

“วิศวกรรมลาดกระบัง”

วิศวกรรมลาดกระบังเป็นวารสารทางวิชาการซึ่งจัดทำโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เป็นเอกสารเผยแพร่งานวิจัยและพัฒนาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์
2. เป็นสื่อแลกเปลี่ยนความรู้ใหม่ ๆ ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ระหว่างนักวิจัยและผู้สนใจ
3. เป็นเอกสารรวบรวมรายงาน และบทความทางวิชาการที่น่าสนใจและมีคุณค่าทางวิศวกรรมศาสตร์

วาระที่ออก

ปีละ 4 ฉบับ (ทุก 3 เดือนต่อฉบับ)

นโยบาย

บทความที่จะเสนอตีพิมพ์ จะต้องเป็นบทความที่มีคุณค่าทางวิศวกรรม เช่น เป็นรายงานการวิจัยที่ผู้เขียนได้ทำการทดลอง สร้าง หรือมีส่วนทำงานโดยตรง เป็นบทความที่เสนอถึงความคิด หรือหลักการใหม่ที่เป็นไปได้ และมีทฤษฎีประกอบ หรือสนับสนุนอย่างเพียงพอ หรือเป็นบทความทางวิชาการที่น่าสนใจ มีประโยชน์ต่อนักศึกษาและนักวิจัย โดยผู้เขียนเป็นผู้รวบรวมและเรียบเรียงเอง

รูปแบบของบทความ

บทความที่เสนอจะเป็นภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษก็ได้ โดยจัดพิมพ์ตามรูปแบบที่กำหนดให้ ซึ่งพร้อมที่จะนำไปถ่ายเพลทเพื่อพิมพ์ได้ทันที (camera ready) และเพื่อให้รูปแบบการพิมพ์ของบทความมีมาตรฐานเดียวกันจึงขอให้ผู้เขียนจัดเตรียมเอกสารโดยใช้เวิร์ดโปรเซสเซอร์ Microsoft Word for Windows สำหรับรูปภาพประกอบ หากมีใช้ภาพถ่ายก็ควรเขียนหรือสเก็ตโดยใช้ซอฟต์แวร์ ที่สนับสนุนการทำงานในระบบ Windows

บทความที่นำเสนอเพื่อตีพิมพ์ ควรประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ตามลำดับ ดังนี้

ชื่อเรื่อง	ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
ชื่อผู้เขียนและผู้ร่วมงาน	ไม่ต้องระบุคุณวุฒิหรือตำแหน่งทางวิชาการใด ๆ
สถานที่ทำงาน	ในกรณีที่ผู้เขียนหรือผู้ร่วมงานเป็นนักศึกษา ให้ใช้คณะและสถาบันที่สังกัดเป็นสถานที่ทำงาน
บทคัดย่อ	ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
เนื้อความ	ควรประกอบไปด้วยหัวข้อต่าง ๆ และมีเลขประจำหัวข้อตามลำดับ

1. บทนำ
 2. ทฤษฎี
 3. การทดลองและผลการทดลอง
 4. สรุป
- 2.1 หลักการของ.....
2.2 หลักการใหม่.....

เจ้าของ

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์ (662) 329-8000 # 3464, 3465
โทรสาร (662) 329-8317

ที่ปรึกษา

คณบดี
รศ.ดร.คมสัน มาลีสี

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ศ.ดร.อิสระชัย จามทรู

กองบรรณาธิการ

นายโกลม วาดเขียน
ออกแบบปกและรูปเล่ม
นางอาทิสดา ชาญวิกรณ์
ติดต่อประสานงานและสมาชิกสัมพันธ์
จัดทำต้นฉบับ Artwork
พิสูจน์อักษร

กิตติกรรมประกาศ

(ถ้ามี)

เอกสารอ้างอิง

การอ้างอิงบทความให้ใช้หมายเลขประจำเอกสารหรือบทความที่อ้างอิง โดยตัว เลขจะอยู่ในวงเล็บใหญ่ โดยรูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิงจะเป็นดังนี้

- [1] P. Choeysuwan and S. Choomchuy, "The Economics Analysis of RFID Implementation in Logistic," Ladrabang Engineering Journal, Vol.30, No.1, pp.7-12, March, 2556.
- [2] I. M. Filanovsky and H.P. Baltas, "Simple CMOS Analog Square-Rooting and Squaring Circuits," IEEE Trans. Circuits and Systems, Vol.39, No.4, pp.312-315, Sept., 1992.
- [3] R. E. Blahut, Theory and Practice of Error Control Codes, Addison-Wesley, Reading, MA, 1983.

จัดจำหน่ายโดย

คณะวิศวกรรมศาสตร์
นางอาทิสดา ชาญวิกรณ์
โทร. 02-329-8317

การส่งบทความ

บทความที่จะส่งเปิดรับทั้งจากบุคคลภายในและภายนอกสถาบันฯ โดยเนื้อหาของบทความมีความยาวไม่เกิน 8 หน้า 2 คอลัมน์ ส่วนหน้าที่ 9 เป็นต้นไป ต้องเสียค่าตีพิมพ์หน้าละ 500 บาท โดยติดต่อได้ที่ E-mail : kmitleng.jnl@gmail.com ส่วนวิศวกรรมลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง บทความจะได้รับการกลั่นกรองโดยผู้อ่านที่ทรงคุณวุฒิในสาขานั้น ๆ และเมื่อบทความได้รับการแก้ไข (หากมี) อย่างเหมาะสม ผู้เขียนจะต้องส่งต้นฉบับ 1 ชุด และซีดีข้อมูลบทความอีก 1 ชุด



วิศวกรรมลาดกระบัง

Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ทรงคุณวุฒิในกองบรรณาธิการ “วิศวกรรมลาดกระบัง”

ศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ

สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติศุภกร

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.เดวิด บรรณเจตพงศ์ชัย

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.ประยูทธ อัครเอกผาลิน

บัณฑิตวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์นานาชาติ

สิรินธร ไทย-เยอรมัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า-

พระนครเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร.อภิศักดิ์ วรพิเชฐ

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชีพสกุล

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ศาสตราจารย์ ดร.สรวิชัย สุจิตตรจ

สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

ศาสตราจารย์ ดร.โมนอย ไกรฤกษ์

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร-

ลาดกระบัง

ศาสตราจารย์ ดร.วัลลภ สุระก้าพลธร

สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง

(THAIST)

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยีนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทช.)

รองศาสตราจารย์ ดร. กอบชัย เดชหาญ

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร-

ลาดกระบัง



วิศวกรรมลาดกระบัง

Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันที่ 12 ตุลาคม 2560

เรื่อง ขอเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมเนื้อหาของบทความวิศวกรรมลาดกระบังให้มีความยาวจำนวนหน้าเพิ่มมากขึ้น
และขอแจ้งชื่อเว็บไซต์ใหม่

เรียน อาจารย์ นักศึกษา นักวิจัย และผู้ที่สนใจ

กองบรรณาธิการทางวิศวกรรมลาดกระบัง ขอเรียนแจ้งให้ท่านทราบว่า ขอเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมเนื้อหาของบทความให้มีความยาวจำนวนหน้าเพิ่มมากขึ้นจากเดิม ความยาวไม่เกิน 6 หน้า 2 คอลัมน์ เปลี่ยนเป็น ความยาวไม่เกิน 8 หน้า 2 คอลัมน์ หากจำนวนหน้าของเนื้อหามากกว่า 8 หน้าขึ้นไป ในส่วนของหน้าที 9 เป็นต้นไป คิดราคาค่าตีพิมพ์เพิ่มหน้าละ 500 บาท (ห้าร้อยบาทถ้วน) โดยผู้แต่งต้องชำระเงินค่าตีพิมพ์ในจำนวนหน้าที่เกิน 8 หน้า หลังจากที่ยกบทความแก้ไขสมบูรณ์แล้ว และได้รับหนังสือการตอบรับการตีพิมพ์จากงานวารสารวิศวกรรมลาดกระบัง

เว็บไซต์ใหม่ของวารสาร คือ www9.kmitl.ac.th/lej

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ศ.ดร.อิสระชัย งามทร)
หัวหน้ากองบรรณาธิการ

การแก้ปัญหาจ่ายโหลดของระบบไฟฟ้าอย่างประหยัด โดยปรับปรุงวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบกลุ่มอนุภาค ร่วมกับแบบโน้มถ่วง

Solving Economic Dispatch Problem of Power Systems Using Hybrid IPSO- GSA

สุริรัตน์ กิ่งไทร อติรักษ์ กาญจนฤทธิ์ สุพัฒนา นิรัคฆนาภรณ์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาจ่ายโหลดของระบบไฟฟ้าอย่างประหยัด โดยปรับปรุงวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบโน้มถ่วง (Hybrid IPSO-GSA) โดยพิจารณาถึงฟังก์ชันราคาค่าเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พลังงานความร้อนแบบราบเรียบ และคำนึงถึงขีดจำกัดในการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมด้วย ซึ่งบทความวิจัยนี้จะใช้ระบบ IEEE 14 บัส และ IEEE 30 บัส เป็นระบบทดสอบ จากนั้นจำลองการทำงานและวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมด้วยโปรแกรม MATLAB ซึ่งจากผลการทดสอบเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบกลุ่มอนุภาค (PSO) และแบบโน้มถ่วง (GSA) พบว่ามีต้นทุนเชื้อเพลิงต่ำกว่าร้อยละ 0.55 ในระบบ IEEE 14 บัส และร้อยละ 2.09 ในระบบ IEEE 30 บัส จึงสรุปได้ว่าการปรับปรุงวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบโน้มถ่วง โดยปรับปรุงฟังก์ชันตัวแปรตัวประกอบน้ำหนักความเฉื่อย สามารถช่วยลดต้นทุนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าได้ดีขึ้นจากเดิมอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นที่น่าสนใจ

คำสำคัญ : การแก้ปัญหาจ่ายโหลดของระบบไฟฟ้าอย่างประหยัด , แบบกลุ่มอนุภาค, แบบโน้มถ่วง

Abstract

This paper presents the method of solving economic dispatch problem of power systems using hybrid an improved of particle swarm optimization and a gravitational search algorithm (Hybrid IPSO-GSA), considering to fuel with a smooth cost function of generator in thermal energy type and consist of the generator limits operating also. The proposed methods are tested on 14 IEEE standard test system and 30 IEEE standard test system, then the simulated and analyses of the optimizing by MATLAB. From results are compared with the standard particle swarm optimization (PSO) and gravitational search algorithm (GSA) technique, the simulation results demonstrate the fuel cost less than 0.55 percentage for 14 IEEE bus and the fuel cost less than 2.09 percentage for 30 IEEE bus. The conclusions are an improved of particle swarm optimization with gravitational search algorithm based on improving the function of weight parameters can be decreasing fuel cost with better performance from previous method and satisfactory.

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากความเจริญก้าวหน้าทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม ทำให้ต้องผลิตกำลังไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการของระบบ ซึ่งในประเทศไทยก็มีแหล่งเชื้อเพลิงในการผลิตกำลังไฟฟ้าหลายแบบ ดังนั้นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ ต้นทุนเชื้อเพลิงในการผลิตที่ต่ำ แต่ยังคงการทำงานได้มีอย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับต่าง ๆ ของระบบ จึงนำไปสู่ปัญหาที่ได้รับความสนใจจากผู้วิจัยทั้งในและต่างประเทศในการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น วิธีกลุ่มอนุภาค [1] วิธีฝูงผึ้ง [2] และ วิธีกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบไน้มถ่วง [3] เป็นต้น

ในบทความนี้จะนำเสนอแนวความคิดในการปรับปรุงค่าถ่วงน้ำหนักความถี่ของกลุ่มอนุภาค ซึ่งมีผลต่อความเร็วในการหาค่าที่เหมาะสม และความถูกต้อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหาค่าที่เหมาะสม มาใช้ในการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดของระบบไฟฟ้าอย่างประหยัด เพื่อลดต้นทุนเชื้อเพลิงในการผลิตกำลังไฟฟ้าในส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ต่ำ ซึ่งจะเป็นการนำความสามารถของข้อมูลตำแหน่งที่ดีที่สุดของทุกรอบในวิธีแบบกลุ่มอนุภาคกับความสามารถในการค้นหาแบบท้องถิ่นของวิธีแบบไน้มถ่วงมาทำงานร่วมกัน เพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำขึ้นกว่าวิธีที่ผ่านมา โดยจะทำการทดสอบกับระบบ IEEE 14 บัส และ IEEE 30 บัส แล้วเปรียบเทียบกับผลการทดสอบกับวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบกลุ่มอนุภาค และแบบไน้มถ่วง

2. การดำเนินการวิจัย

2.1 ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด

คือการวางแผนการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องในการผลิตกำลังไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการของระบบในแต่ละช่วงเวลา โดยคำนึงถึงต้นทุนเชื้อเพลิงในการผลิตที่ต่ำที่สุด และเหมาะสมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละประเภทเชื้อเพลิง โดยอยู่ในภายใต้เงื่อนไขบังคับต่าง ๆ ซึ่งกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นฟังก์ชันของต้นทุนเชื้อเพลิงในการผลิตกำลังไฟฟ้า

2.1.1 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ [4]

$$\text{Minimize } F_T = \sum_{i=1}^N F_i(P_i) \quad (1)$$

โดย F_T คือ ฟังก์ชันของราคาค่าเชื้อเพลิงรวม มีหน่วยเป็นราคาต่อชั่วโมง P_i คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i $F_i(P_i)$ คือ ฟังก์ชันของราคาค่าเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i ราคาต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นฟังก์ชันราคาที่เราเปรียบ (Smooth Cost Function) ดังสมการที่ 2

$$F_i(P_i) = a_i + b_i P_i + c_i P_i^2 \quad (2)$$

โดย a_i, b_i, c_i คือสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันราคาค่าเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า i

2.1.2 เงื่อนไขข้อบังคับ

2.1.2.1 กำลังไฟฟ้าสมดุล (Power Balance)

เงื่อนไขของการผลิตกำลังไฟฟ้าให้สมดุลกับความต้องการ และขีดจำกัดของการผลิตที่พิจารณาเป็นดังสมการต่อไปนี้

$$\sum_{i=1}^N P_{Gi} = P_D + P_{loss} \quad (3)$$

$$P_{Gi,\min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi,\max} \quad (4)$$

โดย P_D คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้าของระบบ ; P_{loss} คือ ค่าความสูญเสียของระบบ N คือ จำนวนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ $P_{Gi,\min}, P_{Gi,\max}$ คือ จำนวนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำสุด และสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i ตามลำดับ

2.1.2.2 ขีดจำกัดของแรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

$$V_{i,\min} \leq V_i \leq V_{i,\max}, i = 1, \dots, NB \quad (5)$$

$$P_{Gi,\min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi,\max}, i = 1, \dots, NG \quad (6)$$

$$Q_{Gi,\min} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gi,\max}, i = 1, \dots, NG \quad (7)$$

โดยกำหนดให้ $V_{i,\min}, V_{i,\max}$ คือ แรงดันไฟฟ้าต่ำสุดและแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า $P_{Gi,\min}, P_{Gi,\max}$ คือ เป็นค่ากำลังไฟฟ้าจริงต่ำสุดและ สูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ $Q_{Gi,\min}, Q_{Gi,\max}$ คือ กำลังไฟฟ้าเสมือนต่ำสุดและ สูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.2 วิธีแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบไน้มถ่วง เพื่อแก้ปัญหาการจ่ายโหลดของระบบไฟฟ้าอย่างประหยัด

2.2.1 วิธีแบบกลุ่มอนุภาค

วิธีแบบกลุ่มอนุภาค เป็นวิธีการสุ่มตำแหน่งเริ่มต้นให้กับอนุภาค แล้วคำนวณหาค่าความเหมาะสม ถ้าหากว่าค่าความเหมาะสมที่ได้มีค่ามากกว่าค่าเดิม (P_{best}) ให้เปลี่ยนไปใช้ค่าที่มากกว่า จากนั้นเลือกค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดจากอนุภาคทุกตัวแล้วใช้เป็นค่าที่ดีที่สุด (G_{best}) แล้วคำนวณค่าความเร็วใหม่สำหรับทุก ๆ อนุภาคที่เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใหม่ แล้วทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนได้คำตอบสุดท้ายที่น่าพอใจ ซึ่งทุก ๆ รอบการทำงานเวลา t ความเร็วของการเคลื่อนที่จะถูกเปลี่ยนแปลงโดยใช้ข้อมูลของตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาคแต่ละตัว ($P_i(t)$), ตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาคทั้งหมด ($P_g(t)$) ความเร็วของอนุภาคแต่ละตัวที่เปลี่ยนไปจะสามารถคำนวณได้ด้วยสมการที่ 8

$$v_i(t+1) = w(t) \times v_i(t) + c_1 r_1 (p_i(t) - x_i(t)) + c_2 r_2 (p_g(t) - x_i(t)) \quad (8)$$

โดยค่า $w(t)$ คือ ตัวประกอบค่าน้ำหนักความเฉื่อย และ c_1 และ c_2 เป็นค่าคงที่ความเร่ง, ค่า r_1 และ r_2 เป็นตัวเลขที่ทำการสุ่มขึ้นมา มีค่าอยู่ในช่วง $[0,1]$ เพื่อจำกัดความเร็วที่มากเกินไปทุก ๆ รอบการทำงานอนุภาคจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งด้วยความเร็วที่มีอยู่ดังสมการที่ 9

$$x_i(i+1) = x_i(t) + v_i(t) \quad (9)$$

2.2.2 วิธีแบบโน้มถ่วง [5]

วิธีการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการของแรงโน้มถ่วงมีพื้นฐานมาจากกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน พิจารณาระบบด้วยตัวแทน N มวล ซึ่งกำหนดตำแหน่งของตัวแทน ith โดย

$$X_i = (x_i^1, \dots, x_i^d, \dots, x_i^n) \text{ สำหรับ } i = 1, 2, \dots, N \quad (10)$$

ที่เวลา t เราสามารถนิยามแรงระหว่างวัตถุ i และ j ดังสมการที่ 11

$$F_{ij}^d(t) = G(t) \frac{M_{pi}(t) \times M_{aj}(t)}{R_{ij}(t) + \epsilon} (x_j^d(t) - x_i^d(t)) \quad (11)$$

โดย $M_{aj}(t)$ คือ มวลที่สัมพันธ์กับตัวแทน j ที่เวลา t ; $M_{pi}(t)$ คือ มวลที่สัมพันธ์กับตัวแทน i ที่เวลา t ; $G(t)$ คือ ค่าคงตัวโน้มถ่วงที่เวลา t ; ϵ คือ ค่าคงที่ที่เล็ก; $R_{ij}(t)$ คือ ระยะห่างระหว่างตัวแทน i และ j ซึ่งสามารถหาค่า $R_{ij}(t)$ ได้ตามสมการที่ 12

$$R_{ij}(t) = \|x_i(t) - x_j(t)\|_2 \quad (12)$$

และสมการที่ 13 แสดงการหาค่าแรงโน้มถ่วงรวมของตัวแทน i ที่มีมิติ d โดย $rand_j$ คือค่าที่ได้จากการสุ่มตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง 0

$$F_i^d(t) = \sum_{j=1, j \neq i}^N rand_j F_{ij}^d(t), \quad (13)$$

จากกฎของการเคลื่อนที่ อัตราเร่งของตัวแทน i คำนวณได้ดังสมการที่ 14 โดยที่ M_{ii} คือค่ามวลเฉื่อยของตัวแทน i

$$a_i^d(t) = \frac{F_i^d(t)}{M_{ii}(t)} \quad (14)$$

สมการที่ 15 เป็นสมการหาค่าความเร็วของตัวแทน i

$$v_i^d(t+1) = rand_i \times v_i^d(t) + a_i^d(t) \quad (15)$$

$$x_i^d(t+1) = x_i^d(t) + v_i^d(t+1) \quad (16)$$

ค่าของ $x_i^d(t+1)$ จะเท่ากับค่าปัจจุบันบวกกับค่าความเร็วดังสมการที่ 16

การคำนวณค่ามวลสามารถคำนวณได้จากสมการหาค่า fitness ตัวแทนที่มีค่า fitness ดีจะมีมวลมากซึ่งจะส่งผลให้เคลื่อนที่ช้า ฟังก์ชันที่ใช้ในการปรับปรุงมวลของตัวแทนมีดังนี้ โดยที่ $M_{ai} = M_{pi} = M_{ii} = M_i$, $i = 1, 2, \dots, N$

$$m_i(t) = \frac{fit_i(t) - worst(t)}{best(t) - worst(t)} \quad (17)$$

$$M_i(t) = \frac{m_i(t)}{\sum_{j=1}^N m_j(t)} \quad (18)$$

โดย $fit_i(t)$ คือ fitness ของตัวแทน i ที่เวลา t ; $best(t)$ คือ ค่า fitness ที่ดีที่สุดของตัวแทนทุกตัว; $worst(t)$ คือ ค่า fitness ที่แย่ที่สุดที่เวลา t

2.2.3 ปรับปรุงวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบโน้มถ่วง

ในส่วนนี้เป็นการปรับปรุงให้ผลเฉลยมีค่าคำตอบที่ดีขึ้น โดยการปรับปรุงวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบกลุ่มในรูปแบบเดิม โดยปรับปรุงค่าตัวแปรตัวประกอบค่าน้ำหนักความเฉื่อย ค่าคงที่ความเร่ง จากสมการ 8 ความเร็วของอนุภาคแต่ละตัวที่เปลี่ยนไป หลังจากปรับปรุงตัวแปรแล้วจะได้สมการที่ 19

$$v_i(t+1) = w_{new}(t) \times v_i(t) + c_1 r_1 (p_i(t) - x_i(t)) + c_2 r_2 (p_g(t) - x_i(t)) \quad (19)$$

$$w = w_{max} - \frac{w_{max} - w_{min}}{Iter_{max}} \times Iter, \quad (20)$$

$$w_{new} = w_{min} + w \times rand_3, \quad (21)$$

$$c_1 = c_{1max} - \frac{c_{1max} - c_{1min}}{Iter_{max}} \times Iter, \quad (22)$$

$$c_2 = c_{2max} - \frac{c_{2max} - c_{2min}}{Iter_{max}} \times Iter, \quad (23)$$

w_{min}, w_{max} คือ ค่าเริ่มต้น และค่าสุดท้ายของน้ำหนัก,

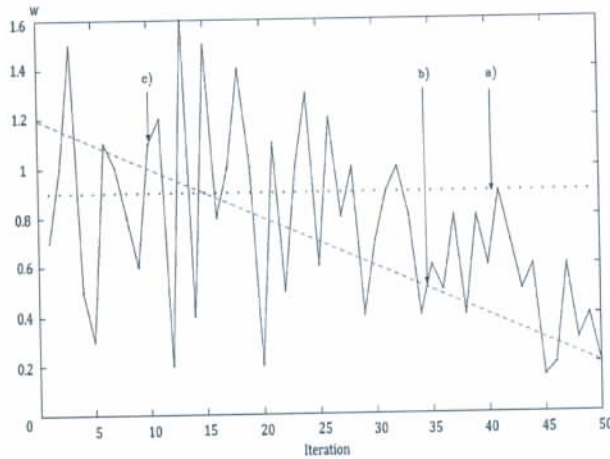
c_{1min}, c_{1max} คือ ค่าเริ่มต้น และค่าสุดท้ายของ cog factors,

c_{2min}, c_{2max} คือ ค่าเริ่มต้น และค่าสุดท้ายของ social factors,

$Iter_{max}$ คือ จำนวนรอบสูงสุด

$Iter$ คือ จำนวนรอบปัจจุบัน

$rand_3$ คือ ตัวเลขที่ทำการสุ่มขึ้นมา มีค่าอยู่ในช่วง [0,1]



รูปที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบของน้ำหนักในแต่ละวิธี :

a) $w = const$ b) $w =$ สมการที่ (20)

c) $w_{new} =$ สมการที่ (21)

จากรูปที่ 1 [6] แสดงลักษณะของฟังก์ชันตัวแปรตัวประกอบค่าน้ำหนักความเฉื่อย ในจุดที่ a, b, c ซึ่งจะเกี่ยวกับค่าคงที่, การเป็นเชิงเส้นที่แนวโน้มลดลงตามสมการที่ 20 และฟังก์ชันตัวแปรตัวประกอบค่าน้ำหนักความเฉื่อยที่ปรับปรุงแล้วตามสมการที่ 21 ตามลำดับ

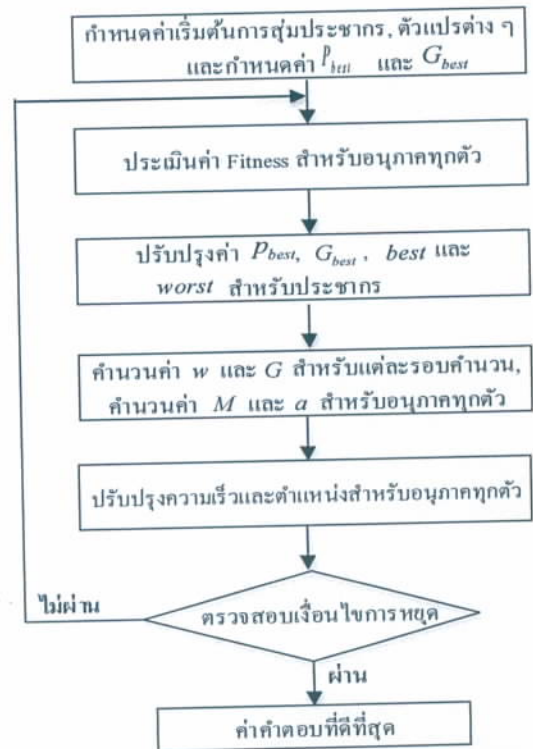
แนวคิดพื้นฐานของวิธีแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบโน้มถ่วง คือการนำความสามารถของข้อมูลตำแหน่งที่ดีที่สุดของทุกรอบในวิธีแบบกลุ่มอนุภาค กับความสามารถในการค้นหาแบบท้องถิ่นของวิธีแบบโน้มถ่วงมาทำงานร่วมกัน ในวิธีแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบโน้มถ่วง ตัวแทนทั้งหมดจะเริ่มค้นหาการสุ่ม หลังจากเริ่มค้นหาแรงโน้มถ่วง, แรงโน้มถ่วงคงที่ และผลลัพธ์ทั้งหมดของตัวแทนจะคำนวณโดยใช้สมการที่ 11-14 และกำหนดความเร็วของ

อนุภาคโดยใช้สมการที่ 15 ค่าคำตอบที่ดีที่สุดควรปรับปรุงหลังจากที่ทำซ้ำแต่ละครั้งหลังจากการคำนวณความเร็วและปรับปรุงความค้ำคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งค่าความเร็วของตัวแทนทั้งหมดสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 24

$$v_i^d(t+1)_{HPSO-GSA} = c_3 \times r_3 \times v_i^d(t+1)_{psa} + c_4 \times (1-r_3) \times v_i^d(t+1)_{GSA} \quad (24)$$

สุดท้ายจะเป็นการปรับปรุงตำแหน่งของตัวแทนจะใช้สมการที่ 9

ซึ่งสามารถเขียนขั้นตอนการทำงานด้วยวิธีแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบโน้มถ่วงโดยมีขั้นตอนดังนี้

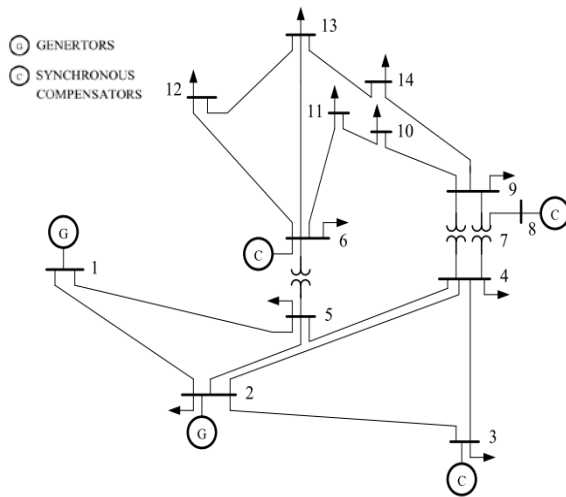


รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำงานด้วยวิธีแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบโน้มถ่วง

2.3 ระบบทดสอบ

2.3.1 ระบบมาตรฐาน IEEE 14 บัส

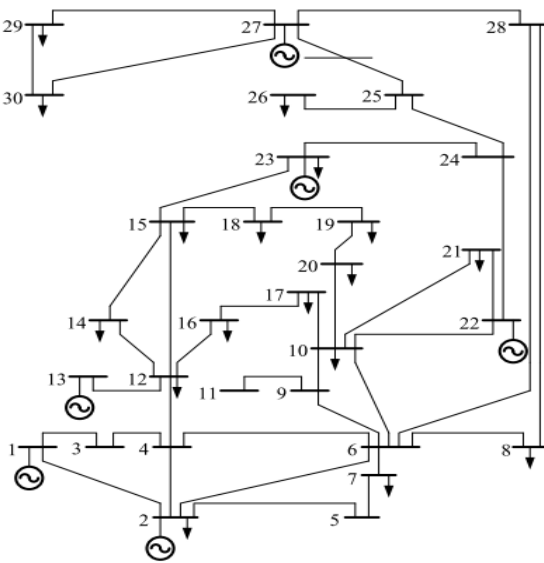
ระบบมาตรฐาน IEEE 14 บัส ในรูปที่ 3 ซึ่งเมื่อทำการคำนวณด้วยวิธีนิวตันราฟสัน (NR) จะมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมอยู่ที่ 13.393272 MW ดังแสดงตารางที่ 1



รูปที่ 3 ระบบมาตรฐาน IEEE 14 บัส

2.3.2 ระบบมาตรฐาน IEEE 30 บัส

ระบบมาตรฐาน IEEE 30 บัสในรูปที่ 4 ซึ่งเมื่อทำการคำนวณด้วยวิธีนิวตันราฟสัน (NR) จะมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมอยู่ที่ 2.4438 MW ดังแสดงตารางที่ 2



รูปที่ 4 ระบบมาตรฐาน IEEE 30 บัส

3. ผลการวิจัย

3.1 ระบบมาตรฐาน IEEE 14 บัส

ผลสมรรถนะของการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้จากวิธีการที่นำเสนอ (Hybrid IPSO-GSA) เปรียบเทียบสมรรถนะของวิธีนิวตันราฟสัน (NR), วิธีแบบกลุ่มอนุภาค (PSO), วิธีแบบโน้มถ่วง (GSA) และ วิธีแบบกลุ่มอนุภาค

ร่วมกับแบบโน้มถ่วง (Hybrid PSO-GSA) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการทดสอบฟังก์ชันราคาที่เหมาะสมของระบบมาตรฐาน IEEE 14 บัส

Unit Power	NR	PSO	GSA	HPSO-GSA	HIPSO-GSA
P_1 (MW)	232.3933	194.1356	195.2729	193.8456	191.5426
P_2 (MW)	40	36.572	36.2878	36.0154	35.6584
P_3 (MW)	0	28.5757	27.0942	28.5625	28.0325
P_6 (MW)	0	0	0	0	0
P_8 (MW)	0	8.5186	9.679	8.1954	7.6521
Total Power Output (MW)	272.3933	267.8019	268.3339	266.6189	262.8856
$P_{loss} = P_i - D(MW)$	13.3933	8.8075	9.3342	7.6189	3.8856
Total Generation Cost (\$/h)	8171.7331	8062.9204	8080.4029	8060.9569	8016.8576

3.2 ระบบมาตรฐาน IEEE 30 บัส

ทำนองเดียวกัน ผลของคำตอบที่เหมาะสมที่สุดวิธีที่นำเสนอเปรียบเทียบกับวิธี NR, วิธี PSO, วิธี GSA และวิธี HPSO-GSA ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลการทดสอบฟังก์ชันราคาที่เหมาะสมของระบบมาตรฐาน IEEE 30 บัส

Unit Power	NR	PSO	GSA	HPSO-GSA	HIPSO-GSA
P_1 (MW)	25.9738	41.5769	44.2468	41.2965	40.9652
P_2 (MW)	60.97	55.0153	57.5766	54.3698	54.8645
P_{13} (MW)	37	16.1973	17.5872	17.4785	17.1685
P_{22} (MW)	21.59	22.8331	17.1127	21.1548	21.9501
P_{23} (MW)	19.2	16.2648	22.2722	16.0531	16.8364
P_{27} (MW)	26.91	39.6852	33.3345	39.7512	38.4158
Total Power Output (MW)	191.6438	191.5726	192.13	190.1039	190.2005
$P_{loss} = P_i - D(MW)$	2.4438	2.3816	2.93	1.6039	1.0005
Total Generation Cost (\$/h)	593.4522	575.0584	576.4553	574.5862	562.6019

4. การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบโน้มถ่วง (Hybrid IPSO-GSA) เพื่อมาแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดนั้น ผลที่ได้ของราคาต้นทุนเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า

สูญเสียรวมนั้น มีค่าลดลง เป็นที่น่าพอใจ เพราะการนำความสามารถของข้อมูลตำแหน่งที่ดีที่สุดของถูกรอบในวิธีแบบกลุ่มอนุภาค กับความสามารถในการค้นหาแบบท้องถิ่นของวิธีแบบโน้มถ่วงมาทำงานร่วมกัน ซึ่งจะแสดงผลต่างการทดสอบ ดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลต่างการทดสอบ ของระบบมาตรฐาน IEEE 14 บัส

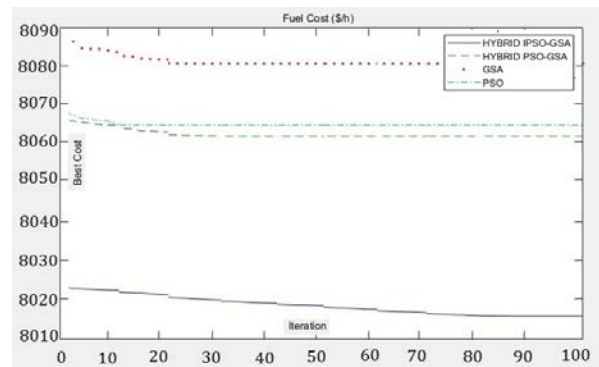
Unit Power	NR		PSO		GSA		HPSO-GSA	
	Total	Diff (%)	Total	Diff (%)	Total	Diff (%)	Total	Diff (%)
$P_{loss} = P_i - D(MW)$	9.5077	70.99%	4.9219	55.88%	5.4486	58.37%	3.7333	49.00%
Total Gen Cost (\$/h)	154.876	1.90%	46.063	0.57%	63.545	0.79%	44.099	0.55%

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลต่างการทดสอบ ของระบบมาตรฐาน IEEE 30 บัส

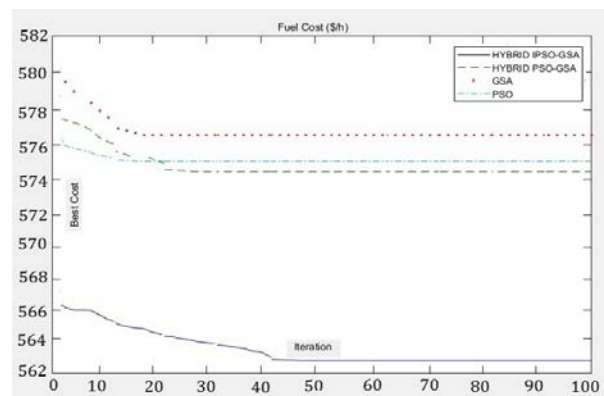
Unit Power	NR		PSO		GSA		HPSO-GSA	
	Total	Diff (%)	Total	Diff (%)	Total	Diff (%)	Total	Diff (%)
$P_{loss} = P_i - D(MW)$	1.4433	59.06%	1.3811	57.99%	1.9295	65.85%	0.6034	37.62%
Total Gen Cost (\$/h)	30.850	5.20%	12.457	2.17%	13.853	2.40%	11.984	2.09%

คุณภาพของคำตอบ จากตารางที่ 1 และ 2 แสดงเห็นได้ว่าคำตอบที่ได้จากวิธีแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบโน้มถ่วง (HPSO-GSA) มีค่าเฉลี่ย ค่าที่เหมาะสมที่สุดของฟังก์ชันราคาแบบราบเรียบ โดยที่ต้นทุนเชื้อเพลิงในการผลิตต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า สำหรับวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยการปรับปรุงวิธีกลุ่มอนุภาคให้ทำงานร่วมกับแบบโน้มถ่วง เมื่อพิจารณาการทำงานจากระบบทดสอบ IEEE 14 บัส พบว่าราคาต้นทุนเชื้อเพลิงในการผลิตเทียบกับวิธีแบบกลุ่มอนุภาคราคาจะลดลงร้อยละ 0.57 (46.063\$/h), P_{loss} ลดลงร้อยละ 55.88 (4.9219 MW), วิธีแบบโน้มถ่วงราคาจะลดลงร้อยละ 0.79 (63.545\$/h), P_{loss} ลดลงร้อยละ 58.37 (5.4486 MW) และแบบการปรับปรุงกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบโน้มถ่วง ราคาจะลดลงร้อยละ 0.55 (44.099\$/h), P_{loss} ลดลงร้อยละ 49 (3.733MW) ดังรูปที่ 5 จะเป็นการแสดงการกระจายของฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงการผลิตเมื่อทำซ้ำ 100 ครั้ง ขณะที่ระบบทดสอบ IEEE 30 บัส พบว่า

ราคาต้นทุนเชื้อเพลิงในการผลิตเทียบกับวิธีแบบกลุ่มอนุภาคราคาจะลดลงร้อยละ 2.17 (12.457\$/h), P_{loss} ลดลงร้อยละ 57.99 (1.3811 MW), วิธีแบบโน้มถ่วงราคาจะลดลงร้อยละ 2.4 (13.853\$/h), P_{loss} ลดลงร้อยละ 65.85 (1.9295 MW) และแบบการปรับปรุงกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบโน้มถ่วง ราคาจะลดลงร้อยละ 2.09 (11.984\$/h), P_{loss} ลดลงร้อยละ 37.62 (0.6034MW) ดังรูปที่ 6 จะเป็นการแสดงการกระจายของฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงการผลิตเมื่อทำซ้ำ 100 ครั้ง จากข้อมูลที่ได้ยืนยัน ได้ชัดเจนว่าการปรับปรุงวิธีแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบโน้มถ่วงมีประสิทธิภาพในการหาค่าตอบได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 5 การกระจายของฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงการผลิตเมื่อทำซ้ำ 100 ครั้ง ของระบบมาตรฐาน IEEE 14 บัส



รูปที่ 6 การกระจายของฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงการผลิตเมื่อทำซ้ำ 100 ครั้ง ของระบบมาตรฐาน IEEE 30 บัส

5. บทสรุป และข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด เพื่อช่วยลดต้นทุนเชื้อเพลิงในผลิต และกำลังไฟฟ้าสูญเสีย

รวมของระบบไฟฟ้าให้มีค่าต่ำที่สุดด้วยวิธีการหาค่าตอบ โดยปรับปรุงการหาค่าที่เหมาะสมแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับค่าเหมาะสมแบบไน้มถ่วง (Hybrid IPSO-GSA) ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการหาค่าที่เหมาะสมแบบกลุ่มอนุภาค และแบบไน้มถ่วงทั่วไป เนื่องจากวิธีที่นำเสนอเป็นการนำความสามารถของวิธีแบบกลุ่มอนุภาคในด้านการหาค่าหน้าที่ดีที่สุดของทุกรอบการคำนวณ ร่วมกับความสามารถในการค้นหาแบบท้องถิ่นของวิธีแบบไน้มถ่วงมาประยุกต์การทำงานร่วมกัน แล้วปรับปรุงฟังก์ชันตัวแปรตัวประกอบน้ำหนักความเชื่อของวิธีกลุ่มอนุภาค และขอบเขตที่เหมาะสมในการค้นหาค่าตอบตั้งแต่เริ่มต้น จึงทำให้ผลลัพธ์ต้นทุนเชื้อเพลิงในการผลิตต่ำกว่าวิธีการแบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้วิธีที่นำเสนอยังสามารถนำมาขยายผลเพื่อไปใช้ในการวิจัยปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดที่มีฟังก์ชันราคาที่ไม่ราบเรียบได้เช่นกัน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Kennedy, R.C. Eberhart. "Particle Swarm Optimization," Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, Piscataway, NJ, USA, Vol. 4, pp. 1942-1948, 1995.
- [2] D. Aydin, S. Ozyon, C. Yasar and T. Liao, "Artificial bee algorithm with dynamic population size to combined economic and emission dispatch problem," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol.54, pp.144-153, Jan., 2014
- [3] Shanhe Jiang, Zhicheng Ji, Yanxia Shen, "A novel hybrid particle swarm optimization and gravitational search algorithm for solving economic emission load dispatch problems with various practical constraints," Electrical Power and Energy Systems, Vol 55, pp.628-644, 2014.
- [4] Wood, Allen J. and Bruce F. Wollenberg, Power Generation, Operation and Control. Second Edition, John Wiley and Sons, Inc., Reading, New York, 1996.
- [5] E. Rashedi, H. Nezamabadi-pour, and S.Saryazdi, "GSA: A Gravitational Search Algorithm," Information Sciences, Vol. 179, No.13, pp.2232-2248, June, 2009.
- [6] Phan Tu Vu, DinhLuong Le, NgocDieu Vo and Jose Thlusty, "A novel weight-improved particle swarm optimization algorithm for optimal power flow and economic load dispatch problems," IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition, LA, 19-22 April, 2010.

การหาค่า kVp และ mAs ที่เหมาะสมในการเอกซเรย์ยาเสพติด ชนิดแอมเฟตามีน

Determination of Kilovoltage Peak (KVp) and The Amount of X-Ray Incident (mAs) Of X-Ray. (Amphetamine)

ขงยุทธ พูลเพิ่ม¹ สุพันธ์ ตั้งจิตกุศลมัน²

¹สาขาวิศวกรรมป้องกันประเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail : 55613965@kmitl.ac.th

²ภาควิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail : ktsupan@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การเอกซเรย์ เป็นวิธีการที่ใช้ในทางการแพทย์และความมั่นคงทางทหาร เพื่อใช้ตรวจสอบวัตถุต้องสงสัยยาเสพติดชนิดแอมเฟตามีนให้สามารถแสดงให้เห็นภาพได้อย่างชัดเจน โดยการกำหนดค่าที่ใช้ควบคุมพลังงานของรังสีเอกซเรย์ เพื่อที่จะหาปริมาณที่เหมาะสมกับขนาดของวัตถุซึ่งจะทำให้ได้ภาพที่ดีและสามารถนำไปวินิจฉัยได้อย่างถูกต้อง

งานวิจัยฉบับนี้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างวิธีการหาคำนวณค่าที่เหมาะสมที่ใช้ควบคุมพลังงานของรังสีเอกซเรย์กับยาเสพติดชนิดแอมเฟตามีน โดยใช้หลักการคำนวณทางรังสีเทคนิคหาค่าความต่างศักย์ที่สูงที่สุดของหลอดเอกซเรย์ (KVp) และปริมาณของรังสีเอกซเรย์ที่เกิดขึ้น (mAs.) ที่เหมาะสมกับวัตถุ โดยงานวิจัยนี้สนใจศึกษาวัตถุต้องสงสัยชนิดแอมเฟตามีนเป็นหลัก เนื่องจากมีการเก็บสถิติของเจ้าหน้าที่พบว่ามีการลักลอบขนส่งปิ่นจำนวนมากที่สุด ผลการจากวิจัยจะช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างสะดวกรวดเร็วและวินิจฉัยได้อย่างถูกต้อง

คำสำคัญ : เอกซเรย์, รังสีเทคนิค, ยาเสพติด, แอมเฟตามีน, kVp, mAs

Abstracts

The X-ray is the means used in the medical and military security. In order to examine suspicious objects drug amphetamine type. To be able to show a picture clearly. The configuration used control the power of X-ray. In order to find the right amount with the size of the object, which will make the good condition and can be used to diagnose correctly.

This thesis is discussed. The design method for calculating reasonable values used to control the power of X-ray radiation with drug Amphetamine type. By using the principle of computational techniques for radiation values of voltage at the highest of the X-ray tube (KVp). And the amount of X-ray radiation occurs (mAs). Suitable for Object. This study investigates the suspected type of amphetamine. Because of the statistics were found to be smuggling is the highest. Results from research to help the staff can work easily, quickly and accurately.

Keywords: X-Ray, Technical radiation, Narcotic, Amphetamine, kVp, mAs

1. บทนำรังสี

ในปัจจุบันการลักลอบขนยาเสพติด, การก่อการร้าย และ รวมถึงการลักลอบค้ามนุษย์นั้นมักใช้ยานพาหนะในการขนส่ง โดยจะซุกซ่อนสิ่งผิดกฎหมายเหล่านี้มาในยานพาหนะต่าง โดยมีการปิดตัดแปลงยานพาหนะเพื่อหลบตาเจ้าหน้าที่ได้อย่างแนบเนียนมากขึ้น ซึ่งการตรวจค้นพาหนะต้องสงสัยด้วยตาเปล่านั้นอาจจะทำให้การตรวจค้นนั้นไม่ละเอียดเท่าที่ควร ทางผู้วิจัยจึงได้สังเกตเห็นถึงปัญหานี้ และได้คิดถึงวิธีการประยุกต์ใช้ระบบเอกซเรย์มาเพื่อช่วยในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ให้มีประสิทธิภาพในการตรวจค้นยิ่งขึ้น โดยผู้วิจัย จะทำการกำหนดค่า kVp และ mAs ของเครื่องเอกซเรย์ที่เหมาะสมในการเอกซเรย์วัตถุต้องสงสัย เพื่อที่จะทำให้ได้ภาพเอกซเรย์ที่มี Resolution, Contrast และคุณภาพของภาพที่ดี สามารถเห็นรายละเอียดของภาพเอกซเรย์ได้ดีเห็นวัตถุต้องสงสัยได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ทำให้การวินิจฉัยมีความถูกต้องมากขึ้น

โดยในการวัดความหนาของวัตถุต้องสงสัย จะต้องใช้อุปกรณ์วัดความหนา และต้องใช้เวลาในการวัดช่วงหนึ่ง ซึ่งทำให้เสียเวลา ที่อาจเกิดข้อผิดพลาดของแต่ละบุคคล ดังนั้นในการกำหนดค่า kVp และ mAs จึงยังอาศัยการคาดคะเนขนาดของวัตถุต้องสงสัยโดยสายตา แล้วกำหนดค่า kVp และ mAs โดยนักรังสี ทำให้เกิดความผิดพลาดในการกำหนดค่า kVp และ mAs ที่เหมาะสม ภาพที่ได้จึงมีคุณภาพด้อยลงจากความเป็นจริง ทำให้อาจเกิดข้อผิดพลาด ในการวินิจฉัยได้ ดังนั้นเพื่อให้มีการกำหนดค่า kVp และ mAs ที่ถูกต้องจึงต้องมีการวัดขนาดความหนาของวัตถุต้องสงสัยเพื่อให้ได้ภาพเอกซเรย์ที่มีคุณภาพ ซึ่งวิธีการวัดนั้นจะต้องมีความถูกต้องและรวดเร็วเพื่อให้สามารถปฏิบัติหน้าอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

รังสีเอกซเรย์ (x-ray) เป็นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความสมบัติเป็นทั้งคลื่น และอนุภาค เช่นเดียวกับรังสีแกมมา แต่มีช่วงความยาวคลื่นต่ำกว่ารังสีแกมมา คือประมาณ 0.1 – 100 อังสตรอม (Å) หรือ 0.01 – 10 นาโนเมตร (nm) แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ รังสีเอกซเรย์ที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 1 อังสตรอม (Å) และรังสีเอกซเรย์ที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 1 อังสตรอม (Å) ในแง่ของอนุภาค รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจะต้องมีพลังงานกำกับไปด้วยค่าหนึ่งเสมอ โดยสมการที่รวมคุณสมบัติของความเป็นคลื่น และอนุภาคเข้าไว้ด้วยกัน และสามารถคำนวณเพื่อเปลี่ยนค่าเฉพาะของคุณสมบัติแต่ละประเภทไปมาได้แสดงในสมการด้านล่าง

$$E = hv \quad E = \frac{hc}{\lambda} = 1.986 \times 10^{-24} / \lambda \quad (1)$$

ซึ่ง E หน่วยเป็นจูล(J) λ มีหน่วยเป็นเมตร(m) ทำการแปลงหน่วยอังสตรอมและอิเล็กตรอนิกส์ โวลต์ ($1\text{eV} = 1.602 \times 10^{-19}$)

$$E(\text{ev}) = 12.396 / \lambda(\text{Å}) \quad (2)$$

$$E = \text{พลังงานของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (J)}$$

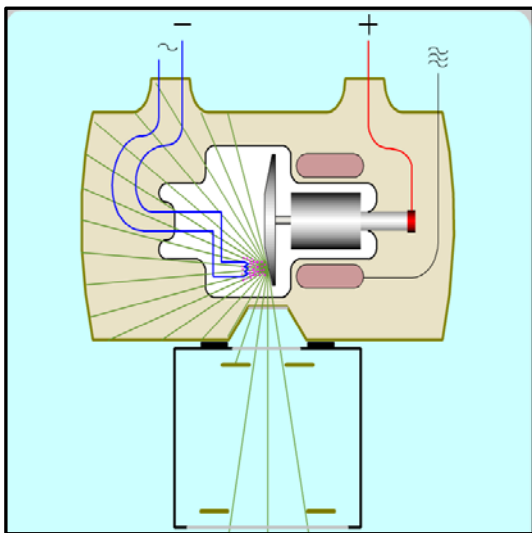
$$h = \text{ค่าคงที่ของพลังค์ } 6.626 \times 10^{-34} (\text{J}\cdot\text{s})$$

$$c = \text{ความเร็วแสง } 2.997 \times 10^8 (\text{m/s})$$

$$\lambda = \text{ความยาวคลื่น (m) รังสีเอกซเรย์}$$

เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนสถานะของระดับพลังงานของอะตอมจากระดับพลังงานสูงไปสู่ระดับพลังงานต่ำซึ่งอาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี (Radioisotope) และที่มนุษย์ผลิตขึ้นจากกลไกทางอิเล็กตรอนิกส์ เมื่ออะตอมได้รับการกระตุ้น (excite) จะทำให้บริเวณวงโคจรอิเล็กตรอนของอะตอมนอกนิวเคลียสได้รับผลกระตุ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนจากสถานะปกติ (ground state) ไปสู่สถานะกระตุ้น (excited state) และจะลดระดับพลังงานกลับมาสู่สถานะ

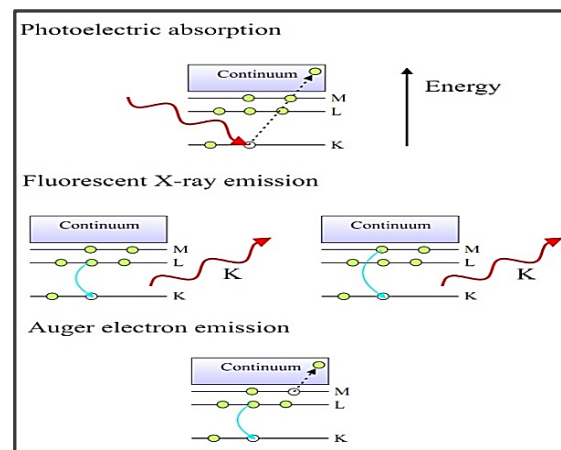
ปกติในกระบวนการกลับเข้าสู่สภาวะปกติจะเกิดการแทนที่ในที่ว่างจากชั้นอิเล็กตรอนวงนอกซึ่งมีพลังงานสูงเข้าแทนที่อิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นให้หลุดออกไปจากวงโคจร การแทนที่นี้ก่อให้เกิดการปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโฟตอนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าปลดปล่อยออกมาเรียกว่า “รังสีเรย์ฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent x-ray)” เครื่องกำเนิดรังสีเอกซเรย์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ หลอดรังสีเอกซเรย์ (X-ray tube) ซึ่งเป็นหลอดแก้วสุญญากาศภายในมีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว คือ ขั้วลบ (แคโทด) หรือไส้หลอด (filament) และขั้วบวก (แอโนด) หรือ เป้า (target) ขั้วทั้ง 2 ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปในไส้หลอดซึ่งทำจากทังสเตน (tungsten) แล้วจะเกิดความร้อนจนเพิ่มอุณหภูมิสูงประมาณ 2,000 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากไส้หลอด และถูกเร่งให้เคลื่อนที่ไปกระทบกับเป้าซึ่งทำจากโลหะผสมระหว่างทังสเตนกับวัสดุอื่นเช่น โมลิบดีนัม (molybdenum) หรือรูเนียม (rhenium)



รูปที่ 1 : โครงสร้างหลอดเอกซเรย์

เนื่องจากทังสเตนมีเลขเชิงอะตอมสูง จุดหลอมเหลวสูง และส่งผ่านความร้อนได้ดี เมื่ออิเล็กตรอนความเร็วสูงกระทบกับเป้า จะสูญเสียพลังงานไปเป็นความร้อน

($\geq 99\%$) และส่วนพลังงานที่เหลือจะเปลี่ยนเป็นรังสีเอกซเรย์ กระบวนการเกิดรังสีเอกซเรย์ เมื่ออิเล็กตรอนความเร็วสูงจากไส้หลอดกระทบเป้า รังสีเอกซเรย์จะเกิดขึ้นจากกระบวนการที่สำคัญคือเมื่ออิเล็กตรอนจากไส้หลอดชนกับอิเล็กตรอนในวงโคจรอะตอมของเป้า และสามารถทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน ด้วยการผลัดอิเล็กตรอนให้หลุดออกจากอะตอม เมื่ออิเล็กตรอนที่อยู่ในวงโคจรอื่นที่ห่างออกไปเข้ามาแทนที่ว่าง ก่อนจะปลดปล่อยพลังงานออกในรูปรังสีเอกซเรย์ ซึ่งเรียกว่า รังสีเอกซเรย์เฉพาะตัว (Characteristic X-ray) จากภาพด้านล่าง อิเล็กตรอนจากวง L เข้ามาแทนที่ว่างในวง K รังสีเอกซเรย์ที่เกิดขึ้นเรียกว่า รังสีเอกซเรย์เฉพาะตัวเค (K-Characteristic X-ray) หากเป็นการแทนที่ว่างในวง L หรือ M ก็จะเรียกว่ารังสีเอกซเรย์เฉพาะตัวแอล (L-Characteristic X-ray) และรังสีเอกซเรย์เฉพาะตัวเอ็ม (M-Characteristic X-ray) พลังงานของรังสีเอกซเรย์ชนิดนี้มีค่าเฉพาะเท่ากับผลต่างของพลังงานยึดเหนี่ยวอิเล็กตรอนในวงโคจรเริ่มต้นกับวงโคจรสุดท้าย ซึ่งอะตอมของเป้าแต่ละชนิดจะมีการเรียงลำดับของอิเล็กตรอนแตกต่างกัน ดังนั้น พลังงานของรังสีเอกซเรย์จะเปลี่ยนไปเมื่อชนิดของเป้าเปลี่ยนไป กล่าวคือ พลังงานของรังสีเอกซเรย์เฉพาะตัวเคจากทังสเตนมีค่าแตกต่างจากตะกั่ว รังสีเอกซเรย์ชนิดนี้มีชื่อว่าเป็นแคแรกเทอริสติกซึ่งหมายถึงมีลักษณะเฉพาะตัวตามชนิดของเป้านั้นเอง

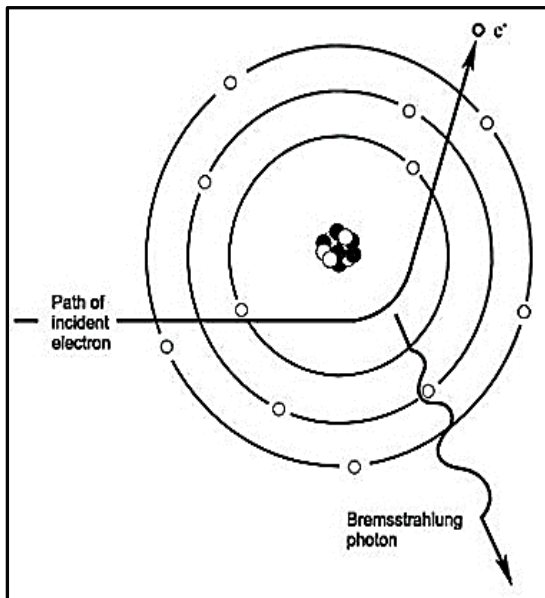


รูปที่ 2 : กระบวนการเกิดรังสีเอกซเรย์

เมื่ออิเล็กตรอนจากไส้หลอดวิ่งเข้าใกล้นิวเคลียสของเป้า เมื่อนั้นอิเล็กตรอนจะเกิดการเปลี่ยนทิศทางเคลื่อนที่ เพราะแรงจากประจุบวกของนิวเคลียส และอิเล็กตรอนเองมีพลังงานลดลง โดยการปล่อยพลังงานออกมาในรูปของรังสีเอกซ์เรย์ ที่มีชื่อเรียกว่า เบรมส์ตราลุง (bremsstrahlung) ซึ่งมีพลังงาน (E) เท่ากับผลต่างของพลังงานอิเล็กตรอนก่อนผ่านเข้าอะตอม (Eni) และหลังจากออกจากอะตอม (Enf) ดังสมการด้านล่าง

$$E = Eni - Enf \quad (3)$$

ดังนั้นเบรมส์ตราลุงจึงมีพลังงานได้หลายค่า ขึ้นอยู่กับว่าอิเล็กตรอนที่วิ่งเข้าชนสามารถเข้าใกล้นิวเคลียสได้มากเพียงใด และมีการสูญเสียพลังงานเพียงใด แต่จะมีค่าพลังงานสูงสุดเท่าพลังงานของอิเล็กตรอนเช่น อิเล็กตรอนที่มีพลังงานจลน์ 70 keV เมื่อทำให้เกิดเบรมส์ตราลุง ก็จะมีพลังงานตั้งแต่ 0 จนถึง 70 keV ไม่เกินกว่านี้



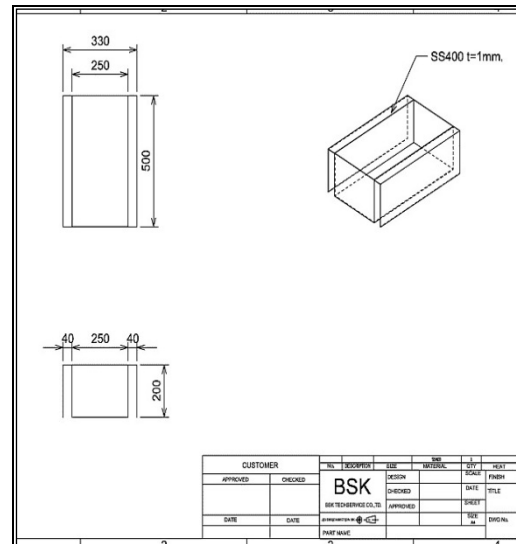
รูปที่:3 โครงสร้างอิเล็กตรอน

ทฤษฎีของ (DR) ดิจิตอลและเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีเอกซเรย์ดิจิตอลและเอกซเรย์คอมพิวเตอร์อีกหนึ่งเทคโนโลยีที่จำเป็นสำหรับแพทย์และพัฒนาไปตาม

กาลที่ผ่านไปการถ่ายภาพด้วยรังสีหรือเอกซเรย์จำเป็นต่อการวินิจฉัยโรคของแพทย์มาก ซึ่งอาศัยการถ่ายภาพเอกซเรย์โดยให้รังสีเอกซเรย์ผ่านตัวผู้ป่วยไปยังแผ่นฟิล์มแล้วล้างฟิล์มเพื่อให้แพทย์ได้วินิจฉัยโรค ปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีใหม่โดยการประยุกต์ใช้งานคอมพิวเตอร์ร่วมกันกับดีเทกเตอร์แบบดิจิตอล (Digital Detector) เพื่อสร้างภาพได้อย่างรวดเร็วในทันทีที่ฉายรังสี ซึ่งช่วยลดเวลาในการตรวจและรอฟังผล

3. การทดลอง

ในการวิจัยนี้มีการออกแบบและสร้างวิธีการคำนวณค่าที่เหมาะสมกับวัตถุต้องสงสัยชนิดต่างๆ โดยใช้หลักการคำนวณทางรังสีเทคนิคาค่า กิโลโวลต์เตจสูงสุด (KVP) และปริมาณของรังสีเอ็กซ์ที่เกิดขึ้นจะกำหนดโดยค่าผลคูณของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอดกับเวลาที่ปล่อยรังสี (mAs) ที่เหมาะสมกับวัตถุต้องสงสัยชนิดต่างๆ



รูปที่:5: แบบชุดจำลอง โครงสร้างรถยนต์

โดยงานวิจัยนี้สนใจจะตรวจสอบวัตถุต้องสงสัยคือยาเสพติดชนิดแอมเฟตามีน เนื่องจากการลักลอบขนส่งเพื่อจำหน่าย การจากวิจัยจะช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างสะดวกรวดเร็วและวินิจฉัยได้อย่าง

ถูกต้องโดยมีการออกแบบชุดจำลองตัวถังรถยนต์ที่ความหนา 1 มม. เท่ากับความหนาของรถยนต์ปกติทั่วไปเพื่อศึกษาค่าความทะลุทะลวงของรังสีเอกซเรย์



รูปที่ 6: รูปชุดจำลองโครงสร้างรถยนต์

เมื่อได้ชุดจำลองโครงสร้างรถยนต์แล้วทำการทดลองนำยาเสพติดจำลองขนาด 0.7 มม. บรรจุ 200 เม็ดต่อ 1 ถังนำไปชุกซ่อนไว้ชุดจำลองโครงสร้างรถยนต์ตั้งแล้วคำนวณหาค่ารังสีเทคนิคโดยใช้สมการ

$$EI = 1000 \times \log \left[\frac{E}{E_0} \right] + C \quad (4)$$

เมื่อ EI = คือค่าดัชนีปริมาณรังสี

E = คือปริมาณรังสีที่อิมเมจิงเพลต (milli-Roentgen; mR) E₀ = คือปริมาณรังสีที่อิมเมจิงเพลตเท่ากับ 1 มิลลิเรินต์เกน

C = คือค่าคงที่สำหรับคุณลักษณะลำรังสีโดยที่ค่าความต่างศักย์หลอด 80 กิโลโวลต์ ร่วมกับแผ่นกรองรังสีความหนา 0.5 มิลลิเมตรทองแดง (millimeter of copper; mm Cu) และ 1.0 มิลลิเมตรอลูมิเนียม (millimeter of aluminum; mm Al) จากนั้นนำค่าที่ได้มาทำการบันทึกในตารางและนำไปทดสอบจริงกับเครื่อง X-Ray ยี่ห้อ Toshiba รุ่น KXO-80S และตั้งระยะห่างของหลอดที่ 40 cm.

4. ผลการทดลอง

พบว่าเครื่องเอกซเรย์ที่ใช้ในทางการแพทย์นั้นสามารถแสดงภาพยาเสพติดจำลองได้อย่างชัดเจนทั้งแบบชุกซ่อน 1 ชั้น และ 2 ชั้น โดยที่ยังไม่ได้ใช้งานในค่าเทคนิคสูงสุดคือ 150 KVP โดยการทดสอบพบว่าการชุกซ่อนแบบ 1 ชั้นนั้นใช้ค่ารังสีเทคนิคอยู่ที่ 75 KVP 5 mAs

ตารางที่ 1 : ตารางค่ารังสีเทคนิคที่ใช้ในการยิงแบบ 1 ชั้น

ครั้ง	ยาเสพติด		
	kVp	mAs	Seconds
1	70	5	200
2	71	5	200
3	72	5	200
4	73	5	200
5	74	5	200
6	75	5	200
7	76	5	200
8	77	5	200
9	78	5	200
10	79	5	200
11	80	5	200

โดยการทดสอบพบว่าการชุกซ่อนแบบ 1 ชั้นใช้ค่าเทคนิค 75 KVP 5 mAs ได้ภาพชัดเจนที่สุด

ตารางที่ 2 : ตารางค่ารังสีเทคนิคที่ใช้ในการยิงแบบ 2 ชั้น

ครั้ง	ยาเสพติด		
	kVp	mAs	Seconds
1	70	5	200
2	71	5	200
3	72	5	200
4	73	5	200
5	74	5	200
6	75	5	200
7	76	5	200
8	77	5	200
9	78	5	200
10	79	5	200
11	80	5	200

ส่วนการชุกซ่อนแบบ 2 ชั้นใช้ค่าเทคนิคที่ 80 KVP 5 mAs ได้ภาพชัดเจนที่สุด

5. สรุป

งานวิจัยฉบับนี้ แสดงถึง การตรวจหาวัตถุต้องสงสัยที่ซุกซ่อนมาในยานพาหนะต่างๆ โดยประยุกต์ใช้ระบบx-ray ทางการแพทย์ โดยงานวิจัยฉบับนี้เน้นในการนำเสนอเกี่ยวกับการปรับตั้งค่าความทะลุทะลวงของวัตถุหรือที่เรียกว่า Kilo Voltage Peak (kVp) และ ค่าความเข้มของภาพ หรือที่เรียกว่า Milliamp Sec (mAs) ซึ่งเป็นค่าเทคนิคของระบบX-ray ที่เหมาะสมกับวัตถุและวัสดุต่างๆ ซึ่งจากงานวิจัยจะพบว่าสามารถทำการตรวจพบวัตถุต้องสงสัยได้เมื่อตั้งค่าเทคนิคที่เหมาะสม โดยมีขั้นตอนการตรวจวัดเริ่มต้นตั้งแต่ 40 kVp / 2 mAs จนถึง 150 kVp / 560 mAs ซึ่งข้อดีของการตรวจวัดโดยการประยุกต์ใช้ของเครื่อง X-ray ทางการแพทย์นั้นจะได้ภาพที่มีความคมชัดมากกว่า ทำให้สามารถมองเห็นวัตถุต้องสงสัยที่มีขนาดเล็ก ตัวอย่างเช่นยาเสพติด เป็นต้น และสามารถนำไปติดตั้งตามจุดสกัดต่างๆเพื่อตรวจค้นยานพาหนะต้องสงสัยได้ง่าย ซึ่งแตกต่างจากเครื่องเอกซเรย์ระบบสายพาน ที่ใช้ตามสนามบิน, เรือบิน ซึ่งมีความละเอียดต่ำและไม่สามารถใช้ในการตรวจหาวัตถุต้องสงสัยที่มีขนาดใหญ่มากได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.สุพันธุ์ ตั้งจิตกุศลมั่น และ ผศ. พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ ที่ให้ความรู้และคำปรึกษาต่างๆแก่งานวิจัยชิ้นนี้ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยบูรพา,มหาวิทยาลัยมหิดลที่ให้อุปกรณ์และเครื่องมือเพื่อสถานที่ในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Sartrawut Thammakittipan, "Determination of kVp and mAs in chest x-ray using Least Square technique", King Mongkut's University North Bangkok Journal, 2013, pp.72-79
- [2] Rujaporn Chanachai, Laongthip Chanachai, "Basic Physics in Nuclear Medicine", Ramkhamhang University Vol.2, 2011, pp.145-151
- [3] Thunyarat Chusin, "Application of detectors in computed radiography systems for radiation dosimetry", Naresuan University Journals, 2015, pp.112-117
- [4] Craft B.Y., "Single -Photon Emission Computed Tomography", Year Book Medical Publisher, Inc. Chicago, 1986, pp.121-129
- [5] Robert de Nero, "Protocol for The Radiation Safety Surveys of Diagnostic Radiological Equipment", American Association of Physics in Medicine (AAPM Report) No. 25, 1998, pp.112-119

การศึกษาการสืบค้นและวิเคราะห์ข้อมูลข่าวกรองแบบเปิดผ่าน อินเทอร์เน็ต

Feasibility Study on Search and Analysis of Open-Sources Web Intelligence

วัชรภูมิ ไหว่อง¹ อานาจ ขาวเน²

¹สาขาวิศวกรรมป้องกันประเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail : 55613951@kmitl.ac.th

²ภาควิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail : kkamnach@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ของการนำข้อมูลข่าวเปิดในอินเทอร์เน็ต มารวบรวมประมวลผล และสืบค้นหาความเชื่อมโยงผ่านการใช้งานของซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์ส เนื่องจากปัจจุบัน ข้อมูลข่าวสารมีอยู่มากมายบนรูปแบบเว็บไซต์ โดยจะทำการเก็บข้อมูลต่างๆ ในรูปแบบของข้อมูลข่าวกรองที่เป็นประโยชน์ เพื่อนำไปสู่การประมวลผลแบบหาเครือข่ายความเชื่อมโยง ของข้อมูลดิบที่มีอยู่ และนำไปสู่การสอบสวนเพื่อขยายผล หาเครือข่ายของผู้ต้องสงสัย หรือนบุคคลเป้าหมาย เพื่อทำการคาดการณ์เหตุการณ์ หรือความรุนแรงต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ และพัฒนาไปสู่การสร้างเป็นระบบสืบค้นข้อมูลที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ : ข่าวกรองแบบเปิด, ข่าวเปิด, การสืบค้น

Abstracts

This research investigates the possibility of introducing open news information on the Internet. To compile and find the link through use of open-source software. Because of at the present the information is abundant on the website layout. It will store data in the form of metadata to lead to the processing of network links of raw data available. And lead to the investigation to expand the results. Find a network of suspects or target person to make an event forecast or violence before it appeared in the future and will developed into a more efficient search system tools in the future.

Keywords: Open-source Intelligence, Intelligent, Search

1. บทนำ

ข่าวกรองมีชื่อเรียกกันหลายชนิด หรือหลายประเภท โดยเรียกตามลักษณะของเทคนิค หรือวิธีการรวบรวมข่าวสาร และความมุ่งหมายในการใช้ และเพื่อประโยชน์ในการแบ่งความรับผิดชอบในการปฏิบัติการใช้ข่าวสาร ข่าวกรอง และการประสานงานด้านการข่าวกรอง

โดยทั่วไปจึงแบ่งข่าวกรองออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ข่าวกรองแห่งชาติ ข่าวกรองทางทหาร และข่าวกรองประเภทอื่น ๆ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ข่าวกรองแห่งชาติ เป็นข่าวกรองในระดับกระทรวง ทบวง กรม ตั้งแต่หนึ่งหน่วยขึ้นไปเป็นผู้รวบรวมและดำเนินการวิธี หรือเป็นผู้ใช้เพื่อรักษาผลประโยชน์และความมั่นคงของชาติ

2. ข่าวกรองทางทหาร เป็นข่าวกรองสำหรับนำมาใช้ในการวางแผนการปฏิบัติการตามแผน นโยบาย โครงการ และกำหนดการทางทหาร ซึ่งจะแบ่งได้ดังนี้

2.1. ข่าวกรองทางการรบ หรือข่าวกรองทางยุทธวิธี คือความรู้เกี่ยวกับฝ่ายตรงข้าม ลมฟ้าอากาศ และลักษณะทางภูมิศาสตร์ ที่ผู้บังคับบัญชาต้องการในการวางแผนและการปฏิบัติการทางยุทธวิธี ข่าวกรองทางการรบ ได้มาจากการดำเนินการวิธีต่อข่าวสารที่เกี่ยวกับองค์ประกอบฝ่ายตรงข้าม ลมฟ้าอากาศ และภูมิประเทศที่ได้รับมาจากเจ้าหน้าที่รวบรวมข่าวสารของหน่วยเหนือ หน่วยรอง หน่วยข้างเคียง และแหล่งข่าวอื่น ๆ ซึ่งจะให้ข่าวสารและข้อสรุปที่เกี่ยวกับพื้นที่ปฏิบัติการ จิตความสามารถ จุดล่อแหลม และหนทางปฏิบัติของฝ่ายตรงข้าม

2.2 ข่าวกรองทางยุทธศาสตร์ คือ ความรู้เกี่ยวกับพื้นฐานในการกำหนดนโยบายและแผนการทางของต่างชาติใดชาติหนึ่ง หรือหลาย ๆ ชาติ โดยมุ่งพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ของชาติ การวางแผน และวิธีการปฏิบัติ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ความต้องการข่าวกรองทางยุทธศาสตร์ ได้แก่ จิตความสามารถ จุดล่อแหลม และหนทางปฏิบัติที่น่าจะเป็นไปได้ของต่างชาติทั้งที่เป็นพันธมิตร เป็นกลาง และเป็นศัตรูหรือที่น่าจะเป็นศัตรู กล่าวโดยสรุปข่าวกรองทางยุทธศาสตร์ คือ การพิจารณาถึงพลัง

อำนาจของต่างชาติ ซึ่งพลังอำนาจดังกล่าว คือความสามารถของชาติหนึ่งในการที่จะดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของชาตินั้น ข่าวกรองชนิดนี้มีลักษณะและจุดมุ่งหมาย ในการรวบรวมข่าวสารที่มุ่งเน้นในด้านการเตรียมการป้องกันประเทศและการทำสงคราม ซึ่งแตกต่างจากข่าวกรองการต่างประเทศ ที่เน้นในด้านของการกำหนดนโยบายต่างประเทศ และการดำเนินความสัมพันธ์กับต่างประเทศ อย่างไรก็ตามข่าวกรองทั้งสองชนิดนี้ต่างมีความสำคัญเท่าเทียมกัน เนื่องจากจะใช้เป็นมูลฐานในการกำหนดนโยบายของชาติ โดยเฉพาะนโยบายทางการเมืองทั้งภายในและต่างประเทศ นโยบายทางเศรษฐกิจ

2.3 ข่าวกรองประเภทอื่นๆ เป็นข่าวกรองที่กำหนดขึ้นตามหน้าที่ ตามลักษณะของการปฏิบัติการและความมุ่งหมายในการใช้อีกหลายชนิด ซึ่งข่าวกรองชนิดต่างๆ มีลักษณะเป็นส่วนประกอบทั้งข่าวกรองแห่งชาติ และข่าวกรองทาง โดยอาจเป็นข่าวกรองทางยุทธศาสตร์ หรือข่าวกรองทางยุทธวิธีก็ได้ เช่น ข่าวกรองทำเนียบ กาลังรบ ข่าวกรองแบบเปิด (Open-Source Intelligence – OSINT) ข่าวกรองทางเทคนิค (Technical Intelligence – TECHINT) ข่าวกรองภาพถ่าย (Imagery Intelligence – IMINT) ข่าวกรองเป้าหมาย (Target Intelligence) ข่าวกรองทางการติดต่อสื่อสาร (Communications Intelligence – COMINT) ข่าวกรองภูมิประเทศ ข่าวกรองลมฟ้าอากาศ ข่าวกรองปัจจุบัน ข่าวกรองมูลฐาน ข่าวกรองเพื่อความมั่นคง ข่าวกรองเรือ ข่าวกรองทางอากาศ เป็นต้น

ในปัจจุบันข่าวกรองแบบเปิดผ่านทางเว็บไซต์เป็นที่นิยมและแพร่หลายในหลายๆ รูปแบบ เนื่องจากมีรูปแบบการใช้งานที่ง่าย และไม่ยุ่งยากจนเกินไป ประกอบกับการที่มีในส่วนของโซเชียลมีเดีย เครือข่ายทางสังคมออนไลน์ ทำให้การเผยแพร่ข่าวเปิด เป็นไปอย่างรวดเร็ว และยังมีความแม่นยำในระดับหนึ่ง โดยการเผยแพร่นี้ยังรวมไปถึงการสร้างข่าวสำหรับเชิงลบ และข่าวลือที่เป็นประโยชน์ต่อกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง ดังนั้น ในบทความนี้จะเน้นทางด้านข่าวเปิดบนโลกอินเทอร์เน็ตเป็นหลัก

ตารางที่ 1: ส่วนประกอบ และองค์ประกอบทางสื่อโอเพ่นซอร์ส อินเทอร์เน็ตเว็บไซต์

Media	Components	Elements
Internet Web Sites	Communications	- Chat - Web cam
		- E-mail - Web cast
		- News - Web log
	Databases	- Commerce - Government - Education - Military Orgs.
Information (Web page content)		- Commerce - Government - Education - Military Orgs.
		Services

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการสืบค้นหาข้อมูลข่าวเปิดจากอินเทอร์เน็ต เพื่อนำไปสู่การสืบสวนข้อมูลเพื่อการทำงานหากกลุ่มเป้าหมายที่ต้องสงสัยต่อไป

ทฤษฎีที่ได้กล่าวถึงในการศึกษานี้ จะได้กล่าวถึงการใช้วีรอนเน็ตเวิร์ก ในการทำการศึกษานี้ และจำแนกประเภทข้อมูล และการใช้การสืบสวนสอบสวนในการแยกเป้าหมาย บ่งชี้ลักษณะ พฤติกรรมของเป้าหมาย และการขยายผลการสืบค้นต่อไป

สำหรับในคอมพิวเตอร์ Neurons ประกอบด้วย input และ output เหมือนกัน โดยจำลองให้ input แต่ละ

อันมี weight เป็นตัวกำหนดน้ำหนักของ input โดย neuron แต่ละหน่วยจะมีค่า threshold เป็นตัวกำหนดว่าน้ำหนักรวมของ input ต้องมากขนาดไหนจึงจะสามารถส่ง output ไปยัง neurons ตัวอื่นได้ เมื่อนำ neuron แต่ละหน่วยมาต่อกันให้ทำงานร่วมกันการทำงานนี้ในทางตรรกแล้วก็จะเหมือนกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสมอง เพียงแต่ในคอมพิวเตอร์ทุกอย่างเป็นตัวเลขเท่านั้นเอง

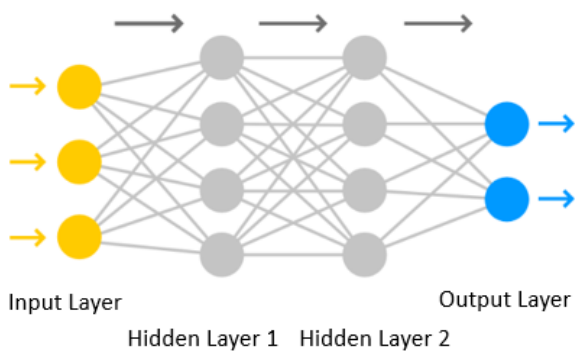
การทำงานของ Neural Networks คือเมื่อมี input เข้ามายัง network ก็เอา input มาคูณกับ weight ของแต่ละขา ผลที่ได้จาก input ทุก ๆ ขาของ neuron จะเอามารวมกันแล้วก็เอามาเทียบกับ threshold ที่กำหนดไว้ ถ้าผลรวมมีค่ามากกว่า threshold แล้ว neuron ก็จะส่ง output ออกไป output นี้ก็จะถูกส่งไปยัง input ของ neuron อื่น ๆ ที่เชื่อมกันใน network ถ้าค่าน้อยกว่า threshold ก็จะไม่เกิด output สิ่งสำคัญคือเราต้องทราบค่า weight และ threshold สำหรับสิ่งที่เราต้องการเพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้จัก ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แน่นอน แต่สามารถกำหนดให้คอมพิวเตอร์ปรับค่าเหล่านั้นได้โดยการสอนให้รู้จัก pattern ของสิ่งที่เราต้องการให้รู้จัก เรียกว่า "back propagation" ซึ่งเป็นกระบวนการย้อนกลับของการรู้จัก ในการฝึก feed-forward Neural Networks จะมีการใช้อัลกอริทึมแบบ back-propagation เพื่อใช้ในการปรับปรุงน้ำหนักคะแนนของเครือข่าย (Network Weight) หลังจากใส่รูปแบบข้อมูลสำหรับฝึกให้แก่เครือข่ายในแต่ละครั้งแล้ว ค่าที่ได้รับ (output) จากเครือข่ายจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่คาดหวัง แล้วทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาด ซึ่งค่าความผิดพลาดนี้จะถูกส่งกลับเข้าสู่เครือข่ายเพื่อใช้แก้ไขค่าน้ำหนักคะแนนต่อไป

การประยุกต์ใช้งาน Neural Networks ในบทความนี้ จะใช้ในการประมาณค่าฟังก์ชันหรือการประมาณความสัมพันธ์ (โดยมี inputs และ outputs แต่ไม่ทราบว่า inputs กับ outputs มีความสัมพันธ์กันอย่างไร)

ส่วนที่เล็กที่สุดของ Neural Network ก็คือ Neuron ซึ่งทำหน้าที่คำนวณ input ที่เข้ามาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกไป โดยมีส่วนประกอบสำคัญดังนี้

1. Input หรือค่าที่ส่งเข้ามาที่ Neuron โดยจะมีค่าที่เข้ามาได้หลายค่า ขึ้นอยู่กับสิ่งที่เราต้องการจะสร้าง
2. Weight เป็นการให้น้ำหนักของ input แต่ละที่ส่งเข้ามา โดยมีค่าระหว่าง 0-1 เมื่อเริ่มต้นจะเป็นการ Random ขึ้นมา จากนั้นตัว Neuron เมื่อทำการเรียนรู้แบบต่อเนื่อง ก็จะทำการปรับ weight ให้ได้คำตอบที่ใกล้เคียงกับที่เราต้องการให้มากที่สุด
3. Bias คือค่าที่จะช่วยเข้ามาทำให้ค่าที่เข้ามาอยู่ในระหว่าง 0 - 1 ได้ โดยจะเป็นเลข random และปรับไปเรื่อยๆ ทุกครั้งที่ได้เรียนรู้
4. Output คือผลลัพธ์
5. Back Propagation คือการที่ Neuron นำค่า Error ของ Output ที่ได้ กับ Output ที่เราสั่งให้มันเรียนรู้ นำไปปรับ Weight และ Bias ให้เกิดผลลัพธ์ที่ถูกต้องตามที่ได้เรียนรู้มา

รูปแบบของ Neural Network ที่ง่ายที่สุดคือ Feed-Forward Neural Network โดยจะแบ่ง Neuron ออกเป็นกลุ่มๆ โดยแต่ละกลุ่มจะเรียกเป็น Layer โดยข้อมูลที่เข้ามาจะไหลไปในทิศทางเดียว ไม่ไหลย้อนกลับจาก Layer หนึ่งสู่อีก Layer หนึ่ง ดังรูปที่ 1

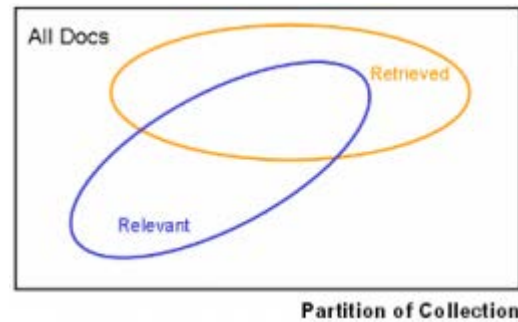


รูปที่ 1 : ข้อมูลที่เข้ามาจะไหลไปในทิศทางเดียว ไม่ไหลย้อนกลับ จาก Layer หนึ่งสู่อีก Layer หนึ่ง

เพื่อที่จะทำการวัดผลข้อมูล เราจะใช้หลักการ Precision Recall ดังนี้

$$Recall = \frac{\text{จำนวนของเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและถูกดึงออกมา}}{\text{จำนวนเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมด}} \quad (1)$$

$$Precision = \frac{\text{จำนวนของเอกสารที่เกี่ยวข้องและถูกดึงออกมา}}{\text{จำนวนเอกสารที่ถูกดึงออกมาทั้งหมด}} \quad (2)$$



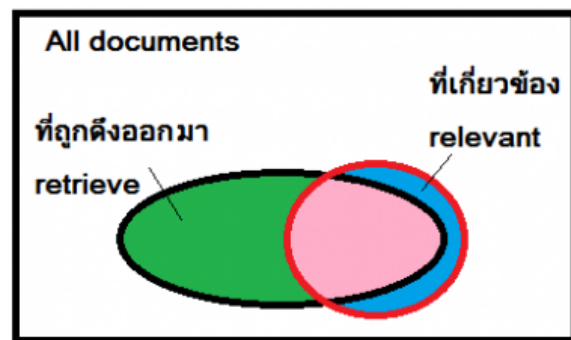
รูปที่ 2 : แสดงตามทฤษฎี Precision และ Recall

Precision คือ การวัดความสามารถในการที่จะขจัดเอกสารที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป โดย precision เป็นอัตราส่วนของจำนวนเอกสารที่เกี่ยวข้องและถูกดึงออกมากับจำนวนเอกสารที่ถูกดึงออกมาทั้งหมด

recall คือ การวัดความสามารถของระบบในการดึงเอกสารที่เกี่ยวข้องออกมา โดย recall เป็น อัตราส่วนของจำนวนเอกสารที่เกี่ยวข้องและถูกดึงออกมากับจำนวนเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

โดย Relevant คือ จำนวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

Retrieved คือ จำนวนเอกสารที่ถูกดึงออกมา



รูปที่ 3 : แสดงค่า Precision จะได้อัตราส่วนต่ำแสดงว่าจัดไม่เก่ง, ค่า Recall จะได้อัตราส่วนสูง แสดงว่าดึงข้อมูลเก่ง

จากหลักการนี้ นำไปสู่การเก็บข้อมูลข่าวเปิดที่มีอยู่ทั่วไปในโลกของอินเทอร์เน็ต สื่อสังคมที่ออนไลน์ และข้อมูลข่าวเปิดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ เพื่อนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้มาวิเคราะห์ สืบสวนต่อในกระบวนการต่อไป

ในส่วนของการสืบสวนนั้น มีหลักในการปฏิบัติคือการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ สิ่งที่ต้องสงสัยให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ แล้วนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์ และคาดเดา ด้วยการสร้างจินตนาการตามสามัญสำนึกแห่งบุคคลบนพื้นฐานของเหตุและผล โดยตั้งเป็นสมมุติฐานแล้ว พิสูจน์สมมุติฐานนั้น เพราะฉะนั้นข้อมูลของสิ่งที่ต้องสงสัย จึงเป็นปัจจัยอันสำคัญที่สุดในการสืบสวนโดยทั่วไปแล้ว ข้อมูล จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ข้อเท็จจริง คือข้อมูลที่เป็นความจริง ได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นความจริงแล้ว
2. ข้ออนุมาน คือ ข้อมูลที่คาดเดาเอง ยังไม่ได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นความจริง

ดังนั้น ข้อมูลที่เป็นจริงจึงเป็นปัจจัยอันสำคัญที่สุดที่ต้องใช้ในการสืบสวน

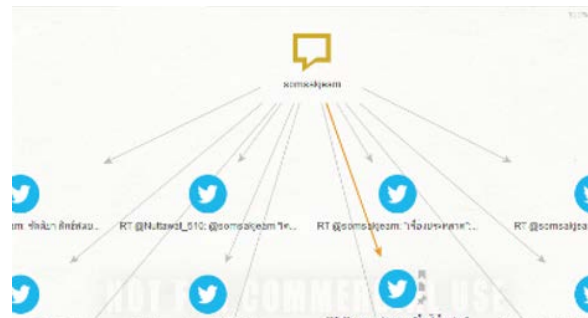
3. การทดลอง

ในงานวิจัยนี้จะทำการทดลองโดยการใช้โปรแกรมประยุกต์ในการรวบรวมหาข้อมูลข่าวสารจากแหล่งข่าวเปิด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผล โดยจะแตกต่างกับข้อมูลที่ได้รับจากทางที่ได้รับ จากเดิมที่ต้องทำแบบไม่อัตโนมัติซึ่งทำให้เสียเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูล แต่วิธีการนี้ จะช่วยให้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบอัตโนมัติ และมีความรวดเร็วในการทำงานเพิ่มขึ้น และไม่เสียเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ One-by-one แต่จะได้ข้อมูลมาช่วยในการวิเคราะห์มากขึ้น

โปรแกรม Maltego เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้งานได้ฟรี และมีแบบจ่ายเพิ่ม เครื่องมือนี้มีความแตกต่างจากเครื่องมือประเภทอื่นๆ คือ จะทำหน้าที่เป็น Digital forensics โดยอาศัยหลักการของ Data mining ในการติดตาม แกระอยข้อมูลที่เรากำลังสนใจ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้แบบ Real time และทำงานได้หลากหลาย platform เพื่อให้เราสามารถเรียกดูข้อมูลได้ง่ายและสะดวก

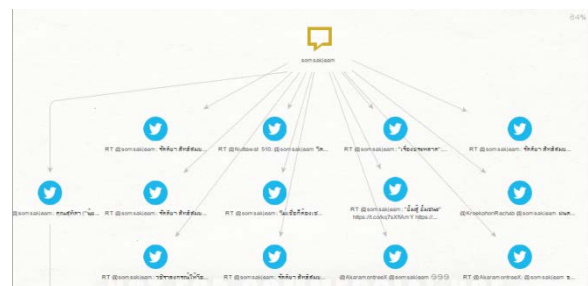
ในการทดลองนี้ จะใช้เป้าหมายที่เป็นบุคคลที่เป็นที่ต้องการตัวของทางการไทย รศ.สมศักดิ์ เจียมธีรสกุล ผู้ต้องหาคดีหมิ่นพระบรมเดชานุภาพ ตามประมวล

กฎหมายอาญา มาตรา 112 ปัจจุบันเป้าหมายได้ทำการหลบหนีไปอยู่ต่างประเทศ แต่ยังคงมีการเคลื่อนไหวทางการเมือง เพื่อแสดงความคิดเห็น และแนวคิดต่างๆ ผ่านทางโซเชียลมีเดียต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Facebook หรือ Twitter แต่ในการศึกษานี้จะทำการ Monitor เป้าหมายผ่าน Twitter เป็นหลัก เนื่องจากข้อจำกัดของโปรแกรมที่ยังไม่สามารถ Monitor ผ่าน Facebook ได้ โดยทำการค้นหา URL เป้าหมายผ่านทางเว็บไซต์ Twitter และได้ URL เป้าหมายมาดังนี้ <https://twitter.com/somsakjeam> ดังรูปที่ 3



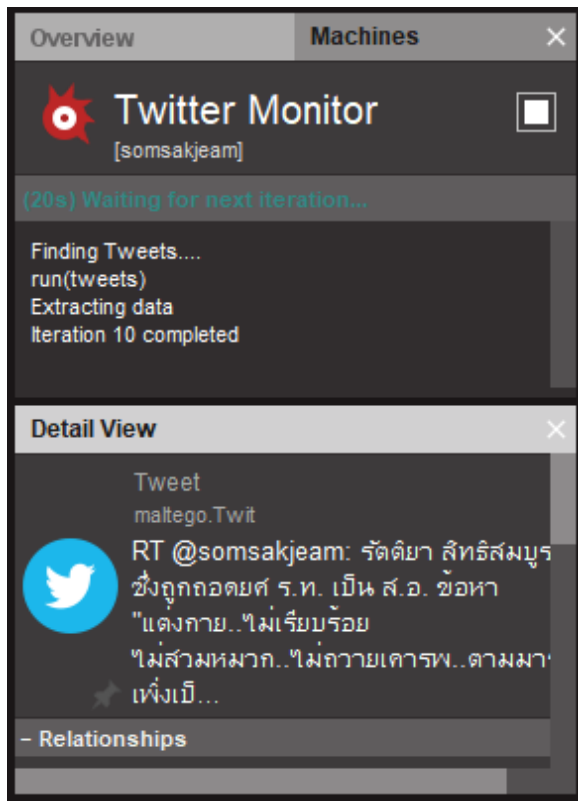
รูปที่ 4 : แสดงการค้นหาเครือข่ายความเชื่อมโยงของเป้าหมาย

โดยอาศัยสมมุติฐานของการใช้ทฤษฎีของนิวรอนเน็ตเวิร์ก เพื่อทำการเก็บข้อมูล และหาเครือข่ายความเชื่อมโยงของเป้าหมายได้ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 : แสดงเครือข่ายความเชื่อมโยงของเป้าหมายที่ได้ทำการทดลอง

สามารถติดตามดูข้อความจริงได้จาก URL จริง จากเครือข่ายความเชื่อมโยง ดังรูปที่ 6 และรูปที่ 7



รูปที่ 6 : แสดงผลการเก็บข้อมูลที่ได้



รูปที่ 7 : แสดงผลอ้างอิงจาก URL จริง

จากการทดลอง ได้ทำการเก็บผลเพื่ออ้างอิงความแม่นยำของการค้นหาจากเป้าหมายทั้งหมด เพื่อให้เห็นถึงคุณค่าของข่าวกรองที่ได้ ในเชิงปริมาณว่ามีความสำคัญและแม่นยำแค่ไหน โดยใช้ทฤษฎีของ Precision & Recall

โดยจะทำการทดสอบในระบบ twitter โดยงานศึกษานี้มีการทดสอบประสิทธิภาพด้วยค่าความแม่นยำ ค่าความครบถ้วน และ F-Measure ซึ่งเป็นที่ยอมรับและแพร่หลายเพื่อทดสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยผู้ทำการศึกษาได้เลือกคำสำคัญจำนวน 5 คำ จาก 105 คำ เพื่อใช้ทำการสืบค้น โดยทำการทดสอบกับข้อมูลจริงจำนวน 2000 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 : แสดงผลการทดลองเทียบกับข้อมูลที่เก็บได้และความแม่นยำ

คำสำคัญ	ค้นข้อมูลแบบธรรมดา		ค้นข้อมูลแบบมี Entity	
	Precision	Recall	Precision	Recall
พันสวน	1	0.1	0.89	1
ถวายความเคารพ	1	0.4	0.89	1
สำคัญ	1	0.1	0.59	1
หู้น	1	0.3	0.41	1
SCB	0.71	0.2	0.55	1
คำเฉลี่ย	0.94	0.22	0.66	1
ค่า F-Measure	0.36		0.79	

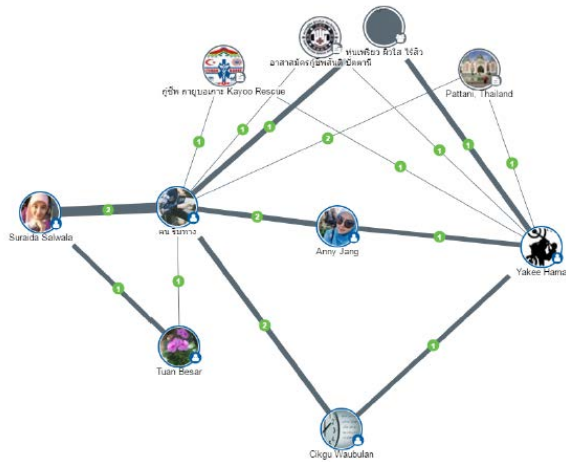
จากผลการทดลอง การค้นข้อมูลแบบธรรมดาพบว่าได้ค่า Precision = 0.94 ค่า Recall = 1 และค่า F-Measure = 0.36

จากผลการทดลอง การค้นข้อมูลแบบมี Entityพบว่าได้ค่า Precision = 0.79 ค่า Recall = 1 และค่า F-Measure = 0.79

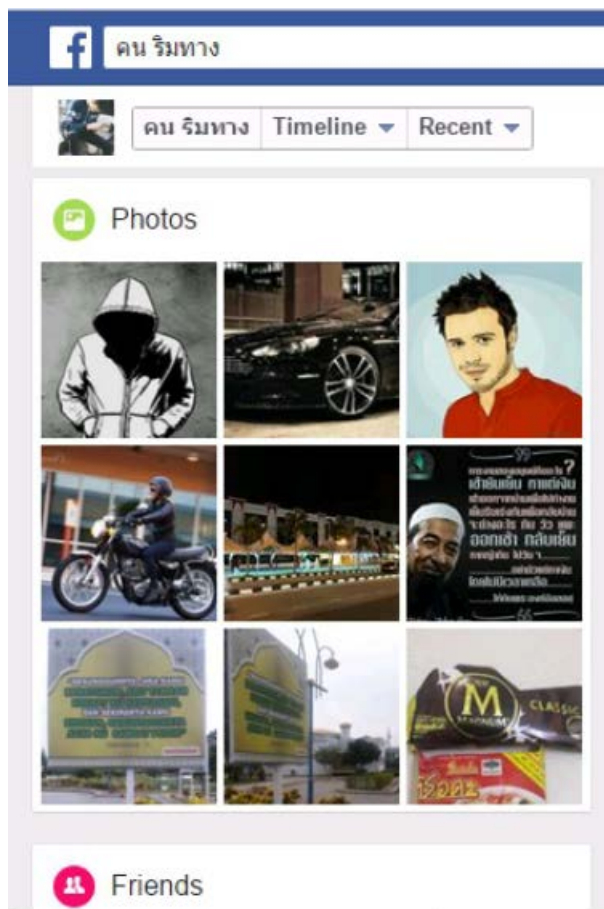
การทดลองถัดมา ได้ทำการเลือกบุคคลต้องสงสัยผ่านโซเชียลเน็ตเวิร์ค จำนวน 3 เป้าหมาย โดยเป้าหมายนั้นมีความเกี่ยวข้องกับความรุนแรงในสถานการณ์ทางภาคใต้ โดยมีจำนวนเป้าหมายดังต่อไปนี้

1. Suraida Salwala
2. Combeng Cahya
3. Yakee Hama

โดยเป้าหมายที่ชื่อ Combeng Cahya 'ไม่เปิดเผย' จำนวนของเพื่อนใน Facebook แต่ทางผู้ทำการทดสอบใช้ งานได้ทำการทดสอบด้วยการใช้การ Reconstruction เพื่อ ทำการรวบรวมข้อมูลทางเพื่อนของเพื่อน เพื่อที่ทำการ เปิดเผยจำนวนเพื่อนทั้งหมดของเป้าหมาย โดยหลังจากทำ การทดสอบการใช้งานจริงแล้ว พบเพื่อนทั้งหมด 272 ราย กับเป้าหมาย



รูปที่ 9 : แสดงความเชื่อมโยงของ 3 เป้าหมายที่มีความ เกี่ยวข้องกัน

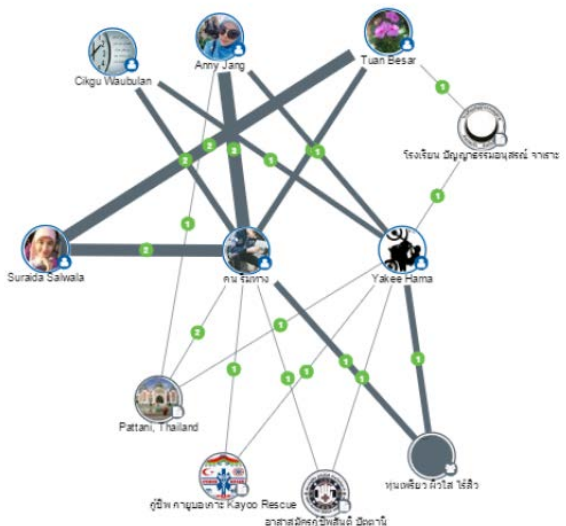


รูปที่ 8 : แสดงจำนวนเพื่อนที่ไม่เปิดเผยตัวตนของ Combeng Cahya

จากการทำการวิเคราะห์ในเชิงลึก เราจะเห็น 3 เป้าหมายที่เพิ่มเข้ามาใหม่ ที่มีความสัมพันธ์กันกับ 3 เป้าหมายแรก ดังนี้

1. Anny Jang (FB username: nurainee.salah)
2. Tuan Besar (FB username: amrin deelak)
3. Cikgu Waubulan (FB username: samsudin.dama)

- จากนั้น ได้ทำการเก็บบันทึกข้อมูลบุคคลทั้งสาม เพิ่มเติม ได้ผลสรุปออกมาดังรูปความสัมพันธ์ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 10 : แสดงความสัมพันธ์เพิ่มเติมของกลุ่มเป้าหมาย ใหม่และเก่า

ข้อมูลจากความสัมพันธ์ระหว่าง Suraida Salwala กับ Combeng Cahya (คน ริมทาง) นั้นเป็นบุคคลที่มี ปฏิสัมพันธ์กัน โดย Yakee Hama นั้น มีความสัมพันธ์กัน

ผ่านกับเป้าหมายใหม่ Anny Jang ไปยัง Combeng Cahya (คน ริมทาง) นั่นเอง

4. ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง พบว่าข้อมูลข่าวกรองที่ได้ เป็นประโยชน์ต่อการนำไปวิเคราะห์ผล และสามารถหา ความเชื่อมโยงต่อไปของบุคคลต้องสงสัย เพื่อที่จะได้ทำ การพยากรณ์ คาดการณ์เป้าหมาย ต่อไปในอนาคต

5.สรุป

จากการศึกษางานวิจัยนี้พบว่า ข้อมูลที่ได้เป็น การนำข้อมูลข่าวกรองเปิดในโลกออนไลน์ เพื่อนำข้อมูล ต่างๆ มาประมวลผล และเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก โดยทำการเปรียบเทียบความคล้ายกันของข้อมูล ทำการ เปรียบเทียบกับความคล้ายกันของคำ มุ่งเน้นไปที่ผลลัพธ์ การขยายผลต่อไป เพื่อตรวจสอบเครือข่ายในการ แพร่กระจายข้อมูลข่าวเปิดออกไป จากผลการทดลอง ประสิทธิภาพในตารางที่ 2 ได้ค่า Precision = 0.66 ค่า Recall = 1 และค่า F-Measure = 0.79 แสดงให้เห็นว่าสิ่งที่ พัฒนาขึ้นให้ผลประเมินในระดับที่ดี และยอมรับได้ โดย ในอนาคต สามารถนำข้อมูล แนวคิด ทฤษฎีต่างๆ เหล่านี้ ไปประยุกต์ใช้ สำหรับหน่วยงานความมั่นคง สำนักงาน ตำรวจแห่งชาติ กองอำนาจการรักษาความมั่นคงภายใน กองบัญชาการกองทัพบก เป็นต้น

6.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร. อำนาจ ขาวเน ได้ให้การ เสียสละ เวลา ความรู้ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อ งานวิจัยนี้ ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ทหารศูนย์รักษาความ ปลอดภัย กองบัญชาการกองทัพไทย และเจ้าหน้าที่ทหาร กรมยุทธการทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย ที่ให้ความ อนุเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการทำกรณีศึกษา และการ วัตถุประสงค์ของซอฟต์แวร์ต่างๆ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Raymond T. Ordierno, Joyce E. Morrow, "Techniques Publication, Designation: ATP 2-22.9 "Open-Source Intelligence", Headquarters, Department of the Army, Army, pp 20-22, 1996
- [2] Christian Nünlist, "CSS Analyses in Security Policy. Open Source Intelligence: A Strategic Enabler of National Security, Center for Security Studies (CSS)," ET H Zurich, vol.22, pp.-51-57, 2010
- [3] Fogelmann-Soulié et al.(Eds.), "Mining Massive Data Sets for Security: Advances in Data Mining, Search, Social Networks and Text Mining, and Their Applications to Security 19," Amsterdam, IOS Press, pp. 331-344, 2008
- [4] Darren Bradbury, "In plain view: Open Source Intelligence," Computer Fraud & Security 4, pp. 5-9, 2011
- [5] Loch Johnson, "R.D: Open Source Intelligence," Handbook of Intelligence Studies, pp. 129-147, 2007
- [6] Sutida Numak, Maleerat Sodanin, "Development of Query Expansion System using Topic Model," The 9th National Conference on Computing and Information Technology, pp.367-372, 2013

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่อง อบแห้งแบบเจ็ตสเปาต์เต็ดเบด

Mathematical Model for Paddy Drying by Jet Spouted Bed Dryer

กิตติ สถาพรประสาธน์¹, โปธีทอง ปราณีตพลกรัง²

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

²สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง) คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Corresponding author: pttmbj@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ดำเนินการเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดในการทำนายการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นของข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบเจ็ตสเปาต์เต็ดเบด ซึ่งมีเงื่อนไขการอบแห้งดังนี้ อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 70, 80 และ 90 °C ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 30-35% (d.b.) และความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12%(d.b) ผลการศึกษาพบว่าอัตราการอบแห้งของข้าวเปลือกจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของลมร้อน โดยอุณหภูมิการอบแห้งที่สูงขึ้นจะส่งผลให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้น โดยแบบจำลองการอบแห้งของ Midilli et al. สามารถทำนายคุณลักษณะการอบแห้งของข้าวเปลือกได้เหมาะสมที่สุด เพราะค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าสูงสุดและค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) มีค่าต่ำสุด จากค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น (Effective moisture diffusivities) ของข้าวเปลือกที่ระดับอุณหภูมิ 70-90 °C มีค่าระหว่าง 3.10×10^{-9} - 3.456×10^{-9} m²/s และค่าพลังงานกระตุ้น (Activation energy) ซึ่งคำนวณจากความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการอาร์เรเนียสมีค่าเท่ากับ 69.00 kJ/mol.

คำสำคัญ: เจ็ตสเปาต์เต็ดเบด, แบบจำลองการอบแห้ง, ข้าวเปลือก

Abstract

This research was performed to determine the most appropriate a mathematical model for predicting the moisture ratio of paddy drying by a Jet Spouted bed dryer. The condition for operation were: the drying temperature 70, 80 and 90 °C, the initial moisture content about 30-35 % (d.b) and final moisture content 12 % (d.b). The results showed that, drying temperature showed the effect on the rate of drying, the drying rate increased with drying temperatures resulted in the increase of drying rate. The Midilli et al. model could represent the drying characteristics of paddy most satisfactorily. Effective moisture diffusivities were determined between 3.10×10^{-9} and 3.456×10^{-9} m²/s. The activation energy was found to be 69.00 kJ/mol.

Keywords: Jet spouted bed, Drying model, Paddy

1. บทนำ

ข้าว นับเป็นสินค้าทางการเกษตรที่มีความสำคัญ เป็นสินค้าส่งออกมีมูลค่าสูงเป็นอันดับต้นๆของประเทศไทย แต่ปัญหาของเกษตรกรคือความชื้นและคุณภาพของข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยว [1-2] โดยทั่วไปข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวในระยะเวลาที่เหมาะสมมักมีความชื้นอยู่ในช่วง 22-25 % ซึ่งถ้าหากประสบกับสภาวะฝนตกหรือน้ำท่วมอาจทำให้ข้าวเปลือกมีความชื้นสูงถึง 28-33 % [2] จึงได้มีการนำเทคนิคการอบแห้งมาใช้ เพื่อช่วยลดปริมาณความชื้นในข้าวเปลือกจนถึงระดับที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ให้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน [1-2] เทคนิคการอบแห้งแบบต่างๆได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้อบแห้งข้าว เช่น การอบแห้งแบบกระแสด่วน [1] ลมร้อน [2] ฟลูอิดไดเบด [3-4] และแบบรังสีอินฟราเรด [5] เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรนั้นมีความจำเป็น โดยมีตัวแปรสำคัญหลายอย่างและเป็นคนละสมบัติเฉพาะของวัสดุแต่ละชนิด เช่น ค่าความชื้น ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น เป็นต้น ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลผลิตทางการเกษตร [6-7] การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical modeling) ของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการอบแห้ง เป็นวิธีการที่ประหยัดได้ทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดลอง [6-7]

เทคนิคการอบแห้งเจ็ตสเปาต์เต็ดเบด (Jet spouted bed หรือ JSB) ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของเครื่องอบแห้งแบบสเปาต์เต็ดเบดแบบดั้งเดิม ในเรื่องมีปริมาณความจุจำกัด มีความดันลดคร่อมเบดมากและการหมุนวนภายในเบดต่ำ การขยายขนาดสเปาต์เต็ดเบดเพื่อนำไปใช้ในเชิงอุตสาหกรรมจึงทำได้ลำบาก [8-10] ได้มีงานวิจัยนำเทคนิคการอบแห้งเจ็ตสเปาต์เต็ดเบดไปประยุกต์ใช้กับการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

ได้แก่ กุ้ง [8] กากถั่วเหลือง [9] พริกไทย [10] ซึ่งผลการอบแห้งที่ได้ก็อยู่ในระดับที่น่าพอใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาในแง่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ [8-10] จากการศึกษาทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ายังมีงานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคการอบแห้งเจ็ตสเปาต์เต็ดเบดอยู่น้อยมาก และยังไม่มีการวิจัยที่เกี่ยวกับการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องแห้งเจ็ตสเปาต์เต็ดเบด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อทดลองการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องแห้งแบบเจ็ตสเปาต์เต็ดเบด โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง ได้แก่ อุณหภูมิอบแห้ง ที่มีต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้ง และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสมการอบแห้งแบบเอมพิริคัลที่เหมาะสมขึ้นมาเพื่อใช้ทำนายจลนพลศาสตร์ดังกล่าว เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

2. ทฤษฎีการอบแห้ง

2.1 ความชื้นในวัสดุ (Moisture Content) คือ ค่าที่บ่งชี้ปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชื้นหรือแห้งตามมาตรฐาน AOAC [11]

2.2 อัตราส่วนความชื้น (Moisture Ratio) คือ ค่าที่บ่งบอกถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงมวลน้ำในวัสดุเมื่อเทียบความชื้นเริ่มต้นเมื่อเวลาการอบแห้งดำเนินต่อไปในเวลาใดๆ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ [12-13]

$$MR = \frac{M_t - M_{eq}}{M_i - M_{eq}} \quad (1)$$

เมื่อ MR คืออัตราส่วนความชื้น, M_t คือ ความชื้นที่เวลาใดๆ, M_i คือความชื้นเริ่มต้น, M_{eq} คือ ความชื้นสมดุลตามลำดับ

2.3 สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น (Effective moisture diffusivity coefficient, D_{eff}) คือ คุณสมบัติจำเพาะทางกายภาพที่บ่งบอกถึงความสามารถในการเคลื่อนที่ของน้ำในวัสดุ ขึ้นอยู่กับความชื้นเริ่มต้น อุณหภูมิ ความชื้น

สัมพัทธ์ และความเร็วอากาศ พิจารณาโดยอาศัยสมการการแพร่ตามกฎข้อที่ 2 ของฟิคส์ (Fick's law of diffusion) [12] สามารถเขียนสมการสัมพันธ์ได้คือ

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_{eff} \nabla M \quad (2)$$

เมื่อ M คือ ความชื้น, D_{eff} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น(m^2/s), t คือ เวลา (s)

เมื่อกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่มีค่าคงตัว การกระจายความชื้นในวัสดุสม่ำเสมอ วัสดุไม่หดตัว ไม่เกิดความต้านทานการถ่ายเทมวลที่วัสดุ และอุณหภูมิคงที่ [12] รวมไปถึงเวลาในการอบแห้งเป็นเวลานาน สามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกได้ดังสมการที่ (2) โดยตั้งสมมติฐานข้าวเปลือกที่มีรูปทรงเรขาคณิตเป็นทรงกลม [5] ได้ดังสมการดังนี้

$$MR = \frac{6}{\pi^2} \exp \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{-n^2 \pi^2 D_{eff} t}{r^2} \right) \quad (3)$$

เมื่อ r คือ รัศมีสมมูลของข้าวเปลือก(Equivalent radius of paddy, mm), t คือ เวลา (s)

การหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นของการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบเจ็ดสเปาต์เต็ดเบดจากค่าความชื้นของกราฟเส้นตรง ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(MR)$ และเวลาในการอบแห้ง (t) [12-13] ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$Slope = \frac{\pi^2 D_{eff}}{r^2} \quad (4)$$

หรือ
$$D_{eff} = \frac{Slope \cdot r^2}{\pi^2} \quad (5)$$

2.4 พลังงานกระตุ้น(Activation Energy, E_a) คือ ค่าพลังงานที่ใช้ในการกระตุ้นให้น้ำเคลื่อนที่ออกจากวัสดุสามารถหาค่าได้โดยอาศัยสมการความสัมพันธ์ของอาร์เรเนียส (Arrhenius equation) [12-13] ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$D_{eff} = D_0 \exp \left(-\frac{E_a}{R(T + 273.15)} \right) \quad (6)$$

เมื่อ D_0 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นคงที่ (m^2/s), E_a คือ ค่าพลังงานกระตุ้น (kcal/kg mol), R คือ ค่าคงที่สากลของก๊าซ(8.314 kJ/kg mol. K), T คือ อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)

2.5 การวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การหารูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์เอมพิริคัลที่เหมาะสม สำหรับวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบเจ็ดสเปาต์เต็ดเบดได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์รูปแบบต่างๆ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบสมการถดถอยไม่เชิงเส้นโดยใช้โปรแกรม MATLAB ให้ผลจากแบบจำลองสอดคล้องกับข้อมูลผลการทดลอง ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำมาหาค่าความเหมาะสมแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ [13]

Model name	Model
Newton	$MR = \exp(-kt)$
Page	$MR = \exp(-kt^n)$
Henderson and Pabis	$MR = a \exp(-kt)$
Midilli et al.	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$
Verma et al.	$MR = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-gt)$

การพิจารณาดังนี้บ่งชี้ความสามารถในการทำนายค่าความชื้นคือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ(Coefficient of determine, R^2) และ ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square error, RMSE) เป็นค่าทางสถิติที่ใช้เลือกแบบจำลองที่เหมาะสม [12-13] ดังสมการที่ (7)

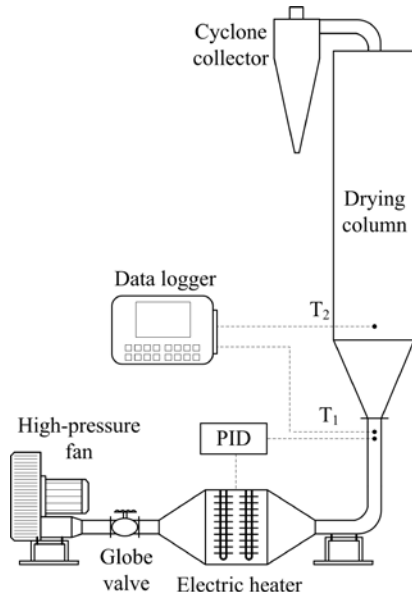
$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (MR_{pred,i} - MR_{exp,i})^2 \right]^{1/2} \quad (7)$$

เมื่อ $MR_{exp,i}$ คือ อัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลอง $MR_{pred,i}$ คือ อัตราส่วนความชื้นที่ได้จากแบบจำลอง n คือ จำนวนข้อมูล

3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์

เครื่องอบแห้งแบบเจ็ตสเปาต์เต็ดเบดที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 รายละเอียดเครื่องอบแห้งแบบเจ็ตสเปาต์เต็ดเบด

ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้ 1) พัดลมแรงดันสูง (High-Pressure fan) (CRELEC, HB-329, Taiwan) ขนาด 2.2 kW ซึ่งทำหน้าที่ป้อนอากาศเข้าสู่ระบบ 2) โกลบวาล์ว (Globe Valve) ซึ่งทำหน้าที่ปรับความเร็วของอากาศที่เข้าสู่ระบบโดยความเร็วของอากาศจะถูกวัดด้วยท่อปีโตท (Pitot tube) ซึ่งต่ออยู่กับอุปกรณ์ประมวลผล (TESTO, 435-4, Germany) 3) ชุดทำความร้อนด้วยไฟฟ้า (Electric heater) ขนาด 15 kW4) หอบแห้ง (drying column) ซึ่งทำจากเหล็กสแตนเลส (Stainless steel) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 125 mm และสูง 800 mm อากาศร้อนที่ผ่านชุดทำความร้อนจะไหลเข้าหอบแห้งที่ด้านล่างผ่านช่องทางเข้าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63 mm ซึ่งเชื่อมต่อกับหอบแห้งด้วยกรวยสแตนเลสที่มีมุมเอียง 20 องศา 5) ไซโคลนดักฝุ่น (Cyclone collector) ซึ่งทำหน้าที่แยกผลิตภัณฑ์ออกจากอากาศร้อน 6) ชุดควบคุมอุณหภูมิ (Temperature controller) แบบ PID (SHINKO, JCS-33A, Japan) ซึ่งมีความแม่นยำในการควบคุม $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 7) เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data logger) (HIOKI, 8421-52, Japan) 8) เทอร์โมคัปเปิลชนิด K

(Type K Thermocouples) ในที่นี้ได้หุ้มฉนวนความร้อนให้กับอุปกรณ์ของเครื่องอบแห้งแบบเจ็ตสเปาต์เต็ดเบดไว้ทั้งหมด เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนให้กับอากาศแวดล้อม

3.2 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้าวเปลือกซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 30-35% (d.b.) [11] เป็นวัสดุตัวอย่างในการทดลองอบแห้งและจะถูกเก็บที่อุณหภูมิ 4°C ก่อนการทดลองอบแห้งแต่ละครั้งข้าวเปลือกจะถูกนำมาสิ่งลมทิ้งไว้จนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องทดลอง

3.3 วิธีการทดลอง

การทดลองอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิของอากาศที่เข้าหอบแห้ง 3 ระดับ คือ $70, 80$ และ 90°C ความสูงเบด 200 mm (1,000 g) ความเร็วลมร้อน 10 m/s ในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง มวลของข้าวเปลือกจะถูกวัดอย่างต่อเนื่อง (ทุกๆ 10 นาที) โดยอาศัยอุปกรณ์ชั่งน้ำหนักยี่ห้อ Kro-tron รุ่น SG 1500 พิกัด 1500 g การอบแห้งจะดำเนินไปจนกระทั่งความชื้นของข้าวเปลือกไม่เปลี่ยนแปลง (สังเกตได้จากมวลมีค่าคงที่) โดยความชื้นในสภาวะดังกล่าวถือเป็นความชื้นสมดุลของข้าวเปลือกที่เงื่อนไขการทดลองนั้น ๆ โดยแต่ละเงื่อนไขการอบแห้งจะทำการทดลอง 3 ครั้ง

4. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์และจลนพลศาสตร์การแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบเจ็ตสเปาต์เต็ดเบด

จากผลการทดลองการอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกที่ได้นำมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การอบแห้ง ในตารางที่ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Empirical model) จะพบว่าแบบจำลองของ Midilli et. al. ให้ค่า R^2 สูงที่สุดและให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด แสดงว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Midilli et. al. มีความเหมาะสมในการทำนายการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกได้ดีที่สุด โดยมีค่า R^2 ในช่วง 0.9998-0.9999 และค่า RMSE อยู่ในช่วง

0.002583-0.004342 ข้อจำกัดของแบบจำลอง Midilli et. al. พบว่าจะทำนายได้ดีเฉพาะในช่วงอุณหภูมิ 70-90 °C เนื่องจากแบบจำลองพัฒนามาจากผลการทดลองในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว และค่าคงที่ a, b, k และ n ของแบบจำลอง Midilli et.al. ไม่ได้เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าตัวแปรอุณหภูมิมิมีอิทธิพลต่ออัตราส่วนความชื้นโดยตรง ดังนั้นจึงได้นำค่าคงที่ a b k และ n มาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรอุณหภูมิ (T) โดยการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบไม่เชิงเส้นจากสมการ Midilli et.al.

$$MR = a \exp(-kt^n) + bt \quad (8)$$

เมื่อค่า a , b ,k และ n เขียนความสัมพันธ์เป็นฟังก์ชันอุณหภูมิได้ดังสมการ

$$a = 1.002 - 0.131/T \quad ; R^2 = 0.81$$

$$k = 0.083 + 0.002T \quad ; R^2 = 0.97$$

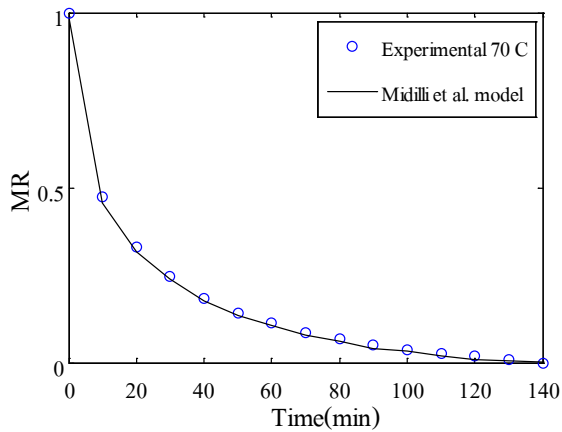
$$b = -0.0342/T \quad ; R^2 = 0.98$$

$$n = 0.631 - 3.195/T \quad ; R^2 = 0.90$$

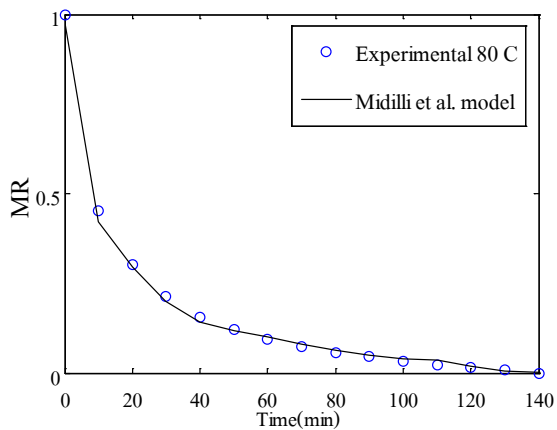
ซึ่งทำให้แบบจำลองของ Midilli et.al. สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวเปลือกที่อุณหภูมิอื่นได้

ตารางที่ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองคณิตศาสตร์

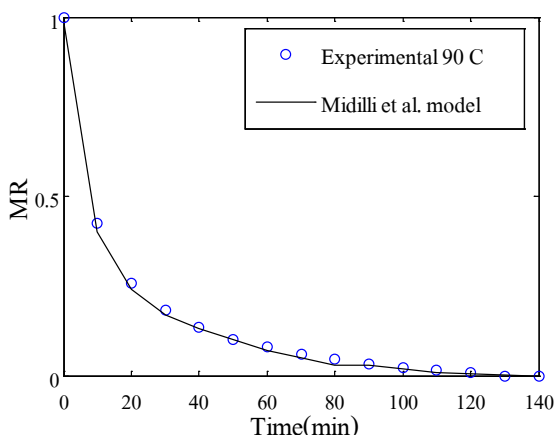
Model name	Temperature (°C)	Drying Model Constants	R ²	RMSE
Newton MR=exp(-kt)	70 °C	k=0.04959	0.9624	0.04900
	80 °C	k = 0.05604	0.9668	0.04569
	90 °C	k = 0.0647	0.9718	0.04187
Page MR=exp(-kt ⁿ)	70 °C	k=0.1594,n = 0.6484	0.9980	0.01170
	80 °C	k = 0.1785,n = 0.6373	0.9990	0.008075
	90 °C	k = 0.2007,n = 0.6298	0.9992	0.007415
Henderson and Pabis MR=aexp(-kt)	70 °C	a = 0.9298,k =0.0455	0.9676	0.04704
	80 °C	a = 0.9439, k =0.05237	0.9700	0.04486
	90 °C	a = 0.9580,k = 0.06161	0.9735	0.04186
Midilli et al. MR=aexp(-kt ⁿ)+bt	70 °C	a = 0.9996 , b = -0.0002032 k = 0.1908 , n = 0.5843	0.9998	0.003559
	80 °C	a = 1.0000 , b = -0.0001294 k = 0.2021 ,n = 0.5928	0.9999	0.002583
	90 °C	a = 1.0000 , b = -9.589x10 ⁻⁵ k = 0.2213 , n = 0.5942	0.9998	0.004342
Verma et al. MR=aexp(-kt) +(1-a)exp(-bt)	70 °C	a = 0.5684 , b = 0.2313 k = 0.02762	0.9996	0.005338
	80 °C	a = 0.5026 , b = 0.028 k = 0.186	0.9996	0.00525
	90 °C	a = 0.4363 , b = 0.1747 k = 0.02936	0.9997	0.00452



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความชื้นกับเวลาอบแห้งของการทดลองกับผลจากแบบจำลองที่ 70 °C



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความชื้นกับเวลาอบแห้งของการทดลองกับผลจากแบบจำลองที่ 80 °C

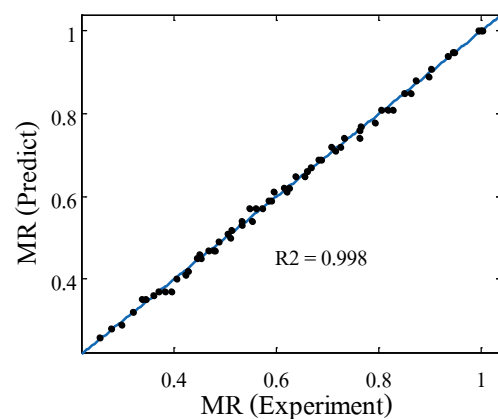


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความชื้นกับเวลาอบแห้งของการทดลองกับผลจากแบบจำลองที่ 90 °C

จากผลการทดลองการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบเจ็ดสเปาต์เต็ดเบดแสดงดังรูปที่ 2-4 จะพบว่า

ที่อุณหภูมิสูงจะมีอัตราการลดความชื้นมากกว่าอุณหภูมิต่ำเนื่องจากอัตราการลดความชื้นที่อุณหภูมิสูงมีการถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศร้อนมากกว่าอุณหภูมิต่ำ [13] และยังพบว่ากรอบแห้งที่อุณหภูมิสูงยังส่งผลให้เวลาในการอบแห้งลดลงตามไปด้วย จากผลการทดลองการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบเจ็ดสเปาต์เต็ดเบดแสดงดังรูปที่ 2-4 พบว่า ในช่วงแรกอัตราส่วนการลดลงของความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากภายในเมล็ดข้าวเปลือกมีความชื้นสูง ทำให้การถ่ายเทมวลของน้ำมายังผิวนอกเป็นไปอย่างรวดเร็ว แล้วค่อยๆลดอัตราเร็วในการถ่ายเทความชื้นลง [2]

เมื่อพิจารณาผลคำนวณที่ได้จากแบบจำลองของ Midilli et al. เปรียบเทียบกับผลการทดลองอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 70-90 °C แสดงดังรูปที่ 2-4 จะพบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อพิจารณาเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้นเทียบกับเวลาอบแห้งในรูปที่ 2-4 ในช่วง 10 นาทีแรกจะพบว่ามีลักษณะเป็นเชิงเส้น แล้วค่อยๆลดลงอย่างช้าๆ ซึ่งทำให้ลักษณะเส้นกราฟอัตราส่วนความชื้นเป็นเส้นโค้งหงาย เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความชื้นกับเวลาอบแห้งจะมีลักษณะไม่เชิงเส้น เมื่อวิเคราะห์สมการของ Midilli et al.; $MR = a \exp(-kt^n) + bt$ มีลักษณะความสัมพันธ์อัตราส่วนความชื้นกับเวลาเชิงเส้นร่วมกับ Exponential ทำให้ผลการคำนวณของแบบจำลองของ Midilli et. al. ให้ค่า R^2 สูงที่สุดและให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด

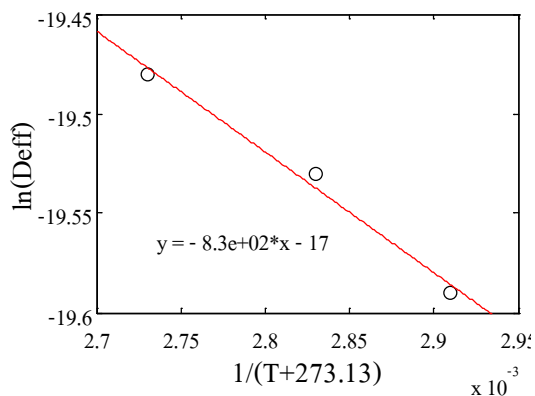


รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นของผลการทดลองกับแบบจำลองของ Midilli et al.

ในรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองของ Midilli et al. เปรียบเทียบกับผลการทดลองค่าอัตราส่วนความชื้นข้าวเปลือก โดยใช้ดัชนีชี้วัด R^2 พบว่า มีค่าที่ใกล้เคียงมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.998

4.2 สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นประสิทธิผลและพลังงานกระตุ้น

จากผลการทดลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นของการอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 70,80 และ 90°C มีค่าเท่ากับ 3.10×10^{-9} , 3.29×10^{-9} และ $3.456 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ การเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นมีค่าสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการอบแห้งด้วยลมร้อนกับวัสดุทางเกษตรอื่น [12-14] เนื่องจากอุณหภูมิในการอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นตัวเร่งอัตราการระเหยของน้ำที่ผิวหน้า และมีค่าเท่ากับอัตราการเคลื่อนของน้ำภายในโครงสร้างที่มากขึ้นบริเวณผิวหน้า ความร้อนที่เกิดขึ้นจะถ่ายเทมวลสารในการแพร่กระจายตัวของความชื้นสู่ผิววัสดุ [13]



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(D_{eff})$ กับ $1/(T+273.15)$ ที่อุณหภูมิ 70-90 °C

รูปที่ 6 แสดงการหาค่าพลังงานกระตุ้นสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ในฟังก์ชันลอการิทึมของสมการอาร์เรเนียส โดยสมการจะอยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง [12-13] ซึ่งจากผลการคำนวณจะได้ค่าพลังงานกระตุ้นมีค่าเท่ากับ 69.00 kJ/mol

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบเจ็ตสเปาต์เต็คเบคในระหว่างการอบแห้งที่ระดับอุณหภูมิ 70, 80 และ 90 °C ความสูงเบคของข้าวเปลือก 200 mm ความเร็วของอากาศในท่อทางเข้าหอบแห้ง 10m/s อบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกที่ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 30-35% (d.b.) อบแห้งจนกระทั่งความชื้นของข้าวเปลือกไม่เปลี่ยนแปลง ผลการศึกษาพบว่า เมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้นส่งผลให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้นและระยะเวลาในการอบแห้งลดลง การวิเคราะห์หาแบบจำลองคณิตศาสตร์ พบว่าแบบจำลองของ Midilliet al. มีความเหมาะสมมากที่สุดที่อุณหภูมิช่วง 70-90 °C เนื่องจากมีค่า R^2 ในช่วง 0.9998-0.9999 และค่า RMSE อยู่ในช่วง 0.002583-0.004342 ซึ่งผลคำนวณได้ค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองกว่าแบบจำลองอื่นๆ และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น (D_{eff}) ของข้าวเปลือกในระหว่างการอบแห้งที่ระดับอุณหภูมิ 70,80 และ 90°C มีค่าเท่ากับ 3.10×10^{-9} ถึง $3.456 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ตามลำดับและมีค่า E_a มีค่าเท่ากับ 69.00 kJ/mol

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒองค์กรักที่ช่วยเก็บข้อมูลผลการทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Thanasookprasert, T. Swasdisevi, S. Devahastin, S. Soponronnarit, "Dehydration of unhusked rice by using impinging stream dryer," Journal of Science and Technology, Vol. 1, No.2, pp.1-10, 2012.
- [2] S. Srisuriyawong, S. Wanlapa, W. Phromjan, N. Chankamma, "Drying kinetics of paddy dried with the small-scale paddy dryer," Agricultural Sci. J., Vol.45, No.2, pp.345-348, 2014.
- [3] S. Soponronnarit, S. Prachayawarakorn, O. Sripawatakul, "Development of cross-flow

- fluidized bed paddy dryer,” *Drying Technology*, Vol.14, No.10, pp.2397-2410, 1996.
- [4] A. Artnaseaw, “Drying germinated paddy rice by hot-air fluidized bed dryer,” *Ladkrabang Engineering Journal*, Vol. 27, No. 1, pp.55-60, 2010.
- [5] N. Meeso, A. Nathakaranakule, T. Madhiyanon, S. Soponronnarit, “Modelling of far-infrared irradiation in paddy drying process,” *Journal of Food Engineering*, Vol.78, No.4, pp.1248-1258, 2007.
- [6] A. Nadeel, Y. Tirawanichakul, S. Tirawanichakul, “Drying kinetics of pandanus leaf by infrared radiation combine hot air and hot air,” *Burapha Sci. J.*, Vol.17, No.2 , pp.130-138, 2012.
- [7] P. Prakotmak, “Modeling coupled transport phenomena and mechanical deformation of rice during drying in fluidized-bed dryer,” *Ladkrabang Engineering Journal*, Vol. 33, No. 2, pp.42-48, 2016.
- [8] C. Ninmnuy, S. Devahastin, S. Soponronnarit, “Effects of process parameters on quality changes of shrimp during drying in a jet-spouted bed dryer,” *Journal of food science*, Vol. 72, No.9, pp.553-563, 2007.
- [9] S. Wachiraphansakul, S. Devahastin, “Drying kinetics and quality of soy residue (okara) dried in a jet spouted bed dryer,” *Drying Technology*.Vol.23, pp.1229–1242, 2005.
- [10] K. Sathapornprasath, C. Nimmol, “Influences of far-infrared radiation on the energy efficiency of stepwise jet spouted bed drying system,” *KKU Res. J.*, Vol.18, No.2, pp.325-343, 2013.
- [11] AOAC (Association of Official Analytical Chemists). *Official Methods of Analysis*.17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Maryland: Gaithersburg; 2000.
- [12] E. Saniso, F. Saudi, R. Hanafee, “Moisture diffusivity coefficient specific energy consumption and specific moisture extraction rate of betel nut drying using combined thermal energy,” *Burapha Sci. J.*, Vol.17, No.1, pp.142-149, 2012.
- [13] T. Madhiyanon, A.Phila, S. Soponronnarit, “Models of fluidized bed drying for thin-layer chopped coconut,” *Applied Thermal Engineering* Vol. 29 , pp.2849–2854, 2009.
- [14] A. Sae-Khow, S. Tirawanichakul, Y. Tirawanichakul, “Effect of drying with heat convection and heat radiation on drying kinetics and quality aspect of black pepper,” *Burapha Sci. J.*, Vol.18, No.1, pp.166-180, 2013.

การปรับปรุงระบบการประกันคุณภาพในการผลิตน้ำเจลาต

Quality Assurance System Enhancement in The Manufacturing of Grass Jelly Water

ศุภชัย นาทะพันธ์* กรณ์วีร์ จินตวงศ์วานิช สุภรัตน์ เมฆวรรณ ฉมนน องค์สุวรรณ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

น้ำเจลาตเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ผู้ผลิตต้องคำนึงถึงคุณภาพ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิผลให้กับระบบการประกันคุณภาพในการผลิตน้ำเจลาตแบบขวดไม่ให้เสียก่อนวันหมดอายุและมีน้ำหนักบรรจุตรงตามที่ระบุบนฉลาก แนวทางในการประกันคุณภาพที่กำหนดประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้ 1) การวางแผนคุณภาพโดยการระบุมิติคุณภาพและประยุกต์เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อให้ได้ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับกระบวนการ 2) การควบคุมคุณภาพในการผลิตโดยอาศัยแผนผังก้างปลาพิจารณาจุดควบคุมในกระบวนการผลิตน้ำเจลาตเทียบกับค่าเป้าหมาย และ 3) การตรวจประเมินคุณภาพ ผลการตรวจพบว่า มี 16 ข้อกำหนดทางเทคนิคที่ต้องควบคุม แต่มี 4 จุดควบคุมที่ต้องเพิ่มมาตรการคือ กระบวนการเตรียมวัตถุดิบต้องควบคุมการคัดแยกวัตถุดิบแบบแห้งแบบเปียก, กระบวนการบรรจุต้องปรับปรุงหัวบรรจุน้ำเจลาตและกำหนดวิธีการบำรุงรักษาสำหรับเครื่องปิดผนึกฟอยล์เพื่อควบคุมปริมาณในการบรรจุและการรั่วซึม และกระบวนการหีบห่อและจัดเก็บต้องกำหนดวิธีการปฏิบัติงานเพื่อป้องกันขวดบุบ เมื่อดำเนินการแก้ไขกระบวนการข้างต้น น้ำเจลาตแบบขวดจึงมีคุณภาพสอดคล้องตามข้อกำหนดได้มากขึ้น

คำสำคัญ: น้ำเจลาต การประกันคุณภาพ มิติคุณภาพ การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

Abstract

Grass jelly water is a healthy beverage that manufacturers take into account about quality. The purpose of this research is to enhance the effectiveness of the quality assurance system in the production of grass jelly water bottles without deterioration before the expiry date and with the exact weight specified on the label. Quality assurance approach composed of three steps 1) quality planning by identifying the quality dimensions and applying quality function deployment to obtain specifications for the process, 2) quality control in the production by using fish-bone diagram considering control points in the manufacturing process of grass jelly water compared to the target value, and 3) quality audit. The results showed that there are 16 specifications to be controlled, but there are four control points to increase for setting the actions as follows: the raw material preparation process has to be controlled the separation of raw materials in both dry and wet, the filling process has to be improved the grass jelly water nozzles and set the maintenance method for the foil sealing machine in order to control the volume of grass jelly water and leakage, and the packaging and storage process has to be determined the work instruction to prevent the broken bottles. Whenever the above processes are implemented, grass jelly water bottles are more consistent with the quality requirements.

Keywords: Grass Jelly Water, Quality Assurance, Quality Dimension, Quality Function Deployment

1. บทนำ

ในปี พ.ศ. 2559 อุตสาหกรรมเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพได้รับความนิยมอย่างมากจากแนวโน้มตลาดอาหารและเครื่องดื่ม [1] เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ให้ความสนใจในสุขภาพมากขึ้น น้ำเงือกเป็นทางเลือกของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่เป็นที่นิยม สรรพคุณคือ แก้วร้อนใน ลดระดับน้ำตาลในเลือด แก้อาการคลื่นไส้และยังช่วยลดอาการของโรคเบาหวานอีกด้วย [2] น้ำเงือกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้ผลิตต้องคำนึงถึงคุณภาพในการผลิตจึงได้มีการกำหนดมิตินี้คุณภาพ [3] ของผลิตภัณฑ์น้ำเงือกแบบขวดประกอบด้วย ความทนทาน (อายุการจัดเก็บน้ำเงือกในอุณหภูมิปกติ 10 เดือน) และผลิตได้มาตรฐาน (วัดจุดเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนฉบับที่ 517/2547 [4] และกระบวนการผลิตเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 349/2556 [5]) ดังนั้น ผู้ผลิตต้องการประยุกต์ระบบการประกันคุณภาพเพื่อกำหนดระบบและกระบวนการที่จำเป็นสำหรับการจัดการให้บรรลุตามข้อกำหนดคุณภาพที่ลูกค้าต้องการ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ การเพิ่มประสิทธิผลให้กับระบบการประกันคุณภาพในการผลิตน้ำเงือกแบบขวดให้สอดคล้องตามข้อกำหนดคุณภาพ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประกันคุณภาพ

การประกันคุณภาพ (Quality Assurance: QA) เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการคุณภาพ โดยมุ่งเน้นการทำให้เกิดความเชื่อมั่นว่าสามารถตอบสนองต่อข้อกำหนดคุณภาพ [6] กล่าวคือ การวางแผนคุณภาพ (Quality Planning: QP) ที่จำเป็นอย่างเป็นระบบต่อระดับความไว้วางใจหรือความมั่นใจตามข้อกำหนดคุณภาพของลูกค้าโดยการกำหนดแนวทางในการป้องกันปัญหาด้านคุณภาพก่อนล่วงหน้า, การควบคุมคุณภาพ (Quality Control: QC) ให้ปฏิบัติตามมาตรฐานของระบบคุณภาพที่องค์กรได้วางแผนไว้ และการตรวจประเมินคุณภาพ (Quality Audit: Qa) เทียบกับ QP ดังรูปที่ 1



© ศุภชัย นาทะพันธ์

รูปที่ 1 การประกันคุณภาพ

จากรูปที่ 1 องค์กรควรกำหนดแนวทางของ Qa เพื่อตรวจประเมิน QP ที่โรงงานได้ดำเนินการตามแผนภูมิการไหลของระบบงานและกระบวนการผลิตน้ำเงือกแบบขวด รวมถึงตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ของ QC

2.2 มิตินี้คุณภาพ

มิตินี้คุณภาพเป็นสิ่งที่องค์กรต้องคำนึงถึงในการวางแผนคุณภาพก่อนการตรวจประเมินคุณภาพ เนื่องจากมิตินี้คุณภาพจะสะท้อนถึงตัวชี้วัดที่สำคัญของระบบประกอบด้วย 9 มิติ คือ สมรรถภาพ ลักษณะเด่น ผลิตได้ตามมาตรฐาน ความน่าเชื่อถือ ความทนทาน การบริการ การโต้ตอบ สุนทรียศาสตร์ และชื่อเสียง [3]

2.3 เทคนิคการระบุข้อกำหนด

การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) เป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการวางแผนคุณภาพ โดยฝ่ายประกันคุณภาพต้องแปลความต้องการของลูกค้าที่ได้มาเป็นความต้องการเชิงเทคนิคและต้องให้ความสำคัญกับความต้องการของลูกค้า ก่อนการระบุข้อกำหนด (Specification) [7] เพื่อหาเทคนิคที่ต้องการ ข้อกำหนดเทคนิค และกระบวนการที่ต้องได้รับการควบคุม อีกทั้ง QFD ยังช่วยนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการ [8] จากการวิเคราะห์การควบคุมกระบวนการ

2.4 การควบคุมคุณภาพ

การควบคุมคุณภาพ เป็นระบบที่ใช้เพื่อรักษาระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการให้เป็นไปตามรายละเอียดที่กำหนด [3] อาทิ การควบคุมระดับของปริมาณในการบรรจุน้ำเงือกให้ได้ 240 มิลลิลิตร ดังนั้น

องค์กรต้องกำหนดจุดควบคุมและเป้าหมายที่จำเป็นโดยการควบคุมคุณภาพในแต่ละขั้นตอนการผลิต กล่าวคือการควบคุมคุณภาพในทุกขั้นตอนการผลิตจะถือเป็นแนวทางที่สำคัญในการประกันคุณภาพ [9] เนื่องจากการประกันคุณภาพต้องมีการกำหนดแนวทางในการแก้ไขและป้องกันกระบวนการที่มีผลประเมินไม่สอดคล้องตามข้อกำหนดคุณภาพ อีกทั้งอาศัยเครื่องมือทางคุณภาพทั้ง 7 มาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อเป็นการควบคุมกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของโรงงาน

2.5 การวิเคราะห์แผนภูมิการไหล

แผนภูมิการไหล (Flowchart) เป็นเครื่องมือที่ใช้ใน QP และ QC สำหรับการระบุถึงกระบวนการที่จำเป็นต่อการประกันคุณภาพ พร้อมทั้งระบุจุดควบคุมและค่าเป้าหมาย ซึ่งเป็นการป้องกันจุดที่เป็นอันตรายในกระบวนการผลิต เพื่อให้อยู่ในระดับที่ลูกค้ายอมรับ [10]

3. การวางแผนคุณภาพ

3.1 การกำหนดมิติคุณภาพ

ผลิตภัณฑ์น้ำเงี้ยวแบบขวดของโรงงานที่ศึกษาต้องการจุดเด่นทางด้านมิติคุณภาพ [4] ประกอบด้วย 1) ความทนทาน (Durability) มีอายุการจัดเก็บในอุณหภูมิปกติได้นาน 10 เดือน และ 2) ผลิตได้ตามมาตรฐาน (Conformance) มีปริมาณบรรจุน้ำเงี้ยวแบบขวดได้ 240 มิลลิลิตร โดยที่บรรจุภัณฑ์ไม่มีข้อบกพร่อง

3.2 การแปลงมิติคุณภาพเป็นข้อกำหนด

ภายหลังการกำหนดมิติคุณภาพหลัก องค์กรสามารถแปลงมิติคุณภาพหลักเป็นข้อกำหนดหลักได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อกำหนดที่ได้จากการแปลงมิติคุณภาพ

มิติคุณภาพ	ข้อกำหนด
1. ความทนทาน มีอายุการจัดเก็บในอุณหภูมิปกติได้ 10 เดือน	อายุการจัดเก็บสอดคล้องตามข้อกำหนดเรื่อง ระยะเวลาในการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ในอุณหภูมิปกติในระยะเวลา 10 เดือน
2. ผลิตได้ตามมาตรฐาน มีกระบวนการผลิตที่เป็นไปตามข้อกำหนด	การเตรียมวัตถุดิบโดยไม่มีการปนเปื้อน [4] รวมถึงการควบคุมอัตราเพื่อเหลือเพื่อขาดในการบรรจุ [5]

3.3 การระบุข้อกำหนด

ระบบคุณภาพและความปลอดภัยทางอาหารขึ้นอยู่กับ การมีระบบการประกันคุณภาพและระบบการจัดการความปลอดภัยที่สอดคล้องระหว่างปัจจัยภายนอก (ความต้องการลูกค้า) และปัจจัยภายใน (ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง) [11] ภายหลังการสำรวจความต้องการของลูกค้า จึงนำข้อมูลเข้าสู่การแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ เริ่มจากบ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality: HOQ) มีปัจจัยเข้าคือความต้องการของลูกค้า 7 ข้อ ได้ผลลัพธ์คือความต้องการทางเทคนิค (Technical Requirements) ที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ 8 ข้อจากนั้นบ้านหลังที่สองคือ เมทริกซ์การวางแผนกระบวนการ (Process Planning Matrix) มีปัจจัยนำเข้าคือ ความต้องการทางเทคนิคและผลลัพธ์ที่ได้คือข้อกำหนดทางเทคนิคทั้งหมด 16 ข้อที่จำแนกตามกระบวนการ ประกอบด้วย กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการแปรรูปวัตถุดิบ กระบวนการบรรจุ กระบวนการสเตอร์ไลซ์ และกระบวนการบรรจุหีบห่อ และจัดเก็บ ดังแสดงในรูปที่ 2

4. การควบคุมคุณภาพ

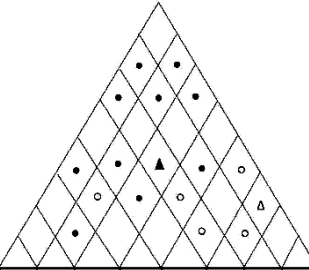
การควบคุมคุณภาพเป็นการกำหนดจุดควบคุมและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำเงี้ยวจึงอาศัยเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพ

4.1 การกำหนดจุดควบคุม

แผนกควบคุมคุณภาพประยุกต์แผนภูมิการไหลเพื่อพิจารณาจุดควบคุมเดิม พบว่า กระบวนการผลิตน้ำเงี้ยวกำหนด 2 จุดควบคุม (ค่าเป้าหมาย) ภายในกระบวนการฆ่าเชื้อพาสเจอร์ไรส์และสเตอร์ไลซ์ ดังต่อไปนี้ (1) กระบวนการพาสเจอร์ไรส์ต้องควบคุมอุณหภูมิ และเวลา (82 องศาเซลเซียส เวลา 35 นาที) (2) กระบวนการสเตอร์ไลซ์ต้องควบคุม อุณหภูมิ ความดัน และเวลา (117 องศาเซลเซียส 25 นาที 1.8 บาร์)

- Strong Positive
- Positive
- △ Negative
- ▲ Strong Negative

สัญลักษณ์	ความสำคัญ	คะแนน
△	น้อย	1
○	ปานกลาง	3
●	มาก	9



ความต้องการของลูกค้า (Customer needs)	IMP	ความต้องการทางเทคนิค (Technical requirement)								Our Company	Company A	Company B	เป้าหมาย	ขีดความสามารถปรับปรุง	สัดส่วนที่ต่อภาษีให้แก่นักเริ่มต้น	ลำดับที่นำทีมประกวดงาน
		ปริมาณพื้นที่ในการจัดเก็บ	ควบคุมสัดส่วนการผสมเนื้อเลกัว	ควบคุมอุณหภูมิในการผลิต	เตรียมวัตถุดิบให้เพียงพอต่อการใช้งาน	ควบคุมสัดส่วนปริมาณเนื้อและปริมาณน้ำ	ควบคุมวิธีการวางเนื้อผลิตภัณฑ์	หวนสอบการตรวจรับวัตถุดิบ	ผ่านกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์							
ผลิตภัณฑ์ไม่เสื่อมเสียก่อนวันหมดอายุ	4.62			●		○	○		●	4.02	3.37	3.48	4.02	1.00	4.62	15.43
ผลิตภัณฑ์ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	4.60	●		○	○				○	3.72	3.74	3.85	3.85	1.04	4.77	15.92
ราคาเหมาะสมกับปริมาณ	4.25		△				●			3.83	3.48	4.22	4.22	1.10	4.69	15.67
บรรจุภัณฑ์ถูกสุขลักษณะ	4.16	○		●				●		4.04	3.46	3.67	4.04	1.00	4.16	13.88
เนื้อเค้กอร่อยไม่แข็งและนุ่มจนเกินไป	4.14		●	○						3.85	3.33	3.35	3.85	1.00	4.14	13.82
ตั้งผลดีต่อสุขภาพ	3.79	○	○	○	△	○	○	○	●	3.80	3.83	3.89	3.89	1.02	3.87	12.93
มีสัดส่วนของเนื้อเค้ก รวมนะพริ้วและทำให้เหมาะกับปริมาณน้ำ	3.69		△			●				3.91	3.93	3.41	3.93	1.00	3.70	12.36
ค่าความสำคัญของเทคนิค		65.29	56.52	116.64	17.60	96.69	62.68	47.90	79.83							
ค่าร้อยละความสำคัญของเทคนิค		12.02	10.41	21.47	3.24	17.80	11.54	8.82	14.70							

(ก) บ้านแห่งคุณภาพ

ความต้องการทางเทคนิค (Technical requirement)	IMP	เตรียมวัตถุดิบ					แปรรูปวัตถุดิบ					บรรจุ					นำชื่อ	บรรจุภัณฑ์
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
ควบคุมอุณหภูมิในการผลิต	21.68				●													
ควบคุมอุณหภูมิในการจัดเก็บ	12.47	○	△	●														
ผ่านกระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์	12.29							○	○		△	○	○		●			
ควบคุมวิธีการขนส่งผลิตภัณฑ์	12.25																●	
ควบคุมสัดส่วนในการผสมเนื้อเค้ก	10.64			△	●	○			●									
หวนสอบการตรวจรับวัตถุดิบ	8.71	△	●															
เตรียมวัตถุดิบให้เพียงพอต่อการใช้งาน	4.68	●	○	○		△												
ค่าความสำคัญของเทคนิค		88.27	104.94	126.28	205.79	100.42	31.91	195.16	207.45	132.60	155.48	167.77	192.35	232.02	65.05	110.60	110.23	
ค่าร้อยละความสำคัญของเทคนิค		3.96	4.71	5.67	9.24	4.51	1.43	8.77	9.32	5.96	6.98	7.54	8.64	10.42	2.92	4.97	4.95	

(ข) เมทริกซ์การวางแผนกระบวนการ

รูปที่ 2 ผลการประยุกต์เทคนิคการเปลี่ยนหน้าที่ทางคุณภาพ

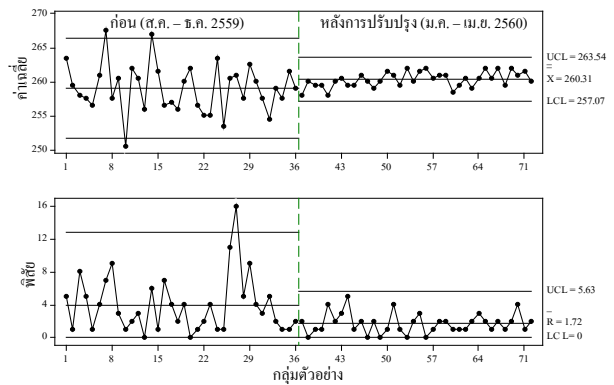
อีกทั้งเมื่อตรวจสอบพารามิเตอร์ตามข้อกำหนดทางเทคนิคที่ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตตามรูปที่ 2 (ข) พบว่า สอดคล้องตามค่าเป้าหมายข้างต้น แต่น้ำเถ้าก๊วยแบบขวดกลับมีน้ำหนักรรจุและอายุการจัดเก็บไม่เป็นไปตามที่ระบุบนฉลาก

4.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

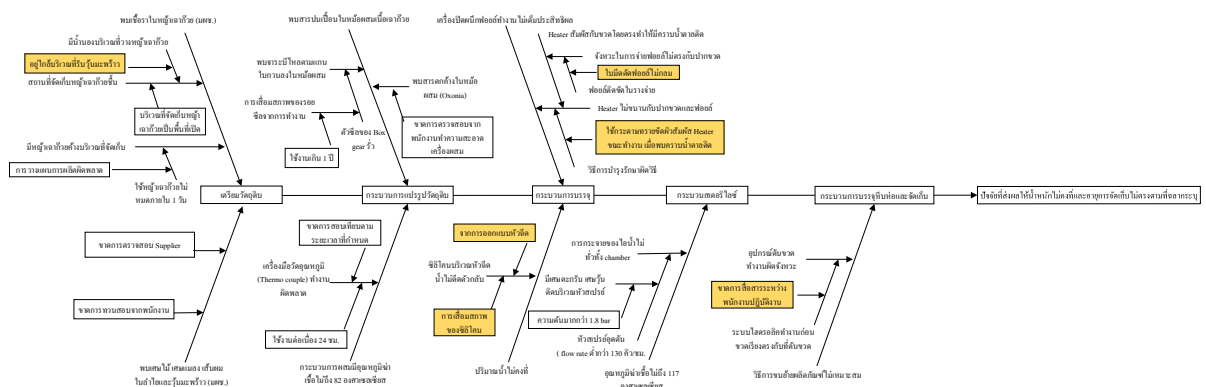
แผนผังก้างปลา ดังรูปที่ 3 โดยวิเคราะห์แยกตามกระบวนการเพื่อค้นหาสาเหตุของปัจจัยที่ทำให้อายุการจัดเก็บและปริมาณในการบรรจุไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในตารางที่ 1 พบว่า บริเวณแรกเกิดคือจุดที่ยังไม่ได้รับการควบคุมจากทางโรงงาน ดังนั้น วิศวกรอุตสาหกรรมในแผนกควบคุมคุณภาพจึงกำหนด 4 มาตรการเพิ่มให้กับจุดควบคุม คือ การคัดแยกวัตถุดิบ, การควบคุมปริมาณในการบรรจุน้ำเถ้าก๊วย, การบำรุงรักษาฮีตเตอร์และใบมีดตัดฟอยล์ของเครื่องปิดผนึกฟอยล์ และการกำหนดมาตรฐานให้กับวิธีขนย้ายผลิตภัณฑ์บริเวณรางแพ็ค รวมทั้งได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข (Act) ใน 3 กระบวนการดังนี้

1) กระบวนการเตรียมวัตถุดิบต้องการคัดแยกวัตถุดิบแบบแห้งแบบเปียกออกจากกันเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อราในหญ้าเถ้าก๊วย และมีการจัดทำใบตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสภาพพื้นที่หลังจากทำการปรับปรุงเพื่อใช้ในจุดควบคุมโดยมีรอบเวลาในการตรวจสอบคือตรวจสอบทุกครั้งก่อนนำหญ้าเถ้าก๊วยไปใช้

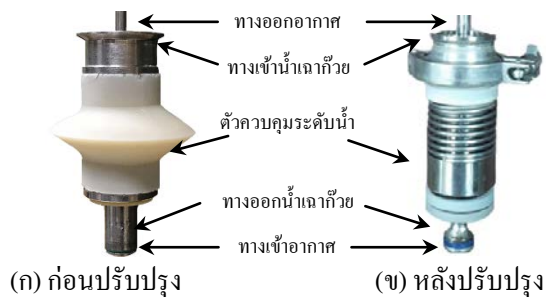
2) กระบวนการบรรจุ จากการเก็บข้อมูลน้ำหนักน้ำเถ้าก๊วยเดิม พบว่า มีปริมาณในการบรรจุไม่คงที่ ดังรูปที่ 4 ดังนั้นแผนกควบคุมคุณภาพได้ดำเนินการ ปรับปรุงชุดควบคุมหัวบรรจุจากซิลิโคนเป็นแบบสปริง ดังรูปที่ 5 เพื่อควบคุมปริมาณในการบรรจุหญ้าเถ้าก๊วยให้ได้ปริมาณ 240 มิลลิลิตร (258.5 ± 6.5 กรัม), ทำการปิดผนึกฟอยล์ไม่ให้เกิดการรั่วซึมโดยการกำหนดวิธีการบำรุงรักษาฮีตเตอร์เพื่อป้องกันน้ำผิวสัมผัสของฮีตเตอร์ที่ไม่ได้ระนาบและกำหนดหาช่วงเวลาเฉลี่ยก่อนการชำรุดหรือก่อนเกิดปัญหาของใบมีดตัดฟอยล์ (ตัดฟอยล์ไม่เกิน 222,150 ชิ้นต่อใบ) รวมไปถึงต้องทำคู่มือในการบำรุงรักษา



รูปที่ 4 แผนภูมิควบคุมปริมาณในการบรรจุหญ้าเถ้าก๊วย



รูปที่ 3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลให้กระบวนการไม่ตอบสนองความต้องการของลูกค้า



รูปที่ 5 หัวบรรจุน้ำ

3) กระบวนการบรรจุหีบห่อและจัดเก็บต้องทำการกำหนดวิธีการปฏิบัติงานเป็นเอกสารเพื่อไม่ให้ขาดบูรณภาพรวมทั้งจัดอบรมพนักงานเพื่อป้องกันการปฏิบัติงานของพนักงานที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดในการขนย้ายผลิตภัณฑ์

5. การตรวจประเมินคุณภาพ

การตรวจประเมินคุณภาพตามข้อกำหนดของลูกค้าพบว่า ภายหลังจากดำเนินการตามแผนคุณภาพ และการควบคุมคุณภาพ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์น้ำเจือก๊วยแบบขวด ลดความเสี่ยงที่จะเสียก่อนวันหมดอายุ, ปราศจากการปนเปื้อน, ขวดไม่บุบร้าวซึม และมีปริมาณการบรรจุอยู่ในขีดจำกัดควบคุม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์ภายหลังการปรับปรุงระบบ QA

ความต้องการของลูกค้า	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
1. ผลิตภัณฑ์ไม่เสียก่อนวันหมดอายุ	มีข้อร้องเรียนเรื่องผลิตภัณฑ์เสียก่อนวันหมดอายุ	ลดความเสี่ยงที่ผลิตภัณฑ์เสียก่อนวันหมดอายุ
2. ผลิตภัณฑ์ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	มีการปนเปื้อน (วัตถุคิบ)	ปราศจากการปนเปื้อน
3. บรรจุภัณฑ์ถูกสุขลักษณะ	พบการบุบ ร้าว และ ซึมในการขนย้ายผลิตภัณฑ์	ผลิตภัณฑ์ไม่บุบ ร้าว และซึม
4. ปริมาณในการบรรจุน้ำเจือก๊วยเหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์	259 ± 8 กรัม	260 ± 3 กรัม

6. สรุป

การปรับปรุงโดยการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ QA สามารถกระทำได้โดยการ (1) ระบุมิติคุณภาพที่ต้องการประกันคุณภาพให้ชัดเจนเพื่อให้องค์กรรับรู้ถึงข้อกำหนดหลัก จากนั้นจึงใช้ QFD แปลงมิติคุณภาพร่วมกับความต้องการของลูกค้าให้เป็นข้อกำหนดทั้งหมดที่ต้องควบคุมภายในแต่ละกระบวนการ (2) กำหนดจุดควบคุมที่จำเป็นสำหรับกระบวนการด้วยการพิจารณาแผนผังก้างปลา และ (3) วางระบบในการตรวจประเมินคุณภาพภายในทั้งการประเมินกระบวนการตาม QP และประเมินผลลัพธ์จาก QC กล่าวคือ แนวทางของงานวิจัยนี้จะช่วยให้องค์กรพร้อมที่จะยกระดับการประกันคุณภาพไปสู่การจัดการคุณภาพ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท สยามราชบุรีอุตสาหกรรม จำกัด ที่สนับสนุนข้อมูลในการทำวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] National Food Institute, "10 Trends in Food and Beverages Market in 2016 [Internet]," Ministry of Industry [cited 2017 April 25], Available form: <http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewWorldDetail.php?id=84>
- [2] Patcharee Bonkham, "Grass Jelly [Internet]," Thai Health Promotion Foundation [cited 2017 May 1], Available form: <http://www.thaihealth.or.th/Content/33294-เจือก๊วย.html>
- [3] S. Nathaphan, Quality Control, Se-Education, 2008.
- [4] Thai Community Product Standard, Grass Jelly, TCPS. 517-2547. 4 Pages.
- [5] Notification of the Ministry of Public Health (No.349) B.E.2556, Government Gazette Vol.130 Special Part 24 Ngor, dated 3rd January 2013.
- [6] ISO9000:2005 QMS-Fundamentals and Vocabulary
- [7] S. Trongpanich and A. Kengpol, "The Improvement of Quality in the Service of Logistics Business by Using Quality Function Deployment and Analytic

- Hierarchy Process Techniques,” The Journal of KMITNB, Vol.17, No.3, pp. 47-56, September, 2550.
- [8] S. Suwannamit and D. Thawesaengskulthai, “Product Quality Improvement of 2 Ton –Truck Using QFD Technique,” KCU Res J, Vol.15, No.7, pp. 656-69, July, 2010.
- [9] A.G. da Cruz, S.A. Cenci and M.C.A. Maia, “Quality assurance requirements in produce processing,” Food Science and Technology, Vol.17, pp.406-411, 2006.
- [10] Q. He, L. Changhong, E. Kojo and Z. Tian, “Quality and safety assurance in the processing of aloe vera gel juice,” Food Control, Vol.16, pp.95-104, 2005.
- [11] G. Rotaru, N. Sava, D. Borda and S. Stanciu, “Food quality and safety management systems: A brief analysis of the individual and integrated approaches,” Agroalimentary Processes and Technologies, Vol.11, No.1, pp. 229-236, 2005.

การศึกษาทางไฟฟ้าเคมีของสังกะสีแอโนดที่มีจีโอโพลิเมอร์เป็น วัสดุเชื่อมประสาน

Electrochemical Studies of Zinc Anode with Geopolymer Binder

วิมลวรรณ พลรักษา ชัยภัทร เครือหงส์ วิรัตน์ เจริญบุญ แก้วดา เจตศรีสุภาพ
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าเคมีของวัสดุจีโอโพลิเมอร์ที่ใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสานในขั้วสังกะสีแอโนด โดยใช้เถ้าลอยเป็นวัสดุตั้งต้นของจีโอโพลิเมอร์ และมีโซเดียมซิลิเกตและโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวกระตุ้น ผลการทดสอบทางไฟฟ้าเคมีของตัวอย่างขั้วสังกะสีแอโนดโดยเทคนิค cyclic voltammetry 90 รอบในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 4 โมลาร์ พบว่าขั้วสังกะสีแอโนดที่มีความหนา 4 มิลลิเมตรและมีสัดส่วนจีโอโพลิเมอร์ต่อสังกะสีเท่ากับ 32.5 : 6, 32.5 : 9 และ 32.5 : 12 แทบจะไม่แสดงการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มสัดส่วนของสังกะสีต่อวัสดุจีโอโพลิเมอร์มีแนวโน้มทำให้พื้นที่ผิวสำหรับทำปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมีกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ได้มากขึ้น หลังจากการใช้งานขั้วสังกะสีแอโนดพบว่าลักษณะรูปร่างของสัณฐานที่ได้จากการวิเคราะห์ผล SEM ของขั้วสังกะสีแอโนดที่มีสัดส่วนจีโอโพลิเมอร์ต่อสังกะสีเท่ากับ 32.5 : 12 เกิดเปลี่ยนแปลง และการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนระหว่างสังกะสีต่อจีโอโพลิเมอร์อาจส่งผลกระทบต่อ การเกิดครีนไครต์ที่มากขึ้น

คำสำคัญ : สังกะสีแอโนด, จีโอโพลิเมอร์, วัสดุเชื่อมประสาน, เถ้าลอย

Abstract

The electrochemical properties of zinc anode with geopolymer binder have been investigated in this study. The geopolymer binder is composed of fly ash as substrate and sodium silicate (Na_2SiO_3) together with sodium hydroxide (NaOH) as activator materials. Cyclic voltammetry experiments of the anodes with different geopolymer to zinc ratios (geopolymer : zinc ratios = 32.5 : 6, 32.5 : 9 and 32.5 : 12) were carried out in 4 M NaOH. In the presence of geopolymer binder, the zinc anode did not show any electrochemical characteristics. SEM analysis was carried out to investigate the physical properties of the electrodes. The surface morphology of the anode with the geopolymer to zinc ratio of 32.5 : 12 showed a potential formation of zinc dendrite after 90 cycles.

Keywords : Zinc anode, Geopolymer, Binder, Fly ash

1. บทนำ

เนื่องจากปัญหาสภาวะโลกร้อนและกระแสการอนุรักษ์พลังงาน ทำให้มีการนำวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์มาใช้ในอุตสาหกรรมคอนกรีตเพิ่มมากขึ้น [1] กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ด้วยเทคโนโลยีที่มีในปัจจุบันก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมากถึง 0.5 ตันในทุกๆ 1 ตันของน้ำหนักปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก [2] ดังนั้นเพื่อลดผลกระทบดังกล่าวจึงนำวัสดุจีโอโพลิเมอร์มาทดแทนปูนซีเมนต์ในปัจจุบัน ซึ่งวัสดุดังกล่าวมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ จีโอโพลิเมอร์เป็นวัสดุเชื่อมประสานซึ่งเป็นโพลิเมอร์ประเภทหนึ่งที่สามารถสังเคราะห์ได้จากซิลิกา อะลูมินาและวัสดุปอซโซลานที่นิยมนำมาใช้เป็นวัสดุตั้งต้น เช่น ดินเหนียว เถ้าหนัก เถ้าแกลบ เถ้าลอย [3]

เถ้าลอยเป็นวัสดุที่เป็นของเสียจากอุตสาหกรรมกระบวนการผลิตไฟฟ้าในการเผาไหม้ถ่านหิน ในปัจจุบันมีการใช้ถ่านหินแพร่หลายทั่วโลกประมาณ 600 ล้านตันต่อปี ซึ่งเป็นผลทำให้มีเถ้าลอยที่เป็นของเสียประมาณ 500 ล้านตันต่อปี เถ้าลอยในประเทศไทยนั้นได้จากกระบวนการผลิตไฟฟ้าแม่เมาะซึ่งมีปริมาณของเถ้าลอยที่ได้ 3 ล้านตัน [4] เถ้าลอยเป็นสารตั้งต้นของวัสดุจีโอโพลิเมอร์ ซึ่งวัสดุจีโอโพลิเมอร์นี้สามารถใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสานได้เพราะมีคุณสมบัติปอซโซลานคือสามารถใช้ทดแทนซีเมนต์ได้เพราะมีอะลูมินา (Al_2O_3) และซิลิกา (SiO_2) ปริมาณมาก

ในกระบวนการสังเคราะห์จีโอโพลิเมอร์จะใช้อัลคาไลน์เป็นตัวกระตุ้นทำให้เกิดเป็นอะลูมิโนซิลิเกต (Al_2SiO_5) เจลซึ่งมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานในจีโอโพลิเมอร์คอนกรีต ภายในรูพรุนของจีโอโพลิเมอร์จะมีโมเลกุลของน้ำและไฮดรอกไซด์บรรจุอยู่เรียกว่า pore solution ที่เป็นเบสมี pH ประมาณ 12.4-13.5 ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการนำไฟฟ้า [5] และนำไอออนได้ คุณสมบัติที่มีในจีโอโพลิเมอร์นี้เหมาะสมจะนำมาใช้ในเซลล์ไฟฟ้าเคมี [6]

จากการศึกษาของ Meng และคณะ ซึ่งให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่ได้นำซีเมนต์มาเป็นส่วนประกอบของแบตเตอรี่ อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตซีเมนต์นั้นทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาความเป็นไปได้โดยการนำจีโอโพลิเมอร์มาทดแทนการใช้ซีเมนต์เพื่อเป็นวัสดุเชื่อมประสานในขั้วสังกะสีแอโนดสำหรับสังกะสีอากาศแบตเตอรี่ เนื่องจากจีโอโพลิเมอร์สามารถนำไฟฟ้าและนำไอออนได้ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของขั้วสังกะสีแอโนด

2. วัสดุและวิธีทำ

การเตรียมวัสดุจีโอโพลิเมอร์ในขั้วสังกะสีแอโนด

เตรียมขั้วแอโนดซึ่งมีสัดส่วนจีโอโพลิเมอร์ที่ทำมาจากเถ้าลอยประเภท C (โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง) โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์โดยบริษัท ACI Labscan Limited (Bangkok, T.H.) และโซเดียมซิลิเกตจากบริษัท Wee-rin Chemical Limited Partnership (Bangkok, T.H.) ต่อสังกะสีจากบริษัท Ajax Finechem (Auckland, N.Z.) เท่ากับ 36.5 : 6, 32.5 : 9 และ 32.5 : 12 จากนั้นนำสารละลายเป็ยกที่ได้เทลงบนแบบขึ้นรูปขนาด 1 x 2 x 0.4 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามด้วยจุ่มนิกเกิลโพลีเมอร์ขนาด 0.6 x 1.5 ตารางเซนติเมตร ลงไปบนขั้วห่อด้วยพลาสติกและนำเข้าเตาอบอุณหภูมิ 60 °C เวลา 24 ชั่วโมง

เทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ขั้วสังกะสีแอโนด

การทดสอบทางไฟฟ้าเคมีโดยการใช้เครื่องโพเทนชิโอสแตท (potentiostat) ศึกษาเทคนิค cyclic voltammetry นี้เพื่อเลียนแบบพฤติกรรมการทำงานของเซลล์ไฟฟ้า 3 ขั้ว ประกอบด้วย ขั้วทำงาน (working electrode) คือ สังกะสีที่มีเถ้าลอยเป็นวัสดุเชื่อมประสาน ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (reference electrode) คือ แผ่นเงิน Ag/AgCl สังกะสี และขั้วไฟฟ้าช่วย (counter electrode) คือ กราไฟต์

เนื่องจากข้อสังเกตที่ทำการศึกษามีความหนา 4 มิลลิเมตร และการซึมผ่านของละลายอิเล็กโทรไลต์ในจีโอโพลิเมอร์เป็นไปได้ยากจึงได้ใช้วิธีการแช่ขั้วเป็นเวลา 4 ชั่วโมงก่อนการทดลอง cyclic voltammetry เพื่อให้อิเล็กโทรไลต์ซึมผ่านเข้าไปในขั้วและโลหะสัมผัสกับอิเล็กโทรไลต์ โดยทดสอบที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นอิเล็กโทรไลต์ที่มีความเข้มข้น 4 โมลาร์ ทดสอบระหว่าง -1.41 ถึง 0.6 V ที่อัตราสแกน 10 mV/s

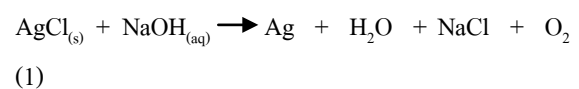
XRD โดยใช้รังสีCu-K α เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคและสมบัติทางเคมีของสังกะสีและสารประกอบแบบผลึกต่างๆ ในขั้วสังกะสีแอโนด

SEM รุ่น S-3000N บริษัท ฮิตาชิ ประเทศญี่ปุ่น ใช้ในการศึกษาลักษณะ รายละเอียด โครงสร้างพื้นผิวของขั้วสังกะสี

3. วิเคราะห์ผล

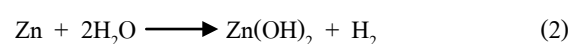
ผลการทดสอบทางไฟฟ้าเคมีโดยการใช้เครื่องโพเทนชิโอสแตท (potentiostat) วัดแบบ cyclic voltammetry เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมทางไฟฟ้าเคมีของขั้วสังกะสีแอโนด พบว่าระหว่างแช่ขั้วเกิดก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากตลอดเวลาที่แช่ในโซเดียมไฮดรอกไซด์อิเล็กโทรไลต์ สันนิษฐานว่าสังกะสีในขั้วแอโนดทำปฏิกิริยากับอัลคาไลน์อิเล็กโทรไลต์ ดังนั้นสังกะสีบางส่วนน่าจะสูญเสียไปตั้งแต่แช่สารละลายอิเล็กโทรไลต์และอาจทำให้สังกะสีที่เหลืออยู่มีปริมาณลดลง หลังจากการแช่ขั้วสังกะสีแอโนดที่มีวัสดุจีโอโพลิเมอร์เป็นตัวเชื่อมประสานไปทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าเคมีที่ 1-90 รอบ จากรูปที่ 1a และ 1b พบว่าการทดสอบรอบที่ 1 มีพีคเกิดขึ้นต่างจากรอบที่ 10 และรอบที่ 90 เนื่องจากที่บริเวณพื้นผิวของขั้วแอโนดเกิดก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้นจำนวนมาก โดยพีค C2 บ่งชี้การเกิดก๊าซไฮโดรเจน (hydrogen evolution) จากการวิเคราะห์รอบที่ 10 หลังจากขั้วสังกะสีแอโนดทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 โมลาร์ เกิดพีคแอโนดิก 3 พีค โดยไม่ปรากฏพีคของปฏิกิริยาออกซิเดชันของสังกะสี พีคที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นพีคของ

สารประกอบอื่น ๆ ในวัสดุจีโอโพลิเมอร์เป็นต้นว่าสารประกอบของเหล็ก ซึ่งแสดงที่ศักย์ไฟฟ้าที่ -0.2 V และ -0.5 V เมื่อเทียบกับขั้วอ้างอิง Ag/AgCl [7] และยังมีคาโทดิกพีคที่ประมาณ 0.3 V ซึ่งให้เห็นว่าเป็นพีคของเงิน การปรากฏว่ามีพีคนี้ขึ้นเนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ใช้ Ag/AgCl ที่สังเคราะห์ขึ้นเป็นขั้วอ้างอิง ในขณะที่ทดลองเมื่อเพิ่มรอบในการทำงานของขั้วแอโนดมากขึ้น ขั้วอ้างอิงจะเริ่มเสื่อมสภาพโดยมีผิวของ Ag/AgCl ที่เป็นขั้วอ้างอิงสังเคราะห์หลุดออกมาเป็นแผ่นสีดำลอยอยู่บนสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงของขั้วอ้างอิง Ag/AgCl สังเคราะห์ ทำปฏิกิริยากับอิเล็กโทรไลต์เกิดเป็นโลหะเงิน น้ำ โซเดียมคลอไรด์และออกซิเจนเกิดขึ้นในระบบ ดังสมการที่ 1



นอกจากนี้การที่ไม่ปรากฏพีคของสังกะสีเกิดขึ้นทั้งในปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน อาจเกิดได้จากสาเหตุดังต่อไปนี้

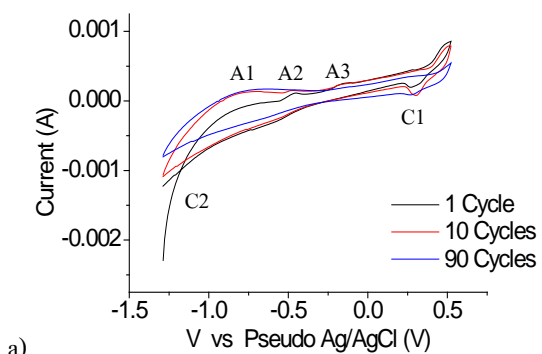
1. การเตรียมขั้วซึ่งต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เพื่อละลายเถ้าลอยเพื่อให้เกิดกระบวนการ geopolymerization
2. หลังจากขึ้นรูปแล้วจีโอโพลิเมอร์มีสารละลายในรูพรุน (pore solution) ที่มีความเป็นเบส pH 12-14 [5] ทำให้อนุภาคสังกะสีที่อยู่รอบ ๆ สารละลายในรูพรุนในเนื้อจีโอโพลิเมอร์และที่สัมผัสกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ถูกออกซิไดซ์ไปแล้ว
3. เกิดจากวิธีการเตรียมการทดลอง cyclic voltammetry จากการที่สังกะสีสัมผัสกับสารละลายเบสในกระบวนการการทำปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างผิวขั้วจะเกิดก๊าซไฮโดรเจน hydrogen evolution reaction (HER) [8] เกิดขึ้นบนพื้นผิวของขั้วสังกะสีแอโนดดังสมการที่ 2



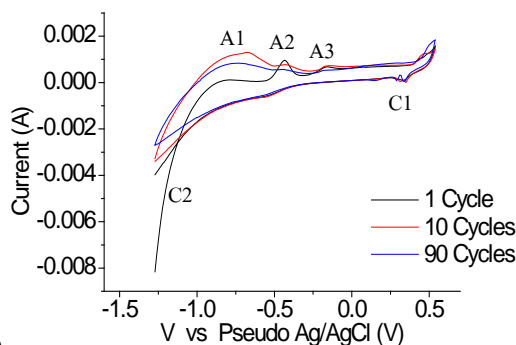
จากปฏิกิริยานี้ทำให้ปริมาณพื้นที่ผิวของสังกะสีที่สามารถใช้ในปฏิกิริยาได้มีลดน้อยลงอย่างมีนัยยะและไม่แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าเคมี นอกจากนี้ มีการเกิดก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้นระหว่างการทำปฏิกิริยา และ

สังเกตได้จากพีค C2 มีก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้นทุกสัดส่วนของสังกะสีที่เติมเข้าไป

การใช้แผ่นเงินเป็นขั้วอ้างอิงทำให้เกิดการทำปฏิกิริยากับอัลคาไลน์อิเล็กโทรไลต์ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการทดสอบทางไฟฟ้าเคมีควรจะเปลี่ยนขั้วไฟฟ้าอ้างอิงเป็นขั้วประเภทอื่นที่ทนต่อสารละลายเบส เช่น mercury-mercury oxide (Hg/HgO), calomel (Hg/Hg₂Cl₂), mercury-mercurous sulfate (Hg/Hg₂SO₄), silver-silver sulfate (Ag/Ag₂SO₄), copper-copper sulfate (Cu/CuSO₄) เป็นต้น หรืออาจจะใช้ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงเป็น Ag/AgCl มาตรฐาน โดยใช้สะพานเกลือหรือสะพานไอออนในการทำกรทดลองเพื่อไม่ให้ขั้ว Ag/AgCl สัมผัสกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์โดยตรง



a)

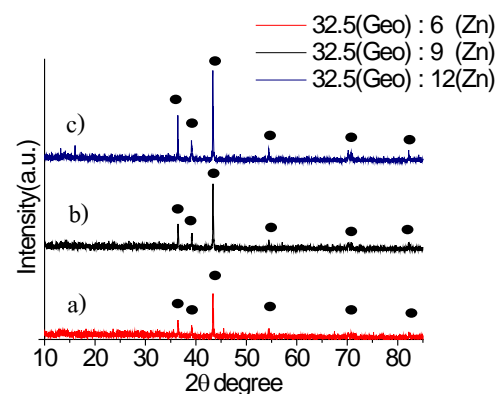


b)

รูปที่ 1 cyclic voltammogram ของขั้วแอโนดหลังจากการทดสอบทางไฟฟ้าเคมี 90 รอบ ที่มีสัดส่วนจีโอโพลีเมอร์ : สังกะสีที่แตกต่างกัน a) 32.5 : 9 b) 32.5 : 12 โดยมวลเปียก ใช้ Ag/AgCl สังเคราะห์เป็นขั้วอ้างอิง

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของขั้วสังกะสีเพื่อหาองค์ประกอบของขั้วสังกะสีแอโนดก่อนและหลังการ

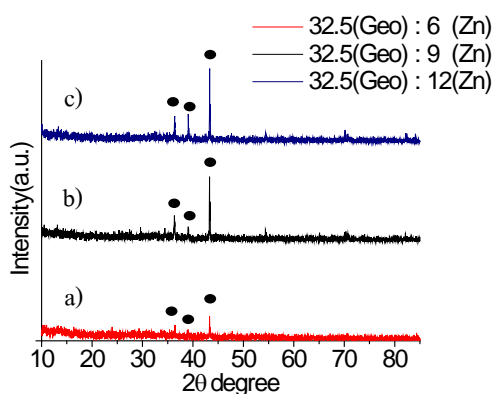
ทดสอบทางไฟฟ้าเคมี 90 รอบจะแสดงถึงปริมาณสังกะสีและสารประกอบต่างๆที่มีอยู่ในขั้ว ในรูปที่ 2 ขั้วสังกะสีแอโนดที่มีปริมาณสังกะสีที่แตกต่างกันนั้น ปรากฏพีค XRD ที่ 36.4, 39.1, 43.2, 45.5, 54.5, 70 และ 82.1 องศา ซึ่งเป็นพีคของสังกะสี บ่งชี้ว่าการผสมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ในระหว่างกระบวนการจีโอโพลีเมอร์ไรเซชันพบว่ามีปริมาณสังกะสีเหลืออยู่และสามารถทำปฏิกิริยากับอิเล็กโทรไลต์ได้ แต่ผลจาก cyclic voltammogram ของขั้วที่มีปริมาณสังกะสีในสัดส่วนมากขึ้นที่ 32.5 : 9 และ 32.5 : 12 โดยมวลเปียก กลับไม่ปรากฏการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสังกะสี ซึ่งโดยปกติการเกิดซิงค์ออกไซด์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาออกซิเดชันบนพื้นผิวสังกะสีสามารถเกิดขึ้นได้เพียงแก่สังกะสีสัมผัสอากาศ [9] สาเหตุที่ไม่ปรากฏซิงค์ออกไซด์จากการวิเคราะห์ XRD อาจเป็นเพราะปริมาณซิงค์ออกไซด์ที่เคลือบอยู่ขณะนั้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของสังกะสีบริสุทธิ์ ประกอบกับเตาลอยมีลักษณะเป็นอสัณฐาน [4], [6] การแสดงผล intensity ของพีคซิงค์ออกไซด์ที่มีจึงไม่โดดเด่น



รูปที่ 2 การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกก่อนการทดสอบทางไฟฟ้าเคมีที่มีสัดส่วนมวลเปียกของจีโอโพลีเมอร์ : สังกะสีที่แตกต่างกัน a) 32.5 : 6 b) 32.5 : 9 c) 32.5 : 12

จากรูปที่ 3 เมื่อนำขั้วสังกะสีแอโนดที่มีวัสดุจีโอโพลีเมอร์เป็นตัวเชื่อมประสานไปทดสอบ cyclic voltammetry 90 รอบมาวิเคราะห์ทางโครงสร้างผลึกพบว่าขั้วสังกะสีแอโนดทั้งสามตัวอย่างแสดงพีคที่ 36.4, 39.1 และ 43.2 องศา ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูล

อ้างอิง [10] บ่งชี้ว่าเป็นฟิสิกของสังกะสี อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับขั้วเดียวกันก่อนทำการทดสอบ cyclic voltammetry (รูปที่ 2) พบว่า intensity ของพีคที่พบนั้นลดลง แสดงว่าสังกะสีที่มีอยู่ในขั้วมีปริมาณน้อยลงถึงแม้ว่าจะมีสังกะสีอยู่ในขั้ว ผลที่ได้กลับไม่สอดคล้องกับ cyclic voltammogram เนื่องจากไม่ปรากฏพีคที่บ่งชี้ปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมีของสังกะสี ซึ่งอาจจะอธิบายได้ว่าสังกะสีที่อยู่สารละลายอิเล็กโทรไลต์แพร่เข้าสู่ขั้วได้ยากเนื่องจากขั้วแอโนดมีลักษณะที่หนาและไม่มีโครงสร้างตาข่ายเชื่อมต่อกันภายในขั้ว

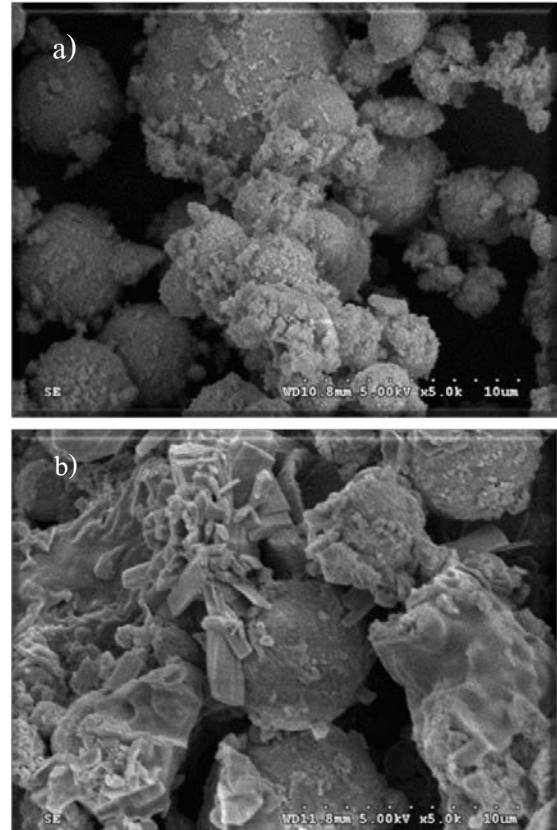


รูปที่ 3 การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกหลังการทดสอบทางไฟฟ้าเคมีที่มีสัดส่วนที่แตกต่างกันโดยมวลเปียกของจีโอโพลิเมอร์ : สังกะสี a) 32.5 : 6 b) 32.5 : 9 c) 32.5 : 12

ศึกษาลักษณะของพื้นผิวขั้วแอโนดโดยลำแสงอิเล็กตรอนจะส่องกราดไปบนผิวของขั้วทำให้ได้ภาพ 3 มิติโดยใช้ขั้วแอโนดก่อนทำ cyclic voltammetry และหลังทำ cyclic voltammetry ที่ 90 รอบ เพื่อดูลักษณะที่แตกต่างและวิเคราะห์ร่องรอยที่ประกอบที่เกิดขึ้น

จากรูปที่ 4a แสดงผลรูปร่างของขั้วสังกะสีแอโนดก่อนทดสอบไฟฟ้าเคมีมีลักษณะคล้ายมอสปกคลุมทั่วไปบนลูกทรงกลมที่น่าจะเป็นเกล็ดลอยที่หลุดจากการทำปฏิกิริยาจีโอโพลิเมอร์ไรเซชัน (Geopolymerisation) เมื่อขั้วสังกะสีแอโนดผ่านการทดสอบทางไฟฟ้าเคมีแล้ว (รูปที่ 4b) แสดงผลที่มีรูปร่างลักษณะที่เปลี่ยนไปจากรูป 4a โดยมีผลึกวางซ้อนกันเกิดบนเกล็ดลอย จากการศึกษารายงานของ Mainar และคณะ [11] ได้แสดงถึงลักษณะการเกิดครอสลิงก์ในขั้วแอโนดที่มีรูปร่างคล้ายแผ่นหิน

ซ้อนทับกัน (Boulder) คล้ายรูปที่ 4b โดยครอสลิงก์นี้เมื่อเกิดการสะสมบนขั้วมากขึ้นส่งผลให้สูญเสียพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยาจึงทำให้แบตเตอรี่มีประสิทธิภาพลดลงและสามารถทำให้แบตเตอรี่เกิดการลัดวงจร



รูปที่ 4 ขั้วแอโนดที่มีสัดส่วนจีโอโพลิเมอร์ต่อสังกะสี 32.5 : 12 โดยมวลขณะเปียก a) ก่อนนำไปทดสอบทางไฟฟ้าเคมี (cyclic voltammetry) b) หลังนำไปทดสอบทางไฟฟ้าเคมี (cyclic voltammetry) ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 โมลาร์ อัตราการสแกน 10 mV/s ที่ 90 รอบ

4. สรุป

แม้ผลการวิเคราะห์ร่องรอยที่ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค XRD พบว่าก่อนและหลังการทดสอบ cyclic voltammetry 90 รอบ ขั้วสังกะสีแอโนดที่มีวัสดุจีโอโพลิเมอร์เชื่อมประสานนั้นมียอดประกอบของธาตุสังกะสีอยู่ด้วย ผลการทดสอบไฟฟ้าเคมีโดยเทคนิค cyclic voltammetry กลับไม่พบการเกิดปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมีของสังกะสี ซึ่งอาจเกิดจากการที่สังกะสีที่อยู่บริเวณผิว

ชี้ทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ไปจนหมดตั้งแต่กระบวนการแห้งตัว (Pre-treatment) สังกะสีในที่ปรากฏในการทดสอบ XRD น่าจะเป็นสังกะสีที่อยู่แก่นกลางภายในขี้ เนื่องจากขี้สังกะสีแอนโคโนนา ทำให้สารละลายอิเล็กโทรไลต์แพร่เข้าสู่ภายในขี้ได้ยาก ดังนั้นสังกะสีที่อยู่แก่นกลางของขี้จึงไม่สัมผัสกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ส่งผลให้ไม่แสดงการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี อีกทั้งสัดส่วนของจีโอโพลิเมอร์ที่เป็นวัสดุเชื่อมประสานมีมากทำให้ขี้มีความต้านทานสูง

5. ข้อเสนอแนะ

วัสดุจีโอโพลิเมอร์มีลักษณะที่หนาและมีความต้านทานสูงทำให้การนำไฟฟ้าเกิดขึ้นได้น้อย ดังนั้นเพื่อลดความต้านทานภายในขี้ จึงควรหาสัดส่วนระหว่างสังกะสีและวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสม การลดสัดส่วนของวัสดุเชื่อมประสาน โดยการเพิ่มปริมาณของสังกะสีจะช่วยลดความต้านทานและเพิ่มความสามารถในการนำไฟฟ้า อย่างไรก็ตามการเพิ่มสัดส่วนของสังกะสีอาจส่งผลต่อความแข็งแรงของขี้

นอกจากนี้การพัฒนาขี้ให้บางลงจะช่วยลดความต้านทาน และทำให้สารละลายอิเล็กโทรไลต์สามารถแพร่เข้าไปในขี้แอนโคโนได้ง่าย

การเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะและการนำไฟฟ้านั้นยังอาจทำได้โดยการเพิ่มสัดส่วนของโพลิเมอร์ที่นำไฟฟ้าได้มาร่วมเป็นวัสดุเชื่อมประสาน อาทิเช่น โพลีเอนิลีนซึ่งมีคุณสมบัตินำไฟฟ้าได้และความมีความหยุ่นเป็นต้น

การเพิ่มวัสดุคาร์บอน (Carbon additive) ที่มีคุณสมบัตินำไฟฟ้า เช่น คาร์บอนแบล็ก (Carbon black) กราไฟต์ ท่อนาโนคาร์บอน (Carbon nanotube) ในขี้ก็อาจส่งผลให้ขี้สังกะสีแอนโคโนมีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์วิทยา อมรกิจบำรุง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศาสตราจารย์ปริญญา จินดาประเสริฐ คณะ

วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นสำหรับคำแนะนำและเป็นพี่เลี้ยงงานวิจัย รวมทั้งทุนอุดหนุนและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ ทุนบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่นสำหรับนางสาววิมลวรรณ พลรักษา

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Ahmaruzzaman, "A review on the utilization of fly ash," *Progress in Energy and Combustion Science*, Vol.36, No.3, pp.327–363, June, 2010.
- [2] J. Davidovits, "Global Warming Impact on the Cement and Aggregates Industries," *World Resource Review United State*, Vol.6, No.2, pp. 263-278, June, 1994.
- [3] A. F. Abdalqader, F. Jin, and A. Al-Tabbaa, "Development of greener alkali-activated cement: utilisation of sodium carbonate for activating slag and fly ash mixtures," *Journal of Cleaner Production*, Vol.113, pp.66–75, Feb., 2016.
- [4] P. Chindaprasirt, T. Chareerat, and V. Sirivivatnanon, "Workability and strength of coarse high calcium fly ash geopolymer," *Cement and Concrete Composites*, Vol.29, No.3, pp.224–229, March, 2007.
- [5] K. Andersson, B. Allard, M. Bengtsson, and B. Magnusson, "Chemical composition of cement pore solutions," *Cement and Concrete Research*, Vol. 19, No.3, pp.327–332, May, 1989.
- [6] S. Hanjitsuwan, S. Hunpratub, P. Thongbai, S. Maensiri, V. Sata, and P. Chindaprasirt, "Effects of NaOH concentrations on physical and electrical properties of high calcium fly ash geopolymer paste," *Cement and Concrete Composites*, Vol.45, pp.9–14, Jan., 2014.
- [7] C. Sumathi, P. Muthukumar, S. Radhakrishnan, G. Ravi, and J. Wilson, "Riboflavin detection by α -Fe₂O₃/MWCNT/AuNPs-based composite and a study of the interaction of riboflavin with DNA,"

- Royal society of chemistry Advances, Vol.5, pp.17888–17896, Jan., 2015.
- [8] Y. Li and H. Dai, “Recent advances in zinc–air batteries,” Chemical Society Reviews, Vol.43, pp.5257–5275, June, 2014.
- [9] M. Cai and S.-M. Park, “Spectroelectrochemical Studies on Dissolution and Passivation of Zinc Electrodes in Alkaline Solutions,” Journal of The Electrochemical Society, Vol.143, No.7, pp.2125–2131, Feb., 1996.
- [10] M. N. Masri and A. A. Mohamad, “Effect of Adding Carbon Black to a Porous Zinc Anode in a Zinc-Air Battery,” Journal of The Electrochemical Society, Vol.160, No.4, pp.A715–A721, Feb., 2013.
- [11] A. R. Mainar et al., “Alkaline aqueous electrolytes for secondary zinc–air batteries: an overview,” International Journal of Energy Research, Vol.40, No.8, pp.1032–1049, Feb., 2016.

การศึกษาเปรียบเทียบค่าน้ำหนักดัชนีชี้วัดความเปราะบาง ของพื้นที่ชายฝั่งจากคลื่นพายุซัดฝั่ง

A Comparative Study of Vulnerability Weighting Index of Coastal Area from Storm Surges

วนิดา เกกาฤทธิ์¹ สมปรารถนา ฤทธิ์พริ้ง²

^{1,2} วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

การประเมินค่าน้ำหนักดัชนีชี้วัดความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งจากคลื่นพายุซัดฝั่ง มีพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์เป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากเคยได้รับผลกระทบจากคลื่นพายุซัดฝั่งโดยกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อความเปราะบางทั้งหมด 7 ปัจจัย ได้แก่ ประเภทชายหาด ความลาดชันชายฝั่ง ระดับความสูงของพื้นที่ชายฝั่ง โครงสร้างป้องกันชายฝั่ง ความสูงของคลื่นพายุซัดฝั่ง ความหนาแน่นของชุมชน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งใช้ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม ร่วมกับข้อมูลทุติยภูมิ การศึกษานี้มุ่งเน้นการประเมินค่าความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งจากคลื่นพายุซัดฝั่ง โดยเครื่องมือในการประเมิน คือ แบบสอบถามความคิดเห็นของกลุ่มบุคคลจำนวน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มนักวิชาการด้านวิศวกรรมชายฝั่ง กลุ่มเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานภาครัฐ และกลุ่มประชาชนในพื้นที่ การประเมินจะถูกประเมินโดยใช้วิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) ซึ่งผลการศึกษพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งจากคลื่นพายุซัดฝั่งมากที่สุด คือตัวแปรที่อยู่ในกลุ่ม ด้านเศรษฐกิจสังคม คือความหนาแน่นของชุมชน มากถึงร้อยละ 17.72 ของค่าน้ำหนักทั้งหมด และปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ร้อยละ 16.38) รองลงมาคือปัจจัยภายนอก หรือปัจจัยด้านภัยพิบัติ คือความสูงคลื่นพายุซัดฝั่ง (ร้อยละ 15.65) และลักษณะทั่วไป หรือลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ชายฝั่ง ได้แก่โครงสร้างป้องกันชายฝั่ง ความลาดชันชายฝั่ง และประเภทชายฝั่ง ร้อยละ 15.09, 11.19 และ 10.95 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ค่าน้ำหนัก, ความเปราะบาง, ชายฝั่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์, คลื่นพายุซัดฝั่ง

Abstract

This is the studying of Vulnerability on Prachuap Khiri Khan coastal area which is affected by storm surges. By using the Field survey and secondary data, the study defines seven factors of coastal vulnerability index (CVI). Including, type of beach, beach slope, elevation, coastal structure, wave height (by the storm surge), population density, and land use. This study focused on the assessment of the factors that affect the coastal vulnerability from storm surges. The Multi-Criteria Analysis (MCA) Questionnaires was applied as a tool for this study and there are 3 groups of people answered these questionnaires, which are 1.The Coastal Engineering Specialists 2.The Government Officers 3.Local people. The results show that the most affected factors are the Socioeconomic factors; i.e. Population density (17.72%), land use

(16.38%). The second are the Disaster factors; i.e. Wave heights of storm surge (15.65%) and the last one are the Physical factors; i.e. coastal structures (15.09%), beach slope (11.19%), and type of beach (10.95%).

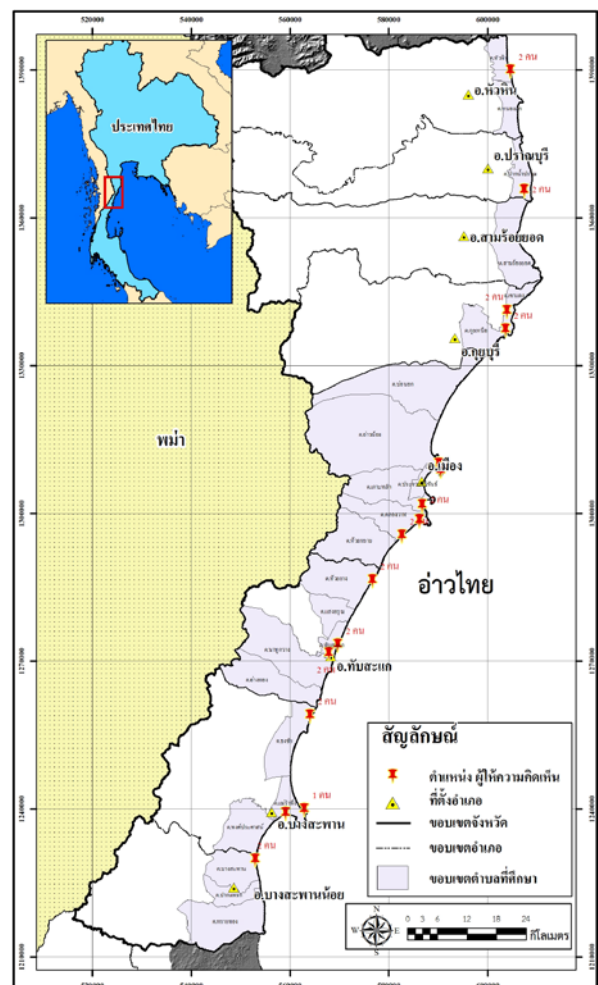
Keywords: Weighting, Vulnerability, Prachuap Khiri Khan coastal area, Storm surges

1. บทนำ

การศึกษารวบรวมปัจจัยที่มีผลต่อความเปราะบางจากคลื่นพายุซัดฝั่ง มีทั้งหมด 7 ปัจจัย ได้แก่ ประเภทชายหาด ความลาดชันชายฝั่ง ระดับความสูงของพื้นที่ชายฝั่ง โครงสร้างป้องกันชายฝั่ง ความสูงของคลื่นพายุซัดฝั่ง ความหนาแน่นของชุมชน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อให้ความเปราะบางสอดคล้องกับพื้นที่และสามารถนำไปใช้ในการกำหนดมาตรการที่สอดคล้องเหมาะสมกับพื้นที่นั้นๆ [1] แต่เนื่องจากปัจจัยต่างๆ มีผลต่อความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งมีความสำคัญ หรือมีผลต่อความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งไม่เท่ากัน จึงนำไปสู่ขบวนการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย และขบวนการดังกล่าว คือการรวบรวมผลการศึกษาที่ผ่านมาจากแหล่งต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวิธีการจัดลำดับความสำคัญหรือแม้แต่การให้ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย ที่เคยทำการศึกษาไว้แล้วในพื้นที่ต่างๆ แต่สำหรับประเทศไทยการศึกษาความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งจากเกิดคลื่นพายุซัดฝั่งยังไม่แพร่หลายมากนัก และยังไม่มีการศึกษาการกำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัยดังกล่าว ดังนั้นการให้ค่าความสำคัญของตัวแปรจากผู้ที่เกี่ยวข้อง ทั้งทางด้านวิชาการ และผู้ที่อยู่ในพื้นที่ และเคยมีประสบการณ์จากการเกิดคลื่นพายุซัดฝั่ง จึงมีความสำคัญที่จะทำให้การจัดลำดับความสำคัญ หรือการให้ค่าน้ำหนักสอดคล้องกับบริบทพื้นที่เป็นอย่างดี จึงนำมาสู่งานศึกษาในครั้งนี้ ที่มุ่งเน้นการประเมินค่าความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งจากคลื่นพายุซัดฝั่ง โดยเครื่องมือในการประเมิน คือแบบสอบถามความคิดเห็นของกลุ่มบุคคลจำนวน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มนักวิชาการด้านชายฝั่งทะเล และคลื่นพายุซัดฝั่ง กลุ่มเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับงานด้านชายฝั่งทะเล และกลุ่มประชาชนในพื้นที่ศึกษา การประเมินใช้วิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) [2] และแสดงออกมาในเชิงตัวเลขเพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจ

2. พื้นที่ศึกษา

สำหรับการศึกษาหาค่าน้ำหนัก ตัวแปรที่มีผลต่อความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งจากคลื่นพายุซัดฝั่ง จะดำเนินการบนพื้นที่ตำบลที่ติดชายฝั่งของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ทั้งหมด 23 ตำบล ครอบคลุม 8 อำเภอ ได้แก่ อ.สามร้อยยอด อ.กุยบุรี อ.ทับสะแก อ.บางสะพาน อ.บางสะพานน้อย อ.ปราณบุรี อ.เมือง และ อ.หัวหิน ความยาวชายฝั่งประมาณ 247 กิโลเมตร มีพื้นที่ทั้งหมด 2,020 ตารางกิโลเมตร ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 แหล่งข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิ ได้จากการสำรวจพื้นที่ศึกษา เช่น ประเภทชายฝั่ง ความลาดชันของพื้นที่ โครงสร้างป้องกันชายฝั่ง สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา ได้จากการสำรวจภาคสนาม ทั้งหมด 3 ครั้ง และข้อมูลทุติยภูมิ ได้จากการรวบรวมผลการศึกษาที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ งานศึกษาเกี่ยวกับคลื่นพายุซัดฝั่ง การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ชายฝั่ง และขอความอนุเคราะห์จากหน่วยงานต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ใช้และแหล่งที่มาข้อมูล

ข้อมูล	วิธีการศึกษา/แหล่งที่มา
ลักษณะทั่วไปของชายฝั่ง	
1 ประเภทชายหาด	สำรวจภาคสนามร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียมจากโปรแกรม Google Earth ประกอบ
2 ความลาดชัน	สำรวจภาคสนาม
3 ระดับความสูงของพื้นที่	ประเมินจากแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model:DEM 2557) ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมชลประทาน
4 โครงสร้างป้องกันชายฝั่ง	ออกสำรวจพื้นที่ศึกษา และพิจารณาจากภาพถ่ายดาวเทียมจากโปรแกรม Google Earth
ลักษณะของ คลื่นพายุซัดฝั่ง	
5 ความสูงของคลื่นพายุซัดฝั่ง	จากแบบจำลอง Princeton Oceanic Model (POM) พายุคลื่นปี 2540
ลักษณะด้านสังคมของพื้นที่	
6 การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ประเมินแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินขอความอนุเคราะห์ข้อมูลสำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (2558)
7 ความหนาแน่นของชุมชน	พิจารณาจากภาพถ่ายดาวเทียมจากโปรแกรม Google Earth

3.2 วิธีการดำเนินงาน

วิธีและขั้นตอนการดำเนินงานมีทั้งหมด 3 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) รวบรวมข้อมูลนำมาจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูล เพื่อวิเคราะห์ดัชนีความเปราะบางชายฝั่งทะเล (Coastal Vulnerability Index, CVI) ด้วย ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เมื่อรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาแล้วทำการนำเข้าข้อมูลและแปลงข้อมูลให้เป็นเชิงตัวเลข โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นเครื่องมือในการจัดการ จัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

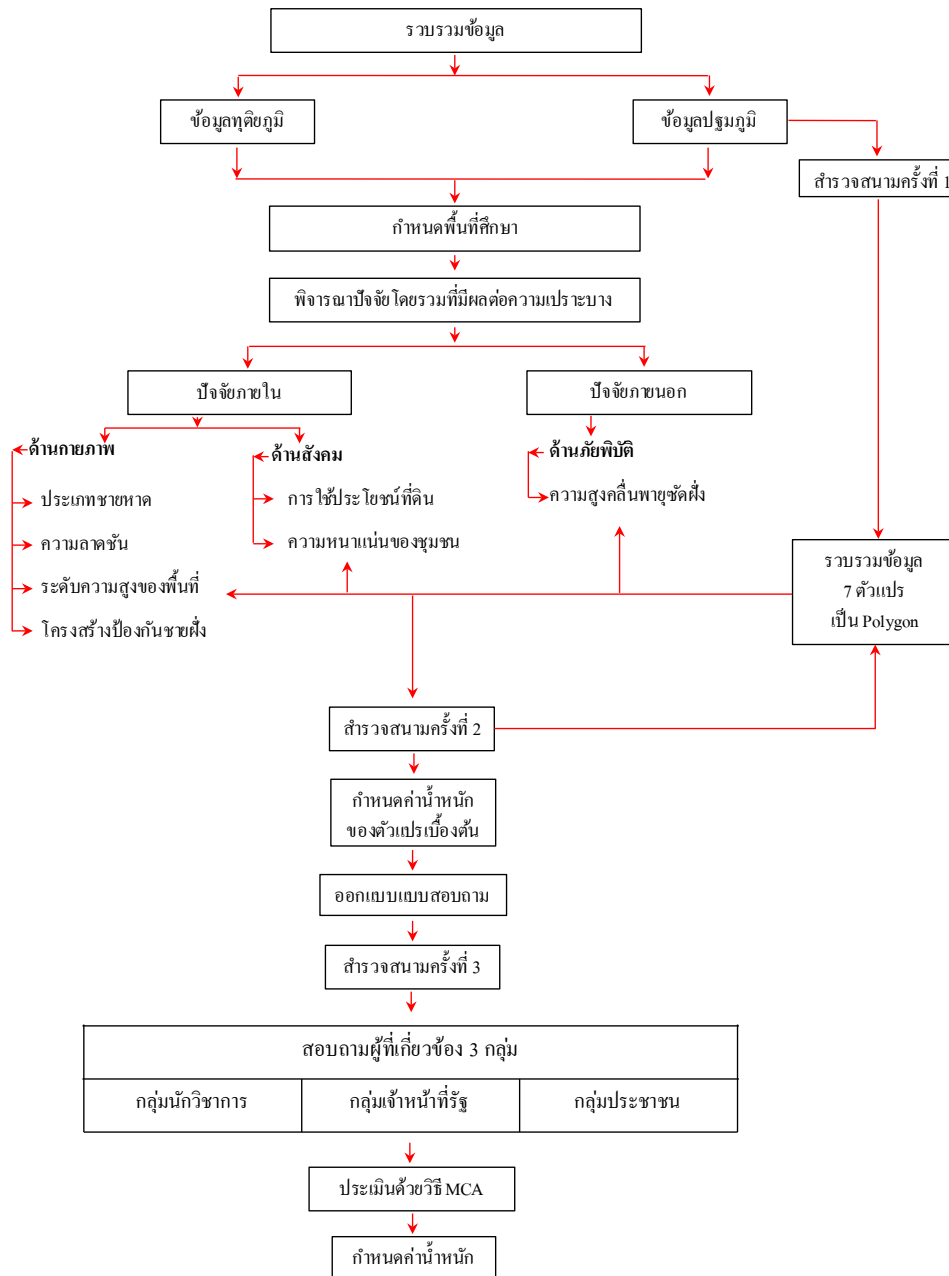
2) การออกแบบสอบถามความเห็นจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง 3 กลุ่ม ดังตารางที่ 2 ได้แก่ กลุ่มนักวิชาการด้านชายฝั่งทะเล เช่น อาจารย์จากมหาวิทยาลัยต่างๆ จากภาควิชาที่เกี่ยวข้องกับงานด้านชายฝั่งทะเล นักวิชาการจากบริษัทเอกชนที่เกี่ยวข้องกับงานด้านชายฝั่งทะเล กลุ่มเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กรมเจ้าท่า กรมอุตุนิยมวิทยา และกลุ่มประชาชนในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะกระจายอยู่ตลอดแนวชายฝั่งของพื้นที่ศึกษาดังรูปที่ 1

ตารางที่ 2 รายละเอียดผู้ให้ความคิดเห็น

กลุ่มผู้ให้ความคิดเห็น	จำนวน (คน)	ประสบการณ์ด้านชายฝั่งทะเล /การอยู่อาศัยในพื้นที่ เฉลี่ย (ปี)
นักวิชาการ	10	15
เจ้าหน้าที่ภาครัฐ	5	8
ประชาชนในพื้นที่	31	26
รวม	46	

ตารางที่ 3 ค่าน้ำหนักของตัวแปรความเปราะบางชายฝั่ง เบื้องต้น [1]

ตัวแปร	ความลาดชัน	ประเภทชายฝั่ง	ระดับความสูงของพื้นที่ชายฝั่ง	ความสูงคลื่น	โครงสร้างป้องกันชายฝั่ง	ความหนาแน่นของชุมชน	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ผลรวม	ค่าถ่วงน้ำหนัก
1.ความลาดชัน	0	2	1	1	1	1	2	8	9.52
2.ประเภทชายฝั่ง	2	0	2	1	3	1	1	10	11.90
3.ระดับความสูงของพื้นที่ชายฝั่ง	3	2	0	1	3	1	3	13	15.48
4.ความสูงคลื่น	3	3	3	0	3	2	3	17	20.24
5.โครงสร้างป้องกันชายฝั่ง	3	1	1	1	0	1	3	10	11.90
6.ความหนาแน่นของชุมชน	3	3	3	2	3	0	3	17	20.24
7.การใช้ประโยชน์ที่ดิน	2	3	1	1	1	1	0	9	10.71
รวม								84	100.00



รูปที่ 2 วิธีและขั้นตอนการดำเนินงาน

3) กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญเบื้องต้นของแต่ละปัจจัย ดังตารางที่ 3 [1] โดยการประยุกต์ใช้หลักการวิเคราะห์ทางเลือกแบบหลายปัจจัย (Multi-Criteria Analysis หรือ MCA) ซึ่งเป็นการให้ค่าความสำคัญจากรวบรวมผลการศึกษาที่ผ่านมา และใช้วิธีเดียวกันในการประเมินแบบสอบถามโดยนำคำตอบจากแบบสอบถามมาใช้ในการคำนวณหาค่าน้ำหนัก ซึ่งจัดลำดับความสำคัญโดยเปรียบเทียบโดยตรงระหว่างตัวแปรแต่ละตัวดังนี้

- ตัวแปรในแนวนอนมีความสำคัญมากกว่าตัวแปรในแนวตั้ง ให้ค่าเปรียบเทียบเท่ากับ 3
- ตัวแปรในแนวนอนมีความสำคัญเท่ากับตัวแปรในแนวตั้ง ให้ค่าเปรียบเทียบเท่ากับ 2
- ตัวแปรในแนวนอนมีความสำคัญน้อยกว่าตัวแปรในแนวตั้ง ให้ค่าเปรียบเทียบเท่ากับ 1
- ตัวแปรในแนวนอนและแนวตั้งเป็นตัวแปรเดียวกัน ให้ค่าเปรียบเทียบเท่ากับ 0

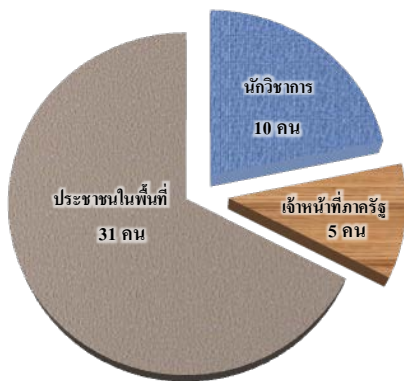
ตัวแปรที่มีความสำคัญมากกว่าเป็นตัวแปรที่มีค่าน้ำหนักสูงกว่า ผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบจะอยู่ในรูปของค่าน้ำหนัก (Weighing Factor) ซึ่งจะนำไปใช้ในการหาค่าความเปราะบางของพื้นที่ คือเมื่อได้ค่าน้ำหนักจากข้างต้นแล้วจะนำมาคูณกับระดับความเปราะบางของตัวแปรแต่ละตัวแล้ว นำค่าคะแนนทั้งสองมาคูณกัน ดังสมการ

$$CVI = \frac{(W_1 X_1 + W_2 X_2 + W_3 X_3 + \dots + W_n X_n)}{W_{total}}$$

- เมื่อ CVI = ดัชนีความเปราะบางของชายฝั่ง
- W_n = ค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแปร
- X_n = ระดับความเปราะบาง
- W_{total} = ค่าน้ำหนักทั้งหมด

4. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น การศึกษาค่าน้ำหนักเบื้องต้น และ ค่าน้ำหนักจากผู้ให้ความคิดเห็น 46 คน ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มดังตารางที่ 2 แสดงให้เห็นสัดส่วนดังรูปที่ 4 และเพื่อง่ายต่อการนำเสนอจึงแสดงสี และสัญลักษณ์แทนแต่ละตัวแปรดังตารางที่ 4



รูปที่ 4 แสดงสัดส่วนผู้ให้ความคิดเห็นในแต่ละกลุ่ม ตารางที่ 4 สัญลักษณ์และสีแทนปัจจัยต่างๆ

ตัวแปร	สัญลักษณ์	สี
ความลาดชัน	SL	Orange
ประเภทชายฝั่ง	TY	Green
ระดับความสูงของพื้นที่ชายฝั่ง	EL	Yellow
ความสูงคลื่น	HI	Red
โครงสร้างป้องกันชายฝั่ง	ST	Blue
ความหนาแน่นของชุมชน	DS	Light Orange
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	LU	Grey

4.1 การศึกษาค่าน้ำหนักเบื้องต้น

การศึกษาค่าน้ำหนักของตัวแปรที่มีผลต่อความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งจากคลื่นพายุซัดฝั่ง ที่ได้จากการศึกษาค่าน้ำหนักเบื้องต้น ได้ผลดังตารางที่ 3 และรูปที่ 5 ซึ่งให้ความสำคัญกับความหนาแน่นของชุมชน และความสูงคลื่นพายุซัดฝั่งมากที่สุด มากถึง ร้อยละ 20.24 จากค่าน้ำหนักที่เป็นไปได้มากที่สุดคือ ร้อยละ 22.5

4.1 ความคิดเห็นจากกลุ่มนักวิชาการ

กลุ่มนักวิชาการเห็นว่าตัวแปรที่มีความสำคัญต่อความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งจากคลื่นพายุซัดฝั่งมากที่สุดคือ ความหนาแน่นของชุมชนมากถึง ร้อยละ 19.25 รองลงมาคือ การใช้ประโยชน์ที่ดิน การมีโครงสร้างป้องกันชายฝั่ง ความสูงคลื่น ความลาดชัน ประเภทชายฝั่ง ตามลำดับ ดังรูปที่ 6

4.2 ความคิดเห็นจากกลุ่มเจ้าหน้าที่ภาครัฐ

กลุ่มเจ้าหน้าที่ของภาครัฐเห็นว่าตัวแปรที่มีความสำคัญต่อความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งจากคลื่นพายุซัดฝั่งมากที่สุดคือ ความหนาแน่นของชุมชน มากถึง ร้อยละ 17.14 ของค่าน้ำหนักทั้งหมด รองลงมา การใช้ประโยชน์ที่ดิน โครงสร้างป้องกันชายฝั่ง ความสูงคลื่น ประเภทชายฝั่ง ระดับความสูงของพื้นที่ชายฝั่ง ความลาดชัน ตามลำดับ ดังรูปที่ 7

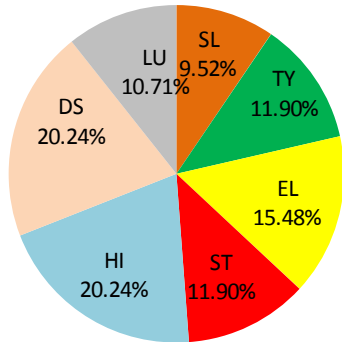
4.3 ความคิดเห็นจากกลุ่มประชาชนในพื้นที่

กลุ่มประชาชนในพื้นที่เห็นว่าตัวแปรที่มีความสำคัญมากที่สุดคือความหนาแน่นของชุมชน มากถึงร้อยละ 16.79 ของค่าน้ำหนักทั้งหมด รองลงมาคือ ความสูงคลื่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน ระดับความสูงของพื้นที่ชายฝั่ง โครงสร้างป้องกันชายฝั่ง ความลาดชัน และ ประเภทชายฝั่ง ตามลำดับ ดังรูปที่ 8

4.4 ค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนัก

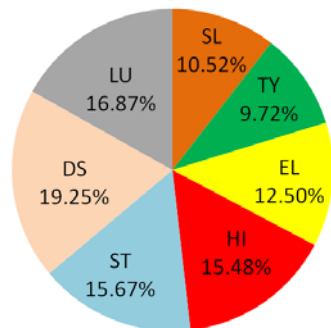
จากทุกกลุ่มผู้ให้ความคิดเห็นทั้ง 3 กลุ่ม นำมาหาค่าเฉลี่ยความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อความเปราะบางจากคลื่นพายุซัดฝั่งพบว่า ส่วนใหญ่เห็นว่าความหนาแน่นของชุมชนมีความสำคัญต่อความเปราะบางมากถึงร้อยละ 17.72 ของค่าน้ำหนักทั้งหมด และที่สำคัญรองลงมา ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน โครงสร้างป้องกันชายฝั่ง ความสูงคลื่น

ระดับความสูงของพื้นที่ชายฝั่ง ความลาดชัน และประเภทชายฝั่ง ตามลำดับ ดังรูปที่ 9



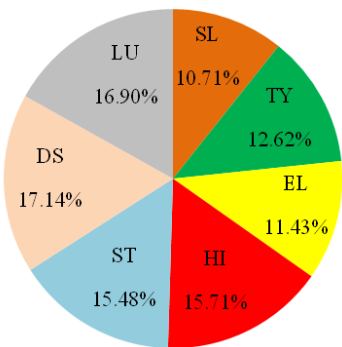
อ้างอิงสี และสัญลักษณ์จากตารางที่ 4

รูปที่ 5 ผลการศึกษาค่าน้ำหนักเบื้องต้น



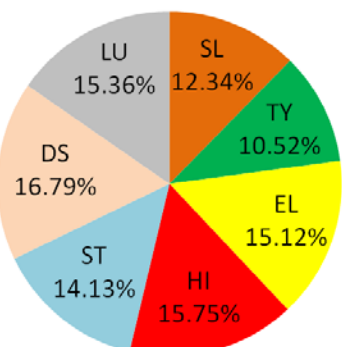
อ้างอิงสี และสัญลักษณ์จากตารางที่ 4

รูปที่ 6 ค่าน้ำหนักจากความคิดเห็นของกลุ่มนักวิชาการ



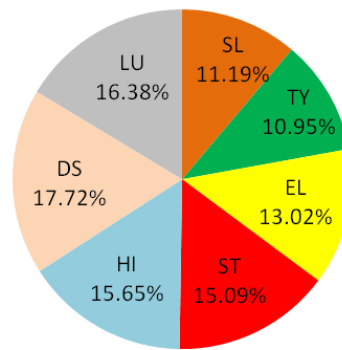
อ้างอิงสี และสัญลักษณ์จากตารางที่ 4

รูปที่ 7 ค่าน้ำหนักจากความคิดเห็นกลุ่มเจ้าหน้าที่ภาครัฐ



อ้างอิงสี และสัญลักษณ์จากตารางที่ 4

รูปที่ 8 ค่าน้ำหนักจากความคิดเห็นของกลุ่มประชาชน



อ้างอิงสี และสัญลักษณ์จากตารางที่ 4

รูปที่ 9 ค่าน้ำหนักจากการเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้ให้ความคิดเห็นทั้ง 3 กลุ่ม

4.5 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากแบบสอบถาม

จากการสำรวจความคิดเห็นด้วยแบบสอบถาม นอกเหนือจากการให้เปรียบเทียบตัวแปรในแต่ละปัจจัยแล้ว ยังขอความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมซึ่งสามารถรวบรวมได้ดังนี้

- การมีระบบเตือนภัยล่วงหน้า ที่ดีและแม่นยำจะช่วยลดความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งจากการเกิดคลื่นพายุซัดฝั่งได้
- การที่ประชาชนในพื้นที่มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับภัยพิบัติที่เคยเกิดขึ้นหรืออาจเกิดขึ้น ช่วยลดความเปราะบางจากการเกิดคลื่นพายุซัดฝั่งได้

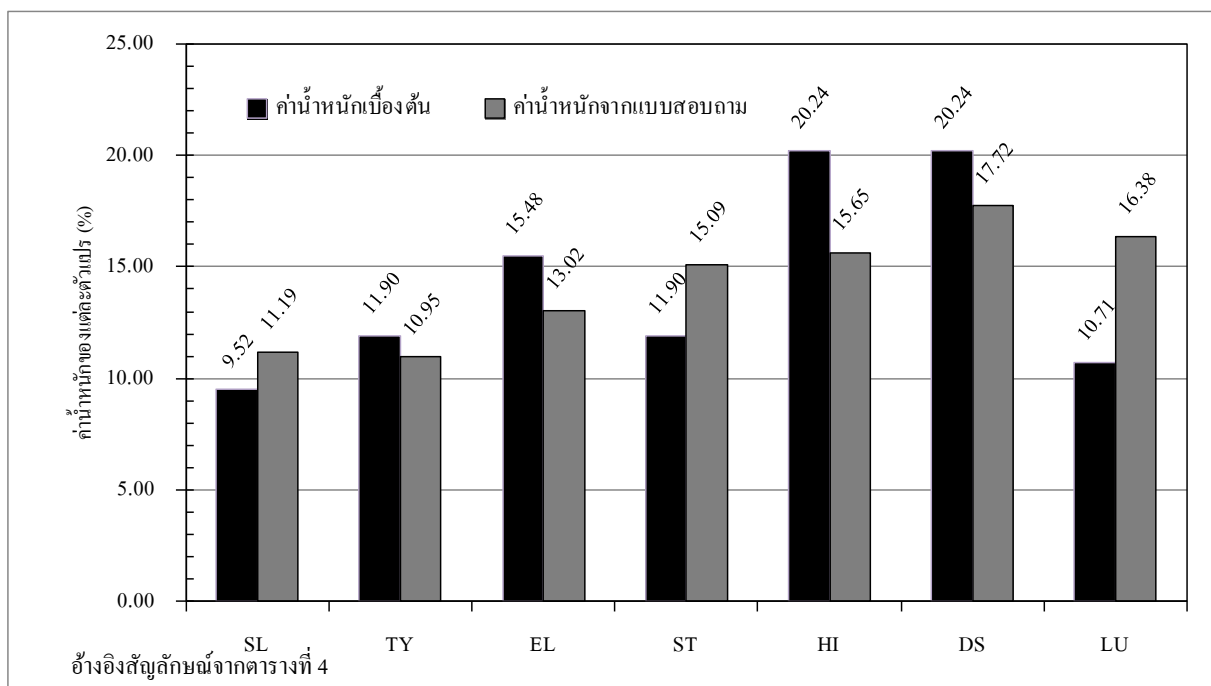
5. สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่า ในแต่ละกลุ่มผู้ให้ความคิดเห็น มีค่าน้ำหนัก ของปัจจัยที่มีผลต่อความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งจากคลื่นพายุซัดฝั่งที่แตกต่างกัน แต่โดยภาพรวมแล้วพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งจากคลื่นพายุซัดฝั่ง คือตัวแปรที่อยู่ในกลุ่มด้านเศรษฐกิจสังคม ได้แก่ ความหนาแน่นของชุมชน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน รองลงมาคือปัจจัยภายนอก หรือปัจจัยด้านภัยพิบัติ ได้แก่ ความสูงคลื่นพายุซัดฝั่ง และสุดท้ายคือ ลักษณะทั่วไป หรือลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ชายฝั่ง ได้แก่ โครงสร้างป้องกันชายฝั่ง ความลาดชันชายฝั่ง และประเภทชายฝั่ง เมื่อเปรียบเทียบค่าน้ำหนักระหว่างแบบสอบถามและค่าน้ำหนักจากการรวบรวมผลการศึกษาค่าน้ำหนักเบื้องต้น จะเห็นว่าค่าน้ำหนักของทั้งสองค่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แตกต่างกันเพียง

ค่าความมากน้อยของค่าน้ำหนัก มีเพียง 2 ตัวแปร คือ โครงสร้างป้องกันชายฝั่ง ผลจากแบบสอบถามเห็นว่ามี ความสำคัญมากกว่าข้อมูลจากการรวบรวมผลการศึกษาค่า น้ำหนักเบื้องต้น ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจาก การที่กลุ่มต่างๆ ของผู้ให้ความคิดเห็น เห็นว่าการมีโครงสร้างป้องกัน ชายฝั่งจะช่วยป้องกันพื้นที่ชายฝั่งได้ ในกรณีที่เกิดคลื่นพายุ ชัดฝั่ง ซึ่งต่างจากข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลผล การศึกษาค่าน้ำหนักเบื้องต้น พบว่าโครงสร้างป้องกัน ชายฝั่งในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็น โครงสร้างเพื่อ ป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง[3] และอาจจะไม่สามารถลด ความเสียหายได้โดยหากเกิดคลื่นขนาดใหญ่เข้ามากระทบ พื้นที่ชายฝั่ง โดยเฉพาะคลื่นพายุชัดฝั่ง เช่นเดียวกับกับตัว แปรประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีค่าน้ำหนักจาก แบบสอบถามสูงกว่าค่าน้ำหนักที่ได้จากการรวบรวมผล การศึกษาค่าน้ำหนักเบื้องต้น เป็นผลมาจาก กลุ่มผู้ให้ความ คิดเห็นให้ความสำคัญกับด้านเศรษฐกิจสังคม มากกว่าตัว แปรด้านอื่นๆ ในขณะที่ข้อมูลจากการศึกษาค่าน้ำหนัก เบื้องต้น ให้ความสำคัญน้อยกว่าเนื่องจากตัวแปรการใช้ ประโยชน์ที่ดิน มีความสัมพันธ์กันมากกับตัวแปรความ หนาแน่นของชุมชนซึ่งมีการให้ความสำคัญเป็นอันดับ สูงสุดไปแล้ว จึงให้ค่าน้ำหนักกับตัวแปรการใช้ประโยชน์ ที่ดินน้อยลง เพื่อเป็นการไม่ให้ความสำคัญซ้ำซ้อนกัน[4]

รายละเอียดการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของตัวแปร ระหว่าง ผลจากแบบสอบถามและการศึกษาค่าน้ำหนักเบื้องต้น แสดงดังรูปที่ 10 โดยที่ผลการศึกษาจากแบบสอบถามนั้นมีความเหมาะสม และสอดคล้องในการนำมากำหนดค่า น้ำหนักปัจจัยที่มีผลต่อความเปราะบางจากคลื่นพายุชัดฝั่ง ของพื้นที่ศึกษามากกว่า เนื่องจากเป็นความคิดเห็นจากคน ในพื้นที่ ที่เคยมีประสบการณ์จากการเกิดคลื่นพายุชัดฝั่ง นักวิชาการและเจ้าหน้าที่ภาครัฐที่ทำงานในพื้นที่และมี ส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับการศึกษาและกำหนดมาตรการ ในการรับมือกับคลื่นพายุชัดฝั่ง

นอกจากนี้ความคิดเห็นจากแบบสอบถามยังชี้ให้เห็น ว่า การมีระบบเตือนภัยล่วงหน้าที่ดีและแม่นยำ เป็นสิ่ง สำคัญที่จะช่วยลดความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งจากคลื่น พายุชัดฝั่ง รวมทั้งการมีความรู้ความเข้าใจ ต่อการเกิดคลื่น พายุชัดฝั่ง และภัยพิบัติอื่นๆ ก็จะช่วยลดความเปราะบาง ดังกล่าวได้เช่นเดียวกัน



รูปที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของตัวแปร ระหว่างผลจากการศึกษาค่าน้ำหนักเบื้องต้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] K. Wanida and R. Sompratana, "Vulnerability assessment of affected coastal area from storm surges", The 22nd National Convention on Civil Engineering, Jul., 2017
- [2] A.G. Mendoza, P. Macoun with R. Prabhu, and H. Hartanto, "Guidelines for Applying Multi-Criteria Analysis to the Assessment of Criteria", 9 The Criteria & Indicators Toolbox Serie, pp.22-27,1999
- [3] R. Payom , L. Kanungnit and C. Wisut, "Integrated Knowledge of Shore Protection Projects" The 10th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology, May., 2008
- [4] G. Kattalee and N. Kanchana, "Geo-Information Technology for Coastal Vulnerability Assessment Samut Songkram Province", Thai science and technology journal, vol 22, No 6, pp.775-788, 2014

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิผู้พิจารณาบทความฉบับนี้

ทางกองบรรณาธิการวิศวกรรมลาดกระบัง ขอขอบพระคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการพิจารณาบทความด้วยความขอบคุณยิ่ง และหวังว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีในโอกาสต่อไป

ศ.ดร.อิสระชัย งามหรุ

ผศ.ดร.สัญญาชัย เดชานุภาพฤทธา

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.สุภาพร เอื้อจงมานี

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ.ดร.นัยสันต์ อภิวัฒน์ลังการ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.กมลกรณ์ วงศ์ภาทิกะเสรี

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

ธนบุรี

ผศ.ดร.ดวงฤดี ไชยจิตกิตติวงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

ธนบุรี

ดร.ยุทธพงษ์ จิรรัชโสภาคกุล

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และ

โทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

ธนบุรี

ผศ.ดร.วีรพล จิรจรีต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และ

โทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

ธนบุรี

ดร.สิริวิชญ์ สว่างนพ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ

รศ.ดร.จันทรพร ผลากรกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ

ดร.มรุพัชร จำนงค์วงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับบทความ

“บทความทางวิชาการ” หมายความว่า บทความที่เขียนขึ้นในลักษณะวิเคราะห์ วิจัย หรือเสนอแนวความคิดใหม่ ๆ จากพื้นฐานทางวิชาการที่ได้เรียบเรียงจากผลงานทางวิชาการของตนเอง หรือของผู้อื่น หรือเป็นบทความทางวิชาการที่เขียนขึ้นเพื่อเป็นความรู้ทั่วไป สำหรับประชาชน

“บทความวิจัย” หมายความว่า บทความที่มีลักษณะเป็นเอกสารที่มีรูปแบบของการวิจัยตามหลักวิชาการ เช่น มีการตั้งสมมติฐาน หรือมีการกำหนดปัญหาที่ชัดเจนสมเหตุสมผล โดยจะต้องระบุถึงวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนแน่นอน มีการค้นคว้าอย่างมีระบบ มีการรวบรวมข้อมูลพิจารณาวิเคราะห์ ตีความ และสรุปผลการวิจัยที่สามารถให้คำตอบบรรลุวัตถุประสงค์ หรือหลักการบางอย่างที่จะนำไปสู่ความก้าวหน้าทางวิชาการ หรือการนำวิชาการนั้นมาประยุกต์ใช้

รูปแบบในการพิมพ์บทความ

บทความที่เสนอควรจัดพิมพ์ด้วย Microsoft Word (หรือซอฟต์แวร์อื่น ที่ขนาดตัวอักษรกำหนดได้ใกล้เคียงกัน) ขนาดกระดาษที่จัดพิมพ์จะเป็นขนาด A4 โดยกำหนดขอบ (Margins) ในการตั้งหน้ากระดาษ (Page Setup) ดังนี้

- ระยะบน (Top Margin) 1” หรือ 2.54 ซม.
- ระยะล่าง (Bottom Margin) 1” หรือ 2.54 ซม.
- กั้นซ้าย (Left Margin) 1” หรือ 2.54 ซม.
- กั้นขวา (Right Margin) 1” หรือ 2.54 ซม.

การแบ่งส่วน (Section) ควรแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรก กำหนด (format) เป็นคอลัมน์เดียว ส่วนที่สอง กำหนดเป็น 2 คอลัมน์ โดยระยะห่างระหว่างคอลัมน์เป็น 0.26” หรือ 0.7 ซม. เนื้อเรื่อง ผู้เขียนและผู้ร่วมงาน สถานที่ทำงาน และบทคัดย่อจะอยู่ในส่วนแรก ส่วนอื่น ๆ ที่เหลือของบทความจะอยู่ในส่วนที่สอง

ขนาดตัวอักษร

รูปแบบของตัวอักษรให้ใช้ Angsana UPC สำหรับบทความที่มีภาษาไทยปนกับภาษาอังกฤษ และให้ใช้รูปแบบตัวอักษร Times New Roman สำหรับบทความซึ่งเป็นภาษาอังกฤษล้วน ขนาด (Pica Size) ของแบบตัวอักษรแบบ Angsana UPC กำหนดดังนี้ (หากเป็นรูปแบบ Times New Roman ให้ใช้ขนาดของตัวอักษรที่มีความสูงเท่ากัน)

- ชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
ขนาด 26 ตัวหนา
- ชื่อผู้เขียนและผู้ร่วมงาน
ขนาด 14 ตัวปกติ
- สถานที่ทำงาน
ขนาด 12 ตัวปกติ
- คำว่า “บทคัดย่อ”
ขนาด 16 ตัวหนา
- ส่วนของเนื้อความในบทคัดย่อ
และส่วนของเนื้อความทั้งหมด
ขนาด 14 ตัวปกติ
- คำว่า “Abstract”
ขนาด 16 ตัวหนา
- ส่วนของเนื้อความใน Abstract
ให้ใช้ Angsana UPC ขนาด 16 ตัวปกติ

- หัวข้อและหมายเลขประจำหัวข้อ
ขนาด 16 ตัวหนา
- หัวข้อย่อยและหมายเลขประจำหัวข้อย่อย
ขนาด 14 ตัวหนา
- คำว่า “กิตติกรรมประกาศ” หรือ
“Acknowledgement”
ขนาด 16 ตัวหนา
- คำว่า “เอกสารอ้างอิง” หรือ “Reference”
ขนาด 16 ตัวหนา

การพิมพ์บทความ

ให้ใช้ระยะห่างบรรทัดปกติ (Single space) เมื่อขึ้นหัวข้อใหม่ให้เว้น 1 บรรทัด ในกรณีเมื่อเอกสารจัดพิมพ์ด้วย Times New Roman ทั้งหมด ให้ใช้ระยะห่างบรรทัด เป็นหนึ่งบรรทัด (Single space) หรือ หนึ่งบรรทัดครึ่ง

ชื่อบทความ ชื่อผู้เขียน และสถานที่ทำงาน
ให้จัดพิมพ์ในตำแหน่งกลางหน้ากระดาษ

หัวข้อและหมายเลขหัวข้อ
ให้จัดพิมพ์แบบชิดซ้าย (Right Justified)

บทคัดย่อและเนื้อเรื่อง
ให้จัดพิมพ์แบบเต็มขอบ
(Left & Right Justified)

สมการ หรือ พจน์ทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน
ควรเขียนโดยใช้ Equation Editor
(รวมอยู่ใน Microsoft Word แล้ว)
โดยจัดแยกบรรทัด และมีเลขกำกับสมการ
ซึ่งอยู่ในวงเล็บเล็ก

คำสำคัญ (Keywords)

ให้ใส่คำสำคัญ 3 – 5 คำ ซึ่งเกี่ยวข้องกับ
กับบทความที่นำเสนอโดยให้จัดพิมพ์
ใต้บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

การส่งบทความ

บทความที่จะส่งเปิดรับทั้งจากบุคคลภายในและภายนอกสถาบันฯ โดยเนื้อหาของบทความมีความยาวไม่เกิน 8 หน้า 2 คอลัมน์

ติดต่อขอส่งได้ที่ ส่วนวิศวกรรมลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์

E-mail : kmitl.eng.jnl@gmail.com

บทความจะได้รับการกลั่นกรองโดยผู้อ่านที่ทรงคุณวุฒิในสาขานั้น ๆ และเมื่อบทความได้รับการแก้ไข (หากมี) อย่างเหมาะสม ผู้เขียนต้องส่งต้นฉบับ 1 ชุด และซีดีข้อมูลบทความอีก 1 ชุด

ติดต่อสอบถามข้อมูลได้ที่

งานบริหารการวิจัย (วิศวกรรมลาดกระบัง)
ชั้น 2 อาคาร 6 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โทรศัพท์ / โทรสาร 02-329-8317

แบบฟอร์มการส่งบทความ

เลขที่อ้างอิง.....

วันที่ส่ง.....

ชื่อบทความ (ภาษาไทย).....

.....

ชื่อบทความ(ภาษาอังกฤษ).....

.....

ประเภทบทความ



บทความวิชาการ



บทความวิจัย

Keywords (คำสำคัญ).....

.....

ชื่อ - นามสกุล ผู้เขียน (ภาษาไทย)

และ

(ภาษาอังกฤษ)

1..... 1.....

2..... 2.....

3..... 3.....

4..... 4.....

5..... 5.....

6..... 6.....

จำนวนหน้า.....หน้า

ชื่อและที่อยู่ผู้เขียนที่สามารถติดต่อได้

ชื่อ - นามสกุล.....

ที่อยู่.....

.....

เบอร์โทรศัพท์.....

E-mail.....

เอกสารประกอบการส่งบทความ

บทความต้นฉบับ 1 ชุด และ

สำเนา 3 ชุด (พร้อมลบชื่อผู้แต่งและที่อยู่)

แบบฟอร์มสั่งซื้อวิศวกรรมลาดกระบัง และ สมัครงาน

ชื่อ.....นามสกุล.....

สถานที่จัดส่งหนังสือ.....

จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....โทรศัพท์.....

สมัครงานวิศวกรรมลาดกระบัง

- | | | | | | |
|--------------------------|---------|------------------|--------------------------|---------|------------------|
| <input type="checkbox"/> | ปี 2555 | ค่าสมัคร 200 บาท | <input type="checkbox"/> | ปี 2558 | ค่าสมัคร 200 บาท |
| <input type="checkbox"/> | ปี 2556 | ค่าสมัคร 200 บาท | <input type="checkbox"/> | ปี 2559 | ค่าสมัคร 200 บาท |
| <input type="checkbox"/> | ปี 2557 | ค่าสมัคร 200 บาท | <input type="checkbox"/> | ปี 2560 | ค่าสมัคร 200 บาท |

หมายเหตุ ปีละ 4 ฉบับ (รวมค่าจัดส่ง)

ต้องการซื้อวิศวกรรมลาดกระบัง

- | | | | | | |
|--------------------------|--|--------------|--------------------------|------------------|--------------|
| <input type="checkbox"/> | เล่มที่ 1 / 2558 | ราคา 100 บาท | <input type="checkbox"/> | เล่มที่ 1 / 2559 | ราคา 100 บาท |
| <input type="checkbox"/> | เล่มที่ 2 / 2558 | ราคา 100 บาท | <input type="checkbox"/> | เล่มที่ 2 / 2559 | ราคา 100 บาท |
| <input type="checkbox"/> | เล่มที่ 3 / 2558 | ราคา 100 บาท | <input type="checkbox"/> | เล่มที่ 3 / 2559 | ราคา 100 บาท |
| <input type="checkbox"/> | เล่มที่ 4 / 2558 | ราคา 100 บาท | <input type="checkbox"/> | เล่มที่ 4 / 2559 | ราคา 100 บาท |
| <input type="checkbox"/> | อื่น ๆ ปีที่.....ฉบับที่.....ประจำเดือน.....พ.ศ..... | | | | |

รวมรายการทั้งหมด.....รายการ เป็นเงิน.....บาท

ชำระค่าสั่งซื้อโดย

เงินสด แผนกตำรา วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ธนาคารตั้งจ่ายในนาม แผนกตำรา

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520 ที่ทำการเคาน์เตอร์บริการเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 00016

ผ่านบัญชีออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์ สาขาซอยเทคโนโลยีฯ เจ้าคุณทหาร

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

ชื่อบัญชี “แผนกตำราและประชาสัมพันธ์” เลขที่ 088 - 2 15272 - 2

ถ่ายสำเนาใบสั่งซื้อ และส่งเอกสารการชำระค่าสั่งซื้อมาที่ :

งานบริหารการวิจัย (วิศวกรรมลาดกระบัง) ส่วนสนับสนุนวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบังกรุงเทพมหานคร 10520

โทร. 0-2329-8000 ต่อ 3464, 3465

(ท่านสามารถפקซ์ใบสั่งซื้อ และเอกสารการชำระค่าสั่งซื้อมาที่เบอร์פקซ์ : 0-2329-8317

การจัดส่งหนังสือจะรวดเร็วขึ้น)

Ladkrabang Engineering Journal

The Ladkrabang Engineering Journal is a technical journal belonging to the Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (KMITL).

Contents:

The journal contains research reports, articles concerning development work and research activities carried out by the faculty staff. The objectives are to publicize and promote the research contributions and innovative works in the field of engineering.

Frequency:

The journal is published quarterly.

Policy:

Articles and reports should have engineering research values whether containing substantial supported theories, innovative works, substantial experiment results and/or fulfilled with useful and constructive discussions or reviews standardized to regional or international acceptance.

Manuscripts:

Four copies which are not exceed 8 pages with two-columns (one copy with author names, three copies without author names) of either Thai or English are to be submitted in camera ready form. The page charge from the 9th page is 500 Baht per page. To ensure that all papers are at the same standard, authors are asked to prepare their manuscripts in computerized format. Microsoft Word for windows[®] is recommended as a text processor. Others associated components such as graphs or figures should be prepared using windows-based packages.

Manuscripts are to be reviewed by at least 3 referees who are specialists in that fields. Comments and suggestions (if any) are summarized before they are passed to authors. Revised form of the manuscripts have to be resubmitted with a copy of the manuscript in a disk file.

For convenience in printing and to common standard in publication, submitted manuscripts should conform to the following orders.

Titles: Should be given in both Thai and English.

Author and co-authors: Are given without any title.

Correspondent address: Specify short address of authors. If authors are students, institution address (department, faculty and institution) is required.

Abstract: Should be given in both Thai and English.

Main theme: Should contain the following sections.

- 1.Introduction
- 2.Theory
- 3.Construction and experimental procedures
- 4.Experimental results and discussions
- 5.Conclusion or Summary

Acknowledgement: (if required)

References: Should follow the pattern given below.

- [1] P. Choeksuwan and S. Choomchuay, "The Economics Analysis of RFID Implementation in Logistic," Ladkrabang Engineering Journal, Vol.30, No.1, pp.7-12, March, 2556.
- [2] I. M. Filanovsky and H.P. Baltas, "Simple CMOS Analog Square-Rooting and Squaring Circuits," IEEE Trans. Circuits and Systems, Vol.39, No.4, pp.312-315, Sept., 1992.
- [3] R. E. Blahut, Theory and Practice of Error Control Codes, Addison-Wesley, Reading, MA, 1983.

Submission:

1. Submit two pdf files Manuscript with and without authors / affiliation at the first page.
2. Submit the pdf file of the paper submission form.
At E-mail : kmitl.eng.jnl@gmail.com

Published by

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.

Tel : (662) 329-8000 Ext 3464,3465

Fax : (662) 329-8317

Advisors

Dean of Engineering

Assoc.Prof. Dr.Komsan Maleesee

Editor-in-chief

Prof. Dr. Issarachai Ngamroo

Editorial Staff

Mr.Komol Wadkhean

Cover Design and Photo Books

Mrs.Atisuda Chanvikorn

Liaise & Member Relationships

Create Original Artwork & Proofreading

Distributed by

Faculty of Engineering,

Mrs.Atisuda Chanvikorn

Tel : (662) 329-8317