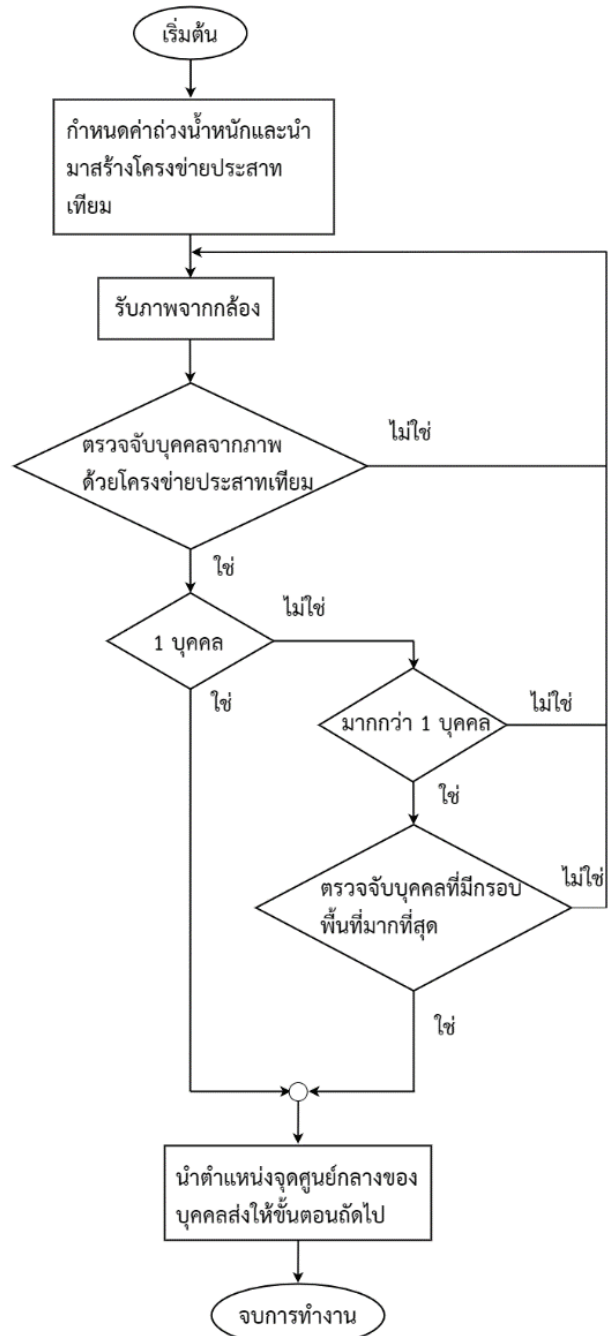


Figure 2 Personal Identification System

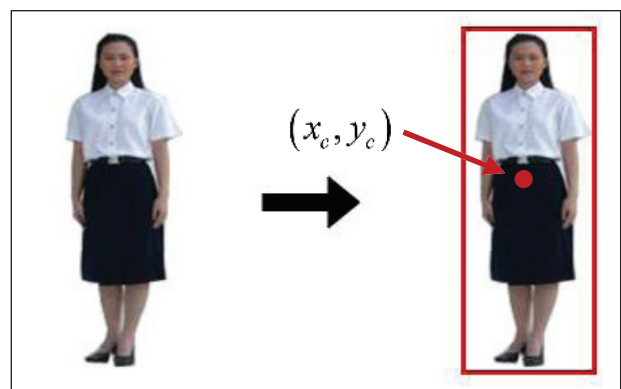


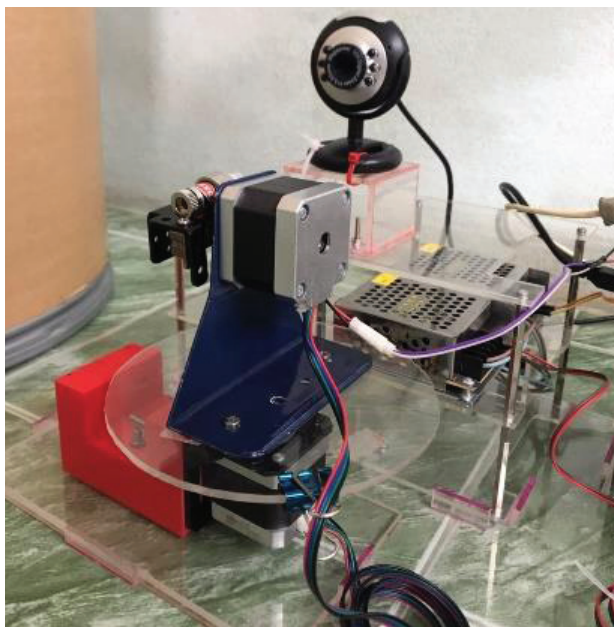
Figure 3 Person detection obtained from a digital camera

จาก Figure 3 เมื่อมีบุคคลปรากฏภายในภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัล ระบบการตรวจจับบุคคลจะทราบตำแหน่งจุดศูนย์กลาง ( $x_c, y_c$ ) และจะทำการสร้างกรอบรอบตัวบุคคลเพื่อบ่งบอกว่าส่วนที่ปรากฏภายในกรอบคือตัวบุคคล จุดศูนย์กลางที่ได้จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนของการควบคุมการชี้ตำแหน่งของเลเซอร์พอยเตอร์

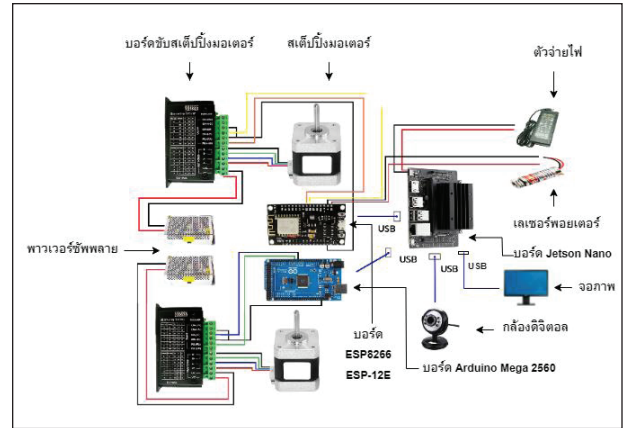
**2. การควบคุมการทำงานการชี้ตำแหน่งของเลเซอร์พอยเตอร์ไปยังตัวบุคคล**

ตำแหน่งของจุดศูนย์กลาง ที่ระบุตำแหน่งของบุคคลภายในภาพจากขั้นตอนที่ผ่านมา จะนำมาใช้ในการควบคุมการชี้ตำแหน่งของเลเซอร์พอยเตอร์ ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในขั้นตอนถัดไป สำหรับการชี้ตำแหน่งของเลเซอร์พอยเตอร์จะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

ประกอบด้วยสเต็ปปีงมอเตอร์สองตัว โดยตัวที่หนึ่งจะควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวแกนนอน (สเต็ปปีงมอเตอร์ตัวล่าง) และตัวที่สองจะควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวแกนตั้ง (สเต็ปปีงมอเตอร์ตัวบน) จาก Figure 4 สเต็ปปีงมอเตอร์ตัวล่างจะติดอยู่กับฐานเพื่อให้แผ่นจานหมุนให้เคลื่อนที่ในแนวแกนนอนได้ ส่วนสเต็ปปีงมอเตอร์ตัวบนจะติดกับขายึดสเต็ปปีงมอเตอร์เพื่อหมุนฐานของเลเซอร์พอยเตอร์ให้เคลื่อนที่ในแนวตั้ง เมื่อสเต็ปปีงมอเตอร์ทั้งสองตัวทำงานร่วมกัน จะทำให้เลเซอร์พอยเตอร์ชี้ไปยังตัวบุคคลที่เคลื่อนที่ผ่านด้านหน้ากล้องดิจิทัล ส่วนกล้องจะติดตั้งบริเวณด้านหลังของตัวเลเซอร์พอยเตอร์ โดยตัวกล้องจะไม่มีเคลื่อนที่ สำหรับรายละเอียดทางฮาร์ดแวร์จะแสดงในหัวข้อถัดไป



**Figure 4** The location of the device that makes the laser pointer point to a person



**Figure 5** Device and circuit connection

(1) รายละเอียดด้านฮาร์ดแวร์ อุปกรณ์ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย สเต็ปปีงมอเตอร์ เลเซอร์พอยเตอร์ บอร์ด Arduino Mega 2560 บอร์ด ESP8266 ESP-12E บอร์ด Jetson Nano บอร์ดขับสเต็ปปีงมอเตอร์ พาวเวอร์ซัพพลาย และกล้องดิจิทัล ในการเคลื่อนที่ในแนวแกนนอนของเลเซอร์พอยเตอร์จะอาศัยการเคลื่อนที่ของสเต็ปปีงมอเตอร์ผ่านบอร์ดขับสเต็ปปีงมอเตอร์ 1 ตัว โดยการส่งสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม (Square Wave) 1 ลูกคลื่นไปยังบอร์ดขับสเต็ปปีงมอเตอร์ ให้เคลื่อนที่ได้ 1 สเต็ป โดยสัญญาณพัลส์ควบคุมบอร์ดขับสเต็ปปีงมอเตอร์จะได้รับมาจากบอร์ดคอมพิวเตอร์ บอร์ด Jetson Nano จะควบคุมการทำงานของบอร์ดคอมพิวเตอร์โดยส่งคำสั่งผ่านทางพอร์ตอนุกรม สำหรับการเคลื่อนที่ของเลเซอร์พอยเตอร์ในแนวแกนตั้ง โดยใช้อุปกรณ์เหมือนกันแต่ต่างตรงที่จะใช้บอร์ด ESP8266 มาแทนบอร์ดคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์จะแสดงดัง Figure 5

(2) การควบคุมเลเซอร์พอยเตอร์การเคลื่อนที่สเต็ปปีงมอเตอร์จะสัมพันธ์กับจำนวนพิกเซลของภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัล โดยระยะการเคลื่อนที่ในแนวแกนตั้งจะสัมพันธ์กับจำนวนพิกเซลในแนวแกนตั้งของภาพ และระยะการเคลื่อนที่ในแนวแกนนอนจะสัมพันธ์กับจำนวนพิกเซลในแนวแกนนอนของภาพด้วย กำหนดให้  $h$  คือ จำนวนพิกเซลในแนวแกนตั้ง และ  $w$  คือ จำนวนพิกเซลในแนวแกนนอน ความสัมพันธ์ของจำนวนพัลส์ที่จะควบคุมให้สเต็ปปีงมอเตอร์ที่เคลื่อนที่ไปแต่ละสเต็ป โดยเคลื่อนที่จากตำแหน่งพิกเซลที่เลเซอร์พอยเตอร์ชี้อยู่ในปัจจุบัน ( $x_c, y_c$ ) ไปยังตำแหน่งของบุคคลที่ถูกตรวจจับได้ในภาพ ( $x_o, y_o$ ) สามารถแสดงได้ด้วยสมการที่ 1 และสมการที่ 3 โดยสามารถแยกพิจารณาในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้ง เมื่อพิจารณาในแนวแกนนอนสามารถหาระยะการเคลื่อนที่จากตำแหน่งปัจจุบันของเลเซอร์พอยเตอร์ ( $x_c$ ) ไปยังตำแหน่งในแนวแกนนอนของภาพบุคคลที่ตรวจจับได้ ( $x_o$ ) การคำนวณหาระยะห่างระหว่างพิกเซลในแนวแกนนอน ( $x_n$ ) สามารถแสดงได้ด้วยสมการที่ 1

$$x_n = x_c - x_o \tag{1}$$

เมื่อรู้ระยะทางในการเคลื่อนที่ในแนวแกนอน จากนั้นจะนำค่านี้ไปใช้คำนวณหาจำนวนพัลส์ที่ทำให้สเต็ปมอเตอร์เคลื่อนที่ไปในแนวแกนอน ดังสมการที่ 2 ถ้าค่า  $x_n < 0$  แสดงว่าสเต็ปมอเตอร์จะเคลื่อนที่ไปทางซ้าย ถ้าค่า  $x_n \geq 0$  แสดงว่าสเต็ปมอเตอร์จะเคลื่อนที่ไปทางขวา เมื่อได้ค่าระยะของฟีกเซล

$$N_x = \frac{P_x \times X_n}{w} \tag{2}$$

โดยกำหนดให้  $N_x$  คือจำนวนพัลส์ที่ควบคุมให้สเต็ปมอเตอร์หมุนตามตำแหน่งระยะของฟีกเซลที่ต้องการ  $P_x$  คือจำนวนพัลส์ที่ใช้เคลื่อนจากด้านซ้ายไปด้านขวาของภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัล  $X_n$  คือ ค่าระยะห่างระหว่างฟีกเซลทั้งสองในแนวแกนอน  $w$  คือ จำนวนฟีกเซลในแนวแกนอน

เมื่อพิจารณาในแนวแกนตั้งสามารถหาระยะการเคลื่อนที่จากตำแหน่งปัจจุบันของเซอร์พอยเตอร์ ไปยังตำแหน่งในแนวแกนตั้งของภาพบุคคลที่ตรวจจับได้ การคำนวณหาค่าระยะห่างระหว่างฟีกเซลในแนวแกนตั้ง สามารถแสดงได้ด้วยสมการที่ 3

$$y_n = y_c - y_o \tag{3}$$

เมื่อรู้ระยะทางในการเคลื่อนที่ในแนวแกนตั้ง จากนั้นจะนำค่านี้ไปใช้คำนวณหาจำนวนพัลส์ที่ทำให้สเต็ปมอเตอร์เคลื่อนที่ไปในแนวแกนตั้ง ดังสมการที่ 4 ถ้าค่า  $y_n < 0$  แสดงว่าสเต็ปมอเตอร์จะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน ถ้าค่า  $y_n \geq 0$  แสดงว่าสเต็ปมอเตอร์จะเคลื่อนที่ลงด้านล่าง เมื่อได้ค่าระยะของฟีกเซล

$$N_y = \frac{p_y \times y_n}{h} \tag{4}$$

โดยกำหนดให้  $N_y$  คือ จำนวนพัลส์ที่ควบคุมให้สเต็ปมอเตอร์หมุนตามระยะของฟีกเซลที่ต้องการ

$p_y$  คือ จำนวนพัลส์ที่ใช้เคลื่อนจากด้านบนไปด้านล่างของภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัล

$y_n$  คือ ค่าระยะห่างระหว่างฟีกเซลทั้งสองในแนวแกนตั้ง

$h$  คือ จำนวนฟีกเซลในแนวแกนตั้ง

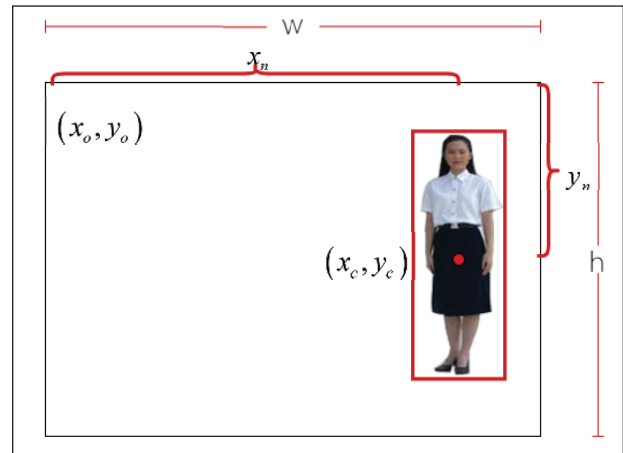


Figure 6 The pattern of detecting a person moving from left to right

จาก Figure 6 หน้าจอแสดงผลที่มีความกว้างเท่ากับ  $w$  ความสูงเท่ากับ  $h$  เมื่อตรวจจับบุคคลได้จากกล้องดิจิทัล จุดศูนย์กลางของบุคคลเท่ากับ  $(x_c, y_c)$  โดยตำแหน่งเลเซอร์พอยเตอร์  $(x_o, y_o)$  มีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของตัวบุคคลในแกนแนวนอนเท่ากับ  $x_n$  ฟีกเซล และในแนวแกนตั้งเท่ากับ  $y_n$  ฟีกเซล

หลังจากทำการควบคุมให้สเต็ปมอเตอร์บังคับให้เลเซอร์พอยเตอร์ชี้ไปยังตำแหน่งของบุคคลตามที่ต้องการแล้ว ในส่วนของอัลกอริทึมการทำงานจะนำเอาตำแหน่งของบุคคลที่ตรวจพบภายในภาพไปเป็นตำแหน่งของเลเซอร์พอยเตอร์ที่อยู่ในตำแหน่งปัจจุบัน  $(x_o, y_o) = (x_c, y_c)$  ดังแสดงใน Figure 7

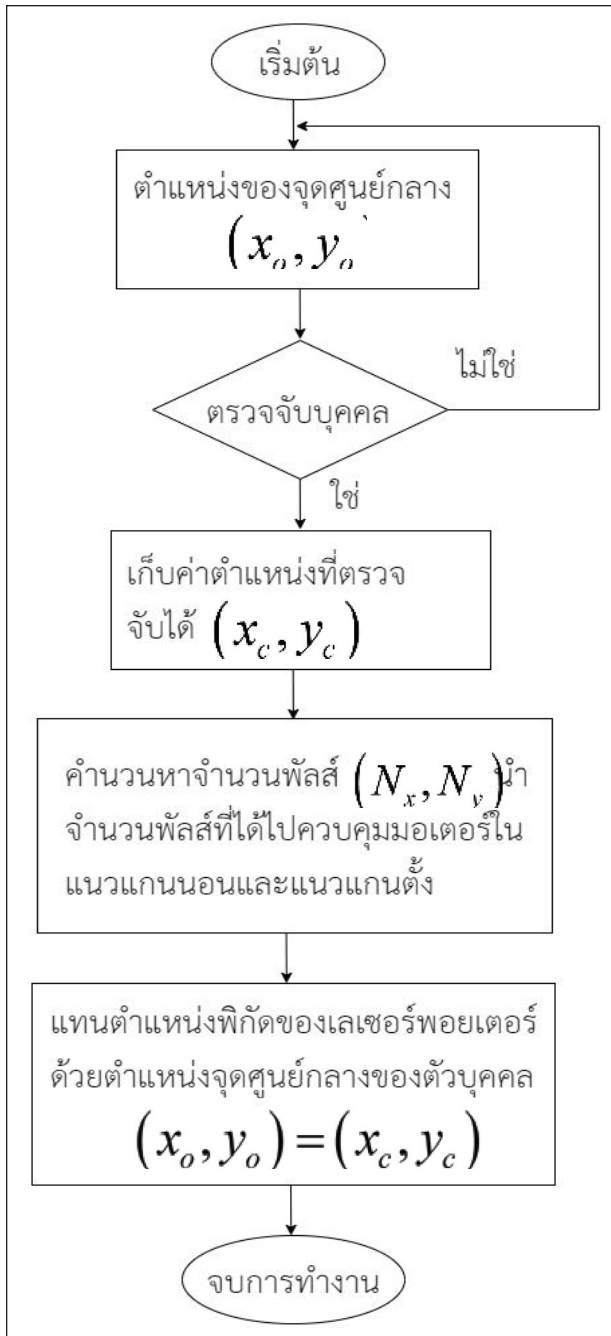


Figure 7 The representation of the coordinates of the laser pointer

### ผลการทดลอง

การทดลองระบบตรวจจับบุคคลด้วยเลเซอร์พอยเตอร์ ก่อนการทดลองของงานวิจัยนี้ จะต้องทำการปรับตำแหน่งของเลเซอร์พอยเตอร์ให้ชี้ไปตำแหน่งมุมบนด้านซ้ายของจอแสดงผลที่มีขนาด  $w \times h$  โดยการทดลองนี้กำหนด  $w = 640$  และ  $h = 480$  ดัง Figure 8 สำหรับจำนวนพัลส์ที่ใช้ควบคุมสเต็ปมิ่งมอเตอร์ให้เคลื่อนที่จากด้านซ้ายไปด้านขวา ( $p_x$ ) และจากด้านบนไปด้านล่าง ( $p_y$ ) ของภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัล โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 540 พัลส์ และ 350 พัลส์ ตามลำดับ

การกำหนดจำนวนพัลส์ให้เคลื่อนที่ในแต่ละแกนสามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนค่าจนได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละแกน (Trial and Error) ในการทดลองนี้จะกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของเลเซอร์พอยเตอร์  $(x_o, y_o)$  มีค่าเท่ากับ  $(0, 0)$  โดยจะทำการทดลองระบบตามสถานการณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้



Figure 8 The display screen

การตรวจจับบุคคล 1 บุคคลในภาพ เมื่อระบบมีการตรวจจับบุคคล เลเซอร์พอยเตอร์จะทำการชี้ไปยังตำแหน่งจุดศูนย์กลางของกรอบที่ล้อมรอบตัวบุคคล ดัง Figure 9 เมื่อบุคคลทำการเคลื่อนที่เลเซอร์พอยเตอร์ก็จะชี้ตามการตรวจจับของบุคคล ดัง Figure 10 และ 11

การตรวจจับบุคคล 2 บุคคลในภาพ เมื่อระบบมีการตรวจจับบุคคลได้ 2 บุคคล เลเซอร์พอยเตอร์จะทำการชี้ไปยังตำแหน่งจุดศูนย์กลางของกรอบที่ล้อมรอบตัวบุคคลของตัวบุคคลที่มีขนาดพื้นที่ที่กรอบล้อมรอบตัวที่มากที่สุด ดัง Figure 12, 13 และ 14

เมื่อระบบมีการตรวจจับบุคคลได้มากกว่า 2 บุคคล เลเซอร์พอยเตอร์จะทำการชี้ไปยังตำแหน่งจุดศูนย์กลางของกรอบที่ล้อมรอบบุคคลที่มีพื้นที่ที่กรอบล้อมรอบตัวที่มากที่สุด เช่นเดียวกับการตรวจจับบุคคล 2 บุคคลในภาพ ดัง Figure 15, 16 และ 17 และภาพรวมการทำงานของระบบ เมื่อระบบมีการตรวจจับบุคคล จะแสดงดัง Figure 18 และ 19

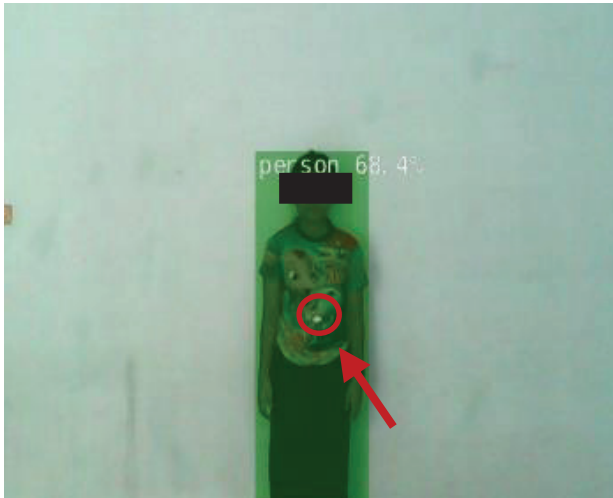


Figure 9 Results of the 1<sup>st</sup> experiment



Figure 12 Results of the 4<sup>th</sup> experiment



Figure 10 Results of the 2<sup>nd</sup> experiment



Figure 13 Results of the 5<sup>th</sup> experiment



Figure 11 Results of the 3<sup>rd</sup> experiment



Figure 14 Results of the 6<sup>th</sup> experiment





Figure 15 Results of the 7<sup>th</sup> experiment



Figure 18 Results of system



Figure 16 Results of the 8<sup>th</sup> experiment



Figure 19 Results of system



Figure 17 Results of the 9<sup>th</sup> experiment

ในการติดตั้งระบบต้องมีสภาพแวดล้อมที่มีปริมาณแสงที่พอดี เพื่อให้ระบบการตรวจจับบุคคลสามารถตรวจจับบุคคลได้ ถ้าแสงน้อยเกินไปหรือมากเกินไปจะทำให้ระบบไม่สามารถตรวจจับบุคคลได้ ดังแสดงใน Figure 20 และ 21

เมื่อระบบมีการตรวจจับบุคคลได้ 2 บุคคลในภาพ และบุคคลยืนซ้อนกัน ระบบการตรวจจับบุคคลจะทำการตรวจจับบุคคลได้ 2 บุคคลในภาพ และเลเซอร์พอยเตอร์จะชี้ไปยังตำแหน่งของตัวบุคคลที่มีพื้นที่ที่ครอบคลุมรอบตัวบุคคลที่มากที่สุด ดัง Figure 22 แต่ถ้าบุคคลยืนซ้อนกันมากเกินไประบบจะทำการตรวจจับได้เพียง 1 บุคคล ที่มีพื้นที่รวมกัน และเลเซอร์พอยเตอร์จะชี้ไปยังตำแหน่งจุดศูนย์กลางของกรอบที่ล้อมรอบตัวบุคคล ดัง Figure 23



Figure 20 The great amount of light



Figure 23 Detecting a person standing stacked with in an image that only one person can be detected by the system



Figure 21 Low light quantity

เมื่อระบบทำการตรวจจับบุคคลในภาพถ่ายด้านข้างของตัวบุคคล ระบบจะทำการตรวจจับบุคคลและเลเซอร์พอยเตอร์จะชี้ไปยังจุดศูนย์กลางของกรอบล้อมรอบตัวบุคคลที่ตรวจจับได้ ดัง Figure 24

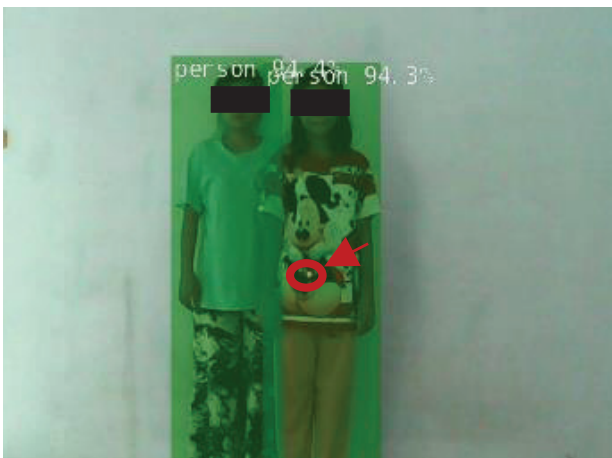


Figure 22 Detection of people standing stacked within the image



Figure 24 Side person detection

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองชี้ระบุเป้าหมาย โดยให้บุคคลที่ต้องการทำการตรวจสอบยืนอยู่ภายในกรอบของภาพ โดยจะทำการทดสอบ 3 ตำแหน่งในภาพ คือ บุคคลยืนที่ตำแหน่งทางด้านซ้าย กึ่งกลาง และด้านขวาของภาพ จากนั้นจึงทำการทดสอบระบบตรวจจับด้วยเลเซอร์พอยเตอร์ แบ่งเป็น 4 สถานการณ์ คือ มี 1 บุคคล 2 บุคคล 3 บุคคล และ 4 บุคคลในภาพ โดยทำการทดลองระบบทั้งหมด 20 ครั้ง ต่อ 1 สถานการณ์ จะได้ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดของระบบตรวจจับบุคคลด้วยเลเซอร์พอยเตอร์ ดัง Table 1 โดยสมการที่ 5 ที่ใช้คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน ในการทดลองแต่ละสถานการณ์

$$E = \sqrt{(x_c - x_p)^2 + (y_c - y_p)^2} \tag{5}$$

โดยกำหนดให้  $E$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของระบบตรวจจับบุคคลด้วยเลเซอร์พอยเตอร์

$x_c$  คือ ตำแหน่งพิกเซลในแนวแกนนอนของภาพบุคคลที่ตรวจจับได้

$x_p$  คือ ตำแหน่งพิกเซลในแนวแกนนอนที่เลเซอร์พอยเตอร์ชี้

$y_c$  คือ ตำแหน่งพิกเซลในแนวแกนตั้งของภาพบุคคลที่ตรวจจับได้

$y_p$  คือ ตำแหน่งพิกเซลในแนวแกนตั้งที่เลเซอร์พอยเตอร์ชี้

**Table 1** Error-values of the laser pointer detection system

Number of Persons	Position		
	Left	Center	Right
1	11.381	7.311	12.038
2	8.725	6.106	7.919
3	13.170	11.201	12.366
4	15.471	13.551	13.204

จาก Table 1 จะเห็นได้ว่า ตำแหน่งจุดกึ่งกลางของภาพมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด และจำนวนบุคคลที่มากขึ้นมีผลต่อระบบเช่นกัน และขึ้นอยู่กับการติดตั้งระบบก่อนการใช้งานที่สามารถทำให้ค่าความผิดพลาดลดลงได้

สำหรับการทดลองระบบตรวจจับบุคคลด้วยเลเซอร์พอยเตอร์ ที่ระบุตำแหน่งของบุคคลภายในภาพ โดยกำหนดตำแหน่งภายในภาพทั้งหมด 11 ตำแหน่ง ทำการทดลองระบบทั้งหมด 20 รอบ โดยตำแหน่งที่ 1 จะอยู่บริเวณทางซ้ายสุดของภาพ โดยเรียงลำดับจากซ้ายมือไปขวามือของภาพ 11 ตำแหน่ง โดยตำแหน่งสุดท้ายจะอยู่บริเวณขวาสุดของภาพ เพื่อหาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดในการตรวจจับบุคคลของแต่ละตำแหน่ง ผลการทดลองได้แสดงไว้ดัง Table 2

จาก Table 2 จะเห็นได้ว่าการเมื่อมีการเปลี่ยนตำแหน่งจากทางซ้ายไปทางขวาจะมีค่าความผิดพลาดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากการระบุตำแหน่งจุดเริ่มต้นของเลเซอร์ในด้านมุมซ้ายบน และอาจจะขึ้นอยู่กับการติดตั้งระบบก่อนการใช้งานที่ทำให้ค่าความผิดพลาดมีค่าเพิ่มขึ้น ตำแหน่งที่ 1 จะมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด คือ 7.22 พิกเซล และตำแหน่งที่ 10 จะมีความผิดพลาดมากที่สุด คือ 17.9 พิกเซล

**Table 2** Error-values of the laser pointer detection system are divided into 11 locations within the image.

Position of Persons	Error
1	7.217
2	8.084
3	7.412
4	7.296
5	9.125
6	15.979
7	14.215
8	17.053
9	17.726
10	17.975
11	17.072

จากผลการทดลองทั้งหมด พบว่าการระบุตำแหน่งของตัวบุคคลด้วยเลเซอร์พอยเตอร์สามารถทำงานได้ดีในบริเวณตรงกลางของภาพที่ได้จากกล้อง ในกรณีที่มีตรวจจับบุคคล 1 บุคคลในภาพที่วางอุปกรณ์ในระดับเดียวกับบุคคล และการระบุตำแหน่งของตัวบุคคลด้วยเลเซอร์พอยเตอร์ จะระบุตำแหน่งได้กึ่งกลางของกรอบล้อมรอบบุคคลจะขึ้นอยู่กับการปรับขอบเขตของการเคลื่อนที่ของตำแหน่งเลเซอร์พอยเตอร์ จะทำให้คลาดเคลื่อนน้อยลง

จากการทดลองปรับเปลี่ยนระยะทางระหว่างกล้องกับบุคคลเพื่อทำการตรวจจับบุคคล พบว่า เมื่อระบบทำการตรวจจับบุคคลที่มีระยะทางห่างจากกล้องมากกว่า 30 เมตร จะทำให้ระบบไม่สามารถทำการตรวจจับบุคคลได้ ดัง Figure 25 แต่จะสามารถตรวจจับบุคคลได้เมื่อระยะห่างจากกล้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 เมตร ดังแสดงใน Figure 26



**Figure 25** Undetectable distance



Figure 26 Detectable distance

ในการทดลองพบว่าสภาพแวดล้อมมีผลต่อการตรวจจับบุคคล เช่น ถ้าสีของพื้นหลังใกล้เคียงกับสีของตัวบุคคลที่เคลื่อนที่ผ่านกล้อง จะทำให้ระยะทางการตรวจจับที่ระบบสามารถทำการตรวจจับได้มีระยะทางน้อยลง ดัง Figure 27 และ 28



Figure 27 Undetectable distance

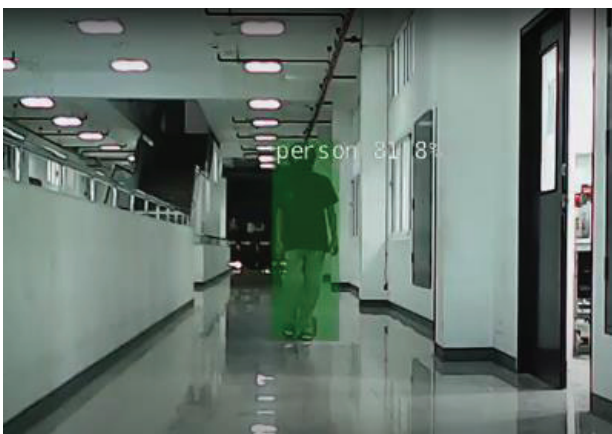


Figure 26 Detectable distance

## สรุปผล

สำหรับระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยระบุตำแหน่งของบุคคลที่ได้จากกล้องดิจิทัล แต่จะมีข้อผิดพลาดที่ไม่สามารถชี้เป้าได้ตรงตำแหน่งจุดศูนย์กลางของบุคคลที่ถูกต้องพบได้ เพราะมีข้อจำกัดหลายด้าน แต่ตำแหน่งที่ระบุได้ก็ยังอยู่ในกรอบของบุคคลที่ได้จากการใช้การเรียนรู้เชิงลึก ซึ่งปัญหาที่ปรากฏเมื่อมีการใช้งาน ได้แก่ ระบบจะมีการทำงานที่ช้าลงเมื่อมีเวลาในการทำงานเพิ่มมากขึ้น เพราะเกิดจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ที่ต้องใช้หน่วยความจำในการนำไปใช้ในการเรียนรู้เชิงลึก ปัญหาต่อมาเมื่อระยะห่างที่มากเกินไประหว่างอุปกรณ์กับบุคคลที่จะทำการตรวจจับ จะส่งผลให้การเรียนรู้เชิงลึกไม่สามารถตรวจจับบุคคลได้ และปัญหาสุดท้ายคือผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของแสงที่มากหรือน้อยเกินไป จะทำให้ไม่สามารถตรวจจับบุคคลได้

งานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อโดยการปรับปรุงการรับภาพจากกล้องให้ได้มุมมองกว้างมากขึ้น เพื่อเพิ่มขอบเขตการทำงานให้สามารถเพิ่มการตรวจจับของบุคคลให้ได้ 180 องศาหรือมากกว่า และปรับปรุงอัลกอริทึมของการเรียนรู้เชิงลึกให้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเดิม ในการนำมาใช้ประโยชน์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้าน การตรวจจับผู้บุกรุกเข้ามาในพื้นที่ ระบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ช่วยยามรักษาการในเรือนจำตรวจจับนักโทษที่อาจหลบหนีจากเรือนจำ โดยประยุกต์ใช้ไฟส่องแทนแลเซอร์พอยเตอร์ได้ และต้องมีการปรับเปลี่ยนใช้กล้องอินฟราเรด และมีการสอนให้ระบบการเรียนรู้แบบเชิงลึกเรียนรู้ภาพจากกล้องอินฟราเรดใหม่

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

## เอกสารอ้างอิง

- Abadi, M., Agarwal, A., Barham, P., Brevdo, E., Chen, Z., Citro, C., Corrado, G. S. (2015). Tensor flow: large-scale machine learning on heterogeneous systems. Retrieved from <https://www.tensorflow.org/>
- Chinpanthana, N. (2010). *Automatic counting objects system by using template matching with normalized correlation*. Dhurakij Pundit University. Retrieved from <http://libdoc.dpu.ac.th/research/138607.pdf>
- Chinpanthana, N., & Phiasai, T. (2017). Fast normalized cross correlation for real time automatic counting. *RMUTT Journal*.
- Girshick, R. (2015). *Fast R-CNN*.

- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
- Hongboonmee, N., & Jantawong, N. (2020). Apply of deep learning techniques to measure the sweetness level of watermelon via smartphone. *Journal of Information Science and Technology*, 10, 59-69. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JIST/article/download/240500/163974/>
- Howard, A. G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., Andreetto, M. (2017). *Mobilenets: efficient convolutional neural networks for mobile vision applications*.
- Inthanon, P., & Mungsing, S. (2020). The ability test of model the facial landmark detecting. *PKRU SciTech Journal*, 4. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/pkruscitech/article/download/240864/165536>
- Kajornrit, J., Chaipornkaew, P., & Chuan, N. T. M. (2017). An application of internet of things technology to control the illumination systems in smart home. *Journal of Information Science and Technology*, 7.
- Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C.-Y., & Berg, A. C. (2016). SSD: Single shot multiBox detector. *Lecture Notes in Computer Science*, 21-37. doi:10.1007/978-3-319-46448-0\_2
- Manokij, F. (2019). *Thailand's precipitation forecasting using deep learning approach*. Chulalongkorn University. <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/65135>
- Paszke, A., Gross, S., Massa, F., Lerer, A., Bradbury, J., Chanan, G., Killeen, T. (2019). PyTorch: an imperative style, high-performance deep learning library. *Advances in Neural Information Processing Systems* 32 (pp. 8024-8035). Curran Associates, Inc. Retrieved from <http://papers.neurips.cc/paper/9015-pytorch-an-imperative-style-high-performance-deep-learning-library.pdf>
- Pohtongkam, S., & Srinonchat, J. (2018). Object recognition for humanoid robot using tactile image processing and artificial neural network. *Naresuan University Engineering Journal*.
- Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., & Chen, L.-C. (2019). *MobileNetV2: inverted residuals and linear bottlenecks*.
- Saraphak, W., & Thaweewannakij, P. (2018). Real time GPS application with track team location. *Journal of Project in Computer Science and Information Technology*, 4. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/project-journal/article/download/153087/111611/>
- Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Shlens, J., & Wojna, Z. (2015). *Rethinking the inception architecture for computer vision*.
- Wongta, P. (2017). *Vision-based bus route number reader*. Chulalongkorn University. <http://doi.org/10.14457/CU.the.2017.574>
- Yongying, N. (2019). *A deep learning approach on road detection from unmanned aerial vehicle-based images in rural road monitoring*. Naresuan University. [http://www.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2562/geo\\_2562\\_05\\_FullPaper.pdf](http://www.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2562/geo_2562_05_FullPaper.pdf)

# การประเมินและเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมือง: กรณีศึกษา หาดใหญ่ เชียงใหม่ และอุบลราชธานี

## Assessment and comparison of urban flood vulnerability index: a case study of Hat Yai, Chiang Mai and Ubon Ratchathani

ณัชชา แซ่เจ็ญ<sup>1</sup>, นฐมนพรรณ สุวรรณชาติ<sup>1</sup>, ธนัท ชูอุปการ<sup>1,2</sup>, ธนิต เฉลิมยานนท์<sup>1,2</sup>

Nachaya Sae-jern<sup>1</sup>, Nathamonpan Suwanchatree<sup>1</sup>, Tanan Chub-uppakarn<sup>1,2</sup>, Tanit Chalermyanont<sup>1,2</sup>

Received: 13 December 2021 ; Revised: 7 February 2021 ; Accepted: 28 February 2022

### บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอความเปราะบางของเมืองต่ออุทกภัยโดยใช้ดัชนีชี้วัดความเปราะบาง ประกอบด้วยความเปราะบาง 4 บริบท ได้แก่ บริบทด้านสังคม บริบทด้านเศรษฐกิจ บริบทด้านสิ่งแวดล้อม และบริบทด้านกายภาพ ขั้นตอนการดำเนินการ ประกอบด้วย การคัดเลือกตัวแปร การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ตัวแปร การสร้างสมการและการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบาง เมื่อเปรียบเทียบความเปราะบางของเมืองต่อการเกิดอุทกภัยของ 3 เมือง ประกอบด้วย เมืองหาดใหญ่ เมืองเชียงใหม่ และเมืองอุบลราชธานี ผลการศึกษาพบว่า เมืองที่มีความเปราะบางต่อการเกิดอุทกภัยสูงสุดถึงต่ำสุดได้แก่ เมืองเชียงใหม่ เมืองหาดใหญ่ และเมืองอุบลราชธานี ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแยกตามบริบท เมืองเชียงใหม่ มีความเปราะบางสูงสุดในบริบทด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม เมืองหาดใหญ่ มีความเปราะบางสูงสุดในบริบทด้านเศรษฐกิจ และเมืองอุบลราชธานีมีความเปราะบางสูงสุดในบริบทด้านกายภาพ

**คำสำคัญ:** อุทกภัย ดัชนีชี้วัดความเปราะบาง เมืองหาดใหญ่ เมืองเชียงใหม่ เมืองอุบลราชธานี

### Abstract

This paper describes urban flood vulnerability using a vulnerability index which consists of four vulnerability issues encompassing social, economic, environmental and physical issues. The study was carried out by selecting variables affecting the flood vulnerability, collecting and analyzing corresponding data, developing equations for computing the flood vulnerability indices, and calculating the corresponding indices. Comparison of the flood vulnerability was made using data from three cities, namely, Hat Yai, Chiang Mai and Ubon Ratchathani. The results showed that the cities ranged from highest to lowest flood vulnerability were Chiang Mai, Hat Yai, and Ubon Ratchathani. In addition, Chiang Mai is considered to be the most vulnerable to social and environmental issues while Hat Yai is most vulnerable to the economic issues and Ubon Ratchathani is most vulnerable to the physical issue.

**Keywords:** Flood, Vulnerability index, Hat Yai, Chiang Mai, Ubon Ratchathani

<sup>1</sup> ศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

<sup>1</sup> Southern Natural Disaster Research Center, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand.

<sup>2</sup> Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand.

\* Corresponding author: Tanit Chalermyanont, Thailand. tanit246@gmail.com

## บทนำ

น้ำท่วมเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในหลายพื้นที่ ทุกภูมิภาคของประเทศไทย จากสถานการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยที่ผ่านมา ช่วงปลายปี พ.ศ.2553 เกิดอุทกภัยในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ต้นปี พ.ศ.2554 เกิดอุทกภัยในพื้นที่หลายจังหวัดของภาคใต้ และที่รุนแรงที่สุดในรอบ 50 ปี คือ อุทกภัยที่เกิดขึ้นในภาคกลางและกรุงเทพมหานคร ในช่วงปี 2554 เมื่อกล่าวโดยรวมแล้วอาจสรุปได้ว่าทุกภูมิภาคของประเทศไทยมีประสบการณ์ในการเกิดน้ำท่วม ผลกระทบจากน้ำท่วม ส่งผลโดยตรงแก่ ชีวิตผู้คน ทรัพย์สิน อาคารบ้านเรือน สิ่งปลูกสร้างและโครงสร้างพื้นฐาน การเกษตรและสัตว์เลี้ยง นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อ สภาวะทางธรรมชาติ สภาพทางมนุษยสังคม เช่น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านประชากรศาสตร์ ความเป็นอยู่ สุขภาพและโรคภัย การพัฒนา มนุษย์ และสภาพทางเศรษฐกิจและการเมือง (สัจจา บรรจงศิริ และคณะ, 2557)

การกำหนดแผนระยะยาวเพื่อลดผลกระทบจากอุทกภัยซ้ำซากในแต่ละพื้นที่จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ความเปราะบางต่ออุทกภัย เนื่องจากระดับความเปราะบางบอกถึงแนวโน้มที่ระบบต่างๆ ในพื้นที่ เช่น สังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และทางกายภาพ จะได้รับผลกระทบจากอุทกภัย ในการประเมินความเปราะบางต่อการได้รับผลกระทบจากอุทกภัยนั้น จะต้องพิจารณาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในหลายมิติ จึงนิยมใช้แนวทางการประเมินด้วยตัวชี้วัด เรียกว่า "ดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัย (Flood vulnerability index, FVI)" ซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มของตัวชี้วัดย่อยที่บ่งบอกระดับของการเปิดรับ ความอ่อนไหว และระดับของการรับมือและปรับตัวต่อการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ ซึ่งสามารถนำมาประเมินเป็นระดับของความเปราะบางในพื้นที่ได้ โดยในกลุ่มของตัวชี้วัดย่อยจะประกอบไปด้วยตัวแปรที่จะถูกกำหนดขึ้นตามปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบหรือบริบทของความเปราะบางนั้นๆ ผลที่ได้จากการประเมินด้วยดัชนีชี้วัดจะสามารถบอกถึงระดับความเปราะบางที่อาจมีความแตกต่างกันไปในแต่ละบริบท จึงสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารหน่วยงานราชการที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการจัดการปัญหาอุทกภัยในการกำหนดแผนยุทธศาสตร์ และแผนปฏิบัติการในเพื่อลดผลกระทบจากอุทกภัยในพื้นที่ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวชี้วัดความเปราะบาง รวมถึงประเมินและเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยในเขตเมืองขนาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ และเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความเปราะบางของการเกิดอุทกภัยอาจอธิบายได้ โดยการเทียบเคียงกับความเปราะบางของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC, 2007) ความเปราะบางของเมืองต่ออุทกภัย หมายถึง ระดับที่เมืองไม่สามารถรับมือต่อผลกระทบเชิงลบจากอุทกภัย ซึ่งเป็นผลจากภาพรวมของ การเปิดรับอุทกภัย ความอ่อนไหว และความสามารถในการปรับตัวของเมือง โดยการเปิดรับ (Exposure) หมายถึง ระดับที่เมืองได้เปิดรับต่อการเกิดอุทกภัย ความอ่อนไหว (Sensitivity) หมายถึง ระดับที่เมืองได้รับผลกระทบทั้งทางบวกและลบจากการเกิดอุทกภัย และความสามารถในการปรับตัว (Adaptation capacity) หมายถึง ความสามารถของเมืองที่ปรับตัวต่อการเกิดอุทกภัย ให้มีศักยภาพที่ทำให้เกิดความเสียหายลดลง ให้ความสำคัญเปรียบเทียบของโอกาสในการรับมือกับผลกระทบต่างๆ (IPCC, 2001)

การประเมินความเปราะบางโดยใช้ดัชนีมีการศึกษาวิจัยในหลายประเด็นในหลายประเทศ เช่น การศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัย (Flood Vulnerability Index ; FVI) ในประเทศโรมาเนีย เยอรมัน และกัมพูชา (Balica et al., 2009) การศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่อความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศ (Climate Vulnerability Index ; CVI) ในประเทศอินเดีย (Pandey & Jha, 2012) การศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางด้านการดำรงชีวิต (Livelihood Vulnerability Index ; LVI) ในประเทศโมซัมบิก (Hahn et al., 2009) การศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางด้านสังคม (Social Vulnerability Index ; SVI) ในประเทศจีน (Ge et al., 2013) และในประเทศแอฟริกา (Vincent, 2004) การศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางทางเศรษฐกิจสังคม Socioeconomic Vulnerability Index ; SeVI) ในประเทศบังคลาเทศ (Ahsan & Warner, 2014) สำหรับในประเทศไทย งานวิจัยที่ทำการศึกษาดัชนีการประเมินความเปราะบาง ได้แก่ การศึกษาดัชนีการประเมินความเปราะบางต่อความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศ (ชนิกานไพล์แท้ และคณะ, 2557) การศึกษาดัชนีความเปราะบางชายฝั่ง (กัทลี คุรุกุล และกาญจนา นาคะภากร, 2557) ศึกษาความเปราะบางทางสังคม (สุธี อนันต์สุขสมศรี และนิจ ดันดิศิริพันธ์, 2561) และศึกษาการประเมินความเปราะบางของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Dumrongdachsoption & Pumijumong, 2013) เป็นต้น

ตามหลักแนวคิดของ IPCC (2007) ดัชนีการประเมินความเปราะบาง ได้พิจารณาจาก 3 องค์ประกอบหลักๆ ได้แก่ การเปิดรับ (Exposure, E) ความอ่อนไหว (Sensitivity, S) และ ความสามารถในการรับมือ (Adaptive capacity, A) ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่นำ 3 องค์ประกอบนี้มาใช้ในการประเมินความเปราะบาง โดยแต่ละงานวิจัยจะมีแนวคิดและรูปแบบการ

คำนวณที่ต่างกันไปขึ้นอยู่กับประเด็นที่ศึกษา ได้แก่ งานวิจัยของ Balica *et al.* (2009) ศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัย (Flood Vulnerability Index ; FVI) ในประเทศโรมาเนีย เยอรมัน และกัมพูชา รวมถึง สูดา สุวรรณชาติ (2558) ได้ศึกษา FVI ของเมืองหาดใหญ่ ดั่งสมการที่ 1

$$FVI = \frac{E \times S}{A} \quad (1)$$

งานวิจัยของ Hahn *et al.* (2009) และ ชนิกา ไหล่แท้ และคณะ (2557) ทำการศึกษาการศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางด้านการดำรงชีวิต (Livelihood Vulnerability Index ; LVI) ในประเทศโมซัมบิก และประเทศไทยตามลำดับ ดั่งสมการที่ 2

$$LVI = (E-A) \times S \quad (2)$$

Pandey และ Jha (Pandey & Jha, 2012) ศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่อความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศ (Climate Vulnerability Index ; CVI) ในประเทศอินเดีย ดั่งสมการที่ 3

$$CVI = 1 + \left[ \left\{ \frac{N_1 E - N_2 A}{N_1 + N_2} \right\} \right] * \left\{ \frac{1}{S} \right\} \quad (3)$$

Ni = จำนวนองค์ประกอบย่อยขององค์ประกอบหลัก

Ahsan and Warner (2014) ศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางทางเศรษฐกิจสังคม (Socioeconomic Vulnerability Index ; SeVI) ในประเทศบังกลาเทศ ดั่งสมการที่ 4

$$SeVI = \frac{E+A+S}{3} \quad (4)$$

การพิจารณาองค์ประกอบย่อยหรือบริบทจะขึ้นอยู่กับประเด็นและพื้นที่ศึกษา จึงทำให้แต่ละงานวิจัยมีการพิจารณาที่ต่างกันไป เช่น การศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัย (FVI) (สมการที่ 1) องค์ประกอบย่อยที่ใช้ ได้แก่ ด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านกายภาพ (Balica *et al.*, 2009) งานวิจัยของ Connor and Hiroki (2005) ได้ศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้านกายภาพ ด้านสังคม-เศรษฐกิจ และ ด้านการลงทุน และงานวิจัยของ Sebald (2010) ศึกษาด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม ด้านระบบนิเวศ และด้านกายภาพ เป็นต้น

การให้น้ำหนักตัวแปรหรือตัวชี้วัด จากการทบทวนงานวิจัย พบว่าบางงานวิจัยให้น้ำหนักตัวแปรโดยการให้คะแนนความสำคัญของตัวแปร ก่อนนำมาคำนวณค่าความเปราะบาง (ชนิกา ไหล่แท้ และคณะ, 2557 ; Sebald, 2010 ; Saaty, 2008) และมีหลายงานวิจัยไม่ได้ทำการให้น้ำหนักตัวแปร หรือตัวชี้วัด แต่จะทำการปรับสเกลค่าตัวแปรและค่าองค์ประกอบย่อยให้ได้ค่าอยู่ในช่วง 0-1 หรือ Standardized Values ( $X_{\text{standardized}}$ ) ดั่งสมการที่ 5 เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ (Krishnamurthy *et al.*, 2014 ; Karmaoui *et al.*, 2016) หรือด้วย Minimum-Maximum Normalization ( $X_{\text{normalized}}$ ) ดั่งสมการที่ 6 (Balica *et al.*, 2009 ; กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2558)

$$X_{\text{standardized}} = \frac{X_{\text{value}}}{X_{\text{maximum}}} \quad (5)$$

$$X_{\text{normalized}} = \frac{(X_i - X_{\text{min}})}{(X_{\text{max}} - X_{\text{min}})} \quad (6)$$

## วิธีการดำเนินงาน

### พื้นที่ศึกษา

ในการศึกษารั้งนี้ ได้ศึกษาพื้นที่ทั้งหมด 3 พื้นที่ ได้แก่

1. พื้นที่เมืองหาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วย 4 เทศบาล ได้แก่ เทศบาลนครหาดใหญ่ เทศบาลเมืองคอ-หงส์ เทศบาลเมืองคลองแห และเทศบาลเมืองควนลัง (ขนาดพื้นที่ทั้งหมด 147.0 ตร.กม. พื้นที่น้ำท่วม 49.1 ตร.กม. และประชากร 289,750 คน) ลักษณะภูมิประเทศของเมืองหาดใหญ่ ซึ่งเป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงและยังเป็นบริเวณจุดบรรจบของลำน้ำสาขาหลายสายของกลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา ประกอบกับสภาพภูมิประเทศที่มีปริมาณฝนตกชุก และมีการพัฒนาพื้นที่อย่างรวดเร็วจนเป็นเมืองที่มีขนาดใหญ่ ผลจากการพัฒนาก่อให้เกิดสิ่งก่อสร้างกีดขวางทางระบายน้ำธรรมชาติและคลองต่างๆ ทำให้การไหลของน้ำลงสู่ทะเลสาบสงขลาไม่สะดวกและล่าช้า ตลอดจนสูญเสียพื้นที่เก็บกักน้ำบางส่วนที่ใช้ชะลอน้ำไว้ได้ทำให้มีปริมาณการไหลของน้ำสูงขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้เกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ดังเช่นในปี พ.ศ.2531 พ.ศ.2543 และ พ.ศ. 2553 เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินอย่างมากมาย (ทองเปลว กองจันทร์, 2554 ; ธนิต เฉลิมยานนท์ และคณะ, 2562)

2. พื้นที่เมืองเชียงใหม่ ในการศึกษารั้งนี้ประกอบด้วย 3 เทศบาลหลัก ได้แก่ เทศบาลนครเชียงใหม่ เทศบาลตำบลป่าแดด และเทศบาลตำบลหนองหอย (ขนาดพื้นที่ทั้งหมด 68.9 ตร.กม. พื้นที่น้ำท่วม 28.7 ตร.กม. และประชากร



154,744 คน) ภูมิประเทศของที่ตั้งเมืองเชียงใหม่ บ้านเรือนส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มริมแม่น้ำปิง อันเป็นบริเวณที่น้ำท่วมถึง บริเวณที่ราบริมแม่น้ำปิงนอกจากจะมีน้ำท่วมเป็นประจำในฤดูน้ำหลากของฤดูฝนแล้วบริเวณที่ราบริมฝั่งเหล่านี้ยังเป็นหนองน้ำในระยะที่ไม่ห่างจากฝั่งแม่น้ำอยู่เป็นจำนวนมากที่ช่วยซับและอุ้มน้ำไว้ เมื่อปริมาณฝนที่ตกในปริมาณมากและนานติดต่อกันหลายวัน จึงทำให้เขตเมืองเชียงใหม่และพื้นที่อำเภอรอบนอก โดยในปี พ.ศ.2548 เกิดอุทกภัยขึ้นถึง 4 ครั้ง (สมนึก ชัชวาลย์, 2548)

3. พื้นที่เมืองอุบลราชธานี ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 3 เทศบาล ได้แก่ เทศบาลนครอุบลราชธานี เทศบาลเมืองแจระแม และเทศบาลเมืองวารินชำราบ (ขนาดพื้นที่ทั้งหมด 91.9 ตร.กม. พื้นที่น้ำท่วม 31 ตร.กม. และประชากร 118,557 คน) ลักษณะภูมิประเทศของเมืองอุบลราชธานี อำเภอเมืองอุบลราชธานีตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของจังหวัดเป็นที่ราบสูงลาดเอียงไปทางตะวันออกมีแม่น้ำโขง แม่น้ำมูลซึ่งไหลผ่านกลางจังหวัด จากทิศตะวันตกมายังทิศตะวันออกแล้วไหลลงสู่แม่น้ำ (สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดอุบลราชธานี, 2564) เมื่อปริมาณน้ำจากพื้นที่เหนือน้ำมูล น้ำชี และลำน้ำสาขาไหลลงมารวมกันก่อนไหลผ่านลำน้ำมูลในพื้นที่อำเภอเมืองอุบลราชธานี และอำเภวารินชำราบ ซึ่งมีพื้นที่จำกัดของการระบายน้ำ และมีลักษณะเป็นคอขวดและท้องน้ำมีความลาดชันน้อยมาก จึงเป็นอุปสรรคขัดขวางการระบายน้ำซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดน้ำท่วม (กาญจนา ทองทั่ว และคณะ, 2555) เช่น การเกิดน้ำท่วมในช่วงเดือนกันยายน ปี พ.ศ.2562

### ขั้นตอนการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการวิจัยโดยมี 4 ขั้นตอน และมีรายละเอียดต่อไปนี้

#### 1) การคัดเลือก จัดกลุ่ม และวิเคราะห์ตัวแปร

การคัดเลือก และวิเคราะห์ตัวแปร ในเบื้องต้นได้คัดเลือกตัวแปรจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ศึกษา และแหล่งข้อมูลที่สามารถค้นหา/รวบรวมได้ รวมถึงการเพิ่มเติมตัวแปรอื่นๆ ที่คาดว่าจะมีความเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงในบริบทต่างๆ 4 บริบท ได้แก่ สังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และกายภาพ จากนั้นได้นำตัวแปรที่คัดเลือกไว้มาเสนอในที่ประชุมเชิงปฏิบัติการ การสัมภาษณ์ และการแสดงความคิดเห็นผ่านแบบสอบถามและคำถามปลายเปิด เพื่อให้ทราบถึงความเหมาะสมของตัวแปร ในช่วงเดือน พฤษภาคม ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2563 โดยผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงโดยต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ด้านข้อมูลเชิงพื้นที่ของพื้นที่ศึกษา และประชาชนที่ประสบอุทกภัยมาก่อนซึ่งรวม 3 กลุ่ม ได้แก่ เจ้าหน้าที่ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นักวิชาการ และประชาชนในพื้นที่ศึกษา โดยมีจำนวนกลุ่ม

ตัวอย่างรวม 227 ตัวอย่าง ดังนี้ 1) เมืองหาดใหญ่ จำนวน 75 ตัวอย่าง 2) เมืองเชียงใหม่ จำนวน 78 ตัวอย่าง และ 3) เมืองอุบลราชธานี จำนวน 74 ตัวอย่าง

#### 2) การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลตัวแปรที่ใช้สำหรับการประกอบการวิเคราะห์การประเมินความเสี่ยงต่ออุทกภัยของงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลทุติยภูมิ และข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคม - ตุลาคม 2563 ดังนี้

2.1) ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ แล้วแปลงเป็นข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่ออุทกภัย

2.2) ข้อมูลทุติยภูมิ เป็นการรวบรวมข้อมูลโดยการสืบค้นข้อมูลออนไลน์ และการขออนุญาตข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

#### 3) การสร้างสมการและการคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงต่ออุทกภัย

การสร้างสมการเพื่อคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงต่ออุทกภัยของเมืองในการศึกษานี้ ได้ดัดแปลงจากสมการของ Balica et al. (2009) ดังสมการที่ 1 ตามความเหมาะสมของบริบทในพื้นที่ และตามตัวแปรที่ได้คัดเลือกจากความคิดเห็นในที่ประชุมเชิงปฏิบัติการ การสัมภาษณ์และจากแบบสอบถาม โดยเลือกศึกษา 4 บริบท ได้แก่ สังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และกายภาพ ซึ่งสมการแต่ละบริบทจะมีความแตกต่างกัน และอาจมีตัวแปรที่ใช้ร่วมกันในแต่ละบริบทได้

#### 4) การประเมินและเปรียบเทียบความเสี่ยงต่ออุทกภัยของพื้นที่ศึกษา

การประเมินและเปรียบเทียบความเสี่ยงต่ออุทกภัยของพื้นที่ศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

4.1) นำข้อมูลตัวแปรของพื้นที่ทั้ง 3 มาทำการคำนวณความเสี่ยงต่ออุทกภัยในสมการที่ได้สร้างไว้ซึ่งแบ่งเป็น 4 บริบท ได้แก่ สังคม ( $FVI_S$ ) เศรษฐกิจ ( $FVI_{Ec}$ ) สิ่งแวดล้อม ( $FVI_{En}$ ) และกายภาพ ( $FVI_{Ph}$ ) (กล่าวถึงต่อไปในหัวข้อการสร้างสมการและการคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงต่ออุทกภัย)

4.2) นำค่าความเสี่ยงของแต่ละบริบทมาคำนวณค่า Standardized Values ( $X_{standardized}$ ) โดยใช้สมการที่ 5 ให้ได้ค่าอยู่ในช่วง 0-1 เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ง่ายทั้ง 3 เมือง

4.3) คำนวณค่าความเสี่ยงรวม (Total FVI,  $FVI_t$ ) ของเมือง จากค่าความเสี่ยงทั้ง 4 บริบท (สมการที่ 7) โดย subscript "st" ในสมการที่ 7 หมายถึงค่า FVI ที่ทำการ standardized แล้ว

$$FVI_t = FVI_{Sst} + FVI_{Ecst} + FVI_{Enst} + FVI_{Phst} \quad (7)$$

4.4) เปรียบเทียบค่าความเปราะบางรวมของ  
ทั้ง 3 เมือง

**ผลการประเมินและการเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดความ  
เปราะบางต่อการเกิดอุทกภัยของพื้นที่ศึกษา**

**1. ผลการคัดเลือกตัวแปร**

การคัดเลือกตัวแปรที่ใช้ประเมินดัชนีความเปราะบาง  
ในงานวิจัยนี้ได้ดัดแปลงจากตัวแปรของ Balica *et al.* (2009)  
โดยพิจารณาให้เข้ากับบริบทของประเทศไทยร่วมกับความ  
เห็นจากการสัมภาษณ์บุคคลทั้ง 3 กลุ่ม รวมถึงพิจารณาถึง  
ความพร้อมของข้อมูลตัวแปรที่สามารถเข้าถึงได้จากหน่วย  
งานต่างๆ โดยพบว่าตัวแปรที่เหมาะสมในการประเมินความ  
เปราะบางต่ออุทกภัยมีทั้งหมด 37 ตัวแปร ซึ่งประกอบด้วย  
บริบทด้านสังคมจำนวน 14 ตัวแปร เช่น ความหนาแน่นของ  
ประชาชนในพื้นที่ศึกษา สัดส่วนของพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่  
ศึกษา ความพร้อมในการรับมือเมื่อประสบภัย เป็นต้น บริบท  
ด้านเศรษฐกิจจำนวน 10 ตัวแปร เช่น ร้อยละของประชากร  
ที่ว่างงาน ความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจ/รายได้ สัดส่วนราย  
ได้ของประชาชนในพื้นที่ศึกษาต่อรายได้ของประเทศ เป็นต้น  
บริบทด้านสิ่งแวดล้อมจำนวน 6 ตัวแปร เช่น สัดส่วนของขยะ  
มูลฝอยชุมชนในพื้นที่ศึกษาที่ไม่ถูกนำไปกำจัด ร้อยละของ  
พื้นที่สีเขียวในพื้นที่ศึกษา มลภาวะทางอากาศในพื้นที่ศึกษา  
 เป็นต้น และบริบทด้านกายภาพจำนวน 7 ตัวแปร เช่น ความ  
ลาดชันโดยเฉลี่ยของภูมิประเทศ ความถี่ในการเกิดน้ำท่วม  
 เป็นต้น ตัวแปรเหล่านี้สามารถจัดกลุ่มตามองค์ประกอบหลัก  
เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) การเปิดรับต่อผลกระทบ (E) ประกอบ  
ด้วย 6 ตัวชี้วัด 2) ความอ่อนไหวต่อผลกระทบ (S) ประกอบ  
ด้วย 10 ตัวชี้วัด และ 3) ความสามารถในการปรับตัว (A)  
ประกอบด้วย 21 ตัวแปร

**2. ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์  
ตัวแปร**

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการประกอบการวิเคราะห์การ  
ประเมินความเปราะบางของงานวิจัยนี้ แบ่งเป็น 2 ประเภท  
ได้แก่ 1) ข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งได้จากการรวบรวมข้อมูลโดยการ  
สืบค้นข้อมูลออนไลน์ 2) ข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งได้จากแบบสอบถาม  
โดยรายละเอียดตัวแปรดัชนีวัดความเปราะบางต่ออุทกภัยใน  
บริบทด้านสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และกายภาพได้แสดง  
ไว้ใน Tables 2-5 ตามลำดับ สำหรับข้อมูลจากการสัมภาษณ์  
ได้นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถาม

**3. ผลการสร้างสมการและการคำนวณค่าดัชนี  
ความเปราะบางต่ออุทกภัย**

การสร้างสมการและคำนวณค่าดัชนีเพื่อประเมินดัชนี  
ชี้วัดความเปราะบางของการเกิดอุทกภัยของเมืองหาดใหญ่ 4  
บริบท ได้แก่ บริบทด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ ด้านสิ่งแวดล้อม  
และด้านกายภาพ โดยแต่ละด้านจะมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ  
การเกิดน้ำท่วมที่แตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวใช้เป็นตัวแปร  
(Tables 2-5) ในการคำนวณหาค่าดัชนีชี้วัด ฯ ดัง Table 1

**Table 1** Flood vulnerability index equations

Issue	Variable	Equation
Social	14	$FVI_s = \frac{P_d \times F_a \times C_h \times P_g \times Y_e}{P \times A \times S \times A_p \times U_p \times E_s \times W_s \times E_r \times I_c}$ (8)
Economy	10	$FVI_{Ec} = \frac{U_m \times I E_q \times R_t \times RO_m \times H_{ot}}{I \times U_p \times A_q \times P \times D_n}$ (9)
Environment	6	$FVI_{En} = \frac{A_q \times S_w}{G_a \times U_p \times W_q \times S_{wp}}$ (10)
Physical	7	$FVI_{Ph} = \frac{T \times R \times F_o \times RO_m}{Bc \times D_L \times D_n}$ (11)

**4. ผลการประเมินและเปรียบเทียบความ  
เปราะบางต่ออุทกภัยของเมือง**

ผลการประเมินความเปราะบางต่ออุทกภัยของ  
เมืองทั้ง 3 เมือง โดยใช้สมการที่ 8-11 พบว่า ค่าดัชนีชี้วัด  
ความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองหาดใหญ่ บริบทด้าน  
สังคม ( $FVI_s$ ) มีค่าดัชนีความเปราะบางต่ออุทกภัยเท่ากับ  
49.67 บริบทด้านเศรษฐกิจ ( $FVI_{Ec}$ ) เท่ากับ 1.16 บริบทด้าน  
สิ่งแวดล้อม ( $FVI_{En}$ ) เท่ากับ 0.20 และบริบทด้านกายภาพ  
( $FVI_{Ph}$ ) เท่ากับ 0.12 (Figure 1) ซึ่งเห็นได้ว่าบริบทด้านสังคม  
มีความเปราะบางสูง เนื่องจากเมืองหาดใหญ่มีประชากรมาก  
เมื่อเทียบกับความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานเมื่อประสบภัย  
และการบริการช่วยเหลือฉุกเฉินแก่ประชาชนอาจยังไม่เพียงพอต่อจำนวนประชากร สำหรับบริบทด้านกายภาพ พบว่า  
มีความเปราะบางน้อย เนื่องจากลำน้ำสายหลักในเมือง  
หาดใหญ่มีคันกั้นน้ำตลอดแนวตลิ่งร้อยละ 86.87 และเมื่อเกิด  
น้ำท่วมโครงสร้างพื้นฐานสามารถกลับมาใช้งานได้ตามปกติ  
ในระยะเวลาอันสั้น

**Table 2** City Flood Vulnerability Index Variables (Social Issue)

Issue	Abb.	Name	Units	Equation/ Definition/ Source	Factor*	Variable value		
						Hat Yai	Chiang Mai	Ubon.
Social Variables that increase Vulnerability	Pd	Density of Population density	people/ km <sup>2</sup>	(Total population in the study area) / (Study area), Source: <a href="http://statbbi.nso.go.th">http://statbbi.nso.go.th</a>	E	1970.95	2246.54	1289.50
	Fa	Flood area ratio	-	(Flood Area) / (Study area)	E	0.33	0.42	0.34
Social Variables that increase Vulnerability	Ch	Cultural heritage percentage	%	(Number of temples in the flood area) / (Total number of temples in the area) × 100 , Source : <a href="http://www.onab.go.th">http://www.onab.go.th</a>	S	4.34	12.63	8.54
	Pg	Population growth	%	Average growth of population in urban areas in the last 10 years , Source : <a href="http://statbbi.nso.go.th">http://statbbi.nso.go.th</a>	S	4.21	-1.65	1.60
	Ye	Percentage of children and elderly people	-	(Number of elderly and children in the area) / (Total population in the area) , Source : <a href="http://statbbi.nso.go.th">http://statbbi.nso.go.th</a>	S	0.33	0.31	0.33
Social Variables that reduce Vulnerability	P	Preparedness status	-	Interviewing	A	0.71	0.74	0.76
	A	Awareness	-	Interviewing	A	0.67	0.66	0.70
	S	Shelter Capacity	peopl	(Shelters Capacity) / (municipal e/km2 area)	A	121.90	94.37	30.45
	Ai	Infrastructure preparedness	-	Interviewing	A	0.66	0.67	0.78
	Up	Urban Planning enforcement	-	Interviewing	A	1.00	0.74	0.76
	Es	Floodresponse capability	-	Interviewing	A	0.40	0.78	0.76
	Ws	Flood warning system	-	Interviewing	A	0.87	0.82	0.90
	E <sub>R</sub>	Evacuation routes	-	Good evacuation routes management = 3 Fair evacuation routes management = 2 No evacuation routes management =1	A	3	2	3
I <sub>C</sub>	Reliability of local government	-	very reliable = 3 moderately reliable =2 less reliable =1 not reliable =0	A	2	3	3	

**Table 3** City Flood Vulnerability Index Variables (Economy Issue)

Issue	Abb.	Name	Units	Equation/ Definition/ Source	Factor*	Variable value		
						Hat Yai	Chiang Mai	Ubon.
Economy Variables that increase Vulnerability	Um	Unemployment	%	(Number of people Unemployed) / (Total people in working age), Source: <a href="http://statbbi.nso.go.th">http://statbbi.nso.go.th</a>	S	0.80	1.10	0.60
	IEq	Economic Inequality/ Income	-	Gini Coefficient for wealth (inequality between 0 and 1)	S	0.47	0.42	0.45
	Rt	Recovery time	-	Recovery time less than 2 weeks = 1, 2-4 weeks = 2, more than 4 weeks = 3	S	2	1	2
	RO <sub>m</sub>	Maximum runoff of main river	m <sup>3</sup> /s	Source: <a href="http://water.rid.go.th/hydrology/">http://water.rid.go.th/hydrology/</a>	E	1623.50	822.41	5134.00
	H <sub>ot</sub>	Hotel	-	Interviewing	E	0.78	0.07	0.04
Economy Variables that reduce Vulnerability	I	Province and national income ratio	-	(Gross provincial product)/(Gross country product)x100, Source: <a href="https://www.nesdc.go.th">https://www.nesdc.go.th</a>	A	1.93	1.51	0.76
	Up	Urban planning enforcement	-	Interviewing	A	1.00	0.74	0.76
	Ai	Infrastructure availability	m <sup>3</sup> /s	Interviewing	A	0.66	0.67	0.78
	Dn	Drainage capacity	-	Source: <a href="http://water.rid.go.th/hydrology/">http://water.rid.go.th/hydrology/</a>	A	910	445	2300
	P	Disaster preparedness	-	Interviewing	A	0.71	0.74	0.76

**Table 4** City Flood Vulnerability Index Variables (Environment Issue)

Issue	Abb.	Name	Units	Equations/ Definition/ Source	Factor*	Variable value		
						Hat Yai	Chiang Mai	Ubon.
Environment Variables that increase Vulnerability	Aq	Air quality	-	5 Air quality data include SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , Source: <a href="http://air4thai.pcd.go.th/">http://air4thai.pcd.go.th/</a>	S	11.35	17.90	18.49
	Sw	Unmanaged solid waste	-	(Amount of waste not taken into the disposal system (tons/day)) / (total amount of waste generated (tons/day))	S	0.32	0.86	0.70
Environment Variables that reduce Vulnerability	Ga	Green area	%	Data from the local government organizations	A	36.70	10.69	23.11
	Up	Urban planning enforcement	-	Interviewing	A	1.00	0.74	0.76
	Wq	Water quality	-	Water quality index ; Good water quality = 1.00 Very deteriorated water quality = 0.25	A	0.50	0.75	0.50
	Swp	Solid waste management after flood	-	Waste management plan available= 1 No waste management plan = 0	A	1	1	1

**Table 5** City Flood Vulnerability Index Variables (Physical Issue)

Issue	Abb.	Name	Units	Equations/ Definition/ source	Factor*	Variable value		
						Hat Yai	Chiang Mai	Ubon.
Physical Variables that increase Vulnerability	T	Topography	%	Interviewing/ Topographic map	S	5.20	10.00	3.00
	Fo	Frequency of flood event	-	(number of floods) / (years considered)	E	0.30	0.19	0.38
	Ro <sub>m</sub>	Maximum runoff of main river	m <sup>3</sup> /s	Source: <a href="http://water.rid.go.th/hydrology/">http://water.rid.go.th/hydrology/</a>	E	1624	822	5134
	R	Infrastructure recovery time	day	Interviewing	S	3.62	2.35	13.06
Physical Variables that reduce Vulnerability	Bc	Building code availability for flooding preparedness	-	building control standard available = 1 No building control standard = 0	A	1	1	1
	D <sub>L</sub>	Dikes/ levees length per river length	%	(Length of dikes or levees)/ (total length of river)	A	86.87	42.86	31.25
	Dn	Drainage capacity	m <sup>3</sup> /s	Source: <a href="http://water.rid.go.th/hydrology/">http://water.rid.go.th/hydrology/</a>	A	910	445	2300

**Note:** \* E = Exposure, S = Sensitivity, A = Adaptive capacity

ค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองเชียงใหม่ พบว่า ค่าดัชนีความเปราะบางต่ออุทกภัยบริบทด้านสังคมเท่ากับ 67.93 บริบทด้านเศรษฐกิจเท่ากับ 0.11 บริบทด้านสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 2.60 และบริบทด้านกายภาพเท่ากับ 0.20 (ดัง Figure 1) ซึ่งเห็นได้ว่าบริบทด้านสังคม มีความเปราะบางสูง เนื่องจากเมืองเชียงใหม่มีความหนาแน่นของประชากรมาก และเป็นศูนย์กลางวัฒนธรรมล้านนาของภาคเหนือ เมื่อเปรียบเทียบกับความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานเมื่อประสบภัย รวมถึงประชากรอาจจะยังไม่ได้ตระหนักถึงผลกระทบจากอุทกภัยมากนัก

ค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองอุบลราชธานี พบว่า บริบทด้านสังคมมีค่าดัชนีความเปราะบางต่ออุทกภัยเท่ากับ 9.02 บริบทด้านเศรษฐกิจเท่ากับ 0.16 บริบทด้านสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 1.48 และบริบทด้านกายภาพเท่ากับ 1.05 (Figure 1) ซึ่งพบว่าบริบทด้านสังคม มีความเปราะบางสูงเช่นเดียวกับเมืองหาดใหญ่และเมืองเชียงใหม่ สาเหตุก็เช่นเดียวกับทั้ง 2 เมือง คือการมีความหนาแน่นของประชากรมากในพื้นที่เมืองเมื่อเทียบกับความพร้อมในการรับมือด้านต่างๆ อาจจะไม่เพียงพอ และเห็นได้ว่าบริบท

ด้านเศรษฐกิจ มีความเปราะบางน้อย อาจเนื่องจากเมืองอุบลราชธานี ไม่ได้พึ่งพาการท่องเที่ยวมากนักเมื่อเทียบกับเมืองหาดใหญ่และเมืองเชียงใหม่

นอกจากนั้นผลการศึกษาพบว่า มีบางตัวแปรที่มีผลต่อค่าความเปราะบางอย่างมาก กล่าวคือเมื่อตัวแปรมีค่าเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อยทำให้ค่าความเปราะบางเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญ ตัวแปรที่มีผลทำให้ค่าความเปราะบางสูงดังกล่าวในบริบทด้านสังคม ได้แก่ ความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ศึกษา ( $P_d$ ) ร้อยละของพื้นที่ที่มีคุณค่าทางวัฒนธรรมในพื้นที่ศึกษา ( $C_n$ ) ความสามารถของศูนย์อพยพที่มีอยู่ในปัจจุบัน (S) บริบทด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ การเตรียมความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานเมื่อประสบภัย ( $A_p$ ) ร้อยละของจำนวนโรงแรมที่อยู่ในเขตที่คาดว่าจะท่วมถึง ( $H_u$ ) บริบทด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ร้อยละของขยะมูลฝอยชุมชนในพื้นที่ศึกษาที่ไม่ถูกนำไปกำจัด ( $S_w$ ) ร้อยละของพื้นที่สีเขียวในพื้นที่ศึกษา ( $G_p$ ) บริบทด้านกายภาพ ได้แก่ ความลาดชันโดยเฉลี่ยของภูมิประเทศ (T) ความถี่ในการเกิดน้ำท่วม ( $F_o$ )

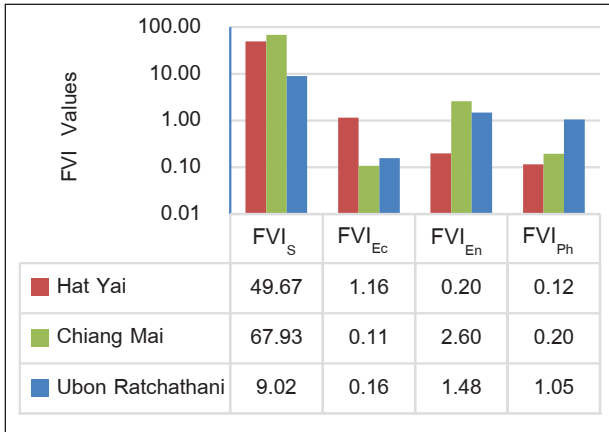


Figure 1 Flood Vulnerability Index

การเปรียบเทียบความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองทั้ง 3 เมือง นำเสนอในรูปแบบ Standardized FVI (FVI<sub>St</sub>) (Figure 2) พบว่า เมืองเชียงใหม่มีค่าความเปราะบางมากกว่าเมืองอื่น (FVI<sub>S</sub> = 67.93, FVI<sub>SSt</sub> = 1) เนื่องจากเมืองเชียงใหม่มีความหนาแน่นของประชากรมากที่สุด และเป็นศูนย์กลางวัฒนธรรมล้านนาของภาคเหนือ และมีสถานที่สำคัญทางศาสนากระจายอยู่ทั่วพื้นที่ เช่น วัด ศาลเจ้า โบราณสถาน ซึ่งมากกว่าเมืองอุบลราชธานี และเมืองหาดใหญ่ เป็นต้น

ค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัย ในด้านเศรษฐกิจ พบว่า เมืองหาดใหญ่มีความเปราะบางสูงสุด (FVI<sub>Ec</sub> = 1.16, FVI<sub>EcSt</sub> = 1) เนื่องจากเมืองหาดใหญ่มีร้อยละของจำนวนโรงแรมที่อยู่ในเขตที่คาดว่าจะท่วมถึงมากที่สุด และเศรษฐกิจของเมืองหาดใหญ่พึ่งพาการท่องเที่ยวในเขตพื้นที่เมืองมาก สำหรับเมืองอุบลราชธานีที่เศรษฐกิจไม่ได้พึ่งพาจากการท่องเที่ยวมากนัก จึงส่งผลให้ความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองด้านเศรษฐกิจน้อยกว่า

ค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัย ในด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า เมืองเชียงใหม่มีความเปราะบางสูงสุด (FVI<sub>En</sub> = 2.6, FVI<sub>EnSt</sub> = 1) เนื่องจากจากข้อมูลขยะมูลฝอยที่ไม่ถูกนำไปกำจัดของเมืองเชียงใหม่สูงกว่าเมืองอื่น รวมถึงมีพื้นที่สีเขียวน้อยกว่าเมืองอื่น

ค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัย ในด้านกายภาพ พบว่า เมืองอุบลราชธานีมีความเปราะบางสูงสุด (FVI<sub>Ph</sub> = 1.19, FVI<sub>PhSt</sub> = 1) เนื่องจากเมืองอุบลราชธานีเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ มีความลาดชันโดยเฉลี่ยของภูมิประเทศน้อยเมื่อเทียบกับเมืองอื่น รวมถึงเป็นจุดบรรจบของแม่น้ำมูลและแม่น้ำชี เป็นที่รับน้ำจากพื้นที่หลายจังหวัดของภาคอีสาน และมีปริมาณน้ำท่าสูงสุดของลำน้ำสูง ทำให้ความถี่ในการเกิดน้ำท่วมสูง ดังนั้นเมืองอุบลราชธานีจึงมีความเปราะบางด้านกายภาพมากกว่าเมืองหาดใหญ่และเมืองเชียงใหม่

จากการศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของพื้นที่ศึกษาโดยการคำนวณค่าความเปราะบางรวมของแต่ละเมือง (สมการที่ 7) พบว่า เมืองเชียงใหม่มีค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางรวมต่ออุทกภัยสูงสุด (FVI<sub>T</sub> = 2.28) (Figure 3) โดยเฉพาะค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางรวม ในด้านสังคมและด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งมีค่าสูงกว่าเมืองอื่นๆ ในขณะที่เมืองหาดใหญ่มีความเปราะบางรวมรองลงมา (FVI<sub>T</sub> = 1.92) ส่วนเมืองอุบลราชธานีมีความเปราะบางรวมน้อยที่สุด (FVI<sub>T</sub> = 1.84)

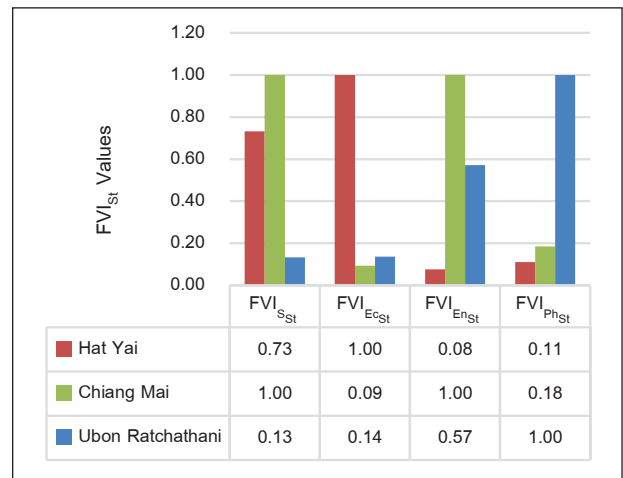


Figure 2 Standardized Flood Vulnerability Index

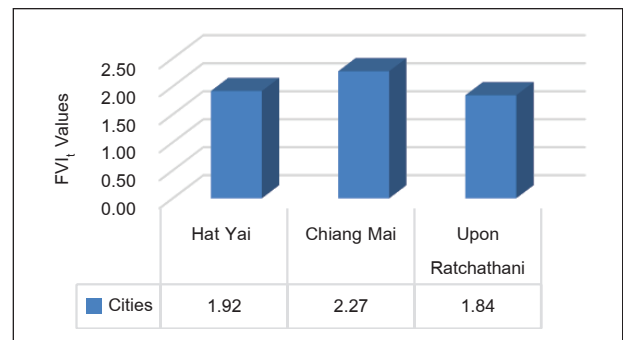


Figure 3 Total Flood Vulnerability Index

### สรุปและวิจารณ์

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อประเมินความเปราะบางของเมืองเมื่อเกิดอุทกภัยใน 4 บริบท ได้แก่ด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านกายภาพ โดยการคำนวณดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมือง 3 เมืองที่มีปัญหาอุทกภัย ได้แก่ เมืองหาดใหญ่ เมืองเชียงใหม่ และเมืองอุบลราชธานี เพื่อเป็นกรณีศึกษาและเปรียบเทียบความเปราะบางต่อการเกิดอุทกภัยของทั้งสามเมืองนี้ ผลการวิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาจากผลรวมค่าดัชนีความเปราะบางจากทุกบริบท เมืองที่มีความเปราะบางต่อการเกิดอุทกภัยสูงสุดเรียงตามลำดับไปจนถึงต่ำสุดได้แก่ เมืองเชียงใหม่ เมืองหาดใหญ่ และเมืองอุบลราชธานี และเมื่อพิจารณาแยกตามบริบท เมืองเชียงใหม่

มีค่าดัชนีความเปราะบางสูงสุดในปีบริบทด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม เมืองหาดใหญ่ มีค่าดัชนีความเปราะบางสูงสุดในบริบทด้านเศรษฐกิจ ส่วนเมืองอุบลราชธานีมีค่าดัชนีความเปราะบางสูงสุดในบริบทด้านกายภาพ

ในจำนวนตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณดัชนีความเปราะบางต่อการเกิดอุทกภัยรวม 37 ตัวแปรพบว่า ตัวแปรที่มีผลทำให้ค่าความเปราะบางสูง 1) บริบทด้านสังคม ได้แก่ ความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ศึกษา ร้อยละของพื้นที่ที่มีคุณค่าทางวัฒนธรรมในพื้นที่ศึกษา ความสามารถของศูนย์อพยพที่มีอยู่ในปัจจุบัน 2) บริบทด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ การเตรียมความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานเมื่อประสบภัย ร้อยละของจำนวนโรงแรมที่อยู่ในเขตที่คาดว่าจะท่วมถึง 3) บริบทด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ร้อยละของขยะมูลฝอยชุมชนในพื้นที่ศึกษาที่ไม่ถูกนำไปกำจัด ร้อยละของพื้นที่สีเขียวในพื้นที่ศึกษา และ 4) บริบทด้านกายภาพ ได้แก่ ความลาดชันโดยเฉลี่ยของภูมิประเทศ และ ความถี่ในการเกิดน้ำท่วม

ผลการศึกษาสามารถแสดงความเปราะบางของเมืองทั้งสามเปรียบเทียบกันได้ในระดับหนึ่งโดยใช้สมการดัชนีความเปราะบางที่พัฒนาขึ้นและตัวแปรที่เลือกใช้ซึ่งขึ้นอยู่กับชุดข้อมูลของตัวแปรที่มีอยู่และสามารถเข้าถึงได้ อย่างไรก็ตาม การประเมินความเปราะบางต่อการเกิดอุทกภัยของเมืองโดยใช้ดัชนีความเปราะบาง สามารถทำให้ละเอียดและสอดคล้องกับบริบทเชิงพื้นที่ได้มากขึ้นถ้ามีการเพิ่มตัวแปรที่เหมาะสมและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามอุปสรรคที่สำคัญคือข้อจำกัดทางข้อมูลและสารสนเทศรวมไปถึงการเข้าถึงข้อมูลดังกล่าว

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้สนับสนุนทุนวิจัยในโครงการนี้ ได้แก่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ผ่านศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ และโครงการพัฒนาและประเมินดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองหาดใหญ่ จากคณะกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์

## เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2558). *การศึกษาความเปราะบางและการปรับตัวด้านสุขภาพอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรณีผลกระทบจากอุทกภัย*.

กัทลี คุรุกุล, และ กาญจนา นาคะภากร. (2557). การประเมินหาพื้นที่เปราะบางชายฝั่งโดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ จังหวัดสมุทรสงคราม. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 22(6), 775-778.

กาญจนา ทองทั่ว, ชุติมา จันทรมณี, และอุทิศ ทาหอม. (2555). *ชุมชนกับการจัดการภัยพิบัติในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก*.

ชนิกา ไหล่แท้, สุวรรณ ประณีตวตกุล, และกัมปนาท วิจิตรศรีกรม. (2557). ดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่อความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. *วารสารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 35(3), 432-446.

ทองเปลว กองจันทร์. (2554). *อุทกภัยในอำเภอหาดใหญ่*. กรมชลประทาน.

ชนิด เฉลิมยานนท์, ณัชชา แซ่เจ็ง, นันทิยา อินธนู, และ จิตินันท์ อินธนู. (2562). *การคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคตของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ*. คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สมนึก ชัชวาลย์. (2548). รายงานสถานการณ์และการแก้ไขน้ำท่วมเมืองเชียงใหม่ปี 2548. สผู้สังคมสมานฉันท์, *การสัมมนาวิชาการประจำปี 2548*. โรงแรมแอมบาสซาเดอรี ซิตี้ จอมเทียน ชลบุรี

สัจจา บรรจงศิริ, บำเพ็ญ เขียวหวาน, ปาลีรัตน์ การดี, และ ชัยยุทธิ ชินณะราศรี. (2557). แนวทางการจัดการภัยพิบัติด้านน้ำท่วมที่เหมาะสมกับประเทศไทยโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของภาคประชาชน. *ประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน* (หน้า 548-558).

สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดอุบลราชธานี (2564). *ข้อมูลสภาพภูมิศาสตร์*. [http://province.m-culture.go.th/ubonratchathani/category\\_ubon.php](http://province.m-culture.go.th/ubonratchathani/category_ubon.php).

สุตา สุวรรณชาติ. (2558). *โครงการพัฒนาและประเมินดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองหาดใหญ่*. คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สุธี อนันต์สุขสมศรี และ นิจ ดันติศิริพันธ์. (2561). ความเปราะบางทางสังคมและการประเมินความเสี่ยงต่อภัยพิบัติของพื้นที่เมือง กรณีศึกษาเทศบาลนครอุดรธานี. *วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง*, 15 (1), 69-86.

Ahsan, M.N., & Warner, J. (2014). The pragmatic socioeconomic vulnerability index: A approach for assessing climate change led risks-A case study in the south-western coastal Bangladesh. *Disaster Risk Reduction*, 8, 32-49.

Balica, S.F., Douben, N., & Wright, N.G. (2009). Flood vulnerability indices at varying spatial scales. *Water Science & Technology*, 60(10), 2571-2580.

Connor, R.F., & Hiroki, K. (2005). Development of a method for assessing flood vulnerability. *Water Science and Technology*, 51(5), 61-67.

- Dumrongdachsopon, C., & Pumijumnong N. (2013). Assessment the vulnerability of environmental and natural resources in coastal area, Prachuap Khiri Khan province, Thailand. *Graduate Research Conference*, Khon Kaen University.
- Ge, Y., Dou, W., Gu, Z., Qian, X., Wang, J., Xu, W., & Chen, Y. (2013). Assessment of social vulnerability to natural hazards in the Yangtze River Delta, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27(8), 1899-1908.
- Hahn, M.B., Riederer, A, M., & Foster, S. O. (2009). The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change - A case study in Mozambique. *Glob. Environ. Chang*, 19(1), 74-88.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Karmaoui, A., Balica, S.F., & Messouli, M. (2016) Analysis of applicability of flood vulnerability index in Pre-Saharan region, a pilot study to assess flood in Southern Morocco. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss.*
- Krishnamurthy, P.K., Lewis, K., & Choularton, R.J. (2014). A methodological framework for rapidly assessing the impacts of climate risk on national-level food security through a vulnerability index. *Global Environmental Change*, 25,121-132.
- Pandey, R., & Jha, S. K. (2012). Climate vulnerability index-measure of climate change vulnerability to communities: a case of rural Lower Himalaya, India. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 17(5), 487-506.
- Saaty, T.L. (2008) Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Sebald, C. (2010). *Towards an Integrated Flood Vulnerability Index- A Flood Vulnerability Assessment* [MSc thesis, Geo-Information Science and Earth Observation for Environmental Modeling and Management]. University of Twente.
- Vincent, K. (2004). Creating an index of social vulnerability to climate change in Africa. *Tyndall Center for Climate Change Research. Working Paper*, 56.



## คำแนะนำสำหรับผู้พิมพ์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำหนดพิมพ์ปีละ 6 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม-กุมภาพันธ์) ฉบับที่ 2 (มีนาคม-เมษายน) ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน) ฉบับที่ 4 (กรกฎาคม-สิงหาคม) ฉบับที่ 5 (กันยายน-ตุลาคม) ฉบับที่ 6 (พฤศจิกายน-ธันวาคม) ผู้พิมพ์ทุกท่านสามารถส่งบทความวิจัยเพื่อรับการพิจารณาลงตีพิมพ์ได้ โดยไม่ต้องเป็นสมาชิกและไม่จำเป็นต้องสังกัดมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผลงานที่ได้รับการพิจารณาในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิมหรือองค์ความรู้ใหม่ ที่ทันสมัย รวมทั้งข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน และจะต้องเป็นงานที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อน รวมถึงไม่อยู่ระหว่างพิจารณาลงพิมพ์ในวารสารใด บทความอาจถูกดัดแปลงแก้ไข เนื้อหา รูปแบบ และสำนวน ตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร ทั้งนี้ เพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากล และนำไปอ้างอิงได้

### การเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับพิมพ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ แต่ละเรื่องจะต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การใช้ภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์การเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน ให้หลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษร่วมกับภาษาไทยในข้อความ ยกเว้นกรณีจำเป็น เช่น ศัพท์ทางวิชาการที่ไม่มีทางแปล หรือคำที่ใช้แล้วทำให้เข้าใจง่ายขึ้น คำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เขียนเป็นภาษาไทยให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะ สำหรับต้นฉบับภาษาอังกฤษ ควรได้รับการตรวจสอบความถูกต้องของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาอังกฤษก่อน

2. ขนาดของต้นฉบับ ใช้กระดาษขนาด A4 (8.5x11 นิ้ว) และพิมพ์โดยเว้นระยะห่างจากขอบกระดาษด้านละ 1 นิ้ว จัดเป็น 2 คอลัมน์

3. ชนิดของขนาดตัวอักษร ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้ใช้ตัวอักษร **Browallia New**

3.1 ชื่อเรื่องให้อักษรขนาด **18 pt. ตัวหนา**

3.2 ชื่อผู้พิมพ์ให้อักษรขนาด **16 pt. ตัวปกติ**

3.3 หัวข้อหลักให้อักษรขนาด **16 pt. ตัวหนา**

3.4 หัวข้อรองให้อักษรขนาด **14 pt. ตัวหนา**

3.5 บทคัดย่อและเนื้อหาใช้ตัวอักษรขนาด **14 pt. ตัวบาง**

3.6 เชิงอรรถอยู่หน้าแรกที่เป็นรายละเอียดชื่อตำแหน่งทางวิชาการ และที่อยู่ของผู้พิมพ์ให้อักษรขนาด 12 pt. ตัวบาง และใส่ Corresponding author

4. ผู้พิมพ์จะต้องจัดเตรียมต้นฉบับในรูปแบบของไฟล์ “.doc” (MS Word) และ “.pdf” (Portable Document Format)

5. จำนวนหน้า ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 12 หน้า รวมตาราง รูป ภาพ และเอกสารอ้างอิง

6. รูปแบบการเขียนต้นฉบับ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทบทความรายงานผลวิจัยหรือบทความวิจัย (research article) และบทความจากการทบทวนเอกสารวิจัยที่ผู้อื่นทำเอาไว้ หรือบทความทางวิชาการ หรือบทความทั่วไป หรือบทความปริทัศน์ (review article)

7. การส่งบทความ ส่ง online ผ่านระบบ ThaiJo โดยสามารถเข้าไปดูรายละเอียดที่ [www.scjmsu.msu.ac.th](http://www.scjmsu.msu.ac.th)

8. หากจัดรูปแบบไม่ถูกต้องทางวารสารจะจัดส่งคืนผู้พิมพ์เพื่อปรับแก้ไข ก่อนเสนอผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา ซึ่งอาจทำให้กระบวนการตีพิมพ์ล่าช้า

## บทความวิจัย/บทความวิชาการ ให้เรียงลำดับหัวข้อดังนี้

**ชื่อเรื่อง (Title)** ชื่อเรื่องให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรสั้น กระชับ และสื่อเป้าหมายหลักของงานวิจัย ไม่ใช่คำย่อ ความยาวไม่เกิน 100 ตัวอักษร

**ชื่อผู้พิมพ์ [Author(s)]** และที่อยู่ ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และระบุตำแหน่งทางวิชาการ หน่วยงาน หรือสถาบันที่สังกัด และ E-mail address ของผู้พิมพ์ไว้เป็นเชิงบรรณของหน้าแรก เพื่อกองบรรณาธิการสามารถติดต่อได้

**บทคัดย่อ (Abstract)** เป็นการย่อเนื้อความงานวิจัยทั้งเรื่องให้สั้น และมีเนื้อหา ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ ผลการค้นพบที่สำคัญ และสรุป มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยบทคัดย่อภาษาอังกฤษมีความยาวไม่เกิน 300 คำ สำหรับบทคัดย่อภาษาไทยให้สอดคล้องกับบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

**คำสำคัญ (Keywords)** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่เกิน 5 คำ ให้ระบุไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษา

**บทนำ (Introduction)** เป็นส่วนเริ่มต้นของเนื้อหา ที่บอกความเป็นมา เหตุผล และวัตถุประสงค์ ที่นำไปสู่งานวิจัยนี้ ให้ข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้องจากการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีรายงานการศึกษาท่อนหน้า

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา (Materials and Methods)** ให้ระบุรายละเอียด วัสดุอุปกรณ์ สิ่งื่อนำมาศึกษา จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา อธิบายวิธีการศึกษา แผนการทดลองทางสถิติ วิธีการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์และการแปรผล

**ผลการศึกษา (Results)** รายงานผลที่ค้นพบ ตามลำดับขั้นตอนของการวิจัย อย่างชัดเจนได้ใจความ ถ้าผลไม่ซับซ้อน และมีตัวเลขไม่มากควรใช้คำบรรยาย แต่ถ้ามีตัวเลข หรือ ตัวแปรมาก ควรใช้ตารางหรือแผนภูมิประกอบการรายงานผลการศึกษา

**วิจารณ์และสรุปผล (Discussion and Conclusion)** การอภิปรายผลการศึกษาว่าตรงกับวัตถุประสงค์และเปรียบเทียบกับสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ หรือแตกต่างไปจากผลงานที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และมีพื้นฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ ผู้พิมพ์อาจมีข้อเสนอแนะที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือตั้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยต่อไป

**ตาราง รูป ภาพ แผนภูมิ (Table, Figures, and Diagrams)** ควรคัดเลือกเฉพาะที่จำเป็น แทรกไว้ในเนื้อเรื่อง โดยเรียงลำดับให้สอดคล้องกับคำอธิบายในเนื้อเรื่อง และมีคำอธิบายเป็นภาษาอังกฤษ ที่สื่อความหมายได้สาระครบถ้วน กรณีที่เป็นตาราง คำอธิบายอยู่ด้านบน ถ้าเป็นรูป ภาพ แผนภูมิ คำอธิบายอยู่ด้านล่าง

**กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)** ระบุงานวิจัยได้รับการสนับสนุนงบประมาณ หรือสนับสนุนด้านอื่นๆ รวมถึงความช่วยเหลือจากองค์กรใดหรือผู้ใดบ้าง

**เอกสารอ้างอิง (References)** ระบุงานการเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิงให้ครบถ้วนไว้ท้ายเรื่อง โดยใช้ APA Style ดังตัวอย่าง สามารถดูรายละเอียดและตัวอย่างเพิ่มเติมได้ที่ [www.scjmsu.msu.ac.th](http://www.scjmsu.msu.ac.th)

## เอกสารอ้างอิงให้เขียนตามรูปแบบ “Publication Manual of the American Psychological Association” (7<sup>th</sup> Edition)

### 1. หนังสือ (ในรูปแบบรูปเล่ม)

ชื่อ-สกุล. (ปีพิมพ์). *ชื่อเรื่อง* (พิมพ์ครั้งที่). สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง:

วิธาน ฐานะวุฑฒิ. (2547). *หัวใจใหม่-ชีวิตใหม่*. ปิตติศึกษา.

**2. บทความในวารสารอิเล็กทรอนิกส์**

ชื่อ-สกุล. (ปีพิมพ์). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร, เลขของปีที่(เลขของฉบับที่), เลขหน้า. /<https://doi.org/เลขdoi>

ตัวอย่าง:

มานะ สิ้นฐานษานนท์. (2549). ปัจจัยส่งเสริมการจัดการศึกษาที่ส่งผลต่อคุณภาพนักเรียนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *วารสารครุศาสตร์*, 18(2), 115-116.

**3. รายงานการประชุมเชิงวิชาการ (Proceeding)**

ชื่อ-สกุล. (ปี). ชื่อบทความ. ใน/ชื่อบรรณานุกรม (บ.ก.), ชื่อหัวข้อการประชุม. ชื่อการประชุม (น. เลขหน้า). ฐานข้อมูล.

ตัวอย่าง:

พัชราภา ตันติชูเวช. (2553). การศึกษาทั่วไปกับคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ในประเทศมาเลเซีย และสิงคโปร์ ศึกษาโดยเปรียบเทียบกับประเทศไทย. ใน ศิริชัย กาญจนวาสี (บ.ก.), *การขับเคลื่อนคุณภาพการศึกษาไทย. การประชุมวิชาการและเผยแพร่ ผลงานวิจัยระดับชาติ* (น. 97-102). คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

**4. หนังสือพิมพ์และหนังสือพิมพ์ออนไลน์**

ชื่อสกุล. (ปี, /วัน/เดือน). ชื่อคอลัมน์. ชื่อหนังสือพิมพ์, เลขหน้า.

ตัวอย่าง:

พงษ์พรรณ บุญเลิศ. (2561, 15 สิงหาคม). เติลนิวีส์ว่าไรดี: 'สื่อพิพิธภัณฑน์' เชื่อม ยุคสมัย เข้าถึงด้วย 'มิติใหม่' อินเทอร์เน็ต. *เติลนิวีส์*, 4.

**5. หนังสือ (ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์)**

ชื่อ สกุล. (ปีพิมพ์). ชื่อเรื่อง (พิมพ์ครั้งที่). URL

ตัวอย่าง:

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560 สำหรับเด็กอายุ ต่ำกว่า 3-5 ปี*. [http://drive.google.com/file/d/1HiTwiRh1Er73h\\_VYIMh1cYWzQiaNI\\_Vc/view](http://drive.google.com/file/d/1HiTwiRh1Er73h_VYIMh1cYWzQiaNI_Vc/view)

## Instruction for Authors

Research manuscripts relevant to subject matters outlined in the objectives are **Accepted** from all institutions and private parties provided they have not been preprinted elsewhere. The context of the papers may be **Revised** as appropriate to the standard. The manuscript must be interesting topic, review knowledge, modern knowledge, and academic comments that are beneficial to readers. The journal publishes 6 issues a year. Vol.1 (January-February) Vol.2 (March-April) Vol.3 (May-June) Vol.4 (July-August) Vol.5 (September-October) Vol.6 (November-December).

### Preparation of manuscripts:

1. Manuscripts can be written in either Thai or English with the abstract in both Thai and English. The use of Thai language adheres to the principles of vocabulary, transliteration in English according to the principles of the Royal Society of Thailand. Manuscript should be specific, clear, concise, accurate, and consistent. Mixing Thai and English should be avoided except for the case of necessity, such as academic vocabulary with no translation or mixing words for easier understanding. English vocabulary written in Thai must use all lowercase except for unique names. English language manuscripts should be checked by an English language editor prior to submission.

2. Manuscript should be on A4 standard size paper. Each side must have 1" margins with 2 columns.

3. Browallia New font is required with font size as follows:

3.1 Title of the article: **18 pt. Bold**

3.2 Name(s) of the authors: **16 pt. Unbold**

3.3 Main Heading: **16 pt. Bold**

3.4 Sub-heading: **14 pt. Bold**

3.5 Body of the text: **14 pt. Unbold**

3.6 Footnotes for authors and their affiliations: **12 pt. Unbold**, must be cited at the bottom of the first page. Academic position and corresponding author must be added at footnotes.

4. Manuscripts should be typed in MS word ".doc" and ".pdf" (Portable Document Format)

5. The number of pages are limited to 12 pages, including references, tables, graphs, or pictures.

6. Types of manuscripts: research articles and review articles.

7. Manuscript submission: online submission via [www.scjmsu.msu.ac.th](http://www.scjmsu.msu.ac.th).

**8. Manuscript with uncorrected format will be sent back to the author before review process which can delay the publication process.**

### Research article / review article must be in sequence as follows:

**Title:** denoted in both Thai and English, must be concise and specific to the point, normally less than 100 characters.

**Name(s) of the author(s):** denoted with affiliation must be in Thai and English, academic position must be specified, and email address for contact the author.

**Abstract:** This section of the paper should follow an informative style, concisely covering all the important of findings. The abstract must include objectives, findings, and conclusion. Thai and English abstract is required. The English abstract is restricted to **300 words**. Thai abstract should be relevant to English version.

**Keywords:** Give 4-5 concise words to specify your article

**Introduction:** This section is the initial part of the article, contain information about background, reasons, purposes, and review section.

**Materials and Methods:** A discussion of the materials used, and a description clearly detailing how the experiment was undertaken, e.g., experimental design, data collection and analysis, and interpretation

**Results:** Present the output. Li the information in complicated, add tables, graphs, diagrams etc., as necessary.

**Discussion and Conclusion:** Discuss how the results are relevant/oppose to the objective and hypothesis. How the result is different/relevant when comparing to the former findings. Give us your reason why result is like that base on reliable researches. This part should end with suggestions for research utilization or providing questions for future studies.

**Tables, figures, diagrams:** Selected only necessary objects to insert in the body of manuscript in accordance with the description in the text. The short description is required in English with completely meaningful. For figures and diagrams, the description is below the picture. But, for table, the description is on top of the table.

**Acknowledgement:** the name of the persons, organization, or funding agencies who helped support the research are acknowledged in this section.

**References:** listed and referred in APA.

## Reference are written in “Publication Manual of the American Psychological Association” (7<sup>th</sup> Edition)

### 1. Book

Mertens, D.M. (2014). *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods* (4<sup>th</sup> ed.). SAGE.

### 2. Academic Journal

Herbst-Damm, K.L., & Kulik, J.A. (2005). Volunteer support, marital status, and the survival times of terminally ill patients. *Health Psychology*, 24, 225-229. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.24.2.225>

### 3. Conference Proceeding

Katz, I., Gabayan, K., & Aghajan, H. (2007). A multi-touch surface using multiple cameras. In J. Blanc-Talon, W. Philips, D. Popescu, & P. Scheunders (Eds.), *Lecture notes in computer science: Vol. 4678. Advanced concepts for intelligent vision systems* (pp. 97-108). Springer-Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74607-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74607-2_9)

### 4. Newspaper / Online Newspaper

Brody, J.E. (2007, December 11). Mental reserves keep brain agile. *The New York Times*. <http://www.nytimes.com>

### 5. E-book

Dahlberg, G., & Moss, P. (2005). *Ethics and politics in early childhood education*. <https://epdf.tips/ethics-and-politics-in-early-childhoodeducation-contesting-early-childhood.html>

## **Aim and Scope:**

The Journal of Science and Technology aims to disseminate of scientific knowledge in the discipline of Mathematics, Science, Technology, Engineering, Agriculture, Medicine, Health Science, Interdisciplinary in science and technology. The journal publishes both research article and review article.

## **Ownership**

Maharakham University  
Editorial Office  
Division of Research Facilitation and Dissemination,  
Khamriang Sub-district, Kantharawichai District,  
Maha Sarakham Province 44150  
Tel & Fax: 0 4375 4416 ext. 1754

## **Advisors**

President of Maharakham University  
Professor Dr. Visut Baimai  
Professor Dr. Vichai Boonsaeng  
Professor Dr. Peerarak Srinives

## **Editor-in-Chief**

Professor Dr. Preecha Prathepha

## **Assistant Editors**

Professor Dr. Pairot Pramual  
Maharakham University  
Professor Dr. Sirithon Siriamornpun  
Maharakham University  
Associate Professor Dr. Worapol Aengwanich  
Maharakham University  
Associate Professor Dr. Vallaya Sutthikhum  
Maharakham University

## **Editorial Board**

Professor Dr. Thaweesakdi Boonkerd  
Chulalongkorn University  
Professor Dr. La-orsri Sanoamuang  
Khon Kaen University  
Professor Dr. Pranee Anprung  
Chulalongkorn University  
Professor Dr. Niwat Sonoamuang  
Khon Kaen University  
Professor Dr. Anongrit Kangrang  
Maharakham University  
Professor Dr. Wongsak Laohasiriwong  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr. Sunan Saikrasun  
Maharakham University  
Associate Professor Dr. Suwantha Boonyaleepun  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr. Kwanjai Kanokmedhakul  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr. Chantana Aromdee  
Khon Kaen University

Associate Professor Dr. Boonchong Chawsithiwong  
National Institute of Development Administration  
Associate Professor Dr. Porntep Tanonkeo  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr. Narumon Sangpradub  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr. Orawich Goompol  
Maharakham University  
Associate Professor Dr. Sirikasem Sirilak  
Naresuan University  
Associate Professor Dr. Chawalit Boonpok  
Maharakham University  
Associate Professor Terdsak Khammeng  
Khon Kaen University  
Associate Professor Yuen Poovarawan  
Kasetsart University  
Assistant Professor Dr. Napparat Buddhakala  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Assistant Professor Dr. Anucha Pranchana  
Ubon Ratchathani Rajabhat University  
Assistant Professor Dr. Seckson Sukhasena  
Naresuan University  
Assistant Professor Dr. Walaiporn Tongjaroenbuengam  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr. Alongkorn Lamom  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr. Natapol Pumipuntu  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr. Somnuk Puangpronpitag  
Maharakham University  
Dr. Rakjinda Wattanalai  
Siam University  
Dr. Adrian Roderick Plant  
Maharakham University

## **Secretary**

Chaweewan Akkasesthang

## **Assistant secretary**

Phakwilai Rungwisai  
Jirarat Puseerit

## **Six issues per year**

Number 1 January-February  
Number 2 March-April  
Number 3 May-June  
Number 4 July-August  
Number 5 September-October  
Number 6 November-December

JOURNAL OF

# SCIENCE AND TECHNOLOGY

MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Volume 41 Number 3 May - June 2022

JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
MAHASARAKHAM UNIVERSITY  
INDEXED IN

ISSN (Print Edition) : 1686-9664  
ISSN (Online Edition) : 2586-9795

