

วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ

Thaksin University Journal

ปีที่ 20 ฉบับที่ 1

Vol.20 No.1

มกราคม – มิถุนายน 2560

January – June 2017



ISSN 0859-9807

บทความวิชาการ (Articles)

1. การพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งแบบใหม่ขนาดพกพา
Development of the Novel Portable Solid Oxide Fuel Cells
สุติดา หมาดโตะชะ Sutida Marthosa, มนตรี สุขเลื่อง Montri Suklueng, วรณาทกาญจน์ ทองคง Wontakan Thongkong.....1

บทความวิจัย (Research Articles)

2. ความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงานในกลุ่มคนงานโรงงานเผาอิฐ จังหวัดนครศรีธรรมราช
Work-Related Musculoskeletal Disorders among Brick Workers in Nakhon Si Thammarat Province
ชาร์ฟ สะมะแอ Chareef Samael, นูรูฮุดา อุเซ็ง Nuruhudar Useng, บัลกีศ ยิมะยี Balkis Yeemayee, ฟาฏีมะ เจาะ Fateemah Cheleah, อารีฟอ เปเฮะฮิล Arif Paehailay, จารุภา เลขทิพย์ Charupa Lektip.....9
3. การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนารูปแบบการฟื้นฟูและการอนุรักษ์ทรัพยากรประมง:
กรณีศึกษาทรัพยากรปูทะเล เขตอำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี
Participatory Action Research for Pattern Development of Restoration and Conservation in Fisheries
Resource: a Case Study of *Scylla* spp. at Klung District, Chanthaburi Province
สัมพันธุ์ ทองหนู Sampan Tongnunui, อำนวย วัฒนกรสิริ Amnuay Wattanakornsiri, ทวีเดช ไชยนาพชัย Thaweetdet Chainapong สิทธิพัฒน์ แก้วจำ Sittipat Phaewcham.....18
4. มูลค่าทางเศรษฐกิจของผักพื้นบ้านในชุมชนบ้านปายาง ตำบลท่าจี้ อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช
Economic Value of Local vegetables in Ban Pha Yang Community, Tha Ngio Sub-district, Muang District, Nakhon Sri Thammarat Province
วัฒนณรงค์ มากพันธ์ Wattananarong Markphan, ฟาติละห์ ชุมศรี Fadilah Chumsri, อรอนงค์ อุ่มเพชร Onanong Oumpet.....29
5. การวิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับร้านอาหารบนเว็บไซต์รีวิว
Sentiment Analysis of Restaurant Reviews on Review Web Sites
ปราชญภาคย์ เหล่าสังข์สุข Prachayaphak Laowsungsuk, อนัส จินดา Anus Jinda, สิริยา สิทธิสาร Siraya Sitthisarn.....39
6. ผลกระทบของมาตรการความปลอดภัยในงานก่อสร้างต่อผลิตภาพของงานเหล็กเสริมเสา
Effect of Safety Measures on the Productivity of Column Reinforcement
สุนันท์ มนต์แก้ว Sunun Monkaew, ธวัชชัย นวลเลิศปัญญา Thawatchai Nawalersunya48
7. การวิเคราะห์หลักความเค้นของเพลกียร์ขับเคลื่อนของรถขุดไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
Stress Analysis of Final Drive Pinion Shaft of Electric Shovel Through The Use of FEM
สิวะ สิทธิพงศ์ Siva Sitthipong, ประภาศ เมืองจันทร์บุรี Prapas Muangjunburee, เจริญยุทธ เดชวายุกุล Charoenyut Dechwayukul, ณรงค์ฤทธิ์ โทธรรัตน์ Narongrit Totarat, ชัยยุทธ มีงาม Chaiyoot Meengam.....57
8. ผลของอุณหภูมิชุบแข็งปลวไฟต่อสมบัติความแข็งและการสึกหรอของเหล็กกล้าใบเลื่อยสายพาน
Effect of Flame Hardening Temperature on Hardness and Wear Properties of Band Saw Steel
เชิรศักดิ์ ชูชีพ Thiensak Chuchee, นิศรา มหาหนินวงศ์ Narissara Mahathaninwong, สมใจ จันทร์อุดม Somjai Janudom, เจษฎา วรรณสินธุ์ Jessada Wannasin67
9. การพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรตอร์ความเร็วรอบต่ำชนิดแม่เหล็กแรงสูงสำหรับกังหันลมขนาดเล็ก
The Development of Low-Speed Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) For Small-Scale Wind Turbine
ชัยนุสนธ์ เกษตรพงศ์ศาล Chainuson Kasagepongsam, กานต์ธิดา บุญมา Kantida Boonma, มนตรี สุขเลื่อง Montri Suklueng.....75
10. ตัวแบบพยากรณ์เกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ
Forecasting Model for Grade Point Average of Thaksin University's Undergraduate Students
วารangkนา เรือนสุทธิ Warangkha Riansut.....88

รูปแบบวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ

ชื่อวารสาร	วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ (Thaksin University Journal)	
เจ้าของ	มหาวิทยาลัยทักษิณ	
ที่ปรึกษา	อธิการบดี	(รศ.ดร.วิชัย ชำนิ) (มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	รองอธิการบดี	(รศ.เกษม อัครวีรรัตนกุล) (มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา	(อ.ดร.วันลก ดิษสุวรรณ) (มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	รศ.ดร.นิคม ชูศิริ	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
บรรณาธิการ	ผศ.ดร.ประสงค์ เกษราธิคุณ	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
กองบรรณาธิการ	ศ.ดร.จรัญ จันทลักษณ์	(มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)
	ศ.ดร.วิสุทธิ์ ใบไม้	(มหาวิทยาลัยมหิดล)
	ศ.ดร.สุทัศน์ ยกส้าน	(มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ)
	ศ.ดร.วัชรินทร์ รุกขไชยศิริกุล	(มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)
	ศ.ดร.สุทธวัฒน์ เบญจกุล	(มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)
	ศ.ดร.สุรินทร์ เศรษฐมานิต	(จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
	ศ.ดร.สมจิตต์ สุพรรณทัศน์	(เลขที่ 422 ถ.เทศบาลรังรักษ์เหนือ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร)
	รศ.ดร.ครรชิต มาลัยวงศ์	(สภာวิจัยแห่งชาติ)
	รศ.ดร.หิรัญทิพา เพชรมั่ง	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	รศ.ดร.สรรพสิทธิ์ กล่อมเกล้า	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	รศ.ดร.บุญญพัฒน์ ไชยเมล์	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	ผศ.ดร.กรวิภา ก่องกุล	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	ผศ.ดร.พญ.ภัทรวลัย คลึงจิตร	(มหาวิทยาลัยมหิดล)
	ผศ.ดร.เกร็ดทราย วุฒิพงษ์	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	ผศ.ดร.จตุพร แก้วอ่อน	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
กองจัดการ	นางสาวอรกมล ไกรวงศ์	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	นางสาวพิมพ์ผกา มณีวงศ์	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	นางรานี อาษาชำนาญ	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	นางสาวกัญญณัฏช์ เลียดรักษ์	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)

วัตถุประสงค์	1. เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความทางด้านสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของบุคลากร นักวิจัยในมหาวิทยาลัยทักษิณและหน่วยงานต่างๆ 2. เป็นสื่อประชาสัมพันธ์ข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 3. เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย
กำหนดการออก	ปีละ 2 ฉบับ (มกราคม – มิถุนายน และ กรกฎาคม – ธันวาคม)
จำนวนพิมพ์	300 ฉบับ
รูปแบบเล่ม	ขนาด B5 (18x25.5 ซม.) ปกอาร์ตมัน 250 แกรม พิมพ์ 4 สี เคลือบ มัน (UV) เนื้อใน กระดาษปอนด์ 80 แกรม พิมพ์ 1 สี 112 หน้า
การเผยแพร่	จัดจำหน่ายและสมัครสมาชิก มอบเป็นอภินันทนาการแก่ห้องสมุดของหน่วยงานรัฐและเอกชน สถาบันการศึกษา
การบอกรับเป็นสมาชิก	ค่าสมาชิก ปีละ 200 บาท แจ้งชื่อที่อยู่พร้อมธนาคัติ ส่งจ่ายในนามกองจัดการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปณ.ป่าพะยอม อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93210
การติดต่อ	กองจัดการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210 โทรศัพท์ 0-7460-9600 ต่อ 7242 E-mail address: tsujournal@gmail.com หรือ research.tsu@gmail.com
โรงพิมพ์	อาร์ต เวิร์ค แอนด์ มิเดีย โทรศัพท์ 074 230854, 085-440-5398

บรรณาธิการแถลง

วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ (Thaksin University Journal) ฉบับนี้ เป็นวารสารที่ออกโดยมหาวิทยาลัยทักษิณ เป็นปีที่ 20 ฉบับที่ 1 (ประจำเดือนมกราคม – มิถุนายน 2560) วารสารฉบับนี้มีเนื้อหาสาระภายในเล่มที่น่าสนใจ ประกอบด้วย บทความวิชาการ เรื่อง การพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิง ชนิดออกไซด์ของแข็งแบบใหม่ขนาดพกพา ซึ่งเป็นแนวโน้มใหม่ของงานวิจัยทางด้านพลังงาน และบทความวิจัยด้านสหวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อีกจำนวน 9 เรื่อง คณะทำงานประจำกองบรรณาธิการขอเชิญชวนและขอขอบคุณเจ้าของบทความทุกท่าน ที่ได้ส่งเรื่องมาตีพิมพ์ โดยสามารถ Download แบบฟอร์มการส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์และคำแนะนำในการเขียนต้นฉบับได้ที่ website “<https://www.tci-thaijo.org/index.php/tsujournal>” เพื่อที่ทุกท่านจะได้มีส่วนร่วมในการพัฒนาวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้นไป ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้เกียรติและเสียสละเวลาอันมีค่าในการกลั่นกรองพิจารณาแก้ไขและให้ข้อเสนอแนะงานเขียนดังกล่าวเพื่อประโยชน์สูงสุดทางวิชาการที่ได้นำเสนอในวารสารฉบับดังกล่าวนี้

หากท่านผู้อ่านมีคำแนะนำเกี่ยวกับวารสารดังกล่าวนี้ กรุณาส่งคำแนะนำของท่านมายังกองบรรณาธิการ เพื่อจะได้นำสิ่งที่ท่านแนะนำนี้ไปพิจารณาปรับปรุงในฉบับต่อ ๆ ไป นอกจากนี้ยังขอเชิญชวนท่านผู้อ่านส่งบทความวิชาการ และบทความวิจัยที่ยังไม่เคยเผยแพร่ที่ไหนมาก่อนไปให้ทางกองบรรณาธิการพิจารณาตีพิมพ์ โดยท่านสามารถดูรูปแบบการพิมพ์บทความได้ในตอนท้ายของวารสารนี้ได้ด้วยเช่นกัน พบกันใหม่ฉบับหน้าครับ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประสงค์ เกษราธิคุณ
บรรณาธิการประจำฉบับ

บทความวิชาการ (Articles)

1. การพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งแบบใหม่ขนาดพกพา
Development of the Novel Portable Solid Oxide Fuel Cells
สุริดา หมดโตะหะ Sutida Marthosa, มนตรี สุขเลื่อง Montri Suklueng, วรณทกัญจน์ ทองคง Wontakan Thongkong.....1

บทความวิจัย (Research Articles)

2. ความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงานในกลุ่มคนงานโรงงานเผาอิฐ จังหวัดนครศรีธรรมราช
Work-Related Musculoskeletal Disorders among Brick Workers in Nakhon Si Thammarat Province
ชาร์ฟ สะมะเอ Chareef Samael, นูรูฮุดา อุเซ็ง Nuruhudar Useng, บัลกีส ยีมะยี Balkis Yeemayee, ฟาฏีมะ เจะ Fateemah Cheleah, อารีฟอ เปเฮาะอีเล Arif Paehaulay, จารุภา เลขทิพย์ Charupa Lektip.....9
3. การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนารูปแบบการฟื้นฟูและการอนุรักษ์ทรัพยากรประมง:
กรณีศึกษาทรัพยากรปูทะเล เขตอำเภอคลอง จังหวัดจันทบุรี
Participatory Action Research for Pattern Development of Restoration and Conservation in Fisheries
Resource: a Case Study of *Scylla* spp. at Klung District, Chanthaburi Province
สัมพันธ์ ทองหนูชัย Sampan Tongnunui, อำนวย วัฒนกรศิริ Amnuay Wattanakornsiri, ทวีเดช ไชยนาพงษ์ Thaweet Chainapong สิทธิพัฒน์ แผ้วฉ่ำ Sittipat Phaewcham.....18
4. มูลค่าทางเศรษฐกิจของผักพื้นบ้านในชุมชนบ้านป่ายาง ตำบลท่าจีว อำเภอมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช
Economic Value of Local vegetables in Ban Pha Yang Community, Tha Ngio Sub-district, Muang District, Nakhon Sri Thammarat Province
วัฒนณรงค์ มากพันธ์ Wattananarong Markphan, ฟาติละห์ ชุมศรี Fadilah Chumsri, อรอนงค์ อุ่มเพชร Onanong Oumpet.....29
5. การวิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับร้านอาหารบนเว็บไซต์รีวิว
Sentiment Analysis of Restaurant Reviews on Review Web Sites
ปราชญ์ภักย์ เหล่าสังข์สุข Prachayaphak Laowsungsuk, อนัส จินดา Anus Jinda, สิริยา สิทธิสาร Siraya Sitthisam.....39
6. ผลกระทบของมาตรการความปลอดภัยในงานก่อสร้างต่อผลผลิตภาพของงานเหล็กเสริมเสา
Effect of Safety Measures on the Productivity of Column Reinforcement
สุนันท์ มนต์แก้ว Sunun Monkaew, ธวัชชัย นวลเลิศปัญญา Thawatchai Nawalersunya48
7. การวิเคราะห์ค่าความเค้นของเพลาคีร์ขับเคลื่อนของรถขุดไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
Stress Analysis of Final Drive Pinion Shaft of Electric Shovel Through The Use of FEM
ศิวัช สิทธิพงษ์ Siva Sitthipong, ปรภาส เมืองจันทร์บุรี Prapas Muangjumburee, เจริญยุทธ เดชวายุกุล Charoenyut Dechwayukul, ณรงค์ฤทธิ์ โทธิรัตน์ Narongrit Totarat, ชัยยุทธ มิงาม Chaiyoot Meengam.....57
8. ผลของอุณหภูมิชุบแข็งเปลวไฟต่อสมบัติความแข็งและการสึกหรอของเหล็กกล้าใบเลื่อยสายพาน
Effect of Flame Hardening Temperature on Hardness and Wear Properties of Band Saw Steel
ธีรศักดิ์ ชูชีพ Thiensak Chuchep, นริศรา มหัทธินนวงศ์ Narissara Mahathaninwong, สมใจ จันทร์อุดม Somjai Janudom, เจษฎา วรณสินธุ์ Jessada Wannasin67
9. การพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสความเร็วรอบต่ำชนิดแม่เหล็กแรงสูงสำหรับกังหันลมขนาดเล็ก
The Development of Low-Speed Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) For Small-Scale Wind Turbine
ชัยนุสนธิ์ เกษตรพงศ์ศักดิ์ Chainuson Kasagepongsarn, กานต์ติศา บุญมา Kantida Boonma, มนตรี สุขเลื่อง Montri Suklueng.....75
10. ตัวแบบพยากรณ์เกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ
Forecasting Model for Grade Point Average of Thaksin University's Undergraduate Students
วารังคณา เรียนสุทธิ Warangkhan Riansut.....88

การพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งแบบใหม่ขนาดพกพา

Development of the Novel Portable Solid Oxide Fuel Cells

สุติดา หมดโตะชะ^{1*} มนตรี สุขเลื่อง² และวรรณทกานจน์ ทองคง³
Sutida Marthosa^{1*}, Montri Suklueng² and Wontakan Thongkong³

บทคัดย่อ

เซลล์เชื้อเพลิงเป็นเทคโนโลยีพลังงานทางเลือกที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาพลังงานขาดแคลนในอนาคต เซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งสามารถใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงได้ และไม่จำเป็นต้องใช้แพลตตินัมที่ราคาแพงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ลดต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์เชื้อเพลิงได้ เซลล์เชื้อเพลิงแบบพกพาถูกพัฒนาขึ้นเพื่อผลิตไฟฟ้าขนาดต่ำกว่า 1 kW นักวิจัยได้ผลิตเซลล์ที่ให้ค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าสูงถึง 348 mW cm^{-2} และพบว่าค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิในการทำงานชนิดของเชื้อเพลิง (มีเทน/อากาศ โพรเพน/อากาศและ บิวเทน/อากาศ) แทบจะไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้ามากนักเมื่อเทียบกับอิทธิพลของอุณหภูมิ

คำสำคัญ: เซลล์เชื้อเพลิง ไฮโดรเจน แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบพกพา

Abstract

Fuel cell is an important alternative technology which is capable of overcoming energy shortage problem in the future. Solid oxide fuel cells use the abundant natural gas as fuel and they can be operated without the need of the expensive noble metal catalyst such as platinum; reducing the operating cost. The portable solid oxide fuel cells have been developed to produce power in a scale less than 1 kW. Researchers have produced the fuel cell stack with the peak power density of 348 mW cm^{-2} . The power density was proportionally related to the operating temperature. There was an insignificant influence of the fuels (methane/air, propane/air and butane/air) on the portable solid oxide fuel cells performance, in comparison to the influence of the operating temperature.

Keywords: Fuel Cells, Hydrogen, Portable Solid Oxide Fuel Cells

¹ อ.ดร., สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สุราษฎร์ธานี 84000

² อ.ดร., สถาบันวิจัยระบบพลังงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (PERIN) วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90110

³ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สุราษฎร์ธานี 84000

¹ Dr., Department of Industrial Management Technology, Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani, 84000

² Dr., PSU Energy System Research Institute (PERIN), Prince of Songkla University, Hatyai Campus, Songkhla, 90110

³ Student, Department of Industrial Management Technology, Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani, 84000

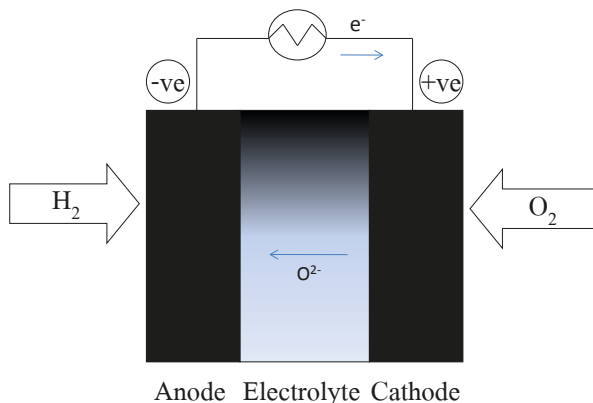
* Corresponding author: E-mail address:sutida.m@psu.ac.th

บทนำ

การพัฒนาพลังงานทางเลือกและพลังงานทดแทนเป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาในอนาคต หนึ่งในแนวทางการแก้ไขปัญหาพลังงานที่กำลังจะหมดลงคือ การใช้พลังงานทางเลือกชนิดต่างๆ อาทิ พลังงานจากชีวมวล (Biomass) พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) และในขณะนี้แหล่งพลังงานใหม่ที่สำคัญและมีการค้นคว้าเป็นอย่างมากในกลุ่มนักวิจัย คือแหล่งพลังงานไฮโดรเจนเพื่อผลิตไฟฟ้าในเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cells) ซึ่งการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์เชื้อเพลิงนี้จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้พลังงานจากแหล่งอื่น [1] เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) เป็นเซลล์เคมีไฟฟ้าซึ่งผลิตไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างเชื้อเพลิง (Fuel) กับสารออกซิแดนท์ (Oxidant) โดยตรง โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการเผาไหม้ [2] ดังนั้นประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงจึงไม่ถูกกำหนดด้วยข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพของวัฏจักรคาร์โนต (Carnot Efficiency Limit) เซลล์เชื้อเพลิงให้พลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงและไม่ผลิตมลพิษ อาทิเช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้เครื่องยนต์ที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิงไม่ก่อมลภาวะทางอากาศ (ควั่น) ผลึกกันข้อจำกัดเดียวที่เกิดจากการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงคือน้ำ เซลล์สามารถเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยประสิทธิภาพสูงมากกว่า 50% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงาน เซลล์เชื้อเพลิงมีหลักการทำงานเช่นเดียวกับแบตเตอรี่ แต่แบตเตอรี่ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตลอดเวลาถ้าประยุกต์ในการทำปฏิกิริยาหมด ในขณะที่เซลล์เชื้อเพลิงสามารถผลิตไฟฟ้าได้ตลอดเวลาคราบใดที่มีการเติมเชื้อเพลิงและออกซิเจนให้กับเซลล์ ด้วยคุณสมบัตินี้เซลล์เชื้อเพลิงจึงเป็นเทคโนโลยีที่ตอบสนองต่อยุทธศาสตร์การวิจัยด้านแหล่งจัดเก็บพลังงาน (Energy Storage) ได้เป็นอย่างดี

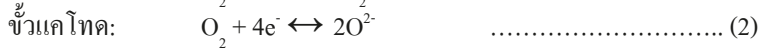
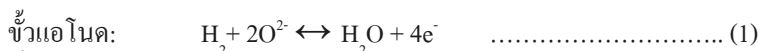
เซลล์เชื้อเพลิง

ส่วนประกอบพื้นฐานภายในเซลล์เชื้อเพลิงจะประกอบไปด้วยชั้นของวัสดุอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) อยู่ระหว่างขั้วไฟฟ้า (Electrode) ทั้งสองนั่นคือขั้วแอโนด (Anode) และขั้วแคโทด (Cathode) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความพรุน เชื้อเพลิงเช่น แก๊สไฮโดรเจน จะถูกส่งเข้าไปยังแอโนดและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปล่อยอิเล็กตรอนออกสู่วงจรภายนอกเซลล์ ในขณะที่สารออกซิแดนท์เช่น ออกซิเจน หรือ อากาศ จะถูกส่งเข้าไปยังแคโทดและรับอิเล็กตรอนที่ส่งมาจากวงจรภายนอกทำให้เกิดปฏิกิริยรีดักชัน กระแสไฟฟ้าตรงเกิดขึ้นจากการไหลของอิเล็กตรอนจากขั้วแอโนดไปยังแคโทด นอกจากนี้ยังมีความร้อนเกิดขึ้นด้วย (ภาพที่ 1) ส่วนอิเล็กโทรไลต์จะมีหน้าที่หลักคือเป็นตัวนำพาไอออนผ่านระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสองแต่จะไม่นำพาอิเล็กตรอน [3]



ภาพที่ 1 โครงสร้างเซลล์เชื้อเพลิง

หลักการทางานเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็ง ที่ขั้วแอโนด ไฮโดรเจนทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับไอออนของออกซิเจนเพื่อผลิตน้ำกับอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนเดินทางผ่านวงจรไฟฟ้าไปยังขั้วแคโทด ปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วแคโทดใช้ออกซิเจนกับอิเล็กตรอนเพื่อผลิตไอออนของออกซิเจนซึ่งเดินทางผ่านชั้นอิเล็กโทรไลต์ไปทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนที่ขั้วแอโนด ปฏิกิริยาในเซลล์เชื้อเพลิงออกไซด์ของแข็งแสดงได้ดังนี้ [3]



การแบ่งชนิดของเซลล์เชื้อเพลิงสามารถแบ่งได้โดยพิจารณาจากอุณหภูมิที่เซลล์ทำงานรวมถึงชนิดและธรรมชาติของอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ ปัจจุบันมีการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อใช้ในงานที่แตกต่างกันหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทก็มีการใช้สารเคมีที่ต่างกันด้วยเซลล์เชื้อเพลิงสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ประเภทดังนี้ [2-6]

1. เซลล์เชื้อเพลิงชนิดแอลคาไลน์ (Alkaline Fuel Cells) ใช้แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนเป็นเชื้อเพลิงและออกซิแดนท์ตามลำดับ โดยทั่วไปเซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้ประกอบด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้าด้วยแพลตตินัม ซึ่งมีราคาสูงมาก และใช้สารแอลคาไลน์เช่นสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารอิเล็กโทรไลต์เซลล์ทำงานที่อุณหภูมิประมาณ 50 - 200 °C

2. เซลล์เชื้อเพลิงชนิดคาร์บอนเดอหลอมเหลว (Molten Carbonate Fuel cells) ใช้แก๊สไฮโดรเจน (อาจจะผสมคาร์บอนมอนอกไซด์และมีเทน) เป็นเชื้อเพลิงและแก๊สออกซิเจนหรืออากาศเป็นออกซิแดนท์เกลือคาร์บอนที่นิยมใช้เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมคาร์บอเนตตัวเร่งปฏิกิริยาก็ใช้โลหะนิกเกิลเป็นส่วนใหญ่อุณหภูมิขณะทำงานของเซลล์สูงกว่าจุดหลอมเหลวของสารอิเล็กโทรไลต์คือประมาณ 650 °C

3. เซลล์เชื้อเพลิงชนิดกรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid Fuel Cells) ใช้แก๊สไฮโดรเจนบริสุทธิ์เป็นเชื้อเพลิงและแก๊สออกซิเจนเป็นออกซิแดนท์เซลล์ชนิดนี้ใช้ขั้วไฟฟ้าที่มีแพลตตินัมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแพร่กระจายอยู่บนกระดาษคาร์บอนและใช้กรดฟอสฟอริกในชั้นซิลิคอนคาร์ไบด์เป็นสารอิเล็กโทรไลต์อุณหภูมิขณะทำงานอยู่ที่ประมาณ 220 °C

4. เซลล์เชื้อเพลิงชนิดเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton Exchange Membrane Fuel Cells) ใช้แก๊สไฮโดรเจนบริสุทธิ์เป็นเชื้อเพลิงและแก๊สออกซิเจนเป็นออกซิแดนท์อิเล็กโทรไลต์อยู่ในรูปของแผ่นเยื่อบางๆ ที่ไอออนสามารถซึมผ่านได้ นิยมทำจากพอลิเมอร์ชนิดฟลูออโรซัลโฟเนต (Fluorosulfonate polymers) เช่น Nafion® ในสารละลายกรดตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้กันมากคือ แพลตตินัม อุณหภูมิขณะทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงอยู่ที่ประมาณ 30-100 °C

5. เซลล์เชื้อเพลิงชนิดใช้เมทานอลโดยตรง (Direct Methanol Fuel Cells) ใช้เมทานอลเป็นเชื้อเพลิงและแก๊สออกซิเจนหรืออากาศเป็นออกซิแดนท์เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้ใช้แผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอนเป็นชั้นอิเล็กโทรไลต์แต่แผ่นเยื่อด้านแอโนดต้องมีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่นที่นอกเหนือจากแพลตตินัม เช่นนิกเกิล

6. เซลล์เชื้อเพลิงชนิดใช้เอทานอลโดยตรง (Direct Ethanol Fuel Cells) เป็นเซลล์เชื้อเพลิงที่ได้รับการพัฒนานำสุด ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงและแก๊สออกซิเจนเป็นออกซิแดนท์ทำงานที่ 70 - 100 °C และตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ส่วนใหญ่เป็น แพลตตินัม หรือ แพลตตินัมผสมดีบุก [6-8]

7. เซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็ง (Solid Oxide Fuel Cells) ใช้แก๊สไฮโดรเจน (อาจจะผสมคาร์บอนมอนอกไซด์และมีเทน) เป็นเชื้อเพลิงและแก๊สออกซิเจนหรืออากาศเป็นออกซิแดนท์สารอิเล็กโทรไลต์แข็งเป็นเซรามิกทนความร้อนสูง ที่ทำจากสารประกอบโลหะออกไซด์เช่น แบเรียมออกไซด์ (Barium Oxide) หรือเซอร์โคเนียมออกไซด์ (Zirconium Oxide) โดยแคโทดนิยมทำด้วยโลหะสารประกอบของแลนทานัมแมงกานีส (Lanthanum manganate) เช่น La-Ni-Fe ออกไซด์ (LNF) ส่วนแอโนดทำด้วยโลหะ นิกเกิล-เซอร์โคเนีย (Nickel-Zirconia)

ข้าวไฟฟ้าและส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเซลล์ต้องสามารถทนความร้อนสูงได้ดีเนื่องจากเซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้ทำงานที่อุณหภูมิสูง 500–1,000 °C เนื่องจากเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งสามารถใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนที่ไม่บริสุทธิ์ได้จึงสามารถใช้แก๊สธรรมชาติ เอทานอล เมทานอล ที่ราคาไม่แพงเป็นเชื้อเพลิงได้ และไม่จำเป็นต้องใช้แพลตตินัมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ลดต้นทุนของเซลล์เชื้อเพลิงลง ด้วยเหตุผลเหล่านี้ทำให้เซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งได้รับความนิยม เอามาใช้เพื่อผลิตไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมมากกว่าเซลล์เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ นอกจากนี้เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้ยังให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงถึง 60–70% เนื่องจากความร้อนในการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง (500–1,000 °C) สามารถผลิตไอน้ำแรงดันสูงเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงงานได้ [9] ในอดีตนั้น เซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งไม่ได้ถูกพัฒนาเพื่อใช้ส่วนบุคคลหรือในครัวเรือนขนาดเล็ก เนื่องจากเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งต้องทำงานที่อุณหภูมิสูงประมาณ 500–1,000 °C แต่ในปัจจุบันมีการพัฒนาเซลล์ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ที่อุณหภูมิปานกลาง (300–400 °C) ขนาดเล็กลง และสามารถเคลื่อนย้ายได้ การพัฒนาของเซลล์เชื้อเพลิงแบบใหม่ที่เรียกว่าแบบพกพาจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

วัสดุสำหรับเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็ง

โลหะและคาร์บอนเช่น แกรไฟต์ แพลตตินัม โคบอลต์เหล็กและนิกเกิล มักจะถูกนำมาใช้เป็นวัสดุสำหรับขั้วอิเล็กโทรด เนื่องจากราคาถูกและมีความเสถียรในการเกิดปฏิกิริยาทั้งไฮโดรเจนออกซิเดชันและออกซิเจนรีดักชัน ในปัจจุบันมีการพัฒนาวัสดุชนิดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงหลายชนิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

วัสดุสำหรับแอโนด

นิกเกิลนิยมนำมาใช้เป็นขั้วแอโนดมานานแต่เนื่องจากนิกเกิลขยายตัวเมื่อโดนความร้อนในอัตราที่แตกต่างกับสารที่นิยมนำมาใช้เป็นอิเล็กโทรไลต์ เช่น Yttria-Stabilized Zirconia (YSZ) มากเกินไป จึงก่อให้เกิดรอยร้าวระหว่างชั้นของเซลล์เชื้อเพลิงเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ นิกเกิลจึงถูกทดแทน กลุ่มสารชนิดใหม่ที่นิยมนำมาใช้เป็นสารผสมระหว่างโลหะและเซรามิก (Cermets) เช่น Ni/Yttria-Stabilized Zirconia [10–11] หรือ สารออกไซด์ของโลหะ เช่น cerium oxide [12] ที่สามารถนำไฟฟ้าได้ดีและทำงานร่วมกับ Yttria-Stabilized Zirconia ได้ดีกว่าโลหะบริสุทธิ์ นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาวัสดุแอโนดที่ทนทานการกัดกร่อนของสารซัลเฟอร์ในแหล่งไฮโดรเจนตามธรรมชาติเช่น สารเพอร์อฟสไกต์ $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{TiO}_3$ โดย $x = 0.3-0.4$ [13]

วัสดุสำหรับแคโทด

วัสดุแคโทดต้องนำไฟฟ้าได้ดีมีค่าการขยายตัวทางความร้อนใกล้เคียงกับสารอิเล็กโทรไลต์ สามารถนำไอออนของออกซิเจนได้ดี และมีรูพรุนเพียงพอสำหรับการไหลผ่านของแก๊สออกซิเจน [14–15] ตัวอย่างสารที่นิยมนำมาใช้ได้แก่สารประกอบออกไซด์ของ แลนทานัม (Lanthanum) กาโดลิเนียม (Gadolinium) สตรอนเทียม (Strontium) และอิตเทรียม (Yttria) สารประกอบที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในการวิจัยคือสารเพอร์อฟสไกต์ของ $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-\delta}$ หรือ LSM [16]

วัสดุสำหรับอิเล็กโทรไลต์

ชั้นอิเล็กโทรไลต์ที่ดีต้องสามารถนำไอออนออกซิเจนจากขั้วแคโทดไปยังขั้วแอโนดได้ผ่านกลไก Oxygen Vacancy Hopping ซึ่งใช้ความร้อนในการเกิดปฏิกิริยา และสารที่นำมาใช้จะต้องมีความแข็งแรงเชิงกลและความเสถียรต่อปฏิกิริยาเคมีในช่วงตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึง 1,000 °C จากการทบทวนงานวิจัยพบว่าวัสดุสำหรับอิเล็กโทรไลต์แบ่งออกเป็นสารประกอบที่ใช้ สารกลุ่มเซอร์โคเนีย (Zirconia) กลุ่มซีเรีย (Ceria) และกลุ่มแลนทานัม (Lanthanum) เป็นสารประกอบหลัก ตัวอย่างของสารกลุ่มเซอร์โคเนีย ได้แก่ Yttria-Stabilized Zirconia ตัวอย่างของสารกลุ่มซีเรีย ได้แก่ Gadolinium Doped Ceria หรือ Samaria Doped Ceria ตัวอย่างของสารกลุ่มแลนทานัม ได้แก่ Lanthanum Strontium Gallium Magnesium [17]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์เซลล์เชื้อเพลิงขนาดใหญ่

ในปี พ.ศ. 2549 ดร.ภาวดี อังค์วัฒนะ และคณะวิจัยของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ได้ศึกษาและทำการวิจัยทางด้านเซลล์เชื้อเพลิงร่วมกับหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนของประเทศไทย โครงการวิจัยและพัฒนาหน่วยต้นแบบ 1-3 kW ผลิตไฟฟ้าจากเซลล์เชื้อเพลิง สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในบ้าน และชุมชน (1-3 kW Tubular SOFC Stack for Household Distributed Generator) โดยมีเป้าหมายหลัก เพื่อสร้างต้นแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กไม่เกิน 3 kW [18]

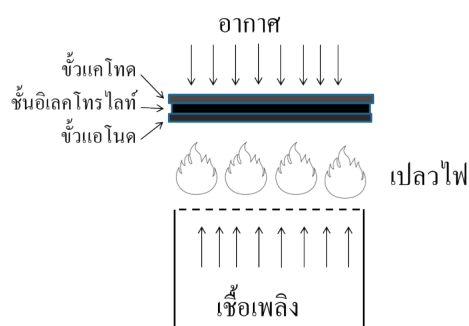
ตั้งแต่ปีพ.ศ.2537 กองทัพอากาศไทยโดยกรมการพลังงานทหาร ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เพื่อศึกษาเซลล์เชื้อเพลิงแบบ Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFCs) ผลการศึกษาได้สร้างระบบทดสอบเพื่อเก็บข้อมูล ทำให้ทราบถึงกลไกการทำงาน ต่อมาในระหว่างปี พ.ศ.2546-2547 ได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงแบบ PEMFCs ขนาดกำลังไฟฟ้า 50 W และสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า และในปี พ.ศ.2551 ได้ร่วมมือกับหน่วยงานจาก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ในการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน ขนาด 1kW [19]

ในปี พ.ศ. 2535 พลเอก พรหมเมศรี [20] ระบุว่า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ร่วมมือกับองค์การเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรมและพลังงานใหม่ (New Energy and Industrial Technology Development Organization: NEDO) ประเทศญี่ปุ่น ในโครงการสาธิตการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง โดยติดตั้งเซลล์เชื้อเพลิงแบบกรดฟอสฟอริกขนาด 50kW ที่บริเวณโรงไฟฟ้าบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นการทดลองและศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งาน และได้เริ่มผลิตไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบตั้งแต่นั้นมา

นอกจากการผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ (1 – 50 kW) แล้วในปี พ.ศ. 2559 บริษัทพลังงานระดับใหญ่อย่างเช่น Ballard ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็ง (SOFCs) ขนาดเล็กเพื่อผลิตไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 1kW โดยระบบ SOFCs ที่ผลิตจะเป็นแบบท่อ เนื่องจากเซลล์แบบท่อจะมีความแข็งแรงมากกว่าแบบแผ่น สามารถทนความร้อนได้ดีเมื่อนำเข้าไปประกอบร่วมกับส่วนอื่นๆ ของระบบที่อุณหภูมิสูง และ โครงสร้างแบบท่อยังสามารถทนความเครียดเชิงกลได้ดีกว่าอีกด้วย [21] ระบบ SOFC แบบพกพาของบริษัท Ballard สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 100-1000 W.

งานวิจัยของการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งแบบพกพา

เซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งแบบพกพาได้รับการพัฒนาเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าร่วมกับการผลิตความร้อน มีรูปแบบโครงสร้างไม่ซับซ้อนและไม่ต้องใช้เตาเผาเชื้อเพลิงเช่นแก๊สปิโตรเลียมเหลวชนิดต่างๆ มักถูกนำมาใช้ โดยการเผาแก๊สจะผลิตไฮโดรเจนและสารประกอบอื่นๆ ที่จะถูกส่งไปยังขั้วแอโนด ในขณะที่ขั้วแคโทดสัมผัสกับอากาศและมีชั้นอิเล็กโทรไลต์กั้นระหว่างทั้งสองขั้ว หลักการทำงานปรากฏในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 หลักการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งแบบพกพา

งานวิจัยในอดีตนิยมใช้ลดอุณหภูมิความร้อนเพื่อสร้างความร้อนให้เหมาะกับการทำงานของวัสดุ จึงต้องใช้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ร่วมกับเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้าจากเซลล์เชื้อเพลิง แต่แหล่งจ่ายพลังงานแบบพกพาที่ได้รับการวิจัยในปัจจุบันมีรูปแบบคล้ายกับภาพที่ 2 โดยจะใช้เพียงเปลวไฟจากเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนกับเซลล์เพื่อทำงานเท่านั้น จะเห็นได้ว่าการออกแบบเซลล์เชื้อเพลิงแบบพกพาในปัจจุบันใช้ความร้อนน้อยกว่าจึงให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงกว่ารูปแบบเดิมในอดีต

Wang และ Sun [22] สร้างระบบเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งที่ใช้แก๊สชีวภาพเป็นแหล่งเชื้อเพลิงโดยตรง เซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้ Ni/YSZ เป็นแอโนด จำนวน 3 เซลล์ต่ออนุกรมเข้าด้วยกัน ระบบดังกล่าวสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 0.24 W และให้ความต่างศักย์ที่วงจรเปิดเท่ากับ 2.1V เซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็ง สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอเป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง

Kronmayer และ Barzan [23] ผลิตชุดเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งแบบแบน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร ใช้ निकเกิลเป็นแอโนด ใช้ cobaltite เป็นแคโทด และใช้ samaria-doped ceria เป็นอิเล็กโทรไลต์ การทดลองใช้เชื้อเพลิง 3 ชนิด ได้แก่ มีเทน/อากาศ โพรเพน/อากาศและบิวเทน/อากาศ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าชุดเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็ง ให้วงจรไฟฟ้าความต่างศักย์ที่วงจรเปิดเท่ากับ 0.8–0.9V ซึ่งเป็นค่าปกติสำหรับเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้อิเล็กโทรไลต์ที่นำไอออนและอิเล็กตรอน [24–25] กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.16 W ค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้า (Peak Power Density) สูงถึง 120 mWcm^{-2} ทั้งนี้ประสิทธิภาพของเซลล์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและชนิดของเชื้อเพลิงด้วยค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าจะสูงขึ้นจาก 10 mWcm^{-2} ไปเป็น 120 mWcm^{-2} เมื่ออุณหภูมิในการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นจาก 300°C เป็น 600°C เนื่องจากเซลล์สามารถนำไอออนและอิเล็กตรอนได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูง ชนิดของเชื้อเพลิง (มีเทน โพรเพนและบิวเทน) แทบจะไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าในระบบนี้มากนักเมื่อเทียบกับอิทธิพลของอุณหภูมิ เนื่องจากสารที่ได้หลังการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทุกชนิดเช่น ไฮโดรเจน น้ำ คาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ที่เข้าถึงบริเวณขั้วแอโนดนั้นมีความเข้มข้นใกล้เคียงกัน ดังนั้นนักวิจัยจึงเชื่อว่าการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งแบบพกพา ควรพัฒนาด้านอุณหภูมิความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิในการทำงานและปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์

นอกจากการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์เชื้อเพลิงแล้ว นักวิจัยยังสนใจการผลิตไฟฟ้าร่วมกับพลังงานความร้อน (Combined Heat and Power Generation or CHP) อีกด้วย Zhu และ Wei [26] คิดค้นเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งในเตาที่ใช้แก๊สแอลพีจีหรือแก๊สหุงต้ม โดยชุด SOFCs ประกอบด้วย 4 เซลล์ แอโนดทำมาจาก $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{Cr}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_{3-\delta}$ (LSCM) ค่าความต่างศักย์ที่วงจรเปิดเท่ากับ 0.92 V และสามารถผลิตค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าได้มากถึง 348 mWcm^{-2} เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้ใช้เวลาน้อยกว่า 1 นาที เพื่อเริ่มผลิตไฟฟ้าและสามารถทำงานได้ในสภาวะที่ออกซิเจนเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย Zhu และ Wei [26] กล่าวว่าเซลล์เชื้อเพลิงที่แอโนดทำมาจาก $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{Cr}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_{3-\delta}$ (LSCM) ดีกว่าเซลล์ที่ใช้ Ni/Yttria-Stabilized Zirconia (Ni/YSZ) เป็นแอโนด เนื่องจากเซลล์ชนิดหลังมีเขม่าติดมากและใช้เวลานานในการเริ่มผลิตกระแสไฟฟ้า

แนวทางในการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงออกไซด์ของแข็งแบบพกพาในอนาคต

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เชื้อเพลิงออกไซด์ของแข็งแบบพกพา จะเห็นได้ว่างานวิจัยในปัจจุบันมุ่งเน้นที่การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงสร้างเซลล์ที่ทำงานในช่วงอุณหภูมิปานกลางได้ และการทดสอบความเหมาะสมของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด โดยยังคงใช้วัสดุแบบเดียวกันกับเซลล์ที่ทำงานที่อุณหภูมิสูง แนวทางการพัฒนาในอนาคตคือการผลิตวัสดุเพื่อการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงที่ทำงานได้ที่อุณหภูมิปานกลาง และการออกแบบโครงสร้างเซลล์ให้ทำงานร่วมกับวัสดุชนิดใหม่ได้

สรุป

เซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็ง (Solid Oxide Fuel Cells, SOFCs) เป็นเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้เซรามิกเป็นวัสดุอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งมักใช้สารประกอบของ samaria-doped ceria นำไอออนที่อุณหภูมิสูง โดยการทำงานที่อุณหภูมิสูงจะช่วยให้เซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งสามารถใช้กับเชื้อเพลิงได้หลายประเภท โดยเฉพาะเชื้อเพลิงประเภทไฮโดรคาร์บอน เช่น แก๊สธรรมชาติ เอทานอล และไม่จำเป็นต้องใช้แพลตตินัมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเชื้อเพลิงชนิดนี้จะให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าที่สูง สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับแหล่งอุตสาหกรรมได้ ปัจจุบันเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งได้ถูกนำมาใช้กับเชื้อเพลิงในครัวเรือนเช่น แก๊สแอลพีจี ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันอยู่ที่ ค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าสูงเท่า 348 mW cm^{-2} และการพัฒนาในอนาคตสำหรับเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็งแบบพกพาควรเน้นที่การจัดการความร้อนที่สูญเสียระหว่างการทำงาน เนื่องจากประสิทธิภาพของเซลล์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการทำงานเป็นอย่างมากและการพัฒนาวัสดุเพื่อใช้ในการทำงานที่อุณหภูมิปานกลาง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kulikovskiy, A.A. (2010). **Chapter 1 - Fuel cell basis. Analytical Modelling of Fuel Cells**. Amsterdam: Elsevier.
- [2] Larminie, J. and Dicks, A. (2000). **Fuel cell systems explained** (3rd Edition). United Kingdom: John Wiley.
- [3] Marthosa, S. (2012). **Improvement of electrocatalyst performance in hydrogen fuel cells by multiscale modelling**. Doctoral thesis. University of Manchester.
- [4] Kwanmuang, S., Praneenarat, T., Piang-ngok, A. and Limsookniran, W. (2016). **Fuel Cells: Energy for future**. Accessed by February 2016. From <http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/97/fuelcell/fuel-cell.htm>.
- [5] Barbir, F. (2005). **PEM Fuel Cells Theory and Practice**. Elsevier Academic Press.
- [6] Rousseau, S., Coutanceau, C., Lamy, C. and Léger, J.M. (2006). "Direct Ethanol Fuel Cell (DEFC): Electrical performances and reaction products distribution under operating conditions with different platinum-based anodes", **Journal of Power Sources**. 158(1), 18-24.
- [7] Antolini, E. (2007). "Catalysts for direct ethanol fuel cells", **Journal of Power Sources**. 170(1), 1-12.
- [8] Zhou, W.J., Song, S.Q., Li, W.Z., Zhou, Z.H., Sun, G.Q., Xin, Q., Douvartzides, S. and Tsiakaras, P. (2005). "Direct ethanol fuel cells based on Pt/Sn anodes: the effect of Sn content on the fuel cell performance", **Journal of Power Sources**. 140(1), 50-58.
- [9] Boonpasawai, S. (2005). **Fuel cell and application of fuel cells in 21st century**. Accessed by February 2016. From <http://design.ipst.ac.th/docu/photo/D006.pdf>.
- [10] Spacil, H.S. (1970). Electrical device including nickel-containing stabilised zirconia electrode. **US Patent**.
- [11] Boer, Bd., Gonzalez, M., Bouwmeester, H.J.M. and Verweij, H. (2000). "The effect of the presence of fine YSZ particles on the performance of porous nickel electrodes", **Solid State Ionics**. 127, 269 - 276.
- [12] Costa-Nunes, O., Gorte, R.J. and Vohs, J.M. (2005). "Comparison of the performance of Cu-CeO₂-YSZ and Ni-YSZ composite SOFC anodes with H₂, CO and syngas", **Journal of Power Source**. 141, 241 - 249.
- [13] Mukundan, R., Brosha, E.L. and Garzon, F.H. (2004). "Sulfur tolerant anodes for SOFCs", **Electrochemical Solid-State Letter**. 7, (A5 - A7).

- [14] Kao, W-X., Lee, M-C., Chang, Y-C., Lin, T-N., Wang, C-H. and Chang, J-C. (2010). "Fabrication and evaluation of the electrochemical performance of the anode-supported solid oxide fuel cell with the composite cathode of $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ -Gadolinia-doped ceria oxide/ $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ ", **Journal of Power Source**. 195, 6468 - 6472.
- [15] Veen, A.Cv., Rebeilleau, M., Farrusseng, D. and Mirodatos, C. (2003). "Studies on the performance stability of mixed conducting BSCFO membranes in medium temperature oxygen permeation", **Chemistry Communication**. 9, 32 – 33.
- [16] Jiang, S.P. (2008). "Development of lanthanum strontium manganite perovskite cathode materials of solid oxide fuel cells: a review", **Journal of Material Science**. 43, (6799 – 6833).
- [17] Wincewicz, K.C. and Cooper, J.S. (2005). "Taxonomies of SOFC material and manufacturing alternatives", **Journal of Power Source**. 140, 280 - 296.
- [18] Timakul, P. and Aungkavattana, P. (2007). **Hydrogen and Fuel cells: New alternative energy for tomorrow**. Accessed by February 2016. From <http://www.technologymedia.co.th/column/columnview.asp?id=202>.
- [19] Wongvaranon, K. (2013). **Fuel cell: Clean energy from hydrogen**. Accessed by January 2016. From http://www.dockyard.navy.mi.th/doced/Homepage/sontetset_files/varasan_dock56/18.pdf.
- [20] Prommet, P. (2015). "The fuel cells alternative energy for the future", **Princess of Naradhiwas University Journal**. 7(2), 157-170.
- [21] Protonex @ Ballard® company. (2016). **Solid Oxide Fuel Cell Technology**. Accessed by February 2016. From <http://www.protonex.com/technology/solid-oxide-fuel-cell/>.
- [22] Wang, Y.G., Sun, L.L., Luo, L.H., Wu, Y.F., Liu L.L. and Shi, J.J. (2014). "The study of portable direct-flame solid oxide fuel cell (DF-SOFC) stack with butane fuel", **Journal of Fuel Chemistry and Technology**. 42(9), 1135-1139.
- [23] Kronemayer, H., Barzan, D., Horiuchi, M., Suganuma, S., Tokutake, Y., Schulz, C. and Bessler, G. (2007). "A direct-flame solid oxide fuel cell (DFFC) operated on methane, propane and butane", **Journal of Power Sources**. 166(1), 120-126.
- [24] Hao, Y., Shao, Z., Mederos, J., Lai, W., Goodwin, D.G. and Haile, S.M. (2006). "Recent advances in single-chamber fuel-cells: Experiment and modeling", **Solid State Ionics**. 177(19-25), 2013-2021.
- [25] Gödickemeier, M. and Gauckler, L.J. (1998). "Engineering of solid oxide fuel cells with ceria-based electrolytes", **Journal of The Electrochemical Society**. 145(2), 414-421.
- [26] Zhu, X., Wei, B., Lü, Z., Yang, L., Huang, X., Zhang, Y. and Liu, M. (2012). "A direct flame solid oxide fuel cell for potential combined heat and power generation", **International Journal of Hydrogen Energy**. 37(10), 8621-8629.

ความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงาน ในกลุ่มคนงานโรงงานเผาอิฐ จังหวัดนครศรีธรรมราช

Work-Related Musculoskeletal Disorders among Brick Workers in Nakhon Si Thammarat Province

ชาร์ฟ สะมะแอ¹ นูรูฮุดา อุเซ็ง¹ บัลกิส ยีมะยี¹ ฟาฏิมะ เจะและ¹ อารีฟอ เปเฮะอีเล¹ และจารุภา เลขทิพย์^{2*}
Chareef Samael¹, Nuruhudar Useng¹, Balkis Yeemayee¹, Fateemah Cheleah¹, Arif Pachauilay¹
and Charupa Lektip^{2*}

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อสำรวจความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงานในกลุ่มคนงานโรงงานเผาอิฐ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ที่ประยุกต์จากแบบสอบถาม Nordic Standard Form ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไป ข้อมูลด้านการทำงาน ข้อมูลด้านจิตใจสังคม และข้อมูลความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูก สืบจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 327 คน แสดงผลการศึกษาโดยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง 237 คน (72.5%) และเป็นเพศชาย 90 คน (27.5%) อายุเฉลี่ยคือ 40.31 ปี และอายุงานส่วนใหญ่ทำงานมากกว่า 6 ปี มีความชุกของบริเวณที่มีความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูก 3 อันดับแรกในรอบ 12 เดือน คือหลังส่วนล่าง, ไหล่/บ่า/สะบัก และแขนท่อนบน ร้อยละ 76.9, 50.5 และ 25.3 ตามลำดับ และในรอบ 7 วัน คือหลังส่วนล่าง, ไหล่/บ่า/สะบัก และเข่า/น่อง/ส้นหน้าแข้ง ร้อยละ 69.7, 41.9 และ 22.0 ตามลำดับ ความชุกของความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกที่เพิ่มสูงขึ้น เป็นปัญหาสำคัญที่ต้องพิจารณาและป้องกันโดยการมีท่าทางเหมาะสมในการทำงาน

คำสำคัญ: ความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูก คนงานโรงงานเผาอิฐ

¹ นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชากายภาพบำบัด สำนักวิชาสหเวชศาสตร์และสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช 80160

² อ., สาขาวิชากายภาพบำบัด สำนักวิชาสหเวชศาสตร์และสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช 80160

¹ Undergraduate student, Department of Physical Therapy School of Allied Health and Health Sciences, Walailak University Nakhon Si Thammarat, 80160

² Lecturer, Department of Physical Therapy School of Allied Health and Health Sciences, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, 80160

* Corresponding author: E-mail address: charupa.le@wu.ac.th. Tel. / Fax. 088-7527343, 07-5672-106

Abstract

The objective of this study was to survey the Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs) among brick workers. The questionnaire was designed from Modified Standardize Nordic Questionnaire. The questionnaire consists of general information, psychosocial and musculoskeletal symptom. Three hundred and twenty-seven workers were participated in this study. That used descriptive statistics including frequency, percentage, mean and standard deviation. The sample group consisted of 237 women (72.5%) and male 90 (27.5%), the average age was 40.31 years. The duration of employment was more than six years. This study found that the top three of the prevalence of WMSD in the last twelve months were low back, shoulder and arm 76.9%, 50.5% and 25.3%, respectively. The top three of the prevalence of WMSD in the seven days were low back, shoulder and knee 69.7%, 41.9% and 22.0%, respectively. The high prevalence of WMSD in brick workers is an important problem that should be concern and be prevented about working posture properly.

Keywords: Work-Related Musculoskeletal Disorder (WMSD), Brick Worker

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังพัฒนาสู่ประเทศอุตสาหกรรม การขยายตัวอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ส่งผลให้ประชากรเลือกที่จะซื้ออาชีพแรงงานเพิ่มขึ้น [1] จังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นหนึ่งในจังหวัดที่มีตลาดอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมากแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ เช่นอุตสาหกรรมเกษตร อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมก่อสร้าง เป็นต้น [2] การขยายตัวของอุตสาหกรรมก่อสร้างเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากรัฐบาลเน้นการลงทุนสิ่งจำเป็นพื้นฐานมีส่วนทำให้เกิดการพัฒนาเมืองและความเจริญในพื้นที่ทั้งในกรุงเทพมหานครและต่างจังหวัดส่งผลให้ประชาชนเข้าไปตั้งถิ่นฐานเพื่ออยู่อาศัยหรือทำงานมากขึ้นจึงชี้ให้เห็นว่าโครงการก่อสร้างภาครัฐ มีบทบาทสำคัญที่ทำให้อุตสาหกรรมก่อสร้างโดยรวมขยายตัว [3]

โรงงานผลิตอิฐแดงตั้งกระจายอยู่ทั่วประเทศเมื่อพิจารณาในเรื่องการกระจายตัวหรือความหนาแน่นของอุตสาหกรรมพบว่า การผลิตอิฐก่อสร้างทำการผลิตที่จังหวัดนครศรีธรรมราชมากที่สุดคือ จำนวน 135 โรงงาน ซึ่งผลิตในพื้นที่อำเภอชะอวด ท่าศาลา ร่อนพิบูลย์ และอำเภอเมือง ซึ่งจัดเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อมมีการจ้างงานไม่เกิน 50 คน กระบวนการในการทำงานประกอบด้วย ขั้นตอนการเตรียมดิน การปั้นดิน การทำแท่งอิฐ การตากอิฐ และการเผาอิฐ [4] พบว่าคนงานส่วนใหญ่ต้องใช้กล้ามเนื้อ ข้อต่อ เอ็นและกระดูกในการยกเอื้อยตัวดึงและลากในท่าทางการทำงานที่ซ้ำๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งท่าทางเหล่านี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูก (Musculoskeletal Disorders: MSDs) [5]

ความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงาน(Work-Related Musculoskeletal Disorder: WMSD) คือความผิดปกติหรือโรคที่มีการบาดเจ็บของ เนื้อเยื่ออ่อน อันเนื่องมาจากการทำงานมักจะเกิดในลักษณะสะสมเรื้อรัง [6-7] เป็นสาเหตุแรกของอาการเจ็บป่วยจากการทำงาน [8] และส่งผลกระทบต่ออย่างมากต่อระบบเศรษฐกิจ เนื่องจากไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและก่อให้เกิดความทุกข์ทรมานในชีวิต [1] ซึ่งสาเหตุการเกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกจะสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่ออาการของ WMSD ได้แก่ปัจจัยด้านบุคคล คือ เพศ อายุ น้ำหนักตัว [9] ปัจจัยทางจิตสังคม ได้แก่ ภาวะความเครียดทางจิตใจจากการทำงานสูง การใช้ร่างกายทำงานอย่างหนัก การสูบบุหรี่ และการมีความคาดหวังในการทำงานที่สูงเกินไป [10] ปัจจัยด้านลักษณะงาน ได้แก่ การทำงานท่าเดิมซ้ำๆ การออกแรงมาก การอึดกันของข้อต่อ และการอยู่ในท่าทางเดิมเป็นระยะเวลานาน [11]

ดังนั้นกลุ่มผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อหาความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงานในกลุ่มคนงานโรงงานเผาอิฐ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ที่ประยุกต์จากแบบสอบถาม Nordic Standard Form เพื่อสอบถามอาการปวดในรอบ 12 เดือนและในรอบ 7 วัน ซึ่งสามารถนำความรู้ทางด้านกายภาพบำบัด แนะนำท่าทางการทำงานที่ถูกต้อง เหมาะสมแก่คนงานเพื่อให้เกิดการเกิดความเครียด ความล้า ความผิดปกติจากการบาดเจ็บสะสมเรื้อรังและสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดจนเป็นการนำเสนอข้อมูลปัญหาความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงานเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายแก่รัฐบาลและผู้ที่เกี่ยวข้องให้เกิดความสนใจสวัสดิการของแรงงานในกลุ่มคนงานโรงงานเผาอิฐในการป้องกันและส่งเสริมสุขภาพของคนงานให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ

รูปแบบการวิจัยเป็นการศึกษาเชิงพรรณนา (Descriptive Research) ชนิดภาคตัดขวาง (Cross-Sectional Study) โดยใช้แบบสัมภาษณ์ ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือคนงานที่ทำงานโรงงานเผาอิฐในจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกเข้าทำการวิจัย (Inclusion Criteria) คือ คนงานในโรงงานเผาอิฐ ตำบลปากพูน จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยทำงานอย่างน้อยวันละ 8 ชั่วโมงทำงานในโรงงานเผาอิฐมาแล้ว อย่างน้อย 12 เดือนสามารถสื่อสารได้ เข้าใจเรื่อง และมีความสนใจและร่วมมือเป็นอย่างดี ในการเข้าร่วมโครงการ และมีเกณฑ์การคัดออกทำการวิจัย (Exclusion criteria) คือ มีประวัติการบาดเจ็บก่อนหน้าแล้วส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูก ในปัจจุบันมีประวัติการเจ็บป่วยทางระบบประสาทแล้วส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูก ในปัจจุบัน และมีประวัติเป็น โรคเกาต์ โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์

กำหนดกลุ่มตัวอย่างตามวิธีการสุ่มของทาโรยามาเน (Taro Yamane) เมื่อไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 327 คน โดยใช้วิธีการได้มาจากการสะดวก (Convenience Sampling) การวิจัยนี้ใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยประยุกต์จากแบบสอบถาม Nordic Standard Form เพื่อหาความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกประกอบด้วย 4 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปจำนวน 8 ข้อประกอบด้วย เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ระดับการศึกษา รายได้ต่อเดือน โรคประจำตัว ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับงานและพฤติกรรมการทำงานจำนวน 6 ข้อประกอบด้วย ประสบการณ์การทำงาน ระยะเวลาการทำงาน ระยะเวลาการพัก ท่าทางการทำงานในแต่ละขั้นตอนของการทำอิฐ ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับด้านจิตใจและสังคมจำนวน 6 ข้อประกอบด้วย ความพึงพอใจในงานที่ทำ ความพึงพอใจในรายได้ ความรู้ลักษณะงาน มีลักษณะเป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด) ตอนที่ 4 แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับส่วนของร่างกายที่ได้รับบาดเจ็บและอาการบาดเจ็บในช่วง 7 วันและ 12 เดือนที่ผ่านมา มีลักษณะแบบมาตรวัด 2 ระดับ (ใช่=1, ไม่ใช่=0) ซึ่งแบบสอบถามได้ผ่านการพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ได้ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 0.96 และผ่านการทดลองใช้ในกลุ่มตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริงจำนวน 10 คน เพื่อทดสอบความเข้าใจในเนื้อหาแล้ว ดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเองและผู้ร่วมวิจัยซึ่งได้รับการอบรมความรู้แล้ว โดยชี้แจงการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับคำอธิบายถึงขั้นตอนการวิจัย และลงลายมือชื่อยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อนำเสนอข้อมูลการเกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงานและปัจจัยอื่น ๆ

ผลการวิจัย

ผู้ศึกษาเสนอผลการศึกษาข้อมูลเป็นลำดับดังนี้ ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลเกี่ยวกับงานและพฤติกรรมการทำงานในโรงงานเผาอิฐข้อมูลปัจจัยด้านจิตใจและสังคมและส่วนของร่างกายที่ได้รับบาดเจ็บ

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นคนงานในโรงงานเผาอิฐ จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 327 คน ดังนี้ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 237 คน คิดเป็น 72.5% และเป็นเพศชาย 90 คน คิดเป็น 27.5% อายุเฉลี่ยคือ 40.31 ปี ดัชนีมวลกายส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์น้ำหนักปกติคิดเป็น 46.5% สำหรับรายได้ส่วนใหญ่มากที่สุดอยู่ในช่วง 5,001 – 10,000 บาทต่อเดือน คิดเป็น 66.1% ระดับการศึกษาส่วนมากอยู่ในระดับประถมศึกษา คิดเป็น 69.4% และอายุงานส่วนใหญ่ทำงานมากกว่า 6 ปี คิดเป็น 43.1% ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลทั่วไป	เพศหญิง 237 คน (72.5%)	เพศชาย 90 คน (27.5%)	รวม 327 คน (100%)
อายุ			
- Mean	40.95	38.61	40.31
- Min - Max	15 - 69	15 - 70	15 - 70
- Std. Deviation	11.699	13.146	12.140
ดัชนีมวลกาย			
- ≤ 16 (น้ำหนักน้อยกว่าระดับ 3)	1 (0.4%)	0 (0%)	1 (0.3%)
- 16-16.99 (น้ำหนักน้อยกว่าระดับ 2)	1 (0.4%)	4 (4.4%)	5 (1.5%)
- 17-18.49 (น้ำหนักน้อยกว่าระดับ 1)	7 (3.0%)	8 (8.9%)	15 (4.6%)
- 18.50-22.99 (น้ำหนักปกติ)	104 (43.9%)	48 (53.3%)	152 (46.5%)
- 23-24.99 (น้ำหนักเกิน)	57 (24.1%)	18 (20.0%)	75 (22.9%)
- 25-29.99 (โรคอ้วนระดับ 1)	53 (22.4%)	11 (12.2%)	64 (19.6%)
- 30-39.99 (โรคอ้วนระดับ 2)	14 (5.9%)	0 (0%)	14 (4.3%)
- ≥ 40 (โรคอ้วนระดับ 3)	0 (0%)	1 (1.1%)	1 (0.3%)
สถานภาพ			
- โสด	37 (15.6%)	23 (25.6%)	60 (18.3%)
- สมรส	176 (74.3%)	64 (71.1%)	240 (73.4%)
- อื่นๆ	24 (10.1%)	3 (3.3%)	27 (8.3%)

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไป (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	เพศหญิง 237 คน (72.5%)	เพศชาย 90 คน (27.5%)	รวม 327 คน (100%)
รายได้/เดือน			
- ต่ำกว่า 2,500	2 (0.8%)	2 (2.2%)	4 (1.2%)
- 2,501 – 5,000	66 (27.8%)	19 (21.1%)	85 (26.0%)
- 5,001 – 10,000	160 (67.5%)	56 (62.2%)	216 (66.1%)
- 10,001 – 15,000	9 (3.8%)	11 (12.2%)	20 (6.1%)
- มากกว่า 15,000	0 (0%)	2 (2.2%)	2 (0.6%)
ระดับการศึกษา			
- ต่ำกว่าประถมศึกษา	11 (4.6%)	7 (7.8%)	18 (5.5%)
- ประถมศึกษา	174 (73.4%)	53 (58.9%)	227 (69.4%)
- มัธยมศึกษาตอนต้น	32 (13.5%)	15 (16.7%)	47 (14.4%)
- มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	18 (7.6%)	10 (11.1%)	28 (8.6%)
- อนุปริญญา/ปวส.	2 (0.8%)	3 (3.3%)	5 (1.5%)
- ปริญญาตรี	0 (0%)	1 (1.1%)	1 (0.3%)
- สูงกว่าปริญญาตรี	0 (0%)	1 (1.1%)	1 (0.3%)
อายุงาน			
- 1 ถึง 3 ปี	84 (35.4%)	35 (38.9%)	119 (36.4%)
- มากกว่า 3 ปีขึ้นไป	50 (21.1%)	17 (18.9%)	67 (20.5%)
- มากกว่า 6 ปีขึ้นไป	103 (43.5%)	38 (42.2%)	141 (43.1%)
โรคประจำตัว			
- ไม่มี	181 (76.4%)	78 (86.7%)	259 (79.2%)
- ไม่เคยตรวจ	9 (3.8%)	2 (2.2%)	11 (3.4%)
- มี	47 (19.8%)	10 (11.1%)	57 (17.4%)

ข้อมูลเกี่ยวกับงานและท่าทางการทำงานในโรงงานเผาอิฐ จากการสำรวจกลุ่มคนงานโรงงานเผาอิฐ ลักษณะการทำงานในขั้นตอนต่างๆ พบว่าส่วนใหญ่เพศหญิงทำขั้นตอนการตากอิฐในลักษณะก้มด้วยอิฐเพื่อวางตากคิดเป็น 81.0% เพศชายส่วนใหญ่ทำขั้นตอนการทำแท่งอิฐในลักษณะนั่งยกอิฐวางบนถาดอิฐ คิดเป็น 98.9%

ข้อมูลปัจจัยด้านจิตใจและสังคมจากการศึกษาครั้งนี้พบว่ากลุ่มตัวอย่างคนงาน โรงงานเผาอิฐ จ.นครศรีธรรมราชมีความพึงพอใจกับงานที่ทำ และการแก้ปัญหาส่วนตัวที่ไม่สบายใจสามารถปรึกษากับคนในครอบครัวได้ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยด้านจิตใจและสังคม

ปัจจัยด้านจิตใจและสังคม	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
- ความพึงพอใจกับงานที่ทำ	23 (7.0%)	144 (44.0%)	142 (43.4%)	14 (4.3%)	4 (1.2%)
- ในขณะที่ร่างกายเมื่อยล้าสามารถทำงานได้ดีโดยไม่จำเป็นต้องหยุดพักงาน	13 (4.0%)	107 (32.7%)	123 (37.6%)	80 (24.5%)	4 (1.2%)
- ไม่เคยรู้สึกที่ต้องทำงานแข่งกับเวลา	16 (4.9%)	115 (35.2%)	114 (34.9%)	78 (23.9%)	4 (1.2%)
- งานที่ทำอยู่นั้นมีความปลอดภัย	12 (3.7%)	106 (32.4%)	137 (41.9%)	60 (18.3%)	12 (3.7%)
- เมื่อปัญหาส่วนตัวไม่สบายใจสามารถปรึกษากับคนในครอบครัวได้	71 (21.7%)	145 (44.3%)	76 (23.2%)	29 (8.9%)	6 (1.8%)
- รายได้เพียงพอกับรายจ่าย	13 (4.0%)	71 (21.7%)	132 (40.4%)	95 (29.1%)	16 (4.9%)

ส่วนของร่างกายที่ได้รับบาดเจ็บ ส่วนของร่างกายที่ได้รับบาดเจ็บและอาการบาดเจ็บแสดงในตารางที่ 3 ความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกทั้ง 12 บริเวณของร่างกายใน 12 เดือน แยกเพศชายและเพศหญิงจากการศึกษาพบว่า กลุ่มคนงานโรงงานเผาอิฐ จังหวัดนครศรีธรรมราช กลุ่มตัวอย่างทั้งเพศชายและเพศหญิงจำนวน 327 คน มีอาการปวดทั้งหมด 277 คน พบความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกบริเวณหลังส่วนล่างมากที่สุด 76.9% รองลงมาคือ บริเวณไหล่ บ่า สะบัก 50.5% และบริเวณแขนท่อนบน 25.3% ตามลำดับ และบริเวณของร่างกายที่เป็นปัญหามากที่สุดในรอบ 7 วันที่ผ่านมามากที่สุด 3 อันดับ ได้แก่ บริเวณหลังส่วนล่าง จำนวน 69.7% รองลงมาคือ ไหล่/บ่า/สะบัก จำนวน 41.9% และ เข่า/น่อง/สันหน้าแข้ง จำนวน 22%

ตารางที่ 3 ส่วนของร่างกายที่ได้รับบาดเจ็บและอาการบาดเจ็บ

ความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกทั้ง 12 บริเวณของร่างกาย (WMSDs) %		
บริเวณที่มีอาการปวด	12 เดือน	7 วัน
คอ/ศีรษะ	8 (2.9%)	6 (2.2%)
ไหล่/บ่า/สะบัก	140 (50.5%) ²	116 (41.9%) ²
แขนท่อนบน	70 (25.3%) ³	54 (19.5%)
ข้อศอก/แขนท่อนล่าง	26 (9.4%)	21 (7.6%)
ข้อมือ/มือ/นิ้วมือ	39 (14.1%)	36 (13.0%)
หน้าอก	1 (0.4%)	1 (0.4%)
หลังส่วนบน	19 (6.9%)	18 (6.5%)
หลังส่วนล่าง	213 (76.9%) ¹	193 (69.7%) ¹
สะโพก/ต้นขาด้านหลัง	22 (7.9%)	18 (6.5%)
ต้นขาด้านหน้า	14 (5.1%)	10 (3.6%)
เข่า/น่อง/สันหน้าแข้ง	66 (23.8%)	61 (22.0%) ³
ข้อเท้า/เท้า/นิ้วเท้า	18 (6.5%)	16 (5.8%)

อภิปรายผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกของพนักงานในโรงงานเผาอิฐ จังหวัดนครศรีธรรมราชเนื่องจากข้อจำกัดของเวลาในการทำวิจัยจึงได้กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสัมภาษณ์จำนวน 327 คนการศึกษานี้ออกแบบโดยใช้แบบสัมภาษณ์ที่ประยุกต์จาก Nordic Standard Form ที่ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไป ข้อมูลเกี่ยวกับงานและพฤติกรรมการทำงาน ข้อมูลเกี่ยวกับจิตใจสังคม และข้อมูลเกี่ยวกับส่วนของร่างกายที่มีความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก

ผลการศึกษาความชุกของความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงานในรอบ 12 เดือนและ 7 วัน ทำให้ทราบบริเวณที่มีโอกาสการปวดจากการทำงานโรงงานเผาอิฐในรอบ 12 เดือน และสามารถทำให้เกิดการรักษาได้ทันเวลาเนื่องจากอาการปวดในลักษณะเตือนภัยจากการสอบถามอาการปวดในรอบ 7 วัน จากการศึกษาพบว่าในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา กลุ่มตัวอย่างมีอาการปวดหลังส่วนล่างมากที่สุด คิดเป็น 76.9% ไหล่/บ่า/สะบัก 50.5% และแขนท่อนบน 25.3% ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chaudhuri และคณะ [12] ที่ศึกษาหาความชุกของความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกในคนงานโรงงานเผาอิฐในรัฐเบงกอลตะวันตกประเทศอินเดีย ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา พบว่ามีความชุกของอาการปวดหลังส่วนล่างมากที่สุด ร้อยละ 94 รองลงมาคือข้อมือ ร้อยละ 78 และข้อเข่า ร้อยละ 55 ซึ่งลักษณะงานของกลุ่มคนงานโรงงานอิฐนั้นส่วนใหญ่ต้องมีการยืนก้มๆ เงยๆ หลังเพื่อยกและวางอิฐซ้ำๆ ในท่าเดิม จากการสำรวจพบว่าคนงานส่วนใหญ่ทำงานท่าทางการค่อมทำงานในท่าทางไม่เหมาะสม (Awkward Posture) มีการก้มลำตัวที่มากกว่า 30 องศาและไม่มีตัวช่วยพยุง (Without Support) เป็นระยะเวลานานจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ปวดหลังส่วนล่างมากที่สุด [13] ส่วนอาการปวดบริเวณไหล่/บ่า/สะบักน่าจะเกิดจากขั้นตอนการปั้นดิน ลักษณะงานคือคนงานยืนขุดดินใส่กระเบาะเครื่องปั้นและขั้นตอนการเผาอิฐ ลักษณะงานคือ คนงานยกอิฐขึ้นเตาเผาและจัดเรียงอิฐเป็นชั้นๆ ซึ่งลักษณะงานทั้งสองขั้นตอนนี้เป็นการเคลื่อนไหวแขนและต้องยกแขนเหนือศีรษะบ่อยๆ ทำให้เอ็นมีการเสียดสีกับกระดูกสะบักโดยถ่ายของหนักตัวจะทำให้กระดูกต้นแขนถูกดึงขึ้นข้อไหล่จึงมีแนวโน้มแฉกลงทำให้เอ็นถูกหนีบได้ง่ายขึ้นเป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการปวดดังกล่าว [14] อาการปวดแขนท่อนบนน่าจะเกิดจากขั้นตอนการทำงานวางอิฐ เนื่องจากคนงานต้องใช้แขนในการตัดแต่งดิน จากนั้นจะยกอิฐที่ตัดเป็นก้อนแล้วมาวางบนถาดอิฐ ซึ่งลักษณะงานเช่นนี้เป็นการใช้แขนทำงานซ้ำๆ และเป็นระยะเวลานาน รวมถึงอายุงานของคนงานส่วนใหญ่คือ 6 ปีขึ้นไป ทำให้เกิดความเหนื่อยล้าและการบาดเจ็บสะสมของกล้ามเนื้อเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการปวดแขนท่อนบน [15] นอกจากนี้ 3 ลำดับแรกที่กล่าวไปแล้ว คนงานยังมีอาการปวดบริเวณข้อมือ อาจจะเนื่องมาจากในทุกๆ ขั้นตอนของการทำงานโรงงานเผาอิฐมีการกระดกข้อมือขึ้น ลงซ้ำๆ ทำให้เกิดการอักเสบของเส้นเอ็นซึ่งเป็นสาเหตุของอาการปวด [16]

ปัจจัยหนึ่งในการทำให้เกิดความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงาน คือปัจจัยทางจิตใจและสังคม จากการศึกษาที่คนงานกลุ่มตัวอย่างพบว่า งานที่ทำอยู่นั้นมีความปลอดภัย และรายได้อยู่ในระดับปานกลางซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการเกิดความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Barbe และคณะ [17] พบว่าปัจจัยทางจิตใจและสังคมยังมีความสัมพันธ์กับการเกิด WMSD อาทิเช่น การไม่พึงพอใจต่องานที่ทำ เป็นต้น ซึ่งส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกในบริเวณ คอ หัวไหล่ และหลังส่วนล่างรวมถึงปัจจัยทางจิตใจและสังคมร่วมด้วยแม้ว่าปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อกระดูกสันหลังแต่อาจพบปัจจัยอื่นที่ส่งผลทำให้เกิดอาการปวดหลัง เช่น ความเครียดจากการทำงาน เป็นต้น [18]

จากผลการวิจัยครั้งนี้สามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับบุคลากรทางด้านสุขภาพและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดบริการเพื่อลดปัญหาดังกล่าวเช่น จัดอบรมเพื่อส่งเสริมการทำงานที่ปลอดภัย โดยเฉพาะท่าทางการทำงานที่ถูกต้องเพื่อป้องกันการเกิดความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อ จัดกิจกรรมเพื่อสร้างเสริมสุขภาพเพื่อคงไว้ซึ่งสุขภาพที่ดี เช่น กิจกรรมออกกำลังกาย

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้พบความชุกของความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงานในกลุ่มคนงานโรงงานเผาอิฐ ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาพบอาการปวดหลังส่วนล่างมากที่สุด 76.9% ไหล่/บ่า/สะบัก 50.5% และแขนท่อนบน 25.3% ตามลำดับ ในรอบ 7 วันที่ผ่านมาพบอาการปวดหลังส่วนล่างมากที่สุดจำนวน 69.7% รองลงมาคือ ไหล่/บ่า/สะบัก จำนวน 41.9% และ เข่า/น่อง/สันหน้าแข้ง จำนวน 22% ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Nongluk Thotsathit, Rungthip Puntumetakul, Wichai Eungpinichpong, Punnee Peungsuan. (2011). "Prevalence and factors associated with neck and shoulder pain in sewing occupation:a study at Banphai district Khon Kaen", **The Journal of Physical Therapy**. 32(3), 162-72.
- [2] Nakhon Si Thammarat Industry office. **The Industry of the Province in 2012 Report**. Retrieved June 10, 2015, from www.industry.go.th/nakornsriathammarat.
- [3] Kasikorn Research Center, Thailand. **Economic Analysis in 2014 Report**. Retrieved June 12, 2015, from <https://www.kasikornresearch.com>.
- [4] Sunee Chankun, Somjai Srinual, Chuntat Tongchuy. (2009). **A Study of Brick Making at Amphoe Cha-Uat Changwat Nakhon Si Thammarat**. Master of Arts degree in Thai Studies: Taksin University.
- [5] Therapong Prabsakul. (2010). **Study of Musculoskeletal Disorders in Buildings Construction: A Case Study of Techno Builder (2011) Limited Partnership**. Master of School of Civil Engineering degree: Suranaree University of Technology.
- [6] Punnett, L. and Wegman, D.H. (2004). "Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate", **Journal of Electromyography and Kinesiology**. 14(1), 13-23.
- [7] Holmberg, S.(2004). **Musculoskeletal Disorders among Farmers and Referents, with Special Reference to Occurrence, Health Care Utilization and Etiological Factors: A Population-based Study**. Doctoral dissertation. Uppsala University.
- [8] Jones, J.R., Huxtable, C.S. and Hodgson, J.T. (2005). **Self-reported work-related Illness in 2003/2004 Results from the Labour Force Survey**. United Kingdom. Health and Safety Executive.
- [9] Mayer, T.G., Gatchel, R.J. and Polatin, P.B. (2000). **Occupational Musculoskeletal Disorders: Function, Outcomes and Evidence**. Lippincott Williams & Wilkins.
- [10] Costa, B.R. and Vieira, E.R.(2010). "Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: a systematic review of recent longitudinal studies", **American Journal of Industrial Medicine**. 53(3), 285-323.

- [11] Bork, B.E., Cook, T.M, Rosecrance, J.C., Engelhardt, K.A., Thomason, M.EJ., Wauford, I.J., et al. (1996). "Work-related musculoskeletal disorders among physical therapists", **Journal of the American Physical Therapy Association**. 76(8), 827-35.
- [12] Chaudhuri, S.R., Biswas, C. and Roy, K (2012). "A subjective and objective analysis of pain in female brick kiln workers of West Bengal, India", **International Journal of Occupational Safety and Health**. 2(2), 38-43.
- [13] Greeson, D. (2010). **What is a Caution Zone Job**. Clarian Arnett Health.
- [14] Vieira, E.R. and Kumar, S. (2004). "Working posture: A literature review", **Jonal of Occupational Rehabilitation**. 14(2), 143-158.
- [15] Pope, D.P., Croft, P.R., Pritchard C.M., Silman A.J. and Macfarlane, G.J. (1997). "Occupational factors related to shoulder pain and disability", **Occupational & Environment Medicine**. 54(5), 316-21.
- [16] Cheung, J.P., Fung.B., Ip, W.Y. and Chow, S.P. (2008). "Ocuupational repetitive strain injuries in Hong Kong", **Hong Kong Medical Jorrnal**. 14(4), 296-302.
- [17] Barbe, M.F. and Barr, A.E. (2006). "Inflammation and the pathophysiology of work-related musculoskeletal disorders", **Brain, Behavior, and Immunity**. 20(5), 423-9.
- [18] Hoogendoorn, W.E., Bongers, P.M., De Vet, H., Houtman, I., Ariens, G., Van, M. W., et al. (2001). "Psychosocial work characteristics and psychological strain in relation to low-back pain", **Scandinavian Journal of Work, Environment & Health**. 27(4), 258-67.

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนารูปแบบ
การฟื้นฟูและการอนุรักษ์ทรัพยากรประมง: กรณีศึกษาทรัพยากรปูทะเล
เขตอำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี

Participatory Action Research for Pattern Development of Restoration
and Conservation in Fisheries Resource: a Case Study of *Scylla* spp.
at Klung District, Chanthaburi Province

สัมพันธุ์ ทองหนูชัย^{1*} อำนวย วัฒนกรศิริ² ทวีเดช ไชยนาพงษ์³ และสิทธิพัฒน์ แผ้วฉำ⁴
Sampan Tongnunui^{1*}, Amnuay Wattanakornsiri², Thaweedet Chainapong³ and Sittipat Phaewcham⁴

บทคัดย่อ

ปูทะเลจัดเป็นสัตว์ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยตลอดจนการประมงปูทะเลยังเป็นอาชีพหลักของชาวประมงในเขตภาคตะวันออก ซึ่งปัจจุบันพบว่าจำนวนประชากรและความอุดมสมบูรณ์ในแหล่งธรรมชาติของปูทะเลได้มีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็วจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น การทำประมงที่มากเกินไป การทำลายพื้นที่ป่าชายเลนและการเสื่อมลงของคุณภาพน้ำชายฝั่ง การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำนหนักถึงแนวทางในการแก้ปัญหาและการพัฒนารูปแบบวิธีการเลี้ยงในเชิงเศรษฐกิจซึ่งเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่และสอดคล้องกับความต้องการของชุมชน โดยการประยุกต์องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาพัฒนาวิธีการเพาะเลี้ยงปูชนิดนี้ในเชิงเศรษฐกิจให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับแนวการจัดการทรัพยากรปูทะเลโดยชุมชนในพื้นที่วิจัยคือ ไม่จับปูในนอกกระดอง ไม่จับปูขนาดเล็กไม่ทำลายป่าชายเลน

คำสำคัญ: ปูทะเล การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม การฟื้นฟู การใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน

¹ อ., สาขาชีววิทยาเชิงอนุรักษ์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี 71150

² ผศ.ดร., สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ 32000

³ อ.ดร., ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

⁴ อ., ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี 22000

¹ Lecturer, Conservation Biology Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 71150

² Lecturer, Asst. Prof., Dr., Division of Environmental Science, Faculty of Science, Surindra Rajabhat University, 32000

³ Lecturer, Dr., Department of Biological and Environmental Sciences, Faculty of Science, Thaksin University, Patthalung Campus, 93210

⁴ Lecturer, Department of Aquaculture Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi, 22000

* Corresponding author: E-mail address: sampan_02@hotmail.com

Abstract

Serrated mud crab (*Scylla* spp. Forskal) is a very important aquatic animal in Thai economy. Its fishery is also the main occupation of fisherman, who has been living in eastern part of Thailand. Recently, its population and abundance have been rapidly reduced in the natural habitat from over-fishing and other activities, including the mangrove deforestation and the decline of water quality in an estuary. This research focused on the guideline of solving problems and developing economical culture methods, which were suitable on based-area and associated with the necessary requirement of local community. Besides, scientific knowledge was applied to develop the efficient economic culture of this species. To conclude, the opinions and methods of local Fisherman Club for restoration of crab resource were the release of small-sized crabs to the sea, the release of female brood stocks (buried female crab) to the sea, and the reduction of the deforestation of mangrove forest.

Keywords: *Scylla* spp., Participant Action Research (PAR), Restoration, Sustainable Managements

บทนำ

ปัจจุบันมีการทำประมงปูทะเลอยู่ในสภาวะที่จับปูมากเกินไป (Over Fishing) โดยใช้อวนจมปู แร้วดักปู และโดยเฉพาะลอบปูพับ ซึ่งเป็นเครื่องมือประมงที่มีประสิทธิภาพสูงและมีปริมาณที่นำมาใช้มากที่สุดในการทำประมงปูทะเล และเครื่องมือชนิดนี้สามารถจับปูได้ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ [1] เป็นผลให้ปริมาณปูทะเลที่จับได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติลดลงเป็นจำนวนมาก และขนาดปูทะเลที่จับได้มีขนาดเล็กลง ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการปริมาณสัตว์น้ำของมนุษย์มีมากขึ้นแต่ความสามารถในการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของสัตว์น้ำลดลง [2-3] ทำให้การทำประมงปูทะเลในรอบวันมีจำนวนครั้งมากขึ้นและปูทะเลขนาดต่างๆ จะถูกจับมาใช้ประโยชน์ทั้งหมด ทำให้ปูทะเลที่จับได้มีปริมาณลดลงและจำนวนปูในธรรมชาติเจริญเติบโตไม่ทันตามความต้องการของชาวประมงและผู้บริโภค รวมทั้งการจับปูทะเลที่มีไข่นอกกระดองส่งผลให้ลูกปูทะเลมีจำนวนประชากรในธรรมชาติลดลง [4] นอกเหนือจากนี้แล้ว การทำประมงอย่างเกินกำลัง ส่งผลให้ปูทะเลมีแนวโน้มที่จะลดลงและมีจำนวนลดน้อยลงทุกปี [5-6]

จากการเพิ่มขึ้นของประชากรในประเทศและการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ ก่อผลกระทบต่อการประมงเพราะเมื่อประชากรเพิ่มขึ้น ความต้องการอาหารในการดำรงชีวิตก็มีความต้องการมากขึ้น จึงมีการพัฒนาเครื่องมือให้ชาวประมงที่ใช้จับปูทะเลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ลอบพับแบบใช้ไม้เป็นวัสดุถูกพัฒนาเป็นเหล็กที่ทนต่อการกัดกร่อนน้ำทะเลได้ดีกว่าและยืดระยะเวลาการใช้งานได้นานขึ้น และได้มีการพัฒนาเทคนิคและวิธีการจับสัตว์น้ำให้มีปริมาณมากขึ้น เช่น จับปูทะเลในป่าโกงกางในตอนกลางวันซึ่งเมื่อก่อนจะจับเฉพาะเวลากลางคืนและอยู่ในบริเวณนอกชายฝั่งของป่าโกงกางเท่านั้น เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ อย่างไรก็ตามความรับผิดชอบในการทำประมงยังขาดความเอาใจใส่ต่อระบบนิเวศที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ เช่น ขุดร่องน้ำให้ปูเข้ามาช่วงน้ำขึ้นและขุดในป่าชายเลน ทำให้ระบบนิเวศเสียหายการเสื่อมลงของระบบนิเวศนั้นก็ส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของทรัพยากรสัตว์น้ำด้วย

ดังนั้นการศึกษากิจการจัดการทรัพยากรปูทะเลแบบมีส่วนร่วมจึงมีความสำคัญอย่างมากเพื่อพัฒนาให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ คือเพื่อหารูปแบบการฟื้นฟูและการอนุรักษ์ทรัพยากรปูทะเล โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถมาประยุกต์ใช้ในอนาคตและเกิดการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนต่อชุมชนประมงพื้นบ้านในเขตอำเภอขลุงจังหวัดจันทบุรี

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การศึกษาข้อมูลทางด้านชุมชน

คำจำกัดความ

ชาวประมง คือ ประชาชนที่มีอาชีพประมงปูทะเลเป็นหลักและรวมถึงผู้ที่ทำประมงปูทะเลเป็นอาชีพรอง
ชุมชน คือ สังคมของตำบลวันยาว อำเภอลำทะลุ จังหวัดจันทบุรี ซึ่งประกอบด้วยชาวบ้าน ชาวประมงและ
รวมถึงผู้ที่สนใจการเลี้ยงปูทะเลและผู้ที่ทำอาชีพทำประมงด้านอื่นๆ ด้วย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยแบบการมีส่วนร่วมของชุมชน (Participatory Action Research, PAR) ในพื้นที่ทำการวิจัย ตำบลวันยาว อำเภอลำทะลุ จังหวัดจันทบุรี โดยศึกษาเฉพาะเจาะจงต่อผู้ที่มีอาชีพประมงปูทะเลเป็นหลักคิดเป็น 90% ของผู้มีส่วนร่วมในการศึกษาเพื่อเปิดโอกาสให้ชุมชนในท้องถิ่นในพื้นที่เข้าร่วมศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล รวมทั้งการหาประเด็นปัญหาเชิงพัฒนา และเพื่อแก้ไขปัญหาของชุมชนและให้มีความสอดคล้องกับบริบทของชุมชนท้องถิ่น

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

1. ระยะการเตรียมการวิจัย (Pre-Research Phase) เป็นการสร้างความพร้อมให้กับชุมชนให้มีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัยซึ่งเป็นแกนหลักในกระบวนการทำวิจัย ตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1.1 การสร้างความสัมพันธ์กับชุมชน (Build-up Rapport) เพื่อให้เป็นการเก็บข้อมูลศึกษาวิจัยเป็นไปตามกระบวนการต่างๆ นักวิจัยต้องมีความสัมพันธ์กับชุมชนที่ดี ซึ่งต้องปฏิบัติให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตของคน ในชุมชน โดยการลงพื้นที่ไปพบกับชุมชนกลุ่มเป้าหมาย มีการกำหนดวัตถุประสงค์และบอกถึงเป้าหมายในการมีส่วนร่วมของชาวบ้านในกิจกรรมการวิจัยเกี่ยวกับทรัพยากรปูทะเล

1.2 การประสานงานกับหน่วยงานของรัฐบาลและเครือข่ายชุมชนเพื่อเป็นการสร้างความสัมพันธ์กับชุมชน และการเข้าสู่ชุมชน (Community Entering) อย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยจะทำการประสานงานกับหน่วยงานของรัฐบาลและเครือข่ายชุมชนซึ่งมีส่วนในการพัฒนาในการอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ป่าชายเลน ทรัพยากรประมงต่างๆ ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำงานร่วมกับหน่วยงานหลัก 2 หน่วยงาน ดังนี้

1. หน่วยงานของรัฐบาล คือ สถานีพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลน ทำสอน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง อำเภอลำทะลุ จังหวัดจันทบุรี

2. เครือข่ายชุมชนหรือชมรม คือ ชมรมประมงพื้นบ้าน บ้านวันยาว อำเภอลำทะลุ จังหวัดจันทบุรี

1.3 สํารวจศึกษาชุมชน (Community Surveying and Studying) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรประมง โดยเน้นกฎหมายทางด้านประมงเป็นหลักเพราะมีส่วนเกี่ยวข้องกับลักษณะของอาชีพในชุมชนและชาวประมงมากที่สุด

2. สํารวจและศึกษาข้อมูลการจัดการทรัพยากรประมงและการใช้ประโยชน์จากชุมชน โดยศึกษาแนวทางหรือทัศนคติที่สอดคล้องกับการจัดการทรัพยากรประมงต่อไปในอนาคตที่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในพื้นที่ศึกษาเพื่อให้เกิดการจัดการทรัพยากรร่วมกัน

3. การประสานงานเพื่อสร้างเครือข่ายวิจัย

ผู้วิจัยประสานงานกับผู้นำในชุมชน คือ ผู้ใหญ่บ้าน กำนัน นักอนุรักษ์ทรัพยากรในท้องถิ่น เพื่อให้เกิดการประสานงานที่ดีและสะดวกต่อการดำเนินการวิจัย นอกจากนี้แล้วการประสานงานกับชุมชนผู้ที่เกี่ยวข้องการใช้ทรัพยากรปูทะเลโดยตรงและมีบทบาทค่อนข้างสำคัญในการพัฒนาชุมชนและทรัพยากรประมงปูทะเล

4. การจัดเวทีประชุมเพื่อระดมความคิดเพื่อเสนอประเด็นปัญหาและข้อคิดเห็นในการแก้ไขปัญห
ในพื้นที่โดยทุกคนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ (Problem Identification and Diagnosis)

เพื่อกำหนดรูปแบบการจัดการทรัพยากรปูทะเล บ้านวันยาว เขตอำเภอขลุ้ง ผู้ที่เข้าร่วมประชุม คือ ผู้ใหญ่บ้าน
กำนัน นักอนุรักษ์ทรัพยากรในท้องถิ่น ชาวประมง นักวิจัย สถานีพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลน ทำสอน ผู้เข้าร่วม
การประชุมสามารถมีสิทธิเสนอข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์กับชุมชนอย่างไม่จำกัด เพื่อเป็นการระดมความคิด
และอภิปรายปัญหา (Dialogue) เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับชุมชน เพื่อเป็นการประเมินปัญหาและความ
ต้องการของชุมชน (Need Assessment) และการประเมินความเป็นไปได้ในด้านทรัพยากร (Resource Assessment)
และเป็นการกระตุ้นแนวนโยบายการจัดการทรัพยากรปูทะเลให้เป็นระบบมากขึ้น กระบวนการระดมความคิดมี
ดังต่อไปนี้

4.1 ผู้วิจัยได้ออกแบบสอบถามเพื่อเป็นการทดสอบก่อน (Pre-test) แล้วนำแบบสอบถามไปให้
ชุมชนแสดงความคิดเห็นและทดสอบทางสถิติโดยใช้ค่าการตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 หลังจากนั้นได้ปรับ
แบบสอบถามให้สอดคล้องกับโจทย์วิจัยและหลักวิชาการก่อนที่จะนำไปใช้จริง

4.2 การจัดประชุมเพื่อศึกษาบริบทชุมชน แนวความคิดและข้อเสนอจากชุมชน โดยจัดการประชุมเดือนละ
1 ครั้ง ทั้งหมด 16 ครั้ง โดยมีหัวข้อการเก็บข้อมูลดังนี้

4.2.1 ภูมิปัญญาชาวบ้านที่สามารถนำไปวิเคราะห์ในการฟื้นฟูทรัพยากรปูทะเล

4.2.2 ผลกระทบจากการทำประมงและแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรปูทะเลแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน

4.2.3 ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการประมงปูทะเล

4.2.4 ข้อคิดเห็นหรือปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับการจัดการทรัพยากรปูทะเล

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลเชิงพื้นที่

เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2530 ถึง 2557 ประมาณ 27 ปี บริเวณเขตอำเภอขลุ้ง จ. จันทบุรี ชุมชนได้พัฒนาพื้นที่
ป่าชายเลนมาเป็นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาและได้มีผู้ประกอบการเข้ามาเช่าพื้นที่ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยเมื่อเกิด
ภาวะเศรษฐกิจรากุ้งกุลาดำตกต่ำและปัญหาด้านโรคต่างๆ ที่ปรากฏในกุ้ง ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการหยุดเลี้ยง
กุ้งกุลาดำ จึงทำให้พื้นที่บริเวณนี้เกิดเป็นบ่อร้างเป็นจำนวนมาก ทั้งให้กร้างไม่เกิดประโยชน์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ไ
รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น น้ำลง ของทะเลด้วย จากการประเมินพื้นที่นาุ้งร้าง ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาเป็นบ่อเลี้ยงปู
ทะเลแบบธรรมชาติได้ เพราะปูทะเลมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและสภาวะแวดล้อม รวมถึงมี
ความคงทนต่อโรคได้ดีกว่ากุ้งกุลาดำ พื้นที่บริเวณนี้จึงสามารถนำมาพัฒนาใหม่ให้เป็นบ่อเลี้ยงปูทะเลแบบ
ธรรมชาติได้

2. สังคม ชุมชนในเขตตำบลวันยาว อำเภอขลุ้ง จังหวัดจันทบุรี มีอาชีพประมงคิดเป็น 70% และ ทำนาข้าว 20% และ
อื่นๆ 10 % ของประชากรทั้งหมด

3. ชนิดของปูทะเลที่พบในเขตอำเภอขลุ้ง จ. จันทบุรี พบทั้งหมด 4 ชนิด คือ ปูขาว (*Scylla paramamosian*) ปูดำ
(*Scylla olivacea*), ปูม่วง (*Scylla tranquebaricus*) และปูเขียว (*Sycylla serrata*)

4. ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการทำประมงปูทะเลในเขตอำเภอขลุ้ง จ. จันทบุรี

ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการประมงปูทะเลในเขตอำเภอขลุ้ง จังหวัดจันทบุรี พบการนำมาใช้ทั้งหมด
9 ชนิด คือ ลอบพับ (Collapsible Trap) คิดเป็น 70% ซึ่งมากที่สุดของเครื่องมือประมงปูทะเล ในขณะที่ แร้ว (Crab Lift Net)
คิดเป็น 20% และ เป็นเครื่องมือประเภท ลอบผ่าชี (Bamboo Trap), จั่น (Crab Lift Net), เฆงเลงราว, ไชหนู, ไชนอน,

อวนจมปู (Bottom Gill Net) และขอเกี่ยวปู (Hook) คิดเป็นประมาณ 10% ซึ่งน้อยที่สุด ลอบพับจึงเป็นเครื่องมือหลักที่ใช้มากที่สุด ซึ่งชาวประมงได้แสดงความคิดเห็นต่อเครื่องมือ ลอบพับ ว่า เครื่องมือประมงชนิดนี้ไม่มีผลกระทบต่อการทำประมงปูทะเลในทางตรงแต่จะมีผลกระทบในทางอ้อมมากกว่า ซึ่งขนาดของตาข่ายที่ใช้ก็ถูกกำหนดตรวจสอบโดยประมงจังหวัดก่อนออกใบอนุญาตการใช้เครื่องมือเพื่อให้ถูกต้องตามที่กฎหมายกำหนด ชาวประมงให้แนวคิดว่าจะมีการกำหนดจำนวนของเครื่องมือชนิดนี้มากกว่าเพราะถ้าเครื่องมือชนิดนี้มีจำนวนมากขึ้นจำนวนปูทะเลก็จะถูกจับมากขึ้นด้วย โดยชาวประมงให้ข้อเสนอว่า ควรมีการกำหนดจำนวนลอบพับต่อครัวเรือนละ 100 ลูก เท่านั้น เพราะเมื่อในแต่ละครัวเรือนสามารถมีจำนวนลอบพับได้อย่างอิสระ จึงไม่สามารถควบคุมจำนวนลอบพับได้ ก็จะส่งผลให้ปริมาณการจับปูทะเลมากขึ้นตามจำนวนลอบ และเมื่อกำหนดจำนวนก็จะทำให้เกิดความเท่าเทียมด้วย ดังนั้นการกำหนดจำนวนลอบพับให้จำนวนเท่ากันจะดีที่สุด และควรกำหนดเวลาทำประมงปูทะเลต่อวัน ซึ่งในแต่ละวันไม่ควรเกิน 2 ครั้ง เพื่อให้เป็นการอนุรักษ์และป้องกันสภาวะการจับปูมากเกินไป

5. ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการประมงปูทะเลและแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรปูทะเลแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน

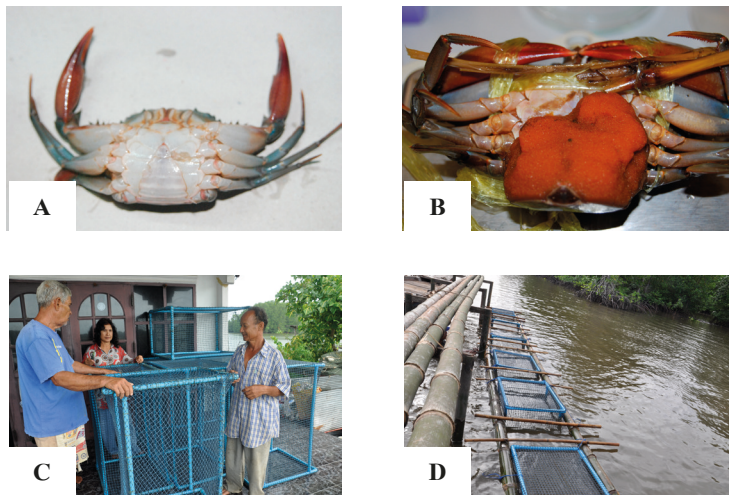
5.1 ระยะเวลาในการทำประมง

การมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น พบว่า ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการทำประมงปูทะเลควรอยู่ในช่วงเดือนมีนาคมถึงตุลาคม ส่วนเดือนที่ควรจะหยุดทำประมงปูทะเลควรอยู่ในช่วงเดือน พฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์ เพราะเป็นช่วงที่ปูทะเลวางไข่มากที่สุด ซึ่งจะมีไข่ในบริเวณหน้าจับปิ้งพร้อมที่ปล่อยไข่ออกสู่ทะเล ถึงแม้ว่าชุมชนและชาวประมง บางส่วนจะแสดงความคิดเห็นว่าบ้านวันยาวสามารถทำประมงปูทะเลได้ทั้งปี ซึ่งไม่ควรหยุดเพราะจะทำให้ชาวประมงที่มีอาชีพประมงปูทะเลเพียงอย่างเดียวจะไม่มีรายได้ และเป็นช่วงเวลาถึง 4 เดือน อาจจะนานเกินไปและมีผลกระทบต่อรายได้ของชาวประมงโดยตรง แต่ชาวประมงและชุมชนได้สรุปประเด็นและแนวทางในการปฏิบัติว่า ชาวประมงสามารถทำประมงปูทะเลได้ทั้งปี แต่มีข้อปฏิบัติที่เหมือนกันคือ เมื่อไหร่ที่จับปูไข่จนออกกระดองได้ทุกคนก็ต้องปล่อยคืนสู่ธรรมชาติ ห้ามนำไปขาย ทุกคนจึงเห็นด้วยกับการปฏิบัติอย่างนี้ แต่เมื่อปฏิบัติไปได้ประมาณ 4 เดือน ชุมชนพบว่า ชาวประมงคนอื่นๆ อาจจะมาจากพื้นที่อื่นๆ หรือใกล้เคียง ไม่ปฏิบัติตามกฎกติกา เพราะบางครั้งปูไข่ที่ปล่อยไปก็อาจจะถูกจับอีกครั้งจากชาวประมงคนอื่นๆ ในการแสดงความคิดเห็นขึ้นต่อมา นักวิจัยได้สรุปร่วมกับชาวประมงและชุมชน นักวิจัยได้ร่วมกับชาวประมงทำกระชังขนาด 0.50 x 1.20 เมตร เพื่อจะนำมาเป็นอุปกรณ์สำหรับอนุบาลแม่ปูทะเลที่มีไข่จนออกกระดองมาพักไว้ในบริเวณปากแม่น้ำโดยการวางกระชังไว้กับเสาไม้ไผ่ที่ปักไว้ แล้วรอจนกว่าแม่ปูทะเลจะปล่อยไข่ออกสู่แหล่งน้ำจนหมด หลังจากนั้นก็สามารถนำปูทะเลไปขายหรือไปประกอบอาหารได้ซึ่งวิธีนี้สามารถปฏิบัติได้และได้ผลดีที่สุด จึงมีการเรียกวิธีการนี้ว่า “การเลี้ยงปูไข่ในคอกหรือในกระชังเพื่อการอนุรักษ์”

5.2 การเลี้ยงปูไข่ในคอกหรือในกระชัง

จากแนวความคิด นักวิจัย ชุมชนและชาวประมง ไม่ควรนำปูไข่จนออกกระดองไปขาย ซึ่งนักวิจัยเสนอว่าจะทำให้ลูกปูในธรรมชาติ (Stock) ที่จะมาแทนที่ปูทะเลในธรรมชาติและจำนวนปูทะเลที่จับมีแนวโน้มลดลง ซึ่งถือว่าเป็นการทำลายทรัพยากรอย่างถาวร ชาวประมงจึงมีแนวคิดร่วมกันว่า ไม่จับปูขนาดเล็ก (ภาพที่ 1 A) และปูที่มีไข่จนออกกระดอง (ภาพที่ 1 B) มาขายและจะปล่อยสู่ทะเลทันทีที่จับได้เพื่อที่จะให้ปูฟักไข่ออกให้หมด เพื่อจะได้มีลูกปูซึ่งลูกปูก็จะเป็นทรัพยากรที่เข้ามาแทนที่ในธรรมชาติและสามารถทำประมงได้ต่อไปในอนาคต

การทำกระชัง (ภาพที่ 1 C) มาอนุบาลแม่ปูทะเลเพื่อที่จะนำปูทะเลที่มีไข่จนออกกระดองมาปล่อยและรอจนกว่าปูทะเลจะปล่อยไข่ออกจนหมด (ภาพที่ 1 D) และนำแม่ปูไปขายได้ วิธีการนี้ชาวประมงพบว่าหลังจากที่มีการปฏิบัติด้วยวิธีนี้ประมาณ 2 ปี ทรัพยากรปูทะเลมีการเพิ่มขึ้น แต่เป็นการอนุบาลซึ่งไม่สามารถวัดได้ในเชิงปริมาณ เพราะวิธีดังกล่าวไม่สามารถประเมินอัตราการรอดของลูกปูวัยอ่อนที่ปล่อยออกมาจากแม่ปูทะเลในแต่ละตัวได้ แต่สำหรับชาวประมงแล้ววิธีการนี้ถือว่าเป็นวิธีการฟื้นฟูทรัพยากรปูทะเลที่ดีที่สุด



ภาพที่ 1 A คือ ปูขนาดเล็กกว่า 4 เซนติเมตร ที่จับได้ด้วยลอบพับ
B คือ แม่ปูทะเลที่จับได้ด้วยลอบพับแล้วนำมาอนุบาลต่อในกระชัง
C คือ กระชังที่ทำขึ้นเพื่อสำหรับอนุบาลแม่ปูทะเลที่มีไข่นอกกระดอง
D คือ แม่ปูทะเลที่อนุบาลไว้ในกระชังเพื่อให้ปล่อยไปออกสู่ธรรมชาติ

6. กรอบและนโยบายในการสร้างฐานข้อมูลในการฟื้นฟูทรัพยากรปูทะเลภายในชุมชนบ้านวันยาว

ประเด็นสรุปที่สำคัญในการแสดงความคิดเห็นของชุมชนในเชิงนโยบายและกรอบแนวความคิดร่วมกับนักวิจัยในการจัดการทรัพยากรปูทะเลในพื้นที่บ้านวันยาวมีดังนี้

6.1 ชุมชนชาวประมงพื้นบ้านบ้านวันยาวจะมีการจดบันทึกข้อมูลจำนวนปูทะเลที่จับได้ในปีต่อไปทุกๆ เดือนเพื่อจะแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการปฏิบัติร่วมกันในกฎกติกาที่ชุมชนสร้างและคิดขึ้นสามารถนำมาใช้ได้จริงหรือมีความเป็นไปได้แค่ไหนในพื้นที่บ้านวันยาวและเพื่อให้ชุมชนสามารถนำข้อมูลต่างๆ มาพัฒนาต่อไปในอนาคตและปรับวิธีการจัดการทรัพยากรให้สอดคล้องกับความเหมาะสมของพื้นที่และลักษณะของบริบทของชุมชนให้เหมาะสมที่สุด

6.2 ชุมชนชาวประมงพื้นบ้านได้มีการจดบันทึกจำนวนลอบและเครื่องมือชนิดอื่นๆ ที่นำมาประมงปูทะเลเพื่อที่จะนำมาเป็นฐานข้อมูลในการสร้างกฎข้อบังคับในการใช้เครื่องมือในการทำประมงปูทะเลต่อไปในอนาคตและเมื่อโครงการวิจัยเสร็จนักวิจัยสามารถติดตามผลได้และมีการประสานงานร่วมมือกันต่อไป

7. ข้อคิดเห็นหรือปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับการจัดการทรัพยากรปูทะเล

7.1 ด้านกฎหมายประมง

การนำเอากฎหมายประมงมาวิเคราะห์ร่วมกับชุมชนเพื่อแสดงความคิดเห็นถึงข้อดีและข้อเสียและการนำมาใช้จริงซึ่งชุมชนและชาวประมงก็มีความคิดเห็นตรงกันโดยมีการวิเคราะห์ว่าสามารถนำมาใช้ได้จริงหรือไม่สามารถใช้ได้ในพื้นที่ศึกษาและควรแก้ไขกฎหมายอย่างไรเพื่อให้สอดคล้องกับการจัดการทรัพยากรโดยชุมชน

พระราชบัญญัติการประมง พ.ศ. 2490 ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ไม่ได้กำหนดมาตรการหรือกลไกในการอนุรักษ์ปูทะเลนอกจากมาตรา 32 (7) ที่ให้อำนาจรัฐมนตรีหรือข้าหลวงประจำจังหวัดโดยอนุมัติรัฐมนตรีเฉพาะในเขตท้องที่ของตนมีอำนาจกำหนดมิให้ทำการประมงสัตว์น้ำชนิดใดชนิดหนึ่งอย่างกว้างๆ กระทั่งวงเล็บและสหกรณ์จึงได้อาศัยมาตรา 32

(7) ของพระราชบัญญัติการประมง พ.ศ. 2490 นี้ ประกาศห้ามชาวประมงทำการประมงปูไข่นอกกระดอง ดังมีรายละเอียดดังนี้ “โดยอาศัยอำนาจตามตรา 32(7) แห่งพระราชบัญญัติการประมง พ.ศ. 2490 ห้ามมิให้บุคคลใดทำการประมงปูทะเลไม่ว่าด้วยวิธีใดแก่ปูที่มีไข่นอกกระดองภายในระยะเวลาเดือนตุลาคมถึงธันวาคม ของทุกปี ปูที่ห้ามจับมี 3 ชนิด ได้แก่ ปูทะเล (*Scylla serrata* Forskal) ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus) และปูลาย (*Charybdis ferriatus* Linnaeus) อนึ่งประกาศฉบับนี้มีมิได้ใช้บังคับแก่การกระทำของพนักงานเจ้าหน้าที่เพื่อการทดลองค้นคว้าในทางวิชาการซึ่งได้รับอนุญาตเป็นหนังสือจากกรมประมง”

ในการแสดงความคิดเห็นร่วมกับชุมชน ชาวประมง บ้านวันยาวถึงกฎหมายมาตรา 32 (7) พบว่าการกำหนดฤดูกาลทำประมงตามกฎหมายไม่สอดคล้องกับพื้นที่บ้านวันยาวเพราะในบริเวณบ้านวันยาวจะพบปูทะเลมีไข่นอกกระดองมากที่สุดในช่วงเดือน พฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการกำหนดฤดูกาลจับปูทะเลตามกฎหมายเป็นช่วงเวลาที่ไม่ครอบคลุมของพื้นที่ซึ่งพบปูไข่นอกกระดองในช่วงเดือน มกราคม ถึง กุมภาพันธ์ด้วย ดังนั้นการจัดการทรัพยากรโดยชุมชน จึงสามารถกำหนดตามช่วงเวลาตามความเหมาะสมของพื้นที่ ซึ่งควรจะหยุดทำการประมง ปูทะเลตั้งแต่ช่วง เดือนพฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์ ตามช่วงเวลาการสืบพันธุ์ของปูทะเลในพื้นที่นี้ การจัดการทรัพยากรเชิงพื้นที่ควรใช้ข้อมูลของแต่ละพื้นที่หรือในแต่ละท้องถิ่นเพื่อให้สอดคล้องกับช่วงเวลาการสืบพันธุ์ของปูทะเลให้มากที่สุด

7.2 การปล่อยปูขนาดเล็กคืนสู่ธรรมชาติ

ชาวประมงส่วนใหญ่จะไม่จับปูทะเลที่มีขนาดความกว้างของกระดองที่ต่ำกว่า 4 เซนติเมตร ซึ่งชาวประมงกำหนดว่าเป็นปูขนาดเล็ก ซึ่งต้องอยู่ภายใต้การทำประมงแบบมีจรรยาบรรณ คือ ถ้าจับปูขนาดดังกล่าวได้ชาวประมงทุกคนต้องปล่อยคืนสู่ทะเลเพื่อที่จะให้ปูสามารถเจริญเติบโตต่อไปในธรรมชาติจนถึงขนาดที่สามารถจับได้

และอีกแนวทางหนึ่งที่ชาวประมงกล่าวถึง คือถ้านำปูขนาดเล็กไปขายจะได้ราคาที่ดีมาก ชาวประมงจึงรู้สึกที่ไม่คุ้มทุนกับทรัพยากรที่เสียไป

7.3 การเลี้ยงปูในนากุ้งร้างและการจับปูมาขุนให้ได้ขนาดปูที่ตลาดต้องการ (Marketable Sizes)

พื้นที่ชายฝั่งของบริเวณตำบลบ้านวันยาว ที่เป็นนากุ้งร้างจึงเป็นที่มาของ การจุดประเด็นความคิดร่วมกันระหว่างชุมชนและนักวิจัย ชุมชนมีแนวคิดที่จะทดลองเลี้ยงปูทะเลในบ่อกุ้งร้างของชาวประมงเองเพื่อนำพื้นที่กลับมาใช้ใหม่และมีการทดลองเลี้ยงดู พบว่าสามารถเลี้ยงปูทะเลในบ่อกุ้งร้างได้ ซึ่งในกรณีนี้ชาวประมงจะไม่ปล่อยปูที่มีขนาดเล็ก (ขนาด 3 เซนติเมตร) คืนสู่ธรรมชาติ แต่จะนำมาเลี้ยงให้ได้ขนาดที่ตลาดต้องการโดยใช้ระยะเวลา 4 เดือน โดยมีการปรับสภาพบ่อให้เหมาะสมเพียงเล็กน้อยและ ไม่ต้องลงทุนมาก ถ้วนำปูขนาดเล็กมาเลี้ยง มีการให้อาหารปูทะเลบ้าง โดยนำปลาข้างเหลืองมาเป็นอาหารให้กับปูทะเล ชาวประมงจะมีการใช้ลอบแบบพับได้มาสุ่มจับถ้าปูที่มีขนาดโตเท่าขนาดที่ตลาดต้องการ ชาวประมงก็จะนำไปขายรวมกับปูที่จับได้ ขณะเดียวกันถ้าปูยังไม่โตเท่าขนาดที่ตลาดต้องการ ปูก็จะถูกเลี้ยงให้เจริญเติบโตจนถึงขนาดที่ตลาดต้องการ ซึ่งจัดได้ว่าเป็น “การเลี้ยงแบบถึงธรรมชาติ”ซึ่งนักวิจัยได้อธิบายว่า

ปูทะเลจะมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของระบบนิเวศน์ได้ดี [8] เช่นปูทะเลจะมีความคงทนต่อการขาดออกซิเจนได้นานกว่าปูม้าและปูลาย ทำให้ในอนาคต ถ้าหน่วยงานรัฐบาลมีการส่งเสริมชุมชนชาวประมง หรือกรมประมงสามารถผลิตลูกปูทะเลได้มากถึงระดับในเชิงอุตสาหกรรม การเลี้ยงปูทะเลในบ่อกุ้งร้างก็สามารถพัฒนาเป็นระบบการเลี้ยงแบบหนาแน่นได้

7.4 การอนุรักษ์ป่าชายเลนในพื้นที่ปากแม่น้ำแคว

ชุมชน ชาวประมงและองค์กรที่เข้าร่วมการประชุม ต้องการให้มีการกำหนดพื้นที่การใช้ประโยชน์อย่างชัดเจนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพราะชุมชนเล็งเห็นว่าการลดลงของป่าชายเลนในพื้นที่ที่ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณประชากรปูทะเลเพราะป่าชายเลนเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยที่สำคัญของปูทะเล [7] อย่างไรก็ตามชุมชนได้มีส่วนร่วมกับการปลูกป่าชายเลน

เพิ่มในพื้นที่เป็นบางส่วนและจะดำเนินการขยายพื้นที่ให้มากขึ้นต่อไป ขณะเดียวกันกฎหมายทางด้านการประมงยังไม่ครอบคลุมการใช้ประโยชน์จากป่าชายเลนที่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมและชุมชน ชาวประมงมีแนวคิดว่าจะพยายามออกข้อกำหนดกันเอง แล้วนำมากำหนดใช้ในพื้นที่เพื่อเป็นประโยชน์ต่อส่วนรวมให้มากที่สุด

8. บทสรุปแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรปูทะเล โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนในเขตตำบลวันยาว

จากการร่วมประชุมเสวนาและสัมภาษณ์โดยตรงตลอดจนการลงพื้นที่ชุมชน ชาวประมง ผู้นำชุมชน ชมรมประมงพื้นบ้านและหน่วยงานของรัฐบาลที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้ร่วมกันคิดและร่วมกันทำจริงในภาคสนามจนสามารถสรุปประเด็นหลักๆ และเป็นข้อปฏิบัติที่ชมรมประมงพื้นบ้าน บ้านวันยาว อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ได้ปฏิบัติซึ่งเป็นบริบทที่ชุมชนร่วมสรุปแนวนโยบาย กฎกติกาและข้อปฏิบัติร่วมกันดังนี้

1. ชุมชนและชาวประมงในพื้นที่บ้านวันยาวจะไม่จับปูขนาดเล็ก
2. ชุมชนและชาวประมงจะสามารถจับปูที่มีไข่นอกกระดองได้แต่ต้องนำมาเลี้ยง ไว้ในคอกเพื่อให้ปูปล่อยไข่ออกให้หมด
3. ชุมชนและชาวประมงไม่ทำลายป่าชายเลนและมีการปลูกป่าชายเลนเพิ่มขึ้น
4. ปูขนาดเล็กสามารถจับมาขายได้แต่ต้องให้โตและอยู่ในขนาดที่ตลาดต้องการ
5. ชุมชนและชาวประมงไม่ทิ้งสิ่งปฏิกูล น้ำมันเครื่องและของเสียลงสู่ทะเล [9]
6. ชุมชนและชาวประมงไม่ทิ้งอวนและดาข่ายต่าง ๆ ลงสู่ทะเลเพราะจะไปทำลายทรัพยากรสัตว์น้ำ

อภิปรายผล

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมกำลังเข้ามามีบทบาทที่สำคัญต่อการศึกษาวิจัยในประเทศไทย เพราะเป็นการศึกษาถึงปัญหาของชุมชนระดับรากหญ้าและสะท้อนออกมาในเชิงความต้องการที่แท้จริง ซึ่งเป็นแก่นสำคัญของการศึกษาแบบการมีส่วนร่วมของชุมชนในการศึกษาครั้งนี้ได้ค้นพบปัญหาและความต้องการของชาวประมงอย่างแท้จริงในพื้นที่ศึกษาเพราะการวิจัยได้เป็นส่วนหนึ่งในการค้นหาบทสะท้อนความคิดของชุมชนและชาวประมง ซึ่งส่วนใหญ่จะก่อประโยชน์ให้สังคมเป็นหลัก อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยแบบมีส่วนร่วมได้เข้ามามีบทบาทในด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติโดยการประยุกต์การใช้หลักการและแนวความคิดของชุมชนเองในการจัดการทรัพยากรในพื้นที่ของตนเองอาศัยอยู่และสอดคล้ององค์ความรู้ทางวิชาการก็สามารถพัฒนาสังคมได้ดี [10-11] อย่างไรก็ตาม การวิจัยเชิงปฏิบัติการชุมชนเป็นกุญแจสำคัญในการที่จะนำไปสู่คำตอบที่แท้จริงแต่เมื่อชุมชนไม่ให้ความร่วมมือจากสาเหตุหลายๆ ประการ กระบวนการวิจัยจะต้องแสดงศักยภาพให้ชุมชนเห็นว่า ชุมชนได้รับผลประโยชน์อย่างไรเมื่อได้มีส่วนร่วม [12]

การศึกษาการจัดการทรัพยากรปูทะเล ชุมชนมีแนวคิดที่จะเพาะเลี้ยงปูทะเลเพื่อปล่อยคืนธรรมชาติเพื่อเพิ่มทรัพยากรให้มิใช่ต่อไปในอนาคตซึ่งสาเหตุเกิดจากที่ปูทะเลลดจำนวนลงอย่างมากทำให้ชาวประมงขาดรายได้ในชีวิตประจำวันและชุมชนมีความต้องการที่จะเลี้ยงปูทะเลในระบบฟาร์มและไม่มีการใช้สารเคมีและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะป่าชายเลนและแหล่งน้ำชายฝั่ง อย่างไรก็ตามชุมชนและชาวประมงก็มีข้อปฏิบัติที่จะไม่จับปูที่มีไข่นอกกระดองและปูทะเลขนาดเล็ก ซึ่งหลักแนวความคิดนี้ได้สอดคล้องกับแนวการจัดการทรัพยากรโดยชุมชนเพื่อก่อประโยชน์สูงสุดต่อชุมชนและไม่เป็นการทำลายทรัพยากรภายในชุมชนเองและสอดคล้องกับการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน ถึงแม้ว่าการจัดการทรัพยากรโดยชุมชนและชาวประมงในแต่ละพื้นที่นั้นจะมีข้อแตกต่างกันไปตามลักษณะของระบบนิเวศ ดังนั้นการจัดการทรัพยากรโดยชุมชนและชาวประมงจะต้องอยู่ภายใต้ระบบนิเวศของพื้นที่นั้น ๆ และการพัฒนาพื้นที่ของชุมชนก็จะต้องนำความรู้ทางด้านสิ่งแวดล้อมมาผสมผสานด้วย [13-16]

สำหรับการเสนอแนวความคิดในการปรับกฎหมายประมงในด้านการจัดการทรัพยากรปูทะเลก็ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ [17] ได้ศึกษาแนวทางอนุรักษ์และใช้ทรัพยากรปูทะเลแบบบูรณาการในทศวรรษหน้า โดยได้เสนอไว้ว่าการกำหนดฤดูกาลประมงปูทะเลให้ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่หรือเน้นเฉพาะพื้นที่เพื่อให้เกิดความเหมาะสมมากที่สุดต่อการจัดการทรัพยากรปูทะเลเพราะในแต่ละพื้นที่ช่วงเวลารวางไข่ของปูทะเลจะแตกต่างกัน ซึ่งได้เสนอประเด็นและข้อเสนอแนะว่าการที่ปูทะเลมีการวางไข่ที่แตกต่างกันก็จะเกิดจากฤดูกาลของธรรมชาติในแต่ละพื้นที่ อาจจะแตกต่างกันและเกิดจากความอุดมสมบูรณ์ของป่าชายเลน และได้เสนอแนวความคิดด้านการปรับเปลี่ยนพื้นที่เลี้ยงกุ้งที่รกร้างมาใช้ประโยชน์ในด้านการเลี้ยงปูทะเลเพราะมีการลงทุนค่อนข้างน้อยและเป็นทางเลือกของเกษตรกรที่มีนาุ้งอยู่แล้ว เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้ที่ดิน และแผนการจัดการทรัพยากรปูทะเลที่ได้จากบริบทของชุมชนก็สอดคล้องกับหลักการของการจัดการทรัพยากร โดยชุมชนซึ่งมีลักษณะคล้ายกัน

วิกฤตทรัพยากรปูทะเลในอนาคต อาจจะมาจากเครื่องมือประมงปูลอกพับ ถึงแม้จะเป็นเครื่องมือประมงที่ถูกกฎหมายแต่การมีจำนวนมากเกินไปก็จะส่งผลกระทบต่อผลผลิตของประชากรปูทะเลได้เพราะสอดคล้องกับการศึกษาของ [18] พบว่าเครื่องมือชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการจับปูได้ดี และนอกเหนือจากนี้ทรัพยากรปูทะเลมีแนวโน้มเข้าสู่ภาวะวิกฤตประชากรหรือมีการลดจำนวนประชากรอย่างรวดเร็วในธรรมชาติ อันเนื่องมาจากพฤติกรรมการบริโภค ที่นิยมบริโภคปูที่มีไข่ในกระดอง หรือปูเพศเมียที่อยู่ในระยะที่ 3 คือ Nearly Ripe Stage (ภาพที่ 2) ซึ่งเป็นระยะที่ชาวประมงขายได้ในราคาที่แพงและสอดคล้องกับความต้องการซื้อจากผู้บริโภคสูงเป็นอันดับหนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระยะของปูเพศเมียที่ยังไม่มีไข่ ซึ่งทั้งทางภาคตะวันออกและทางภาคใต้ของประเทศไทยผู้บริโภคปูที่มีไข่ในกระดองเหมือนกัน คือนิยมบริโภคปูเพศเมียที่มีไข่ในกระดอง ดังนั้นแล้วถึงแม้ว่าการจัดการทรัพยากรและแนวทางการอนุรักษ์ปูทะเลจะมีการปล่อยปูไข่นอกกระดองคืนสู่ธรรมชาติแต่ในอนาคตประชากรปูไข่นอกกระดองก็จะมีจำนวนลดน้อยลงเพราะมีการจับปูเพศเมียที่มีไข้อยู่ในระยะที่ 3 (ภาพที่ 2) จำนวนมาก ซึ่งเสมือนเป็นการตัดทรัพยากรที่อยู่ใน ช่วงอายุที่สืบพันธุ์ได้ จึงทำให้จำนวนปูที่อยู่ในระยะไข่นอกกระดองมีจำนวนน้อยลงและเป็นการลดทรัพยากร (Stock) ในธรรมชาติอย่างชัดเจน ซึ่งการทดแทนประชากรในธรรมชาติ (Natural Stock) กับประชากรที่ถูกจับออกไป จะอยู่ในสภาวะที่ไม่สมดุล จึงสามารถนำไปสู่ภาวะการสูญพันธุ์ได้ [19-20]



ภาพที่ 2 ปูทะเลที่มีรังไข่ในระยะที่ 3 (Nearly Ripe Stage) ซึ่งเป็นปูเพศเมียที่มีราคาแพง และมีความต้องการบริโภคที่สูงทั้งทางภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศไทย

สำหรับการอนุบาลแม่ปูทะเลในกระชังเพื่อให้ปล่อยไข่นอกสู่ธรรมชาตินั้น เป็นเทคนิคที่ดีแต่ในเชิงวิชาการไม่สามารถวัดได้ในเชิงปริมาณเพราะวิธีดังกล่าวไม่สามารถประเมินอัตราการรอดของลูกปูวัยอ่อนที่ปล่อยออกมาจากแม่ปูทะเลในแต่ละตัวได้และในเขตชายฝั่งมีการแปรปรวนของคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะอุณหภูมิและความเค็ม เพราะแม่ปูทะเลจะออกไปวางไข่ในทะเลลึก ซึ่งจากการศึกษาของ สัมพันธ์ (ไม่ได้ตีพิมพ์) พบว่าไข่ปูทะเลในระยะคลีเวจ (Cleavage) สามารถเพาะฟักได้ที่ระดับความเค็มระหว่าง 20-30 พีพีที และอุณหภูมิระหว่าง 18-30 องศาเซลเซียส จึงมีแนวโน้มที่ไข่ปูสามารถพัฒนาและเจริญได้ในเขตชายฝั่ง ซึ่งมีความเค็มและอุณหภูมิที่ได้ทำการทดลอง และพื้นที่ในการอนุบาลแม่ปูทะเลอยู่ในเขตนํ้าขึ้นน้ำลงไข่ปูทะเลที่ฟักออกมาจะอยู่ในระยะเหมือนแพลงก์ตอนสามารถลอยได้ตามกระแสนํ้า จึงสามารถเจริญได้ในแนวเขตทะเลในระยะต่างๆ ของการเจริญเติบโตของปูทะเล

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) (ทุนนวัตกรรม) และภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี และขอขอบคุณ ศูนย์เครื่องมือกลาง วิทยาเขตกาญจนบุรี มหาวิทยาลัยมหิดล ที่สนับสนุนในด้านการทำวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานประมงจังหวัดชลบุรีในการให้ความรู้ ด้านกฎหมายของการใช้เครื่องมือประมง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Angell, C. (1992). “The mud crab: Report of the seminar on the mud crab culture and trade held at Surat Thani, Thailand, In Angell, C. (ed.)”, In **The Mud Crab: Report of the seminar on the mud crab culture and trade held at Surat Thani, Thailand**. 246. November 5–8, 1991, Bay of Bengal Program. Surat Thani, Thailand.
- [2] Cholik, F. and Hanafi, A. (1992). A review of the status of the mud crab (*Scylla* sp.) fishery and culture in Indonesia. **BOBP, Madras (India)**. 13–27.
- [3] Brick, R.W. (1974). “Effects of water quality, antibiotics, phytoplankton and food all survival and development of larvae of *Scylla serrata* (Crustacea: Portunidae)”, **Aquaculture**. 3, 231–244.
- [4] Sara, L., Ingles, J.A., Aguilar, R.O., Laureta, L.V., Baldervarona, R.B. and Watanabe, S. (2006). “Abundance and distribution patterns of *Scylla* spp. larvae in the Lawele Bay, southeast Sulawesi”, Indonesia. **Asian Fisheries Science**. 19, 331–347.
- [5] Khan, M.G. and Alam, M.F. (1992). “The mud crab (*Scylla serrata*) fishery and its bioeconomics in Bangladesh. In Angell, C. (ed.)”, In **The Mud Crab: Report of the seminar on the mud crab culture and trade held at Surat Thani, Thailand**. 29–40. November 5–8, 1991, Bay of Bengal Program. Surat Thani, Thailand.
- [6] Le Vay, L., Ngoc Ut, V. and Jones, D.A. (2001). “Seasonal abundance and recruitment in an estuarine population of mud crabs, *Scylla paramamosain*, in the Mekong Delta, Viet Nam”, **Hydrobiologia**. 449, 231–239.
- [7] Ronnback, P. (2001). Ecological economics of fisheries supported by mangrove ecosystems: economic efficiency, mangrove dependence, sustainability and benefit-transfer, **2nd Western Indian Ocean Science Association Scientific Symposium – Book of Abstracts**. 41.
- [8] Ruscoe, I.M., Shelley, C.C. and Williams, G.R. (2004). “The combined effects of temperature and salinity on growth and survival of juvenile mud crabs (*Scylla serrata* Forskal)”, **Aquaculture**. 238, 239–247.
- [9] Liong, P.C. (1992). The fattening and culture of the mud crab (*Scylla serrata*) in Malaysia. In Angell, C. (ed.), In **The Mud Crab: A report on the seminar on the mud crab culture and trade held at Surat Thani, Thailand**. 185–190. November 5–8, 1991. Bay of Bengal Programme. Surat Thani, Thailand.
- [10] Boonthanantapong, A. (2006). No easy as Participation Action Research (PAR). **Pranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology)**, 1:1 (January- June), 19-26.
- [11] Ramasoota, P. (1997). **Participation Action Research (PAR)**. Asian Institute for Health Development, Mahidol University, Bangkok, Thailand.
- [12] Hongwiwatch, T. (1984). **Participation Action Research-PAR**. Center for Health Policy Study, Mahidol University, Bangkok, Thailand. 101.

- [13] Nitisuwan, T., Songrak, A., Sudtongkon, C. and Juntarachote, K. (2004). **Fisheries management for blue swimming crab (*Portunus pelagicus* in Sikao district, Trang provine**, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya. Final Report. 100.
- [14] Cheewasedtham, C. (2007). **Pen culture of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*, Lin) as a new alternative career for the fisherman in Pattani bay, Pattani province**. Final Report for Thailand Research Fund. 72.
- [15] Songrak, A. and Nitisuwan, T. (2007). **Community-based on blue swimming crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1766) fisheries management for sustainable utilization in Trang province**. Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya. Final Report. 32.
- [16] Tossapon, T. (2009). **A study on mud crab (*Scylla serrata* Forskal) fattening in cemen ponds. Maejo University at Chumphon**, Special problem for Bachelor degree. 37.
- [17] Tiensongrusmee, B., Protoomchat, B. and Chalermwat, K. (2009). “Conservation and sustained exploitation of mud crab, *Scylla serrata* (Forsk.) resource in the next decade”, In **Proceeding of the 36th Kasetsart University Annual Conference**. 297. Bangkok.
- [18] Holim, S. (2008). **The Preliminary study on catching efficiency of Mud crab by collapsible crab trap case study: Tungka-Sawi bay, Chumphon provine**. Maejo University at Chumphon, Special Problem for Bachelor degree. 40.
- [19] Samonte, G.P.B. and Agbayani, R.F. (1992). “Pond culture of mud crab (*Scylla serrata*): An economic analysis”, **SEAFDEC Asian Aquacult.** 14, 3–5.
- [20] Sara, L., Ingles, J.A., Aguilar, R.O., Laureta, L.V., Baldervarona, R.B. and Watanabe, S. (2006). “Abundance and distribution patterns of *Scylla* spp. larvae in the Lawele Bay, southeast Sulawesi”, **Indonesia. Asian Fisheries Science.** 19, 331–347.

มูลค่าทางเศรษฐกิจของผักพื้นบ้านในชุมชนบ้านป่ายาง ตำบลท่าจี้ อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Economic Value of Local Vegetables in Ban Pha Yang Community, Tha Ngio Sub-district, Muang District, Nakhon Sri Thammarat Province

วัฒนณรงค์ มากพันธ์^{1*} ฟาดีละห์ ชุมศรี² และอรอนงค์ อุ่มเพชร²
Wattananarong Markphan¹, Fadilah Chumsri² and Onanong Oumpet²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการใช้ประโยชน์และมูลค่าทางเศรษฐกิจของผักพื้นบ้าน โดยการสำรวจปริมาณผักพื้นบ้าน รวบรวมข้อมูลการใช้ประโยชน์และประเมินมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจของผักพื้นบ้าน ที่ชาวบ้านเก็บเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือนและจำหน่าย โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์จากผู้ให้ข้อมูล ทั้งหมด 166 คน ผลการศึกษา พบว่า มีผักพื้นบ้านทั้งหมด 36 ชนิด เป็นผักที่เก็บมาเพื่อบริโภคในครัวเรือน 18 ชนิด เป็นผักที่เก็บมาเพื่อบริโภคในครัวเรือนและจำหน่าย 18 ชนิด โดยคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 4,863,235 บาทต่อปี คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29,297 บาท ต่อครัวเรือนต่อปี

คำสำคัญ: ผักพื้นบ้าน

Abstract

The purpose of this research was to determine the utilization levels and economic value of Local vegetables. The survey conduct to explore vegetable species health benefits and to measure their economic values. The interviews and questionnaire were administered with 166 in formats. The results revealed that these were 36 local vegetable species : 18 of them were for household consumption and half of them were for consumption and distribution. The total value was 4,863,235 Bath per year or 29,297 Bath per household per year.

Keywords: Local Vegetable

¹ อ., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 80280

² นักศึกษา., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 80280

¹ Lecturer, Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University 80280

² Undergraduate Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University 80280

* Corresponding author: E-mail address: Wattananarong@gmail.com, Tel. 0856743686

บทนำ

ผักพื้นบ้านกับสังคมไทยเป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นภูมิปัญญาการใช้ชีวิตที่สอดคล้องกับธรรมชาติของมนุษย์มาแต่โบราณ องค์ความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของผักพื้นบ้านได้มีการสั่งสมและถ่ายทอดมาสู่รุ่นลูกหลานตราบเท่าที่คนในชุมชนยังดำเนินชีวิตตามแบบที่ดำเนินมาตั้งแต่อดีตซึ่งมีคุณค่าทั้งในเชิงภูมิปัญญา คุณค่าในแง่ของการพัฒนาการเชิงประวัติศาสตร์และในแง่พัฒนาการทางวัฒนธรรมในอดีตต่อเนื่องถึงปัจจุบันและรวมถึงอนาคตบทบาทของผักพื้นบ้านบางชนิดยังทรงคุณค่าต่อวิถีชีวิตของคนไทยในแต่ละพื้นที่นับเป็นมรดกตกทอดทางบรรพชน ผักพื้นบ้านเป็นอีกหนึ่งภูมิปัญญาที่ได้สืบทอดมาสู่คนรุ่นใหม่ที่ติดตามธรรมชาติในท้องถิ่นของแต่ละภาคแต่ละชุมชนมาเป็นอาหาร ไม่เพียงแต่จะมีคุณค่าทางโภชนาการแต่ยังให้สรรพคุณทางยาอีกด้วย [1] ผักพื้นบ้านเป็นทรัพยากรชีวภาพพื้นเมืองที่มีทั้งในป่าและในน้ำ และมีความสัมพันธ์กับการดำรงชีวิตของชาวบ้านมาตั้งแต่อดีต ทรัพยากรชีวภาพเหล่านี้ไม่ได้มีประโยชน์เพียงแค่เป็นอาหารและยารักษาโรคเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวเนื่องไปถึงแนวคิดความเชื่อ ค่านิยม ตลอดจนวัฒนธรรมประเพณีของคนในชุมชนอีกด้วย [2]

อาหารไทยภาคใต้ที่มีผักพื้นบ้านไทยภาคใต้เป็นส่วนประกอบ นำมาปรุงง่าย ๆ สะดวก รวดเร็ว แต่มีคุณภาพทางโภชนาการและมีรสชาติอร่อย เช่น นมมาแกงเลียง แกงกะทิ ลวก ผัก แกงส้ม แกงเผ็ด ดอก ผักเผ็ด เป็นต้น ผักพื้นบ้านไทยภาคใต้มีมากมายในท้องถิ่น หาง่าย มีคุณค่าทางอาหาร และยารักษาโรค นำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด [3] แต่ด้วยสภาพสังคมปัจจุบันทำให้ ผักพื้นบ้านค่อยๆ หายไปจากวิถีชีวิตของคนรุ่นใหม่ ไม่ใช่เพราะบริโภคไม่เป็น แต่เพราะไม่ได้รับการบอกเล่าสืบสานต่อให้รู้จักและฝึกหัดให้เคยชินกับการรับประทานผักพื้นบ้าน ประกอบกับการศึกษาคุณค่าของผักพื้นบ้านแต่ละด้านมีความไม่ชัดเจนทำให้กลุ่มคนในปัจจุบันไม่สามารถมองเห็นความเกี่ยวเนื่องของผักพื้นบ้านกับวิถีชีวิต ค่านิยม วัฒนธรรมและประเพณีของคนในปัจจุบันทำให้ไม่เห็นความสำคัญของการคงอยู่ของผักพื้นบ้าน [4] ซึ่งมีคุณค่าทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เห็นได้จากรายงานวิจัยเกี่ยวกับคุณค่าของผักพื้นบ้านและการจัดการของชุมชนบ้านวังสูง ตำบลทอนหงส์ อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่พบว่า การใช้ประโยชน์ผักพื้นบ้านก่อให้เกิดคุณค่าของผักพื้นบ้าน 3 ด้านคือ คุณค่าด้านเศรษฐกิจที่จะช่วยประหยัดรายจ่ายได้ปีละ 2,355,042.33 บาท คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยต่อครัวเรือนเท่ากับ 30,584.52 บาทต่อปี คุณค่าด้านโภชนาการของผักพื้นบ้าน 16 ชนิด ช่วยป้องกันอาการจากโรคต่างๆ ของชาวบ้านได้ โดยคิดเป็นมูลค่าโภชนาการเท่ากับ 72,467,946.28 บาท และพบวัฒนธรรมที่เกี่ยวข้องกับผักพื้นบ้านคือ วัฒนธรรมการบริโภคอาหารพื้นบ้าน วัฒนธรรมด้านภาษาและวัฒนธรรมด้านความเชื่อ ค่านิยม ประเพณี และพิธีกรรม [5] นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาประโยชน์ของพืชผักพื้นบ้านในลักษณะการประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของศักยภาพการใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรในป่าชุมชนเขาหัวช้าง อำเภอดงระหวัด จังหวัดพัทลุง พบว่าพืชสมุนไพรที่ใช้เป็นยารักษาโรคในเชิงเดี่ยวตามภูมิปัญญาท้องถิ่นมีจำนวน 149 ชนิด สามารถจัดแบ่งได้เป็น 32 กลุ่มตามสรรพคุณ ศึกษาโดยการสอบถามประกอบการสัมภาษณ์จากผู้ให้ประโยชน์โดยตรงและสำรวจข้อมูลราคาของยาแผนปัจจุบันที่ใช้รักษาโรคผลการประเมินมูลค่าของพืชสมุนไพรในป่าชุมชนเขาหัวช้าง โดยใช้ราคายาแผนปัจจุบันทดแทนจากจำนวนพืชสมุนไพรทั้งหมด 149 ชนิด พบว่าศักยภาพของพืชสมุนไพรที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นยารักษาโรคมีมูลค่าเท่ากับ 1,117,135,906.40 บาทต่อปี [6]

จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษามูลค่าทางเศรษฐกิจของผักพื้นบ้านในชุมชนบ้านป่ายาง ตำบลท่าเงี้ยว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีประเด็นศึกษาเกี่ยวกับ ชนิด ปริมาณ แหล่งที่เก็บ รวมทั้งมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจของผักพื้นบ้านที่ชาวบ้านเก็บมาใช้ประโยชน์ โดยคาดหวังว่าจะทำให้ชาวบ้านเห็นคุณค่าของผักพื้นบ้านและอนุรักษ์ให้อยู่คู่ชุมชนต่อไป

วิธีดำเนินการ

1. ประชากรกลุ่มตัวอย่างเป็นชาวบ้านที่อาศัยในพื้นที่ชุมชนบ้านป่ายาง หมู่ 4 ตำบลท่าจี่ อำเภอมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช การวิจัยในครั้งนี้ใช้แบบสอบถาม สัมภาษณ์ข้อมูลจากกลุ่มประชากรดังกล่าว

2. รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลประชากรจากเทศบาลตำบลท่าจี่ และเก็บข้อมูลประชากรทุกครัวเรือนที่มีการใช้ประโยชน์จากผักพื้นบ้าน ซึ่งดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์ทั้งหมด 166 ครัวเรือน

3. เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามจำนวน 166 ชุด โดยอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับการสำรวจ การใช้ประโยชน์ทางตรงและประเมินมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจของผักพื้นบ้านชุมชนบ้านป่ายาง ตำบลท่าจี่ อำเภอมือง จังหวัดนครศรีธรรมราชโดยสัมภาษณ์ผู้นำชุมชน เช่น ผู้ใหญ่บ้าน ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน และชาวบ้านในชุมชนบ้านป่ายาง แบบสอบถามมีทั้งหมด 9 หน้า แบ่งเป็น 6 ส่วน ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของประชากรที่ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 การเก็บหาผักพื้นบ้าน ส่วนที่ 3 การซื้อขายผักพื้นบ้าน ส่วนที่ 4 การเตรียมตัวในการเก็บหาผักพื้นบ้าน ส่วนที่ 5 ต้นทุนทั้งหมดในการเก็บหาผักพื้นบ้านในรอบปี ส่วนที่ 6 แนวคิดของผู้เก็บหาผักพื้นบ้าน

4. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของการใช้ประโยชน์ผักพื้นบ้าน โดยเก็บข้อมูลมูลค่ารวมทางเศรษฐกิจของการใช้ประโยชน์จากผักพื้นบ้านที่เก็บหาได้ คิดคำนวณได้จากสมการ

$$\text{มูลค่าทั้งหมด} = \sum_{Q=1}^{166} \sum_{i=1}^n Q_i \times P_i$$

โดยที่ Q_i คือ ปริมาณของผักพื้นบ้านชนิดที่ i ที่ชาวบ้านเก็บหา P_i คือ ราคาตลาดท้องถิ่นของผักพื้นบ้านชนิดที่ i คือ ชนิดของผักพื้นบ้าน n คือ จำนวนชนิดของผักพื้นบ้านทั้งหมดที่มีการใช้ประโยชน์ Q คือ จำนวนชาวบ้านที่เก็บหา คำนวณหาต้นทุนรวมในการเข้าไปใช้ประโยชน์จากผักพื้นบ้านคิดคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ต้นทุนทั้งหมด} = \sum_{Q=1}^{166} \sum_{i=1}^n C_i$$

โดยที่ C_i คือ ต้นทุนของผักพื้นบ้านชนิด i ที่ชาวบ้านเก็บหา i คือ ประเภทของต้นทุนในการใช้ประโยชน์ แต่ละชนิด n คือ จำนวนประเภทของต้นทุนในการใช้ประโยชน์ของผักพื้นบ้าน Q คือ จำนวนชาวบ้านที่เก็บหา

เมื่อกำหนดหามูลค่าทางเศรษฐกิจรวมและต้นทุนรวม แล้วจึงคำนวณหามูลค่าทางเศรษฐกิจสุทธิในการใช้ประโยชน์ในรูปของผักพื้นบ้าน คิดคำนวณได้จากสมการ

$$\text{มูลค่าสุทธิ} = \sum_{Q=1}^{166} \left[\sum_{i=1}^n Q_i \times P_i \right] - \left[\sum_{i=1}^n C_i \right]$$

หรือ = มูลค่าทางเศรษฐกิจรวมทั้งหมดของประชากร – ต้นทุนรวมทั้งหมดของประชากร

หมายเหตุ: ราคาตลาดท้องถิ่น คำนวณจากการสำรวจราคาซื้อขายผักพื้นบ้านโดยไม่ผ่านพ่อค้าคนกลาง และราคาซื้อขายผักพื้นบ้านในตลาดนัดชุมชน นำมาหาค่าเฉลี่ยของผักพื้นบ้านแต่ละชนิดเพื่อใช้เป็นราคากลาง ในการคิดคำนวณมูลค่าทางเศรษฐกิจ

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลด้านสภาพทางสังคมและเศรษฐกิจของชาวบ้านที่เก็บหาผักพื้นบ้าน

จากการสัมภาษณ์ชาวบ้านที่เก็บหาผักพื้นบ้านทั้งหมด 166ครัวเรือน พบว่า ชาวบ้านส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 71 เพศชาย ร้อยละ 29 นับถือศาสนาพุทธร้อยละ 100 สถานภาพสมรสแล้ว ร้อยละ 71 ช่วงอายุมากที่สุด คือ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 34 การศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 55 เป็นครอบครัวที่มีสมาชิกในครอบครัว 4 คน มากที่สุดร้อยละ 23 ช่วงอายุที่มีการเก็บหาผักมากที่สุด คือ 40-49 ปี และ 50-59 ปี เท่ากันร้อยละ 25 ส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ในช่วง 8,000-12,000 บาท ร้อยละ 28 อยู่ในสถานะสมาชิกของครอบครัวหรือผู้อาศัย ร้อยละ 70 โดยอาศัยอยู่ในพื้นที่ต่ำกว่า 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 20

2. ลักษณะการเก็บหาผักพื้นบ้าน

จากการสัมภาษณ์ชาวบ้านที่เก็บหาผักพื้นบ้าน ทำให้ทราบว่าชาวบ้านมีการใช้ประโยชน์ผักพื้นบ้านทั้งหมด จำนวน 36 ชนิด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะการเก็บหาผักพื้นบ้าน

ลำดับ	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	จำนวน ครัวเรือน	ราคาเฉลี่ย (บาท/หน่วย)	ปริมาณเฉลี่ยต่อครัวเรือน (กก./ปี)	ปริมาณทั้งหมดและการใช้ประโยชน์(กก./ปี)			มูลค่ารวมของการเก็บหาผักพื้นบ้าน		
						บริโภค	จำหน่าย	รวม	มูลค่าเฉลี่ย (บาท/ครัวเรือน/ปี)	ปริมาณทั้งหมด (กก./ปี)	มูลค่าทั้งหมด (บาท/ปี)
1	ตำลึง	Coccinia grandis (L.) Voigt	129	100	28	3,181	446	3,627	2,812	3,627	362,700
2	ยอดลำแพ้ง	Stenochlaena palustris	118	50	26	2,688	340	3,028	1,283	3,028	151,400
3	ชะพลู	Piper sarmentosum Roxb	116	50	69	8,024	-	8,024	3,459	8,024	401,200
4	ผักบุ้งนา	Ipomoea aquatica Forsk	116	50	64	6,749	730	7,479	3,224	7,479	373,950
5	มะเขือพวง	Solanum Torvum Swartz	113	50	12	1,282	96	1,378	610	1,378	68,900
6	มะอึก	Solomonifoliumjocq	112	50	16	1,147	672	1,819	812	1,819	90,950
7	มะเดื่อ(เงาะ)	Ficus botryocarpa Miq	109	40	35	3,710	96	3,806	1,397	3,806	152,240
8	จิกนา	Barringtonia acutangula (L.)Gaertn	103	40	15	1,543	-	1,543	599	1,543	61,720
9	ย่านพาโหม	Paederia foetida Linn	102	20	21	2,097	-	2,097	411	2,097	41,940
10	ผักกาดนกเขา	Emilia sonchifolia (L.) DC	102	50	29	2,692	264	2,956	1,449	2,956	147,800
11	บุก	Amorphophallus campanulatus Blexence.(A.paeoniifolius) (Dennst.) Nicolson	101	110	10	1,051	-	1,051	1,145	1,051	115,610
12	บัวบก	Centella asiatica Urban	90	100	16	836	638	1,474	1,638	1,474	147,400
13	กระถิน	LeucaenaLeucocephala (Lam.) De Wit	88	70	12	1,051	-	1,051	836	1,051	73,570
14	ผักกูด	Diplazium esculentum (Retz.) Sw	81	50	29	1,958	360	2,318	1,431	2,318	115,900

ลำดับ	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	จำนวน ครัวเรือน	ราคา เฉลี่ย (บาท/ หน่วย)	ปริมาณ เฉลี่ยต่อ ครัวเรือน (กก./ปี)	ปริมาณทั้งหมดและการใช้ ประโยชน์(กก./ปี)			มูลค่ารวมของการเก็บหา ผักพื้นบ้าน		
						บริโภค	จำหน่าย	รวม	มูลค่าเฉลี่ย (บาท/ครัวเรือน/ปี)	ปริมาณ ทั้งหมด (กก./ปี)	มูลค่า ทั้งหมด (บาท/ปี)
15	ชะมวง	Garcinia cowa Roxb	79	40	56	4,396	-	4,396	2,226	4,396	175,840
16	ผักหนาม	Lasia spinosa Thw	76	70	58	4,439	-	4,439	4,089	4,439	310,730
17	ทำม้ง	Litsea petiolata Hook. F	79	60	26	1,997	96	2,093	1,590	2,093	125,580
18	ข่าเล็ก	Alpinia galanga (L.) Willd	74	30	30	2,209	-	2,209	896	2,209	66,270
19	ขี้เหล็ก(ดอก)	Senna siamea (Lam.) Irwin & Barneby	71	30	31	2,209	-	2,209	933	2,209	66,270
20	อุตุพิติ	Typhonium roxburghii Schott	68	50	5	350	-	350	257	350	17,500
21	ผักหวาน	Sauropus androgynus	66	110	28	1,852	-	1,852	3,087	1,852	203,720
22	ผักกะเจด	Neptunia oleracea Lour	63	120	17	993	48	1,041	1,983	1,041	124,920
23	ปุดนา	Alpinia zerumbet	63	35	66	4,147	-	4,147	2,304	4,147	145,145
24	หมากหมก	Lepionurus sylvestris Bl.	59	120	18	1,089	-	1,089	2,215	1,089	130,680
25	ยอดผักเหรีซง	Parkia timoriana (DC.) Merr.	58	50	36	1,833	240	2,073	1,787	2,073	103,650
26	ส้มมะเฒ่า	Antidesma ghaesemibills GAERTH	58	60	19	1,108	-	1,108	1,146	1,108	66,480
27	มะม่วงหิมพานต์	Anacardium occidentale Linn.	56	150	22	984	240	1,224	3,279	1,224	183,600
28	ย่านาง	Tiliacora Triandra Diels	48	35	20	729	240	969	707	969	33,915
29	หน่อไม้	Dendrocalamus asper Backer.	47	140	24	1,108	-	1,108	3,300	1,108	155,120
30	ผักตบชวา	EichhorniaCrassipes (C.Mart.) Solms.	41	100	53	2,158	29	2,187	5,334	2,187	218,700
31	มะกอก	Spondias pinnata (L. f.) Kurz	40	50	28	1,041	72	1,113	1,391	1,113	55,650
32	ผักแว่น	Marsilea crenata Prel.	39	100	31	1,108	96	1,204	3,087	1,204	120,400
33	ผักเสี้ยน	Cleome gynandra L.	38	30	18	687	-	687	542	687	20,610
34	ลูกเนียง	Archidendron jiringa Nielsen.	30	60	68	2,047	-	2,047	4,094	2,047	122,820
35	เต้าร้าง	Caryota mitis Lour.	28	45	47	1,327	-	1,327	2,133	1,327	59,715
36	กระเจียวแดง	Hibiscus sabdariffa L.	12	60	70	287	557	844	4,220	844	50,640
รวม										4,863,235	

หมายเหตุ: ข้อมูลตัวเลขในตาราง ได้ปัดเศษทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็ม

3. ผลการประเมินมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจของผักพื้นบ้าน

3.1 มูลค่ารวมของการเก็บหาผักพื้นบ้าน

จากการศึกษาพบว่า ชาวบ้านเก็บหาผักพื้นบ้านมาเพื่อบริโภคและจำหน่าย โดยมีการเก็บหาเฉลี่ยมากที่สุดจำนวน 129 ครัวเรือน คิดเป็นมูลค่ารวมทั้งหมด 362,700 บาทต่อปี รองลงมาคือยอดลำเพ็งกับชะพลูจำนวน 118 และ 116 ครัวเรือน ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่ารวมทั้งหมดเท่ากับ 151,400 และ 401,200 บาทต่อปี ตามลำดับ และผักพื้นบ้าน

ที่มีมูลค่ารวมน้อยที่สุดคือ กระเจี๊ยบแดง จำนวน 12 ครัวเรือน คิดเป็นมูลค่าทั้งหมดเท่ากับ 50,640 บาทต่อปี จากมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจของการเก็บหาผักพื้นบ้าน ทั้งหมด 36 ชนิด คิดเป็นมูลค่ารวมทั้งหมด เท่ากับ 4,863,235 บาทต่อปี คิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจรวมเฉลี่ยต่อครัวเรือนเท่ากับ 29,297 บาทต่อปี เฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 2,441 บาท (ตารางที่ 1)

3.2 ต้นทุนรวมจากการเก็บหาผักพื้นบ้าน

ต้นทุนรวมจากการเก็บหาผักพื้นบ้าน ประกอบด้วย ต้นทุนด้านอุปกรณ์ ต้นทุนด้านแรงงาน และต้นทุนการเดินทาง รายละเอียดดังนี้ 1) ต้นทุนด้านอุปกรณ์ ประกอบด้วยต้นทุนลงที่และต้นทุนผันแปร สำหรับต้นทุน ลงที่เป็นต้นทุนที่เกิดจากการใช้อุปกรณ์ในการเก็บหาผักพื้นบ้าน ซึ่งเป็นจำนวนคงที่ในระยะเวลาสั้นๆ กล่าวคือ ปริมาณเก็บหาผักพื้นบ้านของชาวบ้านจะมีปริมาณมากหรือน้อย เพิ่มขึ้นหรือลดลง ต้นทุน ประเภทนี้ยังมีจำนวนคงที่ 2) ต้นทุนด้านแรงงาน คิดจากต้นทุนค่าเสียเวลาที่ชาวบ้านใช้ในการเก็บหา ผักพื้นบ้านในรอบ 1 ปี การคำนวณผู้วิจัยใช้อัตราค่าจ้างขั้นต่ำวันละ 300 บาท ตามที่กระทรวง แรงงานได้ประกาศใช้ทั่วประเทศหรือการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน สามารถคิดเป็นรายชั่วโมงเท่ากับ 37.50 บาท ดังนั้นจะคำนวณจากเวลาที่เข้าไปใช้ประโยชน์ในการเก็บหาผักพื้นบ้าน คูณกับอัตราค่าจ้างรายชั่วโมง 3) ต้นทุนด้านการเดินทาง คิดจากต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับชาวบ้านที่ใช้รถจักรยานยนต์ในการเดินทางจากบ้านไปเก็บของป่าและระยะทางที่ขนส่งผักพื้นบ้านไปขายอัตราค่าน้ำมันเชื้อเพลิงผู้วิจัยอ้างอิงมาจากระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการเบิกค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปราชการ พ.ศ.2555 โดยมาตรฐานราชการดังกล่าวให้เบิกค่าน้ำมันเชื้อเพลิงได้กิโลเมตรละ 4 บาท ส่วนชาวบ้านที่เดินเท้าผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการเดินทางจากบ้านไปเก็บผักพื้นบ้านและระยะทางที่ไปขายโดยนําระยะเวลาดังกล่าว คูณกับค่าจ้างขั้นต่ำตามที่กระทรวงแรงงานกำหนด ซึ่งเท่ากับ 300 บาทต่อวัน หรือการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน สามารถคิดเป็นรายชั่วโมงเท่ากับ 37.50 บาท (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ต้นทุนที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ด้านการเก็บหาผักพื้นบ้าน

ลำดับ	ชื่อท้องถิ่น	ต้นทุน ด้านแรงงาน (บาท/ปี)	ต้นทุน ด้านการเดินทาง (บาท/ปี)	ต้นทุน ด้านอุปกรณ์ (บาท/ปี)	รวมต้นทุนทั้ง 3 ประเภท ของผักแต่ละชนิด (บาท/ปี)
1	ตำลึง	56,580.00	26,966.85	10,196.67	93,743.52
2	ยอดลำแพ้ง	23,445.00	26,799.30	9,533.67	59,777.97
3	ชะพลู	40,890.00	19,737.90	11,315.00	71,942.90
4	ผักบุ้งนา	50,250.00	51,384.60	10,240.50	111,875.10
5	มะเขือพวง	46,200.00	44,414.40	10,020.00	100,634.40
6	มะอึก	40,650.00	33,191.40	1,048.00	74,889.40
7	มะเดื่อ(ลิง)	50,280.00	54,868.80	9,646.67	114,795.47
8	จิกนา	41,790.00	50,523.90	8,445.33	100,759.23
9	ย่านพาโหม	27,960.00	26,098.20	8,765.08	62,823.28
10	ผักกาดนกเขา	32,940.00	32,131.80	10,065.00	75,136.80
11	บุก	36,810.00	31,936.80	8,981.83	77,728.63
12	บัวบก	40,170.00	28,691.70	7,360.50	76,222.20

ตารางที่ 2 มูลค่ารวมของการเก็บหาผักพื้นบ้าน (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อท้องถิ่น	ต้นทุน ด้านแรงงาน (บาท/ปี)	ต้นทุน ด้านการเดินทาง (บาท/ปี)	ต้นทุน ด้านอุปกรณ์ (บาท/ปี)	รวมต้นทุนทั้ง 3 ประเภท ของผักแต่ละชนิด (บาท/ปี)
13	กระถิน	44,130.00	48,524.40	7,084.67	99,739.07
14	ผักถูด	19,710.00	21,526.50	7,603.83	48,840.33
15	ชะมวง	32,670.00	31,895.10	7,437.83	72,002.93
16	ผักหนาม	28,050.00	31,422.60	6,001.00	65,473.60
17	ตำม้ง	24,240.00	32,713.80	2,714.00	59,667.80
18	ข่าเล็ก	11,835.00	30,437.04	5,817.33	48,089.37
19	ขี้เหล็ก(ดอก)	30,150.00	17,911.80	6,741.00	54,802.80
20	อุตพิต	572.50	11,282.94	5,369.33	17,224.77
21	ผักหวาน	21,870.00	18,504.84	5,708.17	46,083.01
22	ผักกะเจ็ด	730.00	16,599.00	5,124.25	22,453.25
23	ปุดนา	28,320.00	15,909.84	4,563.33	48,793.17
24	หมากหมก	11,070.00	17,452.80	4,704.17	33,226.97
25	ยอดผักเหรีซง	7,976.25	19,296.12	4,147.92	31,420.29
26	ส้มมะเฒ่า	11,900.63	12,201.60	4,292.67	28,394.89
27	มะม่วงหิมพานต์	814.38	7,516.32	4,074.33	12,405.03
28	ย่านนาง	4,368.13	13,052.40	2,069.00	19,489.53
29	หน่อไม้	1,066.25	14,449.80	3,761.33	19,277.38
30	ผักตบชวา	14,490.00	7,127.70	3,879.67	25,497.37
31	มะกอก	396.25	14,299.68	3,577.17	18,273.10
32	ผักแว่น	14,220.00	13,036.20	1,619.00	28,875.20
33	ผักเสี้ยน	183.75	12,883.50	2,995.50	16,062.75
34	ลูกเนียง	6,562.50	4,981.92	2,031.33	13,575.75
35	เต้าร้าง	8,340.00	2,748.90	2,368.67	13,457.57
36	กระเจี๊ยบแดง	4,770.00	10,299.00	1,150.67	16,219.67
รวม		816,401	852,819	210,454	1,879,674

หมายเหตุ: ข้อมูลตัวเลขในตาราง ได้ปรับเศษทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็ม

ต้นทุนรวมทั้งหมดที่ชาวบ้านใช้ในการเก็บหาผักพื้นบ้าน จากการคำนวณต้นทุนของ 166 ครัวเรือน คิดเป็นมูลค่าหรือมูลค่าทั้งหมดในรอบ 1 ปี เฉลี่ยเท่ากับ 11,323 บาทต่อครัวเรือนต่อปี และคิดเป็นต้นทุนรวมทั้งหมดเท่ากับ 1,879,674 บาทต่อปี (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ประเภทต้นทุนรวมทั้งหมด

ประเภทต้นทุน (บาทต่อปี)	ต้นทุน (บาทต่อปี)
ด้านอุปกรณ์	210,454
ด้านแรงงาน	816,401
ด้านการเดินทาง	852,819
รวม	1,879,674

หมายเหตุ: ข้อมูลตัวเลขในตาราง ได้ปัดเศษทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็ม

3.3 มูลค่าสุทธิจากการเก็บผักพื้นบ้าน

มูลค่าสุทธิของผักพื้นบ้านที่ชาวบ้านเก็บหา สามารถคำนวณได้จากมูลค่าทั้งหมดของผักพื้นบ้านที่ชาวบ้านเก็บหา ลบด้วยต้นทุนที่ใช้ในการเก็บหา โดยมีรายละเอียดดังนี้ เมื่อคิดมูลค่าของผักพื้นบ้านทั้งหมด พบว่ามีมูลค่าเท่ากับ 4,863,235 บาทต่อปี คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29,297 บาทต่อครัวเรือนต่อปี สำหรับต้นทุนรวมทั้งหมดที่ชาวบ้านใช้ในการเก็บหาผักพื้นบ้านทั้งหมดในรอบ 1 ปี เท่ากับ 1,879,674 บาทต่อปี เฉลี่ยเท่ากับ 11,323 บาทต่อครัวเรือนต่อปี ดังนั้น มูลค่าสุทธิของผักพื้นบ้านที่ชาวบ้านเข้าไปเก็บหามาใช้ประโยชน์เท่ากับ 2,983,561 บาทต่อปี คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 17,973 บาทต่อครัวเรือนต่อปี (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 มูลค่ารวม ต้นทุนรวม และมูลค่ารวมสุทธิของการเก็บหาผักพื้นบ้าน

มูลค่า	มูลค่าเฉลี่ยต่อครัวเรือนต่อปี (บาท)	มูลค่ารวมทั้งหมดต่อปี (บาท)
1. มูลค่ารวมของผักพื้นบาททั้งหมด	29,297	4,863,235
2. ต้นทุนรวมทั้งหมด	11,323	1,879,674
3. มูลค่าสุทธิ	17,973	2,983,561

หมายเหตุ: ข้อมูลตัวเลขในตาราง ได้ปัดเศษทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็ม

การอภิปรายผล

1. ข้อมูลสภาพทางสังคมและเศรษฐกิจของชาวบ้านที่เก็บหาผักพื้นบ้าน

ชาวบ้านที่เก็บหาผักพื้นบ้านในพื้นที่ชุมชนบ้านป่ายางส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงอยู่ในสถานะสมาชิกครอบครัวที่ไม่ได้เป็นหัวหน้าครอบครัว โดยเป็นครอบครัวขนาดกลางมากที่สุด ซึ่งเป็นครอบครัวที่มีสมาชิก 1-4 คน นับเป็นกำลังสำคัญในการหารายได้ให้กับครอบครัว ซึ่งมีอายุตั้งแต่ 30 ปีขึ้นไป ระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับประถมศึกษา ประกอบอาชีพทำสวนยางพาราและสวนผลไม้ เป็นอาชีพหลัก ซึ่งพบว่ามีรายได้น้อยและใช้การเก็บหาผักพื้นบ้านเป็นอาชีพเสริม ทั้งนี้มาจากริโภค รวมถึงการจำหน่ายซึ่งรายได้ที่มาจากจากการเก็บหาผักพื้นบ้าน

นั้นนับเป็นหนึ่งในสามของรายได้ทั้งหมดต่อเดือน ช่วยลดการสูญเสียรายได้ของคนในพื้นที่ได้ แต่หากทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ลดลง ผักพื้นบ้านก็ลดปริมาณลงด้วยเช่นกัน ซึ่งอาจทำให้ชาวบ้านในพื้นที่ต้องสูญเสียรายได้เสริม อีกทั้งต้องสูญเสียเงินเพื่อซื้อสิ่งต่างๆ มาทดแทนผักพื้นบ้านที่หายไป แต่หากมีผักพื้นบ้านเพียงพอ และสามารถรองรับการเก็บหาของชาวบ้านให้เก็บหาได้ทั้งปี ชาวบ้านสามารถนำรายจ่ายส่วนเกินดังกล่าวไปใช้ในกิจกรรมด้านอื่นๆ ต่อไป

2. ลักษณะการเก็บหาผักพื้นบ้าน

การศึกษามูลค่าทางเศรษฐกิจของผักพื้นบ้านที่ชาวบ้านเก็บหามาใช้ประโยชน์ในการบริโภคและจำหน่าย โดยใช้แบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์และการสังเกตโดยตรง พบชนิดของผักพื้นบ้านทั้งหมด 36 ชนิด ซึ่งชนิดที่เก็บหามากที่สุด คือ ตำลึง และเก็บหาน้อยที่สุด คือ กระเจี๊ยบแดง มีจำนวน 18 ชนิด ที่เก็บหาเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือนเท่านั้น และอีกจำนวน 18 ชนิด ที่เก็บหาเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือนและจำหน่ายดังกล่าวข้างต้น ส่วนฤดูกาลกับการเก็บหาผักพื้นบ้าน หากพิจารณาความเชื่อมโยงถึงความต้องการในการเก็บหาของประชากรที่เก็บหาผักพื้นบ้าน ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขเวลาของผู้ที่เก็บหาและการให้ผลผลิตของผักพื้นบ้านเป็นหลัก ซึ่งผักพื้นบ้านบางชนิดสามารถเก็บหาได้ตลอดทั้งปี ส่วนผักพื้นบ้านที่มีราคาสูง เช่น ลูกเนียง ยอดผักเหียง เป็นต้น ชาวบ้านก็มีการเก็บหาตามฤดูกาลที่ผักพื้นบ้านนั้นๆ ให้ผลผลิต จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บหาผักพื้นบ้าน ได้แก่ ราคา ความต้องการของชาวบ้านที่บริโภคผักพื้นบ้าน ความต้องการของตลาด แต่บางครั้งการกำหนดราคาก็มาจากความยากง่ายของการเก็บหาและปริมาณของผักพื้นบ้านแต่ละชนิด หากวิธีการเก็บหาง่าย ความต้องการของตลาดน้อย และปริมาณการเก็บหาที่มีมากก็จะทำให้ราคาของผักพื้นบ้านดังกล่าวต่ำลง

3. ต้นทุน

สำหรับต้นทุนที่มีมูลค่าสูงสุดในงานวิจัยนี้คือ ต้นทุนค่าเดินทาง เนื่องจากการเก็บหาผักพื้นบ้านชนิดต่างๆ บางชนิดต้องออกไปในสวนหรือป่า ที่อยู่ห่างบ้านเรือน บางครั้งระยะทางที่ไปเก็บหาประมาณ 2-3 กิโลเมตร และรวมถึงระยะทางในการขนส่งทั้งเดินเท้าและใช้ยานพาหนะอีกด้วย รองลงมาคือ ต้นทุนค่าแรงงาน ซึ่งผักบางชนิด ชาวบ้านต้องการปริมาณที่มากในการเก็บหาจึงใช้เวลานานในการเก็บหา ประกอบกับระยะทางที่ห่างไกล ส่งผลให้ต้นทุนด้านแรงงานสูงขึ้นเช่นกัน ส่วนต้นทุนที่มีมูลค่าน้อยที่สุดคือ ต้นทุนด้านอุปกรณ์ เพราะในการเก็บหาผักพื้นบ้านแต่ละชนิดในแต่ละครั้ง สามารถใช้อุปกรณ์เดิมๆ ซ้ำๆ กันได้และอุปกรณ์ส่วนใหญ่ก็มีอายุการใช้งานหลายปี

ข้อเสนอแนะ

1) ควรมีการศึกษาผักพื้นบ้านในพื้นที่อื่นๆ และศึกษาวัฒนธรรมการรับประทานผักพื้นบ้านเพื่อเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบ และนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ รวมถึงการวางแผนอนุรักษ์ต่อไป

2) ควรมีการศึกษาด้านการประเมินมูลค่าความหลากหลายทางชีวภาพเพื่อสะท้อนให้ชุมชนและบุคคลภายนอกเห็นถึงความสัมพันธ์ของระบบนิเวศ ซึ่งเมื่อเกิดการทำลายสิ่งมีชีวิตชนิดใดก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ตามไปด้วย อันจะนำไปสู่แนวทางของการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีขนาดใหญ่ที่จะช่วยอนุรักษ์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Jankaew, W. (2006). **Karn Wijai Niwet Wittaya Hlaeng Num Phua sang Ong Kwam Ru Nai Karn Fun Fu Pa Sa Khu**. Faculty of Agriculture. Nakhon Si Thammarat : Rajamangala University of Technology Srivijaya.
- [2] Rojjanaprai Wong, S. (2004). **Phan Thu Kum Thong Thin Kab Ka-Sat-Tra-kam Yang Yun**. Nonthaburi : Phimdee printing.
- [3] Wongmontha, O. (2008). **Phak Pun Ban Lae Ar-harn Pun Muang Nai Karn Rak-Sa Rok**. Retrieved 7 July 2015, from <https://www.gotoknow.org/posts/188725>.
- [4] Damapong, S. (1999). Phak Pun Ban Lae Oharn Tarn Rok. In **Ruam Bot Kwam Karn Pra-Chum Wi-Cha-Karn Phak Pun Ban Lae Ar-harn Pun Ban 4 Phak**. Phennapa Subjaroen [et al], Editor. Department of Thai Treaditional. Bangkok : The War Veterans Organization of Thailand Printing.
- [5] Jariyapong, M. (2008). **Values of Local Vegetable and Community Management at Ban Wanglung, Tambon Tonhong, Amphoe Phrom Khiri, Changwat Nakhon Si Thammarat**. Master of Science. Songkhla : Prince of Songkla University.
- [6] Sampantamit, T. (2007). **Economic Valuation of Potential Utilization of Medicinal Plants in Khao Hua - Chang Community Forest Tambon Tamot, Amphoe Tamot, Changwat Phatthalung**. Master of Science. Songkhla : Prince of Songkla University.

การวิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับร้านอาหารบนเว็บไซต์รีวิว

Sentiment Analysis of Restaurant Reviews on Review Web Sites

ปราชญ์ภาคย์ เหล่าสังข์สุข¹ อนัส จินดา² และสิริยา สิทธิสาร^{3*}
Prachayaphak Laowsungsuk¹, Anus Jinda² and Siraya Sitthisarn^{3*}

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันจำนวนร้านอาหารมีมากมายและหลากหลายทั้งประเภทอาหารและการบริการทำให้การตัดสินใจของผู้บริโภคในการเลือกใช้บริการร้านอาหารยากขึ้น ผู้บริโภคจึงต้องการข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจ และช่องทางหนึ่งที่ผู้คนในโลกออนไลน์นิยมใช้คือการเข้าไปหาข้อมูลในเว็บไซต์รีวิวออนไลน์ อย่างไรก็ตามเนื่องจากความคิดเห็นส่วนใหญ่เป็นข้อความทำให้ผู้ใช้เว็บไซต์ดังกล่าวเสียเวลาในการอ่านและหาข้อสรุปเพื่อประกอบการตัดสินใจ ในส่วนของผู้ประกอบการเองก็ยากในการหาข้อดีข้อเสียสำหรับปรับปรุงร้านให้ดีขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอระบบวิเคราะห์และสรุปความคิดเห็นเกี่ยวกับร้านอาหารจากเว็บไซต์รีวิวโดยอัตโนมัติ การวิเคราะห์จะใช้เทคนิคต่างๆ ในการประมวลผลภาษาธรรมชาติ เช่น เทคนิคการตัดคำ การวิเคราะห์ประเภทคำและรูปประโยคเพื่อหาความหมายเชิงบวกหรือเชิงลบของประโยค แล้วจึงคำนวณและแสดงผลออกมาเป็นค่าระดับความพึงพอใจสำหรับคุณลักษณะต่างๆในรูปแบบกราฟิกทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจได้ง่าย ซึ่งจากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ในด้านความสอดคล้องของผลสรุปจากระบบและผลสรุปจากผู้ใช้พบว่าการสรุปความคิดเห็นด้านบริการและอาหารอยู่ในระดับดี ขณะที่ด้านอื่นๆ อยู่ในระดับพอใช้

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความคิดเห็น, ความคิดเห็นเกี่ยวกับร้านอาหาร, การสรุปความคิดเห็น

Abstract

Review websites have widely used for searching restaurant information that enables user decision supporting. Unfortunately, the review comments are text messages. Thus, users have to read all comments of the interested restaurants and then summarize some issues. This process is time consuming. Restaurant managers also found that it is difficult to extract the customers' critics from these comments. This paper proposes a feature-based sentiment analysis system for automatic summarizing customers' comments. Natural Language Processing (NLP) techniques, including tokenization, analyzing part of speech and sentence pattern analysis, were used for determining the polarity of sentences. Finally a polarity score of each feature was computed and displayed in graphic visualization. The user evaluation was conducted to find user satisfaction on correctness of the sentiment analysis. The result shows that users provide high satisfaction on the analysis for the food and service features, while others reach the fair level of satisfaction.

Keywords: Sentiment Analysis, Restaurant Reviews, Opinion Summarization

^{1,2} นิสิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

³ ผศ., สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

^{1,2} Undergraduate students, Department of Computer and Information Technology, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210

³ Assistant Professor, Department of Computer and Information Technology, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210

* Corresponding author: E-mail address: ssitthisarn@gmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันการรับประทานอาหารนอกบ้านโดยเฉพาะในภัตตาคารมีราคาค่อนข้างแพง ดังนั้นผู้บริโภคส่วนใหญ่ย่อมมีความต้องการการบริการที่ดีและคุณภาพอาหารที่คุ้มค่ากับเงินที่จ่ายไป ช่องทางหนึ่งที่ผู้บริโภคจะทราบถึงข้อมูลร้านอาหารเหล่านั้นก็โดยการหาข้อมูลในเว็บไซต์ทางสังคมที่ให้บริการรีวิวร้านอาหาร เช่น เว็บไซต์ดวงใจ (<http://www.wongnai.com>) และ TripAdvisor (<http://tripadvisor.com>) เป็นต้น เว็บไซต์รีวิวส่วนใหญ่นำเสนอความคิดเห็นจากผู้บริโภคที่เคยใช้บริการร้านอาหารในรูปแบบข้อความซึ่งถือเป็นข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างหากร้านอาหารใดมีผู้แสดงความคิดเห็นมากก็จะปรากฏข้อความหลายร้อยข้อความ ทำให้ผู้ใช้ต้องเสียเวลาอ่านข้อคิดเห็นทั้งหมดแล้วทำการสรุปข้อดีข้อเสียในด้านต่างๆ สำหรับร้านที่ตนสนใจ แม้ว่าบางเว็บไซต์จะทราบถึงข้อจำกัดในเรื่องนี้และได้สร้างฟังก์ชัน rating เพื่อให้ผู้ใช้ให้คะแนนร้านอาหารในคุณลักษณะด้านต่างๆ แต่ความยุ่งยากนั้นก็กลับทำให้ผู้ที่เข้ามาแสดงความคิดเห็นมีจำนวนลดลง สุดท้ายหลายๆ เว็บไซต์มีเพียงกล่องข้อความให้ผู้รีวิวเขียนข้อความ อัฟโหลดรูปภาพ และลดการ rating เหลือเฉพาะในภาพรวมของร้านเท่านั้น

จากปัญหาและที่มาข้างต้นผู้วิจัยได้นำเสนอระบบการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้บริโภคบนเว็บไซต์รีวิวร้านอาหาร เพื่ออำนวยความสะดวกสำหรับผู้บริโภคในการรับรู้คุณภาพของร้านอาหารในด้านต่างๆ โดยจะแบ่งรายละเอียดการสรุปออกเป็น 5 ข้อคือ (1) รสชาติอาหาร (2) บริการของร้าน (3) บรรยากาศของร้าน (4) ความสะอาด และ (5) ราคาอาหาร ระบบจะวิเคราะห์ข้อความด้วยเทคนิคการตัดคำ การวิเคราะห์ประเภทคำ และรูปประโยค เพื่อหาความหมายเชิงบวกหรือเชิงลบของประโยค แล้วจึงคำนวณและแสดงผลสรุปออกมาเป็นค่าระดับความพึงพอใจสำหรับแต่ละด้านในรูปแบบกราฟิกเพื่อให้ผู้บริโภคใช้ประกอบการตัดสินใจได้ง่ายยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้พัฒนาคาดว่าผลสรุปจากความคิดเห็นจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการร้านอาหารที่สามารถรับรู้ข้อบกพร่องของร้านตนเองเพื่อใช้ในการปรับปรุงร้านให้ดีขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ความคิดเห็นส่วนใหญ่จะจำแนกคิดเห็นเป็น 3 ข้อคือ ข้อความความคิดเห็นเชิงบวก เชิงลบ และเป็นกลาง ในการวิเคราะห์จะแบ่งได้เป็น 3 ระดับ [1-3] คือ (1) ระดับเอกสาร (Document Level) [4] เป็นการวิเคราะห์ความคิดเห็นทั้งเอกสารเพื่อแยกข้อความความคิดเห็น ยกตัวอย่างเช่น Turney [5] ได้นำเสนอวิธีการนับความถี่ของคำคุณศัพท์ที่แสดงข้อความความคิดเห็นแล้วสรุปว่าความคิดเห็นในเอกสารนั้นเป็นบวกหรือลบ ซึ่งจะเห็นว่าเป็นรูปแบบการวิเคราะห์ที่ไม่ละเอียดพอ (2) ระดับประโยค (Sentence Level) คือ การนำความคิดเห็นมาวิเคราะห์ในระดับประโยคแล้วทำการแยกข้อ เช่น FANALYTICS [6] ได้เสนอการวิเคราะห์ความคิดเห็นของเพื่อนในเฟซบุ๊กที่มีต่อข้อความที่ผู้ใช้โพสต์แล้วทำการจำแนกความคิดเห็นแบ่งตามจำนวนประโยคเชิงบวกหรือลบ (3) ระดับคุณลักษณะ (Feature Level) คือการวิเคราะห์ความคิดเห็นโดยแบ่งแยกตามคุณลักษณะ จากนั้นนำมาวิเคราะห์ว่าผู้แสดงความคิดเห็นมีทัศนคติกับคุณลักษณะนั้นอย่างไร ส่วนมากการวิเคราะห์ความคิดเห็นในระดับคุณลักษณะจะใช้เพื่อวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ใช้ต่อผลิตภัณฑ์และบริการ เช่น โปรแกรม S-Sense [7] ที่ใช้วิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อคุณลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์จากความคิดเห็นของผู้คนในสังคมออนไลน์ เป็นต้น

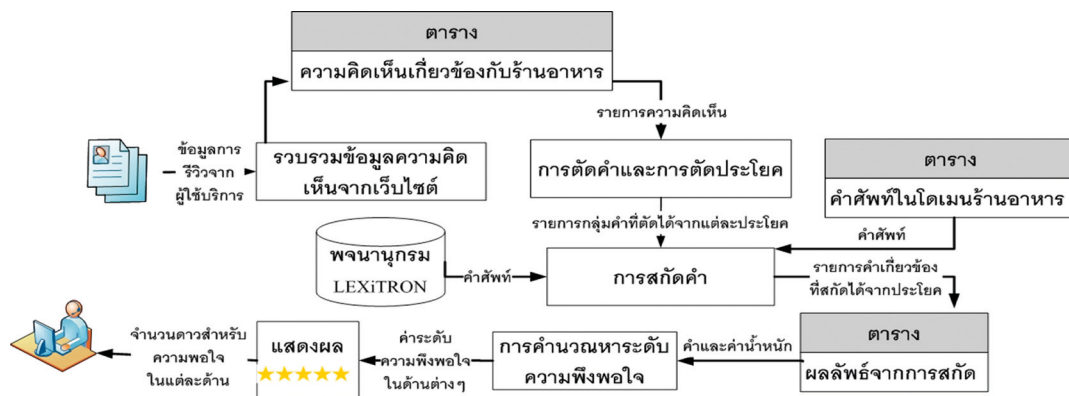
สำหรับเทคนิคการวิเคราะห์ความคิดเห็นแบ่งได้เป็น 2 แนวทางหลักคือ (1) เทคนิคการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) [8] ที่อาศัยเทคนิคการประมวลผลภาษาธรรมชาติและพจนานุกรม แนวทางนี้จะอาศัยคลังคำ (Corpus) ที่รวบรวมจากพจนานุกรมและแหล่งข้อมูลต่างๆ ในโดเมนที่สนใจ คลังคำจะใช้ในการส่วนการตัดคำ และการวิเคราะห์ความหมายของคำที่ปรากฏในประโยค เพื่อทำการหาว่าประโยคนั้นเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะใด และมีความหมายไปทางข้อใด งานที่เกี่ยวข้องตามแนวทางนี้ได้แก่ Prombut, N., Temtanapat, Y [9] ได้เสนอ

การวิเคราะห์ความคิดเห็นในสินค้าโทรศัพท์มือถือโดยใช้คลังคำที่รวบรวมจากพจนานุกรมและทำการสร้างฐานข้อมูล คำศัพท์ที่ใช้ในโดเมนโทรศัพท์มือถือ กฎในการหารูปแบบประโยคตามหลักไวยากรณ์จะถูกใช้เพื่อระบุประธาน คำคุณศัพท์ คำบ่งบอกคุณลักษณะและปริมาณ เพื่อกำหนดหาว่าผู้ใช้มีทัศนคติอยู่ในช่วงบวกหรือช่วงลบสำหรับ แต่ละคุณลักษณะ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับโรงแรมใน Wonsri, W. [10] ที่ใช้ฟังก์ชันปกติ (Regular Expression) ในการจำแนกประเภทของคำในข้อความแสดงความคิดเห็นแล้วนำไปเปรียบเทียบกับรูปแบบ ไวยากรณ์โครงสร้างทางภาษา ก่อนที่จะคำนวณความพึงพอใจจากกลุ่มคำคุณศัพท์และคำบ่งบอกปริมาณในแต่ละ คุณลักษณะ ซึ่งความถูกต้องในการวิเคราะห์ความคิดเห็นตามแนวทางนี้จะขึ้นอยู่กับความครอบคลุมของคำศัพท์ ในโดเมนและเทคนิคในการวิเคราะห์รูปประโยค (2) เทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) [11] ซึ่งอาศัยอัลกอริทึมต่างๆในการทำเหมืองข้อความ เช่น ต้นไม้การตัดสินใจ นาอ็ฟเบย์ เป็นต้น สำหรับเทคนิคใน แนวทางนี้จะทำการแทนคำในข้อความความคิดเห็นให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้าง เช่น การแทนด้วยถ่วงคำ (bag-of-word) และ คำ TF-IDF เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์ข้อมูล โดยจะมีชุดข้อมูลการเรียนรู้ (Training Set) ที่นำไปใช้ในการทำนายรูปแบบของข้อมูลทดสอบ (Test Set) งานวิจัยตามแนวทางนี้ได้แก่ งานของเจตรินทร์ วงศ์ศิลป์ และคณะ [12] ที่เสนอกระบวนการวิเคราะห์ความรู้สึกของนักท่องเที่ยวต่อสถานที่ท่องเที่ยวในภาคอีสานที่ใช้การแทนคำ ด้วยคำ TF-IDF จากนั้นทำการสร้าง โมเดลเพื่อวิเคราะห์ด้วยนาอ็ฟเบย์ โดยคุณภาพความถูกต้องของการวิเคราะห์ ตามแนวทางการเรียนรู้แบบมีผู้สอนนี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนและคุณภาพข้อมูลที่ใช้เป็นชุดข้อมูลการเรียนรู้

สำหรับงานวิจัยในบทความนี้จะเป็นการวิเคราะห์ในระดับคุณลักษณะโดยอาศัยเทคนิคการประมวลผล ภาษาธรรมชาติและคลังศัพท์เช่นเดียวกับ Prombut, N., Temtanapat, Y. and Wonsri, W. [9-10] เนื่องจากผู้วิจัยพบว่า ข้อมูลในเว็บไซต์มีความหลากหลายและการเปลี่ยนแปลงสูงมากถ้าใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอนจะมี ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงโมเดลอยู่เสมอ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้เพิ่มส่วนการกำกับค่าน้ำหนักของคำคุณศัพท์ใน คลังคำตามกลุ่มคุณลักษณะเพื่อมาเสริมในการคำนวณระดับค่าความพึงพอใจเชิงบวกและเชิงลบในแต่ละประโยคว่า มีระดับบวกหรือลบที่แตกต่างกันเพียงใด ก่อนที่จะแสดงผลข้อสรุปในรูปแบบกราฟิกให้สอดคล้องกับความคิดเห็นจาก ผู้วิจัยทั้งหมดในภาพรวม

การดำเนินการวิจัย

ระบบวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้บริโภคจากเว็บไซต์รีวิวร้านอาหารนี้จะสอดคล้องกับสถาปัตยกรรม ในภาพที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย 5 องค์ประกอบหลัก ดังนี้



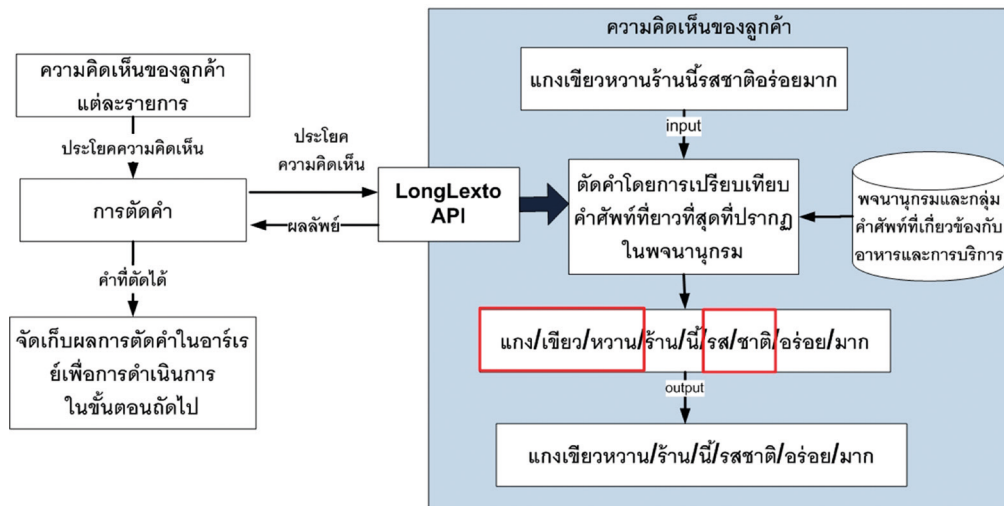
ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมระบบวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้บริโภคจากเว็บไซต์รีวิวร้านอาหาร

1. การรวบรวมข้อมูลความคิดเห็น

ความคิดเห็นเกี่ยวกับร้านอาหารจากเว็บไซต์รีวิวจะถูกรวบรวมและจัดเก็บลงในตารางความคิดเห็นเกี่ยวกับร้านอาหาร ที่จะประกอบด้วยแอตทริบิวต์ : รหัสความคิดเห็น ชื่อร้าน และรายละเอียดของความคิดเห็น ตัวอย่างความคิดเห็นได้แก่ “ร้านโอข้าวอาหารท้องถิ่นๆ ไม่ค่อยประทับใจเท่าไร เด็กเสิร์ฟไม่ค่อยสนใจบริการ” เป็นต้น

2. ตัดคำ (Tokenization)

ระบบจะนำประโยคความคิดเห็นแต่ละรายการมาทำการตัดคำโดยใช้เครื่องมือ LongLexto API [13] การตัดคำจะใช้วิธีการตัดคำแบบยาวที่สุดโดยเทียบกับพจนานุกรม LEXiTRON [14] โดยการตัดคำจะเริ่มพิจารณาจากซ้ายไปขวาตามหลักการเขียนภาษาไทย จากนั้นทำการนำ “คำหยุด” (Stop Word) ซึ่งเป็นคำที่ไม่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ ออกเพื่อลดขนาดของข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล จากภาพที่ 2 เมื่อนำประโยคความคิดเห็น “แกงเขียวหวานร้านนี้รสชาติอร่อยมาก” มาตัดคำ ก็จะพบว่าสำหรับ “แกงเขียวหวาน” สามารถตัดคำตามพจนานุกรมได้ 2 แบบ คือคำว่า “แกง” และ คำว่า “แกงเขียวหวาน” แต่เมื่อใช้หลักการตัดคำแบบยาวที่สุด จึงเลือกตัดคำเป็น “แกงเขียวหวาน” เป็นต้น ซึ่งผลลัพธ์ของคำที่ตัดได้เหล่านี้มาเก็บไว้ในตัวแปรอาร์เรย์ชื่อ ArrList เพื่อให้่ายต่อขั้นตอนการสกัดคำต่อไป



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการตัดคำจากประโยคความคิดเห็น

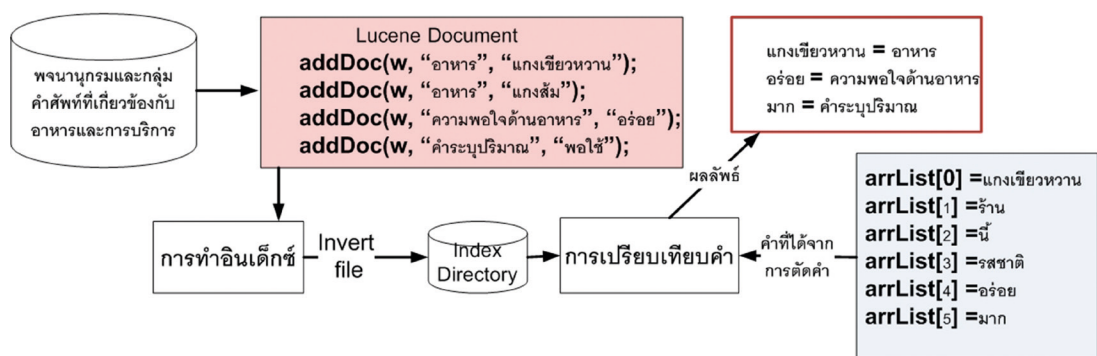
3. การสกัดคำ

ในขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบคำที่ตัดได้ในประโยคกับคำศัพท์ในโดเมนร้านอาหาร เพื่อทำการระบุว่ามีพจน์หรือคำที่ตัดได้นั้นเป็นคำประเภทใด จากนั้นจะทำการวิเคราะห์รูปแบบประโยคที่สมบูรณ์ (ตามหลักไวยากรณ์) เพื่อการนำไปใช้ในการคำนวณความคิดเห็นในขั้นตอนต่อไป

3.1 การเปรียบเทียบคำที่ตัดได้กับคำศัพท์ในโดเมนร้านอาหาร

สำหรับขั้นตอนนี้ก่อนอื่นผู้วิจัยได้นำพจนานุกรม LEXiTRON ที่อยู่ในรูปแบบ XML มาสกัดและจัดเก็บในฐานข้อมูล นอกจากนี้ยังรวบรวมคำนาม คำคุณศัพท์และคำวิเศษณ์ในโดเมนร้านอาหารและการบริการจากเว็บไซต์รีวิวอาหาร ซึ่งบางคำเป็นคำในภาษาพูดแบบและบางคำเป็นคำศัพท์แสดง คำศัพท์ที่รวบรวมมาได้นี้จะถูกจัดเก็บลงในตาราง คำศัพท์อาหารและบริการ ที่ประกอบไปด้วย 3 แอตทริบิวต์ คือ termId (ลำดับ), object (ชนิดของคำศัพท์แบ่งตามคุณลักษณะ: อาหาร/บริการ/บรรยากาศ/ความสะอาด/ความคุ้มค่า/ความพอใจ/การบริการ) และ terminology (คำศัพท์) จากนั้นจะนำคำที่ตัดได้มาเปรียบเทียบกับคำศัพท์ในตาราง คำศัพท์อาหารและบริการ

การเปรียบเทียบจะใช้ Lucene API [15] ซึ่งเป็นเครื่องมือหลักในการสร้างอินเด็กซ์และสืบค้นข้อมูลโดยอาศัยโมเดลการสืบค้นแบบ Vector space ขั้นตอนการทำงานจะเริ่มจากการนำคำศัพท์และชนิดของคำที่ได้จากตารางคำศัพท์อาหารและบริการ มาสร้างเป็นอินเด็กซ์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ โดยระบบจะทำการวนรับคำที่อยู่ในอาร์เรย์ (ArrList) มาเพื่อหาค่าความคล้ายคลึงกับคำศัพท์ที่เราได้ทำอินเด็กซ์ไว้ หากพบว่าคำนั้นมีความคล้ายคลึงกับเซตของอินเด็กซ์ในโดเมนทอริกก็จะระบุว่าคำนั้นมีความสัมพันธ์กับชนิดของคำศัพท์ที่ได้อธิบายมาแล้วข้างต้น เช่นในภาพที่ 3 พบว่า arrList[0] เก็บคำว่า “แกงเขียวหวาน” จากนั้นจะนำคำว่า “แกงเขียวหวาน” ไปสืบค้นในอินเด็กซ์โดเมนทอริกก็จะได้ว่าสอดคล้องกับคำศัพท์ชนิด “อาหาร” arrList[4] เก็บคำว่า “อร่อย” หลังจากเทียบกับอินเด็กซ์แล้วจะพบว่าเกี่ยวข้องกับ “ความพอใจ” และคำว่า “มาก” ในอาร์เรย์ลำดับต่อมาสามารถระบุได้ว่าเป็น “คำระบุปริมาณ” เป็นต้น เมื่อทำการรับค่าจากอาร์เรย์จนหมดแล้วก็จะนำคำที่ระบุชนิดได้ทั้งหมดมาเก็บในอาร์เรย์ผลลัพธ์ที่ชื่อ Extract เพื่อที่จะวิเคราะห์ว่ามีรูปแบบประโยคที่สมบูรณ์พอสำหรับการวิเคราะห์คะแนนความคิดเห็นหรือไม่



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบคำที่ตัดได้กับคำศัพท์ในโดเมนร้านอาหาร

3.2 การวิเคราะห์รูปแบบประโยคที่สมบูรณ์

ในการหารูปประโยคที่สมบูรณ์จะพิจารณาจากการเรียงตัวของคำในอาร์เรย์ Extract ของแต่ละประโยค ความคิดเห็นตามไวยากรณ์แบบไม่พึ่งบริบท (Context Free Grammar) กล่าวคือจะพิจารณาหน้าที่คำในประโยค (S) โดยจะพิจารณาคำนาม (N) คำนามวลี (NP) กริยาวลี (VP) นิเสธ (NEG) คำคุณศัพท์ (ADJ) คำประมาณวิเศษณ์ เพื่อบ่งบอกปริมาณ (ADVQ) ที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของร้านอาหารใน 5 ด้าน เรียงตามรูปแบบนิพจน์ปกติของไวยากรณ์ภาษาไทยที่กำหนดไว้ ยกตัวอย่างเช่น

$$S = NP + VP$$

$$NP = N|N + (ADJ) + (ADVQ) + (PP)|PRON$$

จากนั้นจะวิเคราะห์ข้อความความคิดเห็นของประโยค โดยพิจารณาจาก (1) รูปประโยคเป็นปฏิเสธหรือบอกเล่า (2) ความหมายของคำคุณศัพท์นั้นๆ เช่น รูปประโยค แกงเขียวหวาน/ อร่อย/ ที่สุด เราจะพบว่า “แกงเขียวหวาน” เป็นคำนามที่เกี่ยวข้องกับความคิดเห็นด้านอาหาร “อร่อย” เป็นคำคุณศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับรสชาติอาหารที่สามารถระบุความพึงพอใจ และคำว่า “ที่สุด” จะเป็นคำที่บ่งบอกปริมาณความพึงพอใจว่าอยู่ในระดับใด

4. การคำนวณคะแนนความคิดเห็น

การคำนวณคะแนนความพึงพอใจจากความคิดเห็นของผู้ใช้จะอาศัยค่าน้ำหนักของคำระบุปริมาณ โดยค่าน้ำหนักนี้ได้มาจากการสำรวจเว็บไซต์รีวิวร้านอาหารต่างๆ ที่ให้ผู้ใช้แสดงความคิดเห็นและมีค่าเหล่านั้นปรากฏอยู่จากนั้นคำนวณออกมาเป็นค่าระดับน้ำหนัก เช่น คำว่า “ที่สุด” มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 2 คำว่า “มาก” มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 1.6 หากไม่ปรากฏคำระบุปริมาณในประโยค ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 1.6 เป็นต้น โดยค่าคะแนนของประโยคความคิดเห็นจะเป็นบวกหรือลบขึ้นอยู่กับความพึงพอใจและน้ำหนักของคำระบุปริมาณ เช่นถ้าผู้ใช้เขียนว่า “ชอบสัปรดที่สุด” ค่าคะแนนด้านความสะอาดก็จะเป็น - 2 (สัปรด ความพึงพอใจติดลบ, ที่สุด ค่าน้ำหนักของคำระบุปริมาณ = 2) ตัวอย่างการให้คะแนนโดยอาศัยน้ำหนักของคำในประโยคแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางข้อมูล term extraction ที่เก็บข้อมูลค่าคะแนนความคิดเห็นจากแต่ละประโยคของผู้ใช้

Id	ext_restaurant	Ext_token	Ext_object	opinion	Ext_category	volume	score
1	ร้านบ้านฝนตก	สัปรด	อาหาร	อร่อย	ความคิดเห็นเชิงบวก	-	1.6
2	ร้านบ้านฝนตก	พนักงาน	บริการ	ห่วย	ความคิดเห็นเชิงลบ	มาก	-1.8
3	ครัวผู้ใหญบ้าน	จาน	ความสะอาด	สกปรก	ความคิดเห็นเชิงลบ	ที่สุด	-2

ในการคำนวณค่าความคิดเห็นต่อร้านอาหาร เริ่มจากการหาค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้ใช้แต่ละคนต่อความพึงพอใจในแต่ละด้าน ตามสมการ (a)

$$y = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}{n} \quad (a)$$

กำหนดให้ y แทน ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้ใช้แต่ละคน

x แทน คะแนนความคิดเห็นย่อยที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้ง

n แทน จำนวนความคิดเห็นที่เกิดขึ้นในแต่ละด้านจากผู้ใช้

ยกตัวอย่างการคำนวณ เช่น นายสมชาย ได้ให้ความเห็นด้านอาหารของร้านบ้านฝนตกไว้ว่า “สัปรดเนื้ออร่อยมาก / เนื้อนุ่มมาก / แต่แกงส้มรสชาติจืดจาง” เราจะพบว่าความคิดเห็นดังกล่าวประกอบด้วย 3 ประโยคย่อย : (1) สัปรดเนื้ออร่อยมาก มีคะแนนเท่ากับ 1.8 (2) เนื้อนุ่มมาก มีคะแนนเท่ากับ 1.8 และ (3) แกงส้มรสชาติจืดจาง มีคะแนนเท่ากับ 1.6 ดังนั้นคะแนนเฉลี่ยของสมชายที่มีต่อร้านอาหารบ้านฝนตกในด้านอาหารมีค่าเท่ากับ $(1.8 + 1.8 + 1.6) / 3 = 1.73$ จากนั้นระบบจะนำความคิดเห็นด้านอาหารของร้านบ้านฝนตกจากผู้ใช้ทุกคนมาหาค่าเฉลี่ยตามสมการ (b)

$$z = \frac{(y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_m)}{2m} \quad (b)$$

กำหนดให้ z แทน คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยจากผู้ให้บริการในด้านนั้นๆ

m แทน จำนวนความคิดเห็นจากผู้ใช้ทุกคนในด้านนั้นๆ

5. การแสดงผลความพึงพอใจ

หลังจากคำนวณคะแนนความคิดเห็นแต่ละคุณลักษณะของแต่ละร้านแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะทำการแสดงผลคะแนนความพึงพอใจแต่ละด้านเป็นรูปดาวแบ่งตามช่วงคะแนน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้งานที่สืบค้นข้อมูลร้านอาหารเข้าใจภาพรวมของคุณลักษณะแต่ละด้านได้ง่ายขึ้น

การทดสอบและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลเพื่อศึกษาว่าระบบสามารถสรุปความคิดเห็นเกี่ยวกับร้านอาหารได้สอดคล้องกับการสรุปโดยผู้ใช้งานน้อยเพียงใด ในการประเมินจะมีผู้ร่วมประเมินจำนวน 20 คน ซึ่งเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีจำนวน 13 คน และนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา 7 คน นิสิตทั้งหมดศึกษาในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยผู้ร่วมประเมินมีประสบการณ์ใช้เว็บไซต์รีวิวร้านอาหารและเคยเขียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับร้านอาหารที่พวกเขาเคยไปชิม สำหรับขั้นตอนการประเมินนั้นผู้ประเมินจะได้รับรายการความคิดเห็นเกี่ยวกับร้านอาหารจำนวน 5 ร้าน ร้านละ 100 ความคิดเห็น ซึ่งผู้วิจัยได้นำความคิดเห็นเหล่านี้มาจากเว็บไซต์ในผู้ร่วมประเมินอ่านกลุ่มความคิดเห็นทดสอบและทำการให้ดาวในแต่ละด้านตามที่พวกเขาคิดว่าสอดคล้องกับเนื้อหาความคิดเห็น รายการความคิดเห็นชุดเดียวกันจะนำไปเป็นอินพุตของระบบ จากนั้นผู้ร่วมประเมินจะทำการเปรียบเทียบจำนวนดาวจากการสรุปของพวกเขากับจำนวนดาวที่ได้จากการสรุปความคิดเห็นจากระบบก่อนจะประเมินความพึงพอใจด้านความสอดคล้องของการสรุปผ่านแบบสอบถาม โดยคำถามแต่ละข้อจะมีระดับความพึงพอใจ 1-5 จากนั้นผู้วิจัยจะนำแบบสอบถามทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยของคำถาม โดยใช้เกณฑ์ในการวัดค่าเฉลี่ยความพึงพอใจดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์ในการวัดระดับความพึงพอใจด้านความสอดคล้องของการสรุปความคิดเห็น

เชิงปริมาณ	เชิงคุณภาพ
4.51-5.00	ดีมาก
3.51-4.50	ดี
2.51-3.50	พอใช้
1.51-2.50	ปรับปรุง
1.00-1.50	ไม่เหมาะสม

ผลการประเมินแสดงในตารางที่ 3 พบว่าค่าความพึงพอใจด้านความสอดคล้องในการสรุปความคิดเห็นสำหรับคุณลักษณะด้านบริการและอาหารอยู่ในระดับดี ส่วนด้านอื่นๆ ที่เหลืออยู่ในระดับพอใช้

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความสอดคล้องในการสรุปผลระหว่างระบบกับผู้ใช้

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ	
	เชิงปริมาณ	เชิงคุณภาพ
ความสอดคล้องในการสรุปผลด้านการบริการ	3.68	ดี
ความสอดคล้องในการสรุปผลด้านบรรยากาศ	3.28	พอใช้
ความสอดคล้องในการสรุปผลด้านความสะดวก	2.87	พอใช้
ความสอดคล้องในการสรุปผลด้านราคา	3.04	พอใช้
ความสอดคล้องในการสรุปผลด้านอาหาร	3.52	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	3.27	พอใช้

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เสนอระบบวิเคราะห์และสรุปความคิดเห็นเกี่ยวกับร้านอาหารจากเว็บไซต์รีวิวโดยอัตโนมัติที่ใช้เทคนิคการตัดคำในประโยคโดยอาศัยฐานคำศัพท์ การวิเคราะห์ประเภทคำและรูปประโยคเพื่อหาความหมายเชิงบวกหรือเชิงลบของประโยคและนำมาคำนวณเป็นค่าคะแนนความพึงพอใจสำหรับปัจจัยด้านการบริการต่างๆ ในรูปแบบกราฟิก ผลการประเมินความพอใจด้านความสอดคล้องในการสรุปความคิดเห็นระหว่างระบบกับผู้ใช้ อยู่ในระดับพอใช้ ซึ่งเป็นผลมาจากข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาษาธรรมชาติในหลายประเด็นเช่น (1) ผู้ใช้แสดงความคิดเห็นโดยใช้รูปประโยคที่หลากหลายและบางครั้งไม่ถูกหลักไวยากรณ์ เช่น “เบคอนทอดมารอบกำลังดีและมีรสเค็มนิดๆจากเบคอน ลงตัวมากๆกับความหวานของเห็ด” จะเห็นว่าประโยคแรกเป็นภาษาพูดและประโยคที่สองมีการเรียงชนิดของคำไม่ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ (2) ความคิดเห็นบางประโยคเป็นแบบเชิงซ้อนและแบบอุปมาอุปมัยที่ไม่สามารถตีความได้โดยตรง เช่น “กินส้มตำร้านนี้แทบจะฟันไฟได้” เมื่อตีความแล้วจะหมายถึงเผ็ดมาก เป็นต้น ซึ่งข้อจำกัดเหล่านี้เป็นงานในอนาคตที่ผู้วิจัยต้องศึกษา ซึ่งได้แก่ การขยายขีดความสามารถของระบบให้สามารถวิเคราะห์ประโยคเชิงซ้อนได้ และการศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการวิเคราะห์รูปประโยคแบบต่างๆ เพื่อสนับสนุนการสกัดคำที่ถูกต้องและตรงความหมายของผู้ใช้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Feldman, R . (2013). “Techniques and Applications for Sentiment Analysis”, **Communications of the ACM**. 56(4), 82-89.
- [2] Hussein, D.-M.E.D.M. (2016). “A Survey on Sentiment Analysis Challenge”, **Journal of King Saud University Engineering Science** [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksues.2016.04.002>.
- [3] Phawattanakul, K and Luenam, P. (2556). “Opinion Mining from Online Social Networks”, **Modern Management Journal**. 11(2), 11-20.
- [4] Xia, R., Xu, F., Yu, J., Qi, Y and Cambria, E. (2016). “Polarity Shift Detection, Elimination and Ensemble: A three-stage model for document-level sentiment analysis”, **Information Processing and Management**. 52, 36-45.

- [5] Turney, P. D. (2002). “Thumbs Up or Thumbs Down ? Semantic Orientation Applied to Unsupervised Classification of Reviews”, In **Proceedings of the 40th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL)**. Association for Computational Linguistics. Pennsylvania: Association for Computational Linguistics Stroudsburg. 417-424.
- [6] Sangkeettrakarn. (n.d). **FANANLYTICS: Sentiment Analysis of Messages on Facebook Wall** [Online]. Available: <http://conan.in.th> [Accessed 12th January 2015].
- [7] Speech and Audio Technology Laboratory (SPT) National Electronic and Computer Center (NECTEC). (n.d) **S-Sense** [Online]. Available: <http://www.ssense.in.th/> [Accessed 12th February 2016].
- [8] Gavilanes, F, M., Lopez, A, T. and Martinez, J, J. (2016). “Unsupervised Method for Sentiment Analysis in Online Texts”, **Expert Systems with Applications**. 58, 57-75.
- [9] Prombut, N. and Temtanapat, Y. (2008). “Mining Opinion in Product Reviews : A Case Study of Mobile Phone Reviews”, In **The 12th National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC2008)**. 257-263.
- [10] Wonsri, W. (2010). **Opinion Mining System on Hotel Reviews (Research report)**. Bangkok: National Science and Technology development Agency, National Electronic and Computer Center.
- [11] Pang, B. and Lee, L. (2008). “Opinion Mining and Sentiment Analysis”, **Journal of the ACM**. 2, 1-135.
- [12] Wongsin, C., Srikarnjanaperd, N. and Polpinit, J. (2015). “Automatic Feeling Analysis from Opinion Text”, In **The 11th National Conference on Computing and Information Technology**. 1-6.
- [13] Haruechaiyasak, C. (2006). **LongLexto**. Tokenizing Thai texts using longest matching approach.
- [14] LEXiTRON. (2009). **LEXiTRON** [Online]. Available: http://lexitron.nectec.or.th/2009_1/ [Accessed 20th November 2015].
- [15] Lucene. (2010). **Lucene** [Online]. Available: <http://lucene.apache.org/java/docs/index.html> [Accessed 25th November 2015].

ผลกระทบของมาตรการความปลอดภัยในงานก่อสร้างต่อผลิตภาพ ของงานเหล็กเสริมเสา

Effect of Safety Measures on the Productivity of Column Reinforcement

สุนันท์ มนต์แก้ว^{1*} และธวัชชัย นวลเลิศปัญญา²

Sunun Monkaew^{1*} and Thawatchai Nawalerspunya²

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของมาตรการความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้าง โดยเลือกกรณีศึกษางานติดตั้งเหล็กเสริมเสาของอาคารแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร มาตรการความปลอดภัย สำหรับงานติดตั้งเหล็กเสริมเสานำมาใช้ประกอบด้วย (1) นั่งร้านมีความมั่นคงแข็งแรง (2) ทางเดินบนนั่งร้าน สะอาด และไม่ลื่น (3) ติดตั้งราวกันตกสูงไม่น้อยกว่า 0.90 เมตร (4) ติดตั้งบันไดขึ้น – ลง สำหรับทำงาน และ (5) คนงานสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมกับการทำงาน ผลการศึกษา พบว่า จากการนำ มาตรการความปลอดภัยในการทำงานมาใช้ในโครงการ ผลิตภาพแรงงานก่อนนำมามาตรการความปลอดภัยมาใช้ มีค่าเฉลี่ย 11.06 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง หลังจากนั้นมาตรการความปลอดภัยมาใช้มีค่าเฉลี่ย 8.80 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง ผลิตภาพแรงงานลดลงประมาณ 20.43 % ใช้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นประมาณ 13.18 % และค่าแรงงานเพิ่มขึ้น ประมาณ 13.32 %

คำสำคัญ: ความปลอดภัย มาตรการความปลอดภัย เหล็กเสริมเสา

Abstract

The purpose of this research is to study the effect of a safety measures provided for column reinforcement activity on productivity by studying a construction of buildings in Bangkok. The safety measures composed of (1) stable scaffolding system, (2) providing clean and not slip walkways on the scaffold, (3) installation of handrails not less than 0.90 meters in height, (4) installing stairs, and (5) providing personal protective equipment for workers. It was found that productivity rates for prior and after the used of safety measures were 11.06 and 8.80 kg. /person/hr., respectively. The productivity declines for approximately 20.43 %, the working time for column reinforcement could take longer for 13.18 % and labor cost could increase for 13.32 %.

Keywords: Safety, Safety Measures, Column Reinforcement

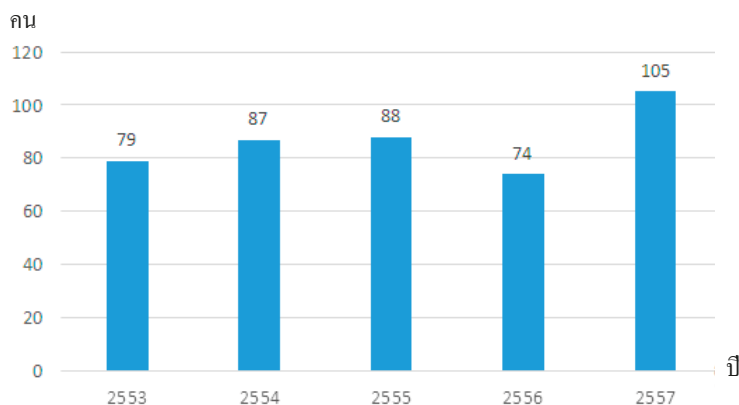
^{1,2} อ., สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ 10300

^{1,2} Instructor., Division of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamanagala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, 10300

* Corresponding author: E-mail address: sunun.m@rmutp.ac.th

บทนำ

ถึงแม้งานก่อสร้างจะมีวิวัฒนาการที่พัฒนาขึ้นในทุกๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านเทคโนโลยีเทคนิคการก่อสร้าง เครื่องมือ-เครื่องจักรสมัยใหม่ที่มีความทันสมัยและช่วยทุ่นแรง แต่ก็ยังคงพึ่งพาอาศัยแรงงานคนเป็นหลัก ในการขับเคลื่อนเพื่อให้งานแล้วเสร็จตามสัญญา จากการใช้แรงงานคนจำนวนมากย่อมมีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุในการทำงานเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับสถิติการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างที่มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี จากสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน จำแนกตามความรุนแรงและประเภทกิจการ พบว่า กิจการงานก่อสร้าง มีผู้ประสบอันตรายที่ระดับความรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตสูงเป็นอันดับที่ 2 [1] รองจากกิจการ การขนส่ง การคมนาคม จากข้อมูลสถิติย้อนหลัง 5 ปี ตั้งแต่ปี 2553 – 2557 [1] พบว่า คนงานก่อสร้างเสียชีวิต จำนวน 79, 87, 88, 74 และ 105 รายตามลำดับ สาเหตุหลักมาจากการตกจากที่สูง



ภาพที่ 1 สถิติการประสบอันตรายในการทำงานก่อสร้าง

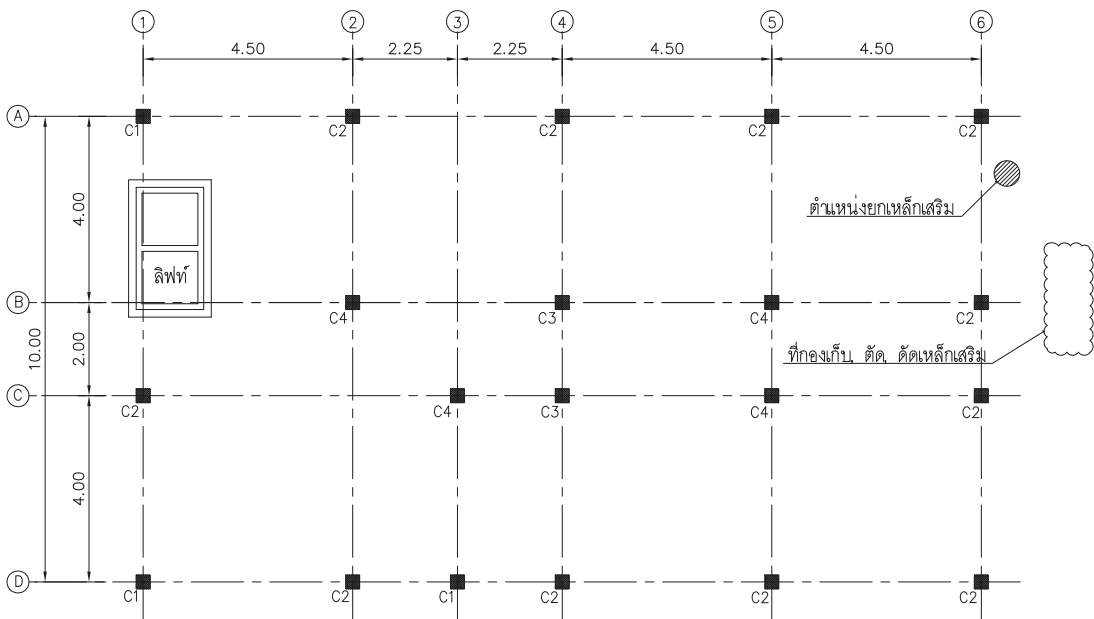
ในการทำงานก่อสร้างมีหลายๆ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภาพแรงงาน เช่น ขาดวัสดุเข้าหน้างาน [2] การออกแบบที่ยู่ยากซับซ้อน [3] คนงานไม่มาทำงาน [4] สภาพภูมิอากาศ [5] สถานการณ์ทางการเมือง [6] ความง่ายในการขนย้ายวัสดุ [7] ความสูงของอาคาร [8] และกิจกรรมงานที่ทำมาก่อนหน้าทำไม่ได้คุณภาพ [9] เป็นต้น ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ล้วนได้รับการศึกษาวิจัยมาแล้วทั้งสิ้น แต่การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของ มาตรการความปลอดภัยในการทำงานที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภาพแรงงานมีการศึกษาไว้ค่อนข้างน้อย ผู้วิจัยจึง สนใจที่จะศึกษาโดยเลือกงานติดตั้งเหล็กเสริมเสาเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากการติดตั้งเหล็กเสริมเสาส่วนใหญ่ ไม่ค่อยนำมาตรการความปลอดภัยในการทำงานมาใช้ดังภาพที่ 2 เป็นการทำงานติดตั้งเหล็กเสริมเสาที่มีความเสี่ยงที่จะ เกิดอุบัติเหตุค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอุบัติเหตุเนื่องจากการตกจากที่สูง เครื่องมือที่จะช่วยในการป้องกันอุบัติเหตุ ดังกล่าวได้คือการนำมาตรการความปลอดภัยมาใช้ในการทำงาน จากงานวิจัยที่ผ่านๆ มา พบว่า โครงการก่อสร้าง ที่นำระบบการจัดการความปลอดภัยในการทำงานมาใช้ในโครงการ สามารถลดการเกิดอุบัติเหตุและลดระดับ ความรุนแรงได้ [10] แต่โครงการก่อสร้างบางโครงการที่ไม่เคยนำมาตรการความปลอดภัยในการทำงานมาใช้ อาจจะส่งผลกระทบได้เช่น ทำให้ผลิตภาพแรงงานลดลงเนื่องจากคนงานไม่มีความคุ้นเคยกับมาตรการความปลอดภัย ในการทำงาน หรือทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเนื่องจากต้องลงทุนซื้ออุปกรณ์สำหรับมาตรการความปลอดภัยในการทำงาน เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาใช้ในการวางแผนงาน การประมาณราคาค่าแรงงาน และการจัดการเรื่องความปลอดภัย ในการทำงานก่อสร้างต่อไปในอนาคต



ภาพที่ 2 การทำงานติดตั้งเหล็กเสริมเสาที่ไม่ปลอดภัย

ขั้นตอนการทำงานติดตั้งเหล็กเสริมเสา

เริ่มจากช่างเหล็ก ตัด คัด เหล็กปลอก และเหล็กเสริมเสาขนาดและจำนวนตามแบบขยายที่กำหนด จากนั้นคนงานขนย้ายเหล็กเสริมไปยังตำแหน่งที่จะติดตั้ง ผูกเหล็กเสริมเสาจนครบตามจำนวนตามแบบขยาย ผูกเหล็กปลอกจนเสร็จ ย้ายไปติดตั้งเหล็กเสริมยังตำแหน่งอื่นต่อไป โดยเริ่มติดตั้งเหล็กเสริมเสาชั้นที่ 1 ที่ตำแหน่ง C1-1A, C2-1C และ เสา C1-1D ก่อน เมื่อติดตั้งเสร็จจะย้ายไปยังเสา C2-2A, C4-2B และ เสา C2-2D เมื่อติดตั้งเสร็จจะย้ายไปยังเสา C4-3C, C1-3D และ เสา C2-4A เมื่อติดตั้งเสร็จจะย้ายไปยังเสา C3-4B, C3-4C และ เสา C2-4D เมื่อติดตั้งเสร็จจะย้ายไปยังเสา C2-5A, C4-5B และ เสา C2-5D เมื่อติดตั้งเสร็จจะย้ายไปยังเสา C4-5C, C2-6A, C2-6B, C2-6C, และ C2-6D รวมติดตั้งเหล็กเสริมเสาจำนวน 20 ต้นต่อชั้นจากนั้นย้ายไปติดตั้งเหล็กเสริมเสาที่ชั้นที่ 2, 3 และ 4 ต่อไป ดังภาพที่ 3 ในการทำงานแต่ละวันมีคนงานทำงานจำนวน 3 ชุด 1 ชุดประกอบด้วย ช่างตัด คัดเหล็ก จำนวน 1 คน คนงานขนเหล็ก จำนวน 2 คน และคนงานผูกเหล็ก จำนวน 4 คน ในการทำงาน 1 วัน ใช้เวลาทำงาน 8 ชั่วโมงหรือ 480 นาที



ภาพที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งเหล็กเสริมเสาขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลแบบทางตรง โดยวัดปริมาณงานที่ทำได้ในแต่ละวันต่อจำนวนช่างและผู้ช่วย บันทึกลงในตารางการทำงาน ซึ่งข้อมูลที่ได้ประกอบด้วยจำนวนคนงาน สภาพภูมิอากาศ สาเหตุการหยุดงาน คุณภาพของงานที่ได้และปริมาณงานที่ทำได้ในแต่ละวัน และบันทึกข้อมูลโดยกล้องวิดีโอเพื่อช่วยในการตรวจสอบข้อมูลต่างๆ ในภายหลัง [9] จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ผล สรุปผล และจัดทำข้อเสนอแนะ งานวิจัยครั้งนี้ทำการเก็บข้อมูลค่าผลิตภาพแรงงาน 2 กรณี คือ (1) ผลิตภาพแรงงานก่อนที่จะมีการนำมาตรการความปลอดภัยในการทำงานมาใช้ โดยเก็บข้อมูลการติดตั้งเหล็กเสริมเสาชั้นที่ 1 และ 2 และ (2) ผลิตภาพแรงงานหลังจากมีการนำมาตรการความปลอดภัยในการทำงานมาใช้ โดยเก็บข้อมูลการติดตั้งเหล็กเสริมเสาชั้นที่ 3 และ 4

มาตรการความปลอดภัยในการทำงานติดตั้งเหล็กเสริมเสา

กระทรวงแรงงาน ได้ออกกฎกระทรวง เรื่องการกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับงานก่อสร้าง พ.ศ.2551 มีสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับงานติดตั้งเหล็กเสริมเสา 2 เรื่อง คือ (1) เชือก ลวดสลิงและรอก และ(2) การทำงานในสถานที่ที่มีอันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุ การพังทลาย และกระเด็นหรือตกลงของวัสดุ จากกฎหมายดังกล่าว สามารถสรุปและจัดทำมาตรการความปลอดภัยในการทำงานติดตั้งเหล็กเสริมเสาไว้กับงานวิจัยในครั้งนี้ ได้ดังนี้ (1) นั่งร้านมีความมั่นคงแข็งแรง (2) ทางเดินบนนั่งร้าน สะอาด และไม่ลื่น (3) ติดตั้งราวกันตกสูงไม่น้อยกว่า 0.90 เมตร (4) ติดตั้งบันไดขึ้น – ลง สำหรับทำงาน และ (5) คนงานสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมกับการทำงาน โดยการแต่งกายที่รัดกุม สวมหมวกนิรภัย ใส่รองเท้านิรภัย คาดเข็มขัดนิรภัย [9] รายละเอียดดังภาพที่ 4

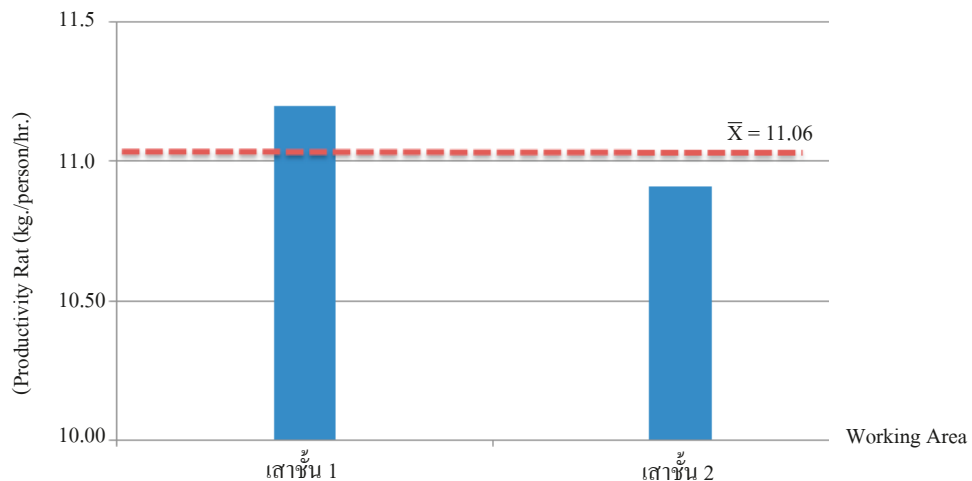


ภาพที่ 4 มาตรการความปลอดภัยในการทำงานติดตั้งเหล็กเสริมเสา

ผลการวิจัย

1. ผลภาพแรงงานเฉลี่ยก่อนนำมาตรการความปลอดภัยในการทำงานมาใช้ในโครงการ

จากการเก็บข้อมูลผลภาพแรงงานก่อนนำมาตรการความปลอดภัยมาใช้ในโครงการของงานติดตั้งเหล็กเสริมเสาชั้น 1 และ ชั้น 2 พบว่า ชั้น 1 ในการติดตั้งเหล็กเสริมเสา 391.35 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 299.85 นาที ผลภาพแรงงานมีค่าเฉลี่ยประมาณ 11.20 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง ชั้น 2 ในการติดตั้งเหล็กเสริมเสา 377.30 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 296.45 นาที ผลภาพแรงงานมีค่าเฉลี่ยประมาณ 10.91 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง ฉะนั้นผลภาพแรงงานเฉลี่ยก่อนนำมาตรการความปลอดภัยมาใช้ในโครงการมีค่าเฉลี่ยประมาณ 11.06 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง และใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 298.15 นาที นอกจากนั้นยังพบว่าผลภาพแรงงานชั้น 2 ลดลงประมาณร้อยละ 2.59 และใช้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 2.48 สาเหตุหลักมาจากการขนส่งเหล็กเสริมมายังตำแหน่งที่จะติดตั้ง รายละเอียดดัง ภาพที่ 5 และตารางที่ 1



ภาพที่ 5 ผลภาพแรงงานเฉลี่ยก่อนนำมาตรการความปลอดภัยมาใช้

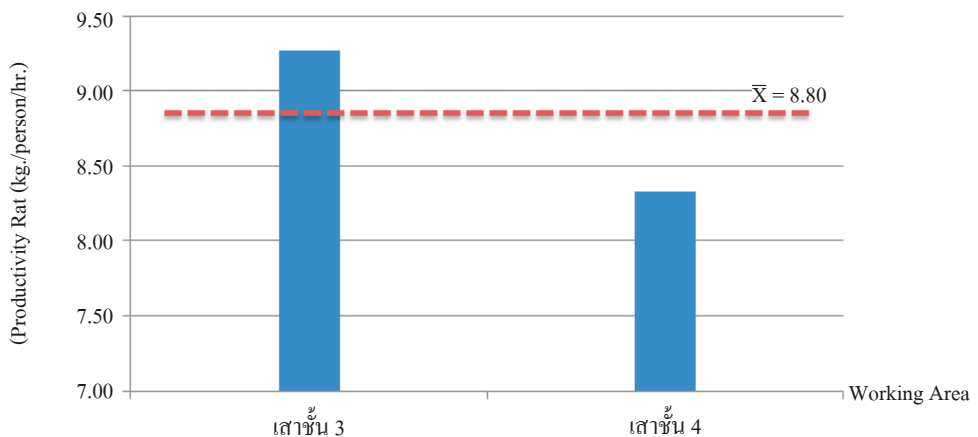
ตารางที่ 1 ผลภาพแรงงานเฉลี่ยก่อนนำมาตรการความปลอดภัยมาใช้

รายละเอียด	หน่วย	เสาชั้น 1	เสาชั้น 2	ค่าเฉลี่ย	หมายเหตุ
ปริมาณเหล็กเสริม	กก.	391.35	377.30	336.88	-
เวลาที่ใช้	นาที	299.85	296.45	298.15	+2.48 %
ผลภาพแรงงาน	กก./คน/ชม.	11.20	10.91	11.06	- 2.59 %

2. ผลภาพแรงงานเฉลี่ยหลังนำมาตรการความปลอดภัยในการทำงานมาใช้ในโครงการ

จากการเก็บข้อมูลผลภาพแรงงานหลังจากนำมาตรการความปลอดภัยมาใช้ในโครงการของงานติดตั้งเหล็กเสริมเสาชั้น 3 และ ชั้น 4 พบว่า ชั้น 3 ในการติดตั้งเหล็กเสริมเสา 339.40 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 313.65 นาที ผลภาพแรงงานมีค่าเฉลี่ยประมาณ 9.27 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง ชั้น 4 ในการติดตั้งเหล็กเสริมเสา 195.20 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 204.05 นาที ผลภาพแรงงานมีค่าเฉลี่ยประมาณ

8.33 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง ฉะนั้นผลิตภาพแรงงานเฉลี่ยหลังจากนำมาตรการความปลอดภัยมาใช้ในโครงการมีค่าเฉลี่ยประมาณ 8.80 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง และใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 258.85 นาที นอกจากนั้นยังพบว่าผลิตภาพแรงงานชั้น 4 ลดลงประมาณร้อยละ 10.14 และใช้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 34.94 ซึ่งสาเหตุหลักที่ทำให้ผลิตภาพแรงงานลดลงและใช้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นมาจากใช้เวลาในการติดตั้งมาตรการความปลอดภัยในการทำงานและการขนส่งเหล็กเสริมมายังตำแหน่งที่จะติดตั้ง รายละเอียดดัง ภาพที่ 6 และตารางที่ 2



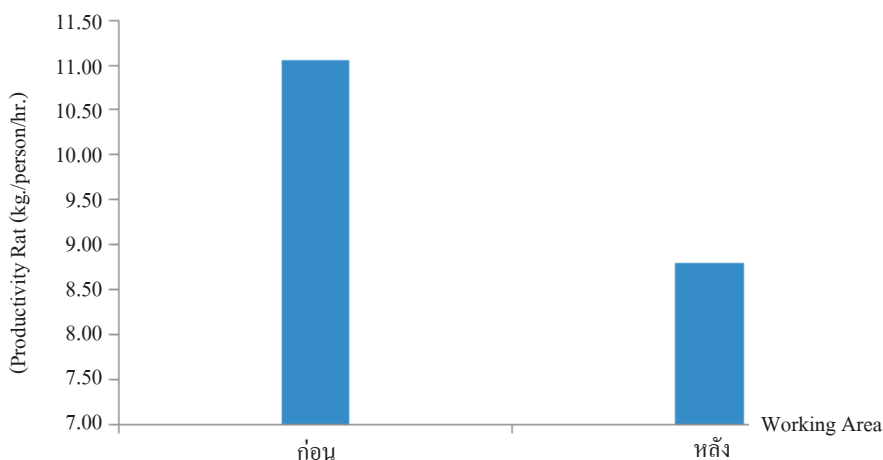
ภาพที่ 6 ผลิตภาพแรงงานเฉลี่ยหลังจากนำมาตรการความปลอดภัยมาใช้

ตารางที่ 2 ผลิตภาพแรงงานเฉลี่ยหลังจากนำมาตรการความปลอดภัยมาใช้

รายละเอียด	หน่วย	เสาชั้น 3	เสาชั้น 4	ค่าเฉลี่ย	หมายเหตุ
ปริมาณเหล็กเสริม	กก.	339.40	195.20	267.30	-
เวลาที่ใช้	นาที	313.65	204.05	258.85	+ 34.94 %
ผลิตภาพแรงงาน	กก./คน/ชม.	9.27	8.33	8.80	- 10.14 %

3. ผลกระทบของมาตรการความปลอดภัยในการทำงานติดตั้งเหล็กเสริมเสา

จากการศึกษา พบว่า ผลิตภาพแรงงานของงานติดตั้งเหล็กเสริมเสา ก่อนนำมาตรการความปลอดภัยในการทำงานมาใช้ในโครงการ มีค่าเฉลี่ยประมาณ 11.06 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง (รายละเอียด ดังตารางที่ 1) และผลิตภาพแรงงานของงานติดตั้งเหล็กเสริมเสา หลังจากนำมาตรการความปลอดภัยในการทำงานมาใช้ในโครงการ มีค่าเฉลี่ยประมาณ 8.80 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง (รายละเอียด ดังตารางที่ 2) ผลิตภาพแรงงานลดลงประมาณร้อยละ 20.43 และใช้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 13.18 รายละเอียด ดังภาพที่ 7 และตารางที่ 3



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบผลิตภาพแรงงานก่อนและหลังจากนำมามาตรการความปลอดภัยมาใช้

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลิตภาพแรงงานก่อนและหลังจากนำมามาตรการความปลอดภัยมาใช้

รายละเอียด	ผลิตภาพแรงงานเฉลี่ย (กก./คน/ชม.)	ค่าเฉลี่ยเวลาในการทำงาน (นาที)
ก่อนนำมามาตรการมาใช้	11.06	298.15
หลังนำมามาตรการมาใช้	8.80	258.85
ผลต่าง	-20.43 %	+13.18 %

จากผลกระทบดังกล่าวหากพิจารณาถึงค่าแรงงานที่เพิ่มขึ้น โดยประมาณการจากค่าแรงในการทำงานติดตั้งเหล็กเสริมเสา ในการทำงานแต่ละวันใช้เวลาทำงานเท่ากับ 8 ชั่วโมง ชุดทำงานติดตั้งเหล็กเสริมเสาประกอบด้วยคนงาน 6 คน ค่าแรงงาน คนละ 300 บาท และหัวหน้าช่าง 1 คน ค่าแรงงาน 400 บาท รวมค่าแรงงานเท่ากับ 2,200 บาท/8 ชั่วโมง หรือ 36.67 บาท/ ชั่วโมง ผลิตภาพแรงงานของงานติดตั้งเหล็กเสริมเสา ก่อนนำมามาตรการความปลอดภัยในการทำงานมาใช้ในโครงการ มีค่าเฉลี่ยประมาณ 11.06 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง ทำให้ค่าแรงงานมีค่าเท่ากับ 3.32 บาท/กิโลกรัม และผลิตภาพแรงงานของงานงานติดตั้งเหล็กเสริมเสา หลังจากนำมามาตรการความปลอดภัยในการทำงานมาใช้ในโครงการ มีค่าเฉลี่ยประมาณ 8.80 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง ทำให้ค่าแรงงานมีค่าเท่ากับ 3.83 บาท/กิโลกรัม ค่าแรงงานเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 13.32

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุในการทำงาน พบว่า ในการทำงานติดตั้งเหล็กเสริมเสา เกิดอุบัติเหตุขึ้นบ่อย แต่ระดับความรุนแรงไม่มากนัก ไม่ถึงขั้นต้องหยุดพักงาน ส่วนใหญ่เกิดจากลวดดำมือ เหล็กหนีบมือ ลวดเกี่ยวแขนและขา เกิดขึ้นทั้งหมด 5 ครั้ง หลังจากนำมามาตรการความปลอดภัยมาใช้ในโครงการ พบว่าไม่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น

สรุปผล

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของมาตรการความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้าง โดยเลือกศึกษางานติดตั้งเหล็กเสริมเสาของโครงการก่อสร้างอาคารในเขตกรุงเทพมหานคร จากการศึกษาพบว่า ก่อนนำมาตราความปลอดภัยในการทำงานมาใช้ในโครงการ ในการติดตั้งเหล็กเสริมเสา 336.88 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 298.15 นาที ผลผลิตภาพแรงงานมีค่าเฉลี่ยประมาณ 11.06 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง หลังจากนำมาตราความปลอดภัยในการทำงานมาใช้ในโครงการ ในการติดตั้งเหล็กเสริมเสา 267.30 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ยประมาณ 258.85 นาที ผลผลิตภาพแรงงานมีค่าเฉลี่ยประมาณ 8.80 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง ผลผลิตภาพแรงงานลดลงประมาณ ร้อยละ 20.43 ใช้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นประมาณ ร้อยละ 13.18 และค่าแรงงานเพิ่มขึ้นประมาณ ร้อยละ 13.32 แสดงว่ามาตรการความปลอดภัยในการทำงานส่งผลกระทบต่อผลผลิตภาพแรงงาน สาเหตุเกิดจากคนงานไม่มีความคุ้นเคยกับมาตรการความปลอดภัยในการทำงานและใช้เวลาในการติดตั้งมาตรการความปลอดภัยในการทำงาน นอกจากนี้สิ่งที่ค้นพบจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับมาตรการความปลอดภัยในการทำงาน คือ การขนส่งวัสดุในการทำงาน เช่น เหล็กเสริมเสา เหล็กปลอก และอุปกรณ์สำหรับ มาตรการความปลอดภัยในการทำงาน เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตภาพ เนื่องจากโครงการที่ศึกษาวิจัย ในครั้งนี้เลือกวิธีการขนส่งวัสดุในการทำงานที่หน้างานโดยใช้แรงงานคนแทนการใช้เครนหรือโม่ขายเครน ทำให้ การขนส่งวัสดุทำได้ล่าช้าและขนได้ปริมาณน้อย ทำให้เกิดการรอคอยวัสดุ และส่งผลให้ผลผลิตภาพแรงงานลดลง

ข้อเสนอแนะ

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตภาพแรงงานจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ทำให้ผลผลิตภาพแรงงานลดลง เนื่องจาก 3 ปัจจัยหลัก คือ (1) ผลกระทบเนื่องจากการนำมาตราความปลอดภัยมาใช้ในการทำงาน (2) ความสูงในการทำงาน และ (3) การขนย้ายวัสดุ งานวิจัยที่จะทำต่อจากนี้ควรแยกศึกษาผลกระทบทั้ง 3 กรณี โดยอยู่บนพื้นฐานเดียวกัน เช่น เก็บข้อมูลในเสาชั้นเดียวกันทั้ง 2 กรณี จะทำให้ได้ข้อมูลเรื่องผลกระทบของมาตรการความปลอดภัยในการทำงานที่ถูกต้องมากขึ้น นอกจากนั้นควรศึกษาการเรียนรู้และประสิทธิภาพของมาตรการความปลอดภัยในการทำงานเพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Social Security Office. **Statistics Social Security Office**. Search on August 1, 2016 1, from [http:// www.sso.go.th](http://www.sso.go.th).
- [2] Kadir A., Lee W.P., Jaafer M.S., Supuan S.M. and Ali A. A. A. (2005). “Factors Affecting Construction Labour Productivity for Malaysian Residential Projects”, **Structural Survey**. 23(1), 42 – 54.
- [3] Jarkas, A. and Bitar, C. (2012). “Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait. **Journal of Construction Engineering and Management**”, 138(7), 811 – 820.
- [4] Kaming, P., Olomolaiye, P., Holt, G. and Harris, F. (1997). “Factors Influencing Craftsmen’s Productivity in Indonesia”, **International Journal of Project Management**. 15(1), 21–30.

- [5] Zakeri, M., Olomolaiye, P., Holt, G. and Harris, F. (1996). “A Survey of Constraints on Iranian Construction Operatives Productivity”, **Construction Management and Economics**. 14(5), 417-426.
- [6] Ibrahim Mahamid. (2013). “Principal Factors Impacting Labor Productivity of Public Construction Projects in Palestine: Contractors’ Perspective”, **Journal of Architecture Engineering and Construction**. 2(3), 194-202.
- [7] El - Gohary, k. and Aziz, R. (2014). “Factors Influencing Construction Labor Productivity in Egypt”, **Journal of Management in Engineering**. 30(1), 1-9.
- [8] Ungnaparat, T. (2005). **Impact on Productivity in Construction from Increasing or Decreasing in Difficulty**. Master of Engineering. Bangkok: King Mongkut’s Institute of Technology North Bangkok.
- [9] Monkaew, M., Nawalerspunya, T. and Taemthong, W. (2015). “Effect of Safety Measures to Construction Productivity for Wall Plastering Activity”, **Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal**. 8(1), 79-91.
- [10] Syed, M., Jack, Chu. and Lerrick, Tui. (2000). “Site Safety Management in Hong Kong”, **Journal of Management in Engineering**. 16(6), 34-42.

การวิเคราะห์ค่าความเค้นของเพลากีร้ขัรบท้ายของรถขุดไฟฟ้า ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Stress Analysis of Final Drive Pinion Shaft of Electric Shovel Through The Use of FEM

ศิวะ สิทธิพงษ์^{1*}, ประภาส เมืองจันทร์บุรี², เจริญยุทธ เดชวายุกุล³, ณรงค์ฤทธิ์ โทธรรัตน์⁴ และชัยยุทธ มิงงาม⁵
Siva Sitthipong^{1*}, Prapas Muangjunburee², Charoenyut Dechwayukul³, Narongrit Totarat⁴ and Chaiyoot Meengam⁵

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ผลรายละเอียดเกี่ยวกับการชำรุดของเพลากีร้ขัรบท้ายของรถขุดไฟฟ้า หลังจากตรวจพินิจผิวรอยแตกซึ่งชี้ชัดว่าการแตกส้าเกิดจากภาระบิดค้ด รอยแตกส้าเริ่มต้นที่บริเวณบ้าเพลาลัง การพิจารณาระบบส่งกำลัง แรงบิดและแรงค้ดที่กระทำต่อเพลาลังใช้คำนวณหาค่าความเค้นที่ทำให้เพลาลังชำรุด การวิเคราะห์ความเค้นใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) และผลลัพธ์จะนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี มีการประเมินขีดจำกัดความแข็งแรงส้า ค่าความปลอดภัย และการประมาณอายุการล้าเหตูของการชำรุดถูกตรวจสอบและได้ข้อสรุปว่าการแตกหักเกิดขึ้นเนื่องจากการออกแบบที่ผิดพลาดหรือจากกระบวนการผลิตทำร้คมีบ้าเพลาด้าเกินไป ในบทสรุป การเปลี่ยนแปลงของร้คมีที่มีผลต่อการกระจายความเค้นถูกอธิบายด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

คำสำคัญ: เพลากีร้ขัรบท้าย การชำรุดจากการล้า ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ การประเมินอายุ

¹ นักวิชาการมาตรฐานวิชาชีพชำนาญการ สำนักบริหารคุณวุฒิวิชาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน) หน่วยงานรัฐภายใต้กำกับดูแลของนายกรัฐมนตรี กรุงเทพฯ 10900

² ผศ., ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

³ รศ., ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

⁴ วิศวกรวิชาชีพ เหมืองแม่เมาะ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ลำปาง 52220

⁵ อ., โปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สงขลา 90000

¹ Academic of Profession Standard: Professional level , Bureau of Professional Qualification System Management, Thailand Professional Qualification Institute, Public Organizations under Supervision of Prime Minister's Office, Bangkok 10900.

² Asst. Prof., Department of Mining and Materials Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110

³ Assoc. Prof., Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110

⁴ Professional Engineer, Mae-Moe Mine, Electricity Generating Authority of Thailand, Lampang, 52220

⁵ Lecturer, Program of Engineering, Faculty of Industrial Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla, 90000

* Corresponding author: E-mail address: sitthipong85@gmail.com Tel. 083-1951382

Abstract

In this research failure analysis of final pinion shaft is analyzed in detail. After visual investigation of the fracture surface it is indicated that fracture occurred due to torsional-bending fatigue. Fatigue crack has initiated at the fillet shoulder. When considering power transmission systems, bending and torques acting on the shaft are determined; stresses occurring at the failure surface are calculated. Stress analysis is also carried out by using finite element method (FEM) and the results are compared with the calculated values. Endurance limit and fatigue safety factor is evaluated, fatigue cycle analysis of the shaft is estimated. Reason for failure is investigated and it can be concluded that fracture occurred due to faulty design or manufacturing of the fillet shoulder (low radius of curvature at shoulder). In conclusion, effect of change in radius of curvature on stress distribution is explained by using FEM

Keywords: Final Pinion Shaft, Fatigue Failure, Finite Element Method, Life Assessment.

บทนำ

รถขุดไฟฟ้าหือ P&H รุ่น 2100BL ในภาพที่ 1 เป็นเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ของการไฟฟ้าเหมืองแม่เมาะ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สำหรับใช้ขุดถ่านหินลิกไนต์ มีจำนวน 6 คัน ขนาดของบั้งก็ 11 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 4 คัน และ 14 ลูกบาศก์เมตรจำนวน 2 คัน ราคาต่อคันสูงถึง 350 ล้านบาทเนื่องจากเป็นเครื่องจักรนำเข้า และมีเทคโนโลยีเฉพาะ อะไหล่และชิ้นส่วนต่างๆ ต้องซื้อจากบริษัทผู้ผลิตซึ่งมีราคาแพง ในแต่ละปีสูญเสียงบประมาณค่าใช้จ่ายด้านอะไหล่ สูงถึง 15-20 ล้านบาท บ่อยครั้งพบว่ารถขุดต้องหยุดการทำงานอย่างกะทันหัน โดยมีสาเหตุมาจากการชำรุดของเพลากีโย่ในระบบส่งกำลังขับเคลื่อนตะขบดังแสดงในภาพที่ 2 มีความเป็นไปได้จากการศึกษาลักษณะการทำงานประกอบกับการตรวจพินิจผิวรอยแตกว่าเพลานี้เข้าสู่กลไกการล้างานวิชัยนี้ จึงจะพิสูจน์สาเหตุการชำรุดเชิงกลด้วยหลักฐานคือค่าความเค้นล้าตำแหน่งต่างๆ [1-7] โดยเฉพาะบริเวณความเข้มข้นความเค้นของเพลากีโย่ขั้วท้ายของรถขุด



ภาพที่ 1 รถขุดไฟฟ้าหือ P&H รุ่น 2100BL

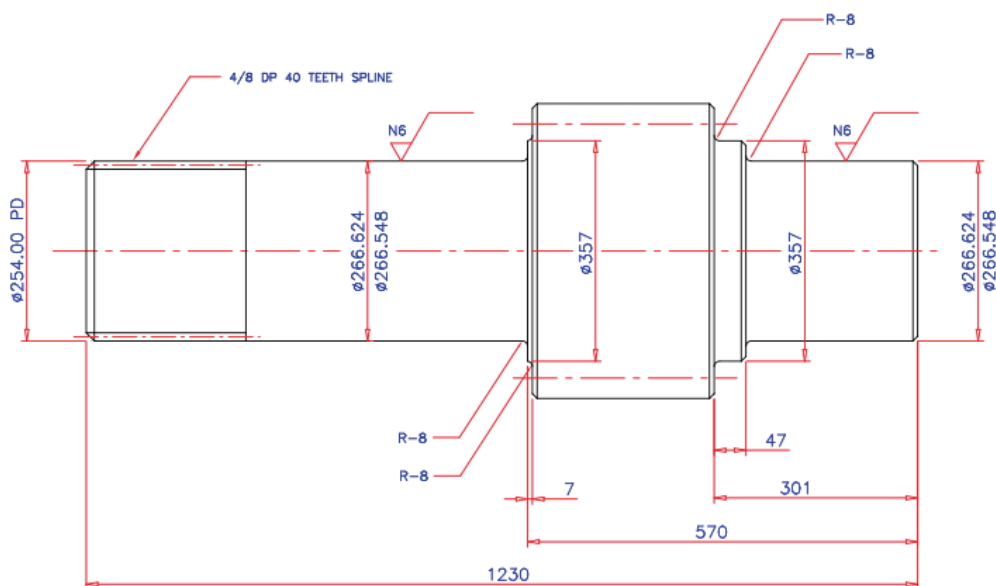


ภาพที่ 2 ระบบส่งกำลังขับเคลื่อนตะขบ

วิธีการวิจัย

ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิของเพลากีโยร์ข้อเท้า

การศึกษาค้นคว้าข้อมูลของเพลากีโยร์ข้อเท้าจะใช้วิธีการเฝ้าสังเกตการณ์และจดบันทึก การเก็บรายละเอียดแบบจำลองเพลากีโยร์ ดังแสดงในภาพที่ 3 ข้อมูลเชิงเทคนิคที่จำเป็นต่อการคำนวณจะถูกตรวจวัดและนำมาวิเคราะห์อย่างเป็นระบบและทวนสอบประวัติข้อมูลบำรุง



ภาพที่ 3 ข้อมูลเชิงเทคนิครายละเอียดแบบจำลองเพลากีโยร์

วิเคราะห์ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลากีโยร์ข้อเท้าด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

การวิเคราะห์ค่าความเค้นของเพลากีโยร์ข้อเท้าด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์นั้น ในงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ชื่อ Patran และ Nastran ในการประมวลผล โดยเริ่มต้นจากการแปลงไฟล์ CAD เป็น Para solid file สกุล .xmt เพื่อนำเข้าแบบจำลองชิ้นงานและตรวจสอบความสมบูรณ์ ทำการตีเมชให้กับชิ้นงาน โดยพิจารณาเลือกใช้รูปร่างเอลิเมนต์ที่เหมาะสมซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้รูปร่างเอลิเมนต์แบบ Tet 10 (พีระมิด 4 หน้า 10 จุดต่อ) ซึ่งเหมาะใช้กับชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน และควบคุมเมชให้ละเอียดเป็นพิเศษบริเวณความเข้มข้นความเค้น กำหนดภาระแรงและเงื่อนไขการจับยึดให้ถูกต้องหลักวิศวกรรม ป้อนข้อมูลสมบัติวัสดุเหล็กกล้าผสมต่ำทนแรงดึงสูงเกรด AISI4340 จากนั้นเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์

ทดสอบความแข็งแรงล้าของวัสดุผลิตเพลากีโยร์ข้อเท้า

นำเหล็กกล้าผสมต่ำทนแรงดึงสูงเกรด AISI 4340 ที่ใช้ผลิตเพลากีโยร์ข้อเท้ามาทดสอบความแข็งแรงล้าตามมาตรฐาน ASTM E739-91 [8] ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงล้าแบบคานหมุนและบันทึกผลการทดลอง

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิของเพลากีเยอร์ขับเคลื่อน

การศึกษาระบบส่งกำลังขับเคลื่อนของรถจักรยานไฟฟ้าพบว่าเพลากีเยอร์ขับเคลื่อนเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลหลักซึ่งรับภาระวัฏจักรตลอดเวลาใช้งาน การส่งถ่ายกำลังขับเคลื่อนของระบบส่งกำลังขับเคลื่อนของรถจักรยานไฟฟ้าจากมอเตอร์ขับเคลื่อนขนาด 175 แรงม้าความเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที ผ่านเกียร์ 19 ฟัน ไปยังฟันที่ 39 ฟัน ดังแสดงในภาพที่ 4 สมการทั่วไปของ Gear train ได้แก่สมการที่ (1) ใช้หาทอร์กหรือแรงบิด (T) ต้องทราบกำลัง (P) และความเร็วเชิงมุม (ω) สมการที่ (2) แสดงความสัมพันธ์อัตราทดของความเร็วรอบ (N) กับจำนวนฟันเกียร์ (n)

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$\frac{P(\text{hp})}{N(\text{rev/min})} \times \frac{550(\text{lb.ft/sec})}{1.0(\text{hp})} \times \frac{1.0(\text{rev})}{2\pi(\text{rad})} \times \frac{60\text{sec}}{\text{min}} \times \frac{12\text{in}}{\text{ft}}$$

$$T = 63000 \frac{P}{N} \text{ lbs.in} \quad (1)$$

$$N_3 = \frac{N_2}{N_3} n_2 \quad (2)$$

การคำนวณการส่งถ่ายกำลังการเคลื่อนที่และแรงบิดจากชุดเกียร์ที่ 1 ผ่านชุดเกียร์ที่ 2 ไปยังชุดเกียร์ที่ 3 แสดงในสมการที่ (3) ถึงสมการที่ (8) ตามลำดับ

เพลากีเยอร์ชุดที่ 1

$$N = \frac{450 \times 19}{190} = 45\text{RPM} \quad (3)$$

$$T = \frac{63,000 \times 175}{45} = 245,000 \text{ lbs.in} = 27,681 \text{ N.m} \quad (4)$$

เพลากีเยอร์ชุดที่ 2

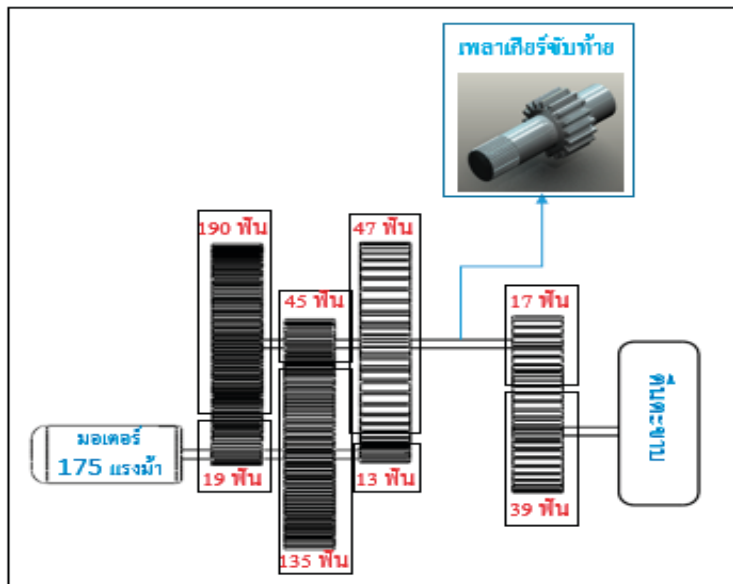
$$N = \frac{45 \times 45}{135} = 15\text{RPM} \quad (5)$$

$$T = \frac{63,000 \times 175}{15} = 735,000 \text{ lbs.in} = 83,044 \text{ N.m} \quad (6)$$

เพลากีเยอร์ชุดที่ 3

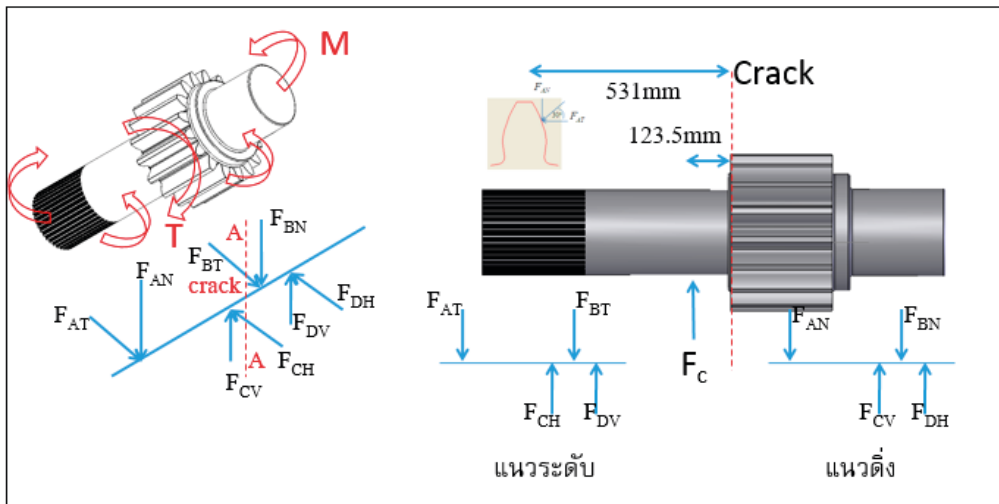
$$N = \frac{15 \times 13}{47} = 4.15\text{RPM} \quad (7)$$

$$T = \frac{63,000 \times 175}{4.15} = 2,656,627 \text{ lbs.in} = 300,185 \text{ N.m} \quad (8)$$



ภาพที่ 4 การส่งถ่ายกำลังขับเคลื่อนของระบบส่งกำลังขับเคลื่อนท้ายของรถชุด

การคำนวณภาระโหลดจากเกียร์ชุดที่ถ่ายทอดลงสู่เพลา ณ ตำแหน่งที่เพลาขาดอ้างอิงเงื่อนไขขอบเขตและแรงกระทำจากแผนภาพแรงในภาพที่ 5 แรงกระทำที่ฟันเกียร์ 2 แนวแกนสร้างโมเมนต์ตัด 4 ชุดรวม 760,743 นิวตันเมตร โมเมนต์บิด 300,158 นิวตันเมตร ดังแสดงในสมการที่ (9) – (19) แอมพลิจูดความเค้นวัฏจักรขนาด 440 เมกะปาสกาล ขั้นตอนการคำนวณความเค้นวัฏจักรแสดงในสมการที่ (20) – (27)



ภาพที่ 5 แผนภาพแรง

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4 ประกอบ แรงที่ส่งถ่ายจากกีเยร์สู่พีเนียนมี 2 จุด แยกเป็น 4 แนวแกน

$$F_{AT} = \frac{2T}{r} = \frac{2(300,158)}{0.254} = 2,363,449 \text{ N} \quad (9)$$

$$F_{AN} = F_{AT} \tan 30 = 1,364,538 \text{ N} \quad (10)$$

$$F_{BT} = \frac{2T}{r} = \frac{2(300,158)}{0.4318} = 1,390,538 \text{ N} \quad (11)$$

$$F_{BN} = F_{BT} \tan 30 = 802,669 \text{ N} \quad (12)$$

สมมูลโมเมนต์ดัด (M) แนวระดับหาแรง F_{CV}

$$\begin{aligned} \sum M_{dH} &= 0 \\ F_{AT}(X) + F_{BT}(Y) - F_{CV}(Z) &= 0 \\ 2,363,449(0.9705) + 1,390,264(0.305) - F_{CV}(0.563) &= 0 \\ F_{CV} &= 4,827,278 \text{ N} \end{aligned} \quad (13)$$

สมมูลโมเมนต์ดัด(M)แนวค้งหาแรง F_{CH}

$$\begin{aligned} \sum M_{dV} &= 0 \\ F_{AN}(X) + F_{BN}(Y) - F_{CH}(Z) &= 0 \\ 1,364,538(0.9705) + 802,669(0.305) - F_{CH}(0.563) &= 0 \\ F_{CV} &= 2,787,030 \text{ N} \end{aligned} \quad (14)$$

ย้ายแรงกระทำทั้ง 4 จุด มายังตำแหน่งบ่าเพลากีเยร์ที่ต้องการศึกษา ก่อเกิดโมเมนต์ดัด (M) 4 ค่า

$$M_1 = 2,363,449(0.531) = 1,254,991 \text{ N.m} \quad (15)$$

$$M_2 = 1,364,537.812(0.531) = 724,569.6 \text{ N.m} \quad (16)$$

$$M_3 = 4,827,278(0.1235) = 596,186.9 \text{ N.m} \quad (17)$$

$$M_4 = 344,198.2(0.1235) = 344,198.2 \text{ N.m} \quad (18)$$

คำนวณ โมเมนต์ดัดรวม

$$M = \sqrt{(M_1 - M_3)^2 + (M_2 - M_4)^2} = 760,743 \text{ N.m} \quad (19)$$

คำนวณความเค้นดัด (σ) เหนือ (τ) สถิตย ค่าสูงสุด (max) ต่ำสุด (min)

$$\sigma_{\max}, \sigma_{\min} = \frac{16}{\pi d^3} [M \pm \sqrt{(M)^2 + (T)^2}] = 424.3 - 15.3 \text{ MPa} \quad (20)$$

$$\tau_{\max}, \tau_{\min} = \frac{16}{\pi d^3} [M \pm \sqrt{(M)^2 + (T)^2}] = \pm 220 \text{ MPa} \quad (21)$$

คำนวณความเค้นดัดเฉือนแอมพลิจูด (σ_a , τ_a) และความเค้นเฉลี่ย (σ_m , τ_m) ภาระวัฏจักร

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = 219.8 \text{ MPa} \quad (22)$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = 204.5 \text{ MPa} \quad (23)$$

$$\tau_a = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2} = 219.8 \text{ MPa} \quad (24)$$

$$\tau_m = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2} = 0 \text{ MPa} \quad (25)$$

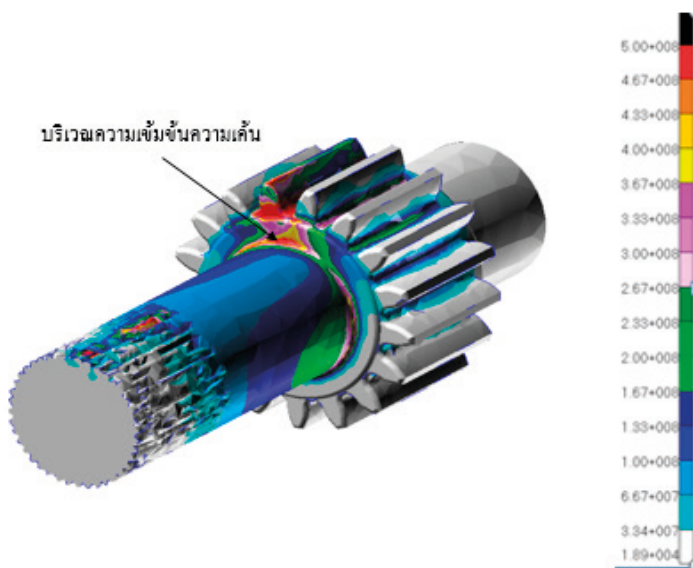
คำนวณความเค้นแอมพลิจูด ($\sigma_{a,e}$) และความเค้นเฉลี่ย ($\sigma_{m,e}$) ภาระวัฏจักรรวม

$$\sigma_{a,e} = \sqrt{(\sigma_a^2 + 3\tau_a^2)} = 440 \text{ N.m} \quad (26)$$

$$\sigma_{m,e} = \sqrt{(\sigma_m^2 + 3\tau_m^2)} = 204 \text{ N.m} \quad (27)$$

ผลการวิเคราะห์ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลากีโยร์ข้อท้ายด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์

การศึกษาการกระจายตัวของค่าความเค้นด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมให้ผลดังแสดงในภาพที่ 6 ค่าความเค้นสูงสุดที่วิเคราะห์ได้อยู่บริเวณบ่าเพลามีค่า 433 เมกะปาสคาล ซึ่งใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎีที่คำนวณได้ ณ ตำแหน่งเดียวกันคือ 440 เมกะปาสคาล เมื่ออ้างอิงกับทฤษฎีความเข้มข้นความเค้นของ Peterson [9] ตารางที่ 6-1 Shoulder Fillet in Stepped Circular Shaft พบว่าการประเมิน K_t ความเค้นภาระรวมด้วยทฤษฎีของ Peterson ยังไม่เหมาะสม เนื่องจากทฤษฎีของ Peterson คิด K_t แบบแยกภาระ คือ k ภาระบิด และ K_t ภาระดัด ของบ่าเพลาลังแต่กรณี multi-axial load ไม่มีกล่าวอ้างถึงด้วยวิธีการตรง การศึกษานี้เพียงพอที่จะชี้ให้เห็นแนวโน้มของความเข้มข้นความเค้นที่เป็นอยู่และนำไปสู่การปรับปรุงบริเวณที่มันยยะสำคัญ



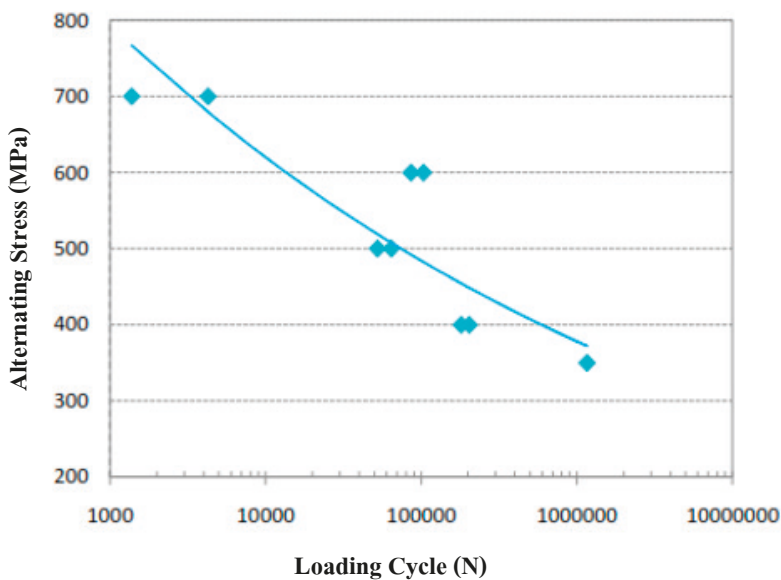
ภาพที่ 6 การกระจายตัวของค่าความเค้น

ผลการทดสอบความแข็งแรงล้าของวัสดุผลิตเพลากีโยร์ขั้วท้าย

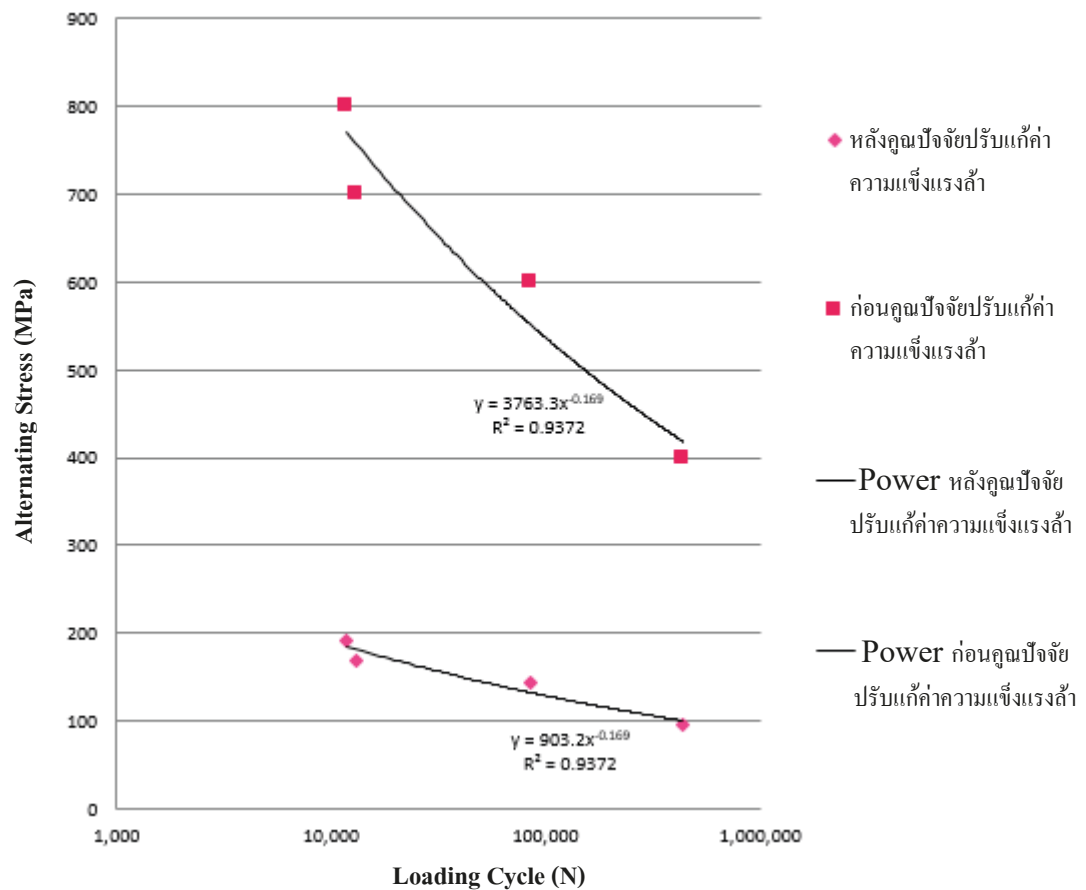
การทดสอบความแข็งแรงล้าของเหล็กกล้าผสมต่ำทนแรงดึงสูงเกรด AISI 4340 ที่ความเค้นแตกต่างกัน 6 ค่า แต่ละค่าทดสอบ 6 ซ้ำ โดยทดสอบความแข็งแรงล้าแบบหมุนตัดกระทั้งชิ้นงานขาด โดยชิ้นงานมีค่าความแข็งแรงดึง 1044 เมกะปาสคาล และความแข็งแรงคราก 918 เมกะปาสคาล นำข้อมูลมาพล็อตกราฟ S-N Curve ได้ขีดจำกัดความแข็งแรงล้าที่ล้านรอบมีค่า 355 เมกะปาสคาล ดังแสดงในภาพที่ 7 ด้วยแผนภาพนี้สามารถยืนยันได้ว่าขนาดความเค้น 440 เมกะปาสคาลของเพลากีโยร์ขั้วท้ายทำให้เพล่าเข้าสู่กลไกการล้าอายุการล้าประมาณได้จากสมการที่ (28), (29) Basquin Power Law [10] ซึ่งมาจากกราฟการทดสอบความแข็งแรงล้าแปลงเป็นกราฟกำลังสองน้อยสุดดังแสดงในภาพที่ 8 แสดงไว้สองเส้น เส้นบนคือเส้นปกติส่วนเส้นล่างคือเส้นล่างคือเส้นที่ปรับแต่งแฟกเตอร์ประกอบการล้าค่า 0.24

$$A = \sigma_R N_R^B \quad (28)$$

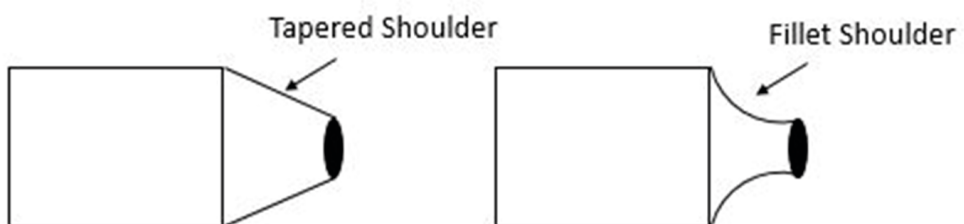
$$N = 10^{\frac{1}{-0.16919}(\log \sigma - \log 903.2)} \quad (29)$$



ภาพที่ 7 S-N Curve ของเหล็กกล้าผสมต่ำทนแรงดึงสูง AISI 4340



ภาพที่ 8 S-N Curve กรณีปรับแต่งเฟกเตอร์ประกอบการล้า



ภาพที่ 9 แนวทางการปรับเปลี่ยนรูปร่างเพลาลูก

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ค่าความเค้นที่กระทำต่อเพลากีเยร์ขับเคลื่อนได้ข้อสรุป 3 ประการ ประการแรกคือ ความเค้นแอมพลิจูดมีค่าสูงกว่าค่าขีดจำกัดความแข็งแรงล้าทำให้เพลากีเยร์เข้าสู่กลไกการล้า มีอายุการใช้งานจำกัดข้อมูลในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์ที่เทียบระหว่างค่าความเค้นที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์กับขีดจำกัดความแข็งแรงล้าซึ่งเป็นสมบัติของวัสดุจากข้อมูลผลการทดสอบ ประการสอง รูปร่างบ่าเพลากีเยร์เป็นจุดอ่อนแอของการออกแบบ ทำให้เกิดการสะสมตัวของความเค้นและเป็นจุดเริ่มต้นของรอยแตก ประการสุดท้ายจำเป็นยิ่งคือการแนะนำให้ปรับเปลี่ยนรูปร่างของบ่าเพลากีเยร์เป็นแบบเทเปอร์เพื่อลดความเค้นสะสมดังแสดงในภาพที่ 9 ทั้งนี้การออกแบบต้องไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ร่วม

เอกสารอ้างอิง

- [1] Lin, C. Hung, J. and Hsu, T. (2008). "Failure analysis of reverse shaft in the transmission system of all-terrain vehicle", **Journal of Failure Analysis and Prevention**. 1(8), 75-80.
- [2] Goksenli, A. and Eryurek, I.B. (2009). "Failure analysis of an elevator drive shaft", **Engineering Failure Analysis**. 1(16), 1011-1019.
- [4] Zambrano, O.A. Coronado, J.J. and Rodriguez, S.A. (2014). "Failure analysis of a bridge crane shaft", **Case Study in Engineering Failure Analysis**. 1(2), 25-32.
- [5] Gujran, S. and Gholap, S. (2014). "Failure analysis of drive shaft", **International journal of research in aeronautical and mechanical engineering**. 2(10), 22-28.
- [6] Bachche, J. and Tayade, R.M. (2013). "Finite Element analysis of shaft of centrifugal pump", **Journal of Mechanical and Civil Engineering**. 3(7), 37-42.
- [7] Bajaj, R. and Borkar, B.R. (2015). "Finite Element analysis of Integral shaft bearing", **International Journal of Emerging Engineering Research and Technology**. 1(3), 28-36.
- [8] Schneider, C. and Maddox, S. (2003). "Best Practice Guide on Statistical Analysis of Fatigue Data", **International Institute of Welding**. TWI. Granta Park. Great Abington Cambridge, UK.
- [9] Peterson, R.E. (1974). Stress concentration factors. New York: **John Wiley and Sons**.
- [10] Basquin, O.H. (1910). "The Exponential Law of Endurance Tests", **American Society for Testing and Materials**. 625-630.
- [11] Sitthipong, S. Muangjunburee, P. Dectvayukul, C. Totarat, N. (2016). "Stress analysis of Swing Shafts in the transmission system of Electric Shovel", **Naresuan Phayao Journal**. 9(2), 21-24.
- [12] Sitthipong, S. Towatana, P. Sitticharoenchai, A. Bibithkosolvongse, P. Muangjunburee, P. (2016). "Fatigue life estimates of surface welding X111-T5-K4 and E71T-1CH8/T-9M-D flux core wire", **Journal of Engineering and Applied Science**. 11(7), 1623-1627.
- [13] Sitthipong, S. Towatana, P. Sitticharoenchai, A. Meengam, C. (2016). "Life extension of propeller shafts by hardfacing welding", **Materials Science Forum**. 872, 62-66.

ผลของอุณหภูมิชุบแข็งเปลวไฟต่อสมบัติความแข็งและการสึกหรอ ของเหล็กกล้าใบเลื่อยสายพาน

Effect of Flame Hardening Temperature on Hardness and Wear Properties of Band Saw Steel

ธีรศักดิ์ ชูชีพ^{1*}, นริศรา มหัทธนนิงวงศ์¹, สมใจ จันทร์อุดม² และเจษฎา วรรณสินธุ์³

Thiensak Chuchee^{1*}, Narissara Mahathaninwong¹, Somjai Janudom² and Jessada Wannasin³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิชุบแข็งต่อสมบัติความแข็งและการสึกหรอของเหล็กกล้าใบเลื่อยสายพานแปรรูปไม่ยางพาราด้วยกรรมวิธีการชุบแข็งด้วยเปลวไฟแก๊สอะเซทิลีน-ออกซิเจน ที่อุณหภูมิผิวชิ้นงานสูงสุด 5 ระดับ 773 860 876 947 และ 984 องศาเซลเซียส และจุ่มน้ำ หลังขึ้นงานผ่านกระบวนการชุบแข็งด้วยเปลวไฟ นำชิ้นงานไปวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคตรวจสอบความแข็งชิ้นงานตำแหน่งต่างๆ และทดสอบการสึกหรอผลการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคและทดสอบชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการชุบแข็งด้วยเปลวไฟพบว่าตำแหน่งที่อุณหภูมิผิวสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิออสเทนไนต์ โครงสร้างชิ้นงานเปลี่ยนเป็นโครงสร้างมาร์เทนไซต์ ทำให้มีความแข็งเพิ่มขึ้นลดอัตราการสึกหรอ ชิ้นงานที่อุณหภูมิผิวสูงสุด 773 และ 860 องศาเซลเซียส ค่าความแข็งใกล้เคียงกัน ส่วนการสึกหรอของชิ้นงานที่ได้รับจะสูงกว่าชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็งที่อุณหภูมิผิวสูงสุด 773 และ 860 องศาเซลเซียส ในขณะที่ชิ้นงานชุบแข็งที่อุณหภูมิผิวสูงสุด 876 947 และ 984 องศาเซลเซียส จะเกิดรอยแตกหลังการชุบ

คำสำคัญ: การชุบแข็งเปลวไฟ เหล็กกล้าใบเลื่อยสายพาน ใบเลื่อยไม่ยางพารา

¹ อ.ดร., สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84000

² อ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90112

³ รศ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90112

¹ Dr., Industrial Technology Management Division, Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University Surat Thani Campus, Surat Thani, 84000

² Dr., Department of Mining and Materials Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla Hat Yai Campus, Songkhla, 90112

³ Assoc.Prof. Dr., Department of Mining and Materials Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla Hat Yai Campus, Songkhla, 90112

* Corresponding author: E-mail address: thiensak.c@psu.ac.th Tel./Fax. 084-0670766, 077-355453

Abstract

The objective of this work is to study the effect of quenching temperature on hardness and wear properties of rubber wood band saw steel by flame hardening. Acetylene-oxygen gases were used in the flame hardening process. Samples were heated to five maximum surface temperatures of 773, 860, 876, 947 and 984 degree Celsius, and quenched in water. After flame hardening process, all samples were analyzed in terms of microstructure, hardness and wear resistance. The results of microstructure, hardness and wear of the flame hardening samples showed that microstructures were transformed to martensite, hardness values increased and wear decreased at the maximum surface temperatures above an austenite temperature. At the maximum surface temperatures of 773 and 860 degree Celsius, the sample hardness values were not different. Wear of as received sample was higher than that of flame hardening samples at maximum surface temperatures of 773 and 860 degree Celsius. Samples were flamed at maximum surface temperatures of 876, 947 and 984 degree Celsius leading the formation of cracks after quenching.

Keywords: Flame Hardening, Band Saw Steel, Parawood Band Saw

บทนำ

ใบเลื่อยแปรรูปไม้ยางพาราเป็นวัสดุสิ้นเปลืองที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรมต้นน้ำในการแปรรูปไม้ท่อนเป็นไม้ขนาดต่างๆ ใบเลื่อยมีผลต่อคุณภาพผิว ค่าเผื่อ ความสูญเสียจากขนาดคล่องเลื่อย และอายุการใช้งาน [1] แต่อุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารายังไม่ได้ให้ความสำคัญกับกระบวนการลับบำรุงรักษาและตกแต่งใบเลื่อยเท่าที่ควร [2] ผลสำรวจของ สุทธิ วิสุทธิเทพกุล และคณะ [1] พบว่าใบเลื่อยที่นิยมใช้ทางภาคตะวันออกมีขนาดความกว้าง 5-8 นิ้ว (12.7-20.32 ซม.) ความยาว 6.20-8.30 เมตร ความหนาใบเลื่อยเบอร์ 17-18 BWG. (1.47-1.24 มม.) โดยใช้การต่อใบเลื่อยเชื่อมด้วยแก๊สอะเซทิลีน อายุการใช้งานเฉลี่ย 3-7 ชั่วโมงต่อปี ส่วนใบเลื่อยที่ใช้ในภาคใต้มีความกว้าง 4-6 นิ้ว ความยาว 6.40-7.60 เมตร ความหนาใบเลื่อยเบอร์ 18 BWG (1.24 มม.) การต่อใบเลื่อยเชื่อมด้วยแก๊สและเชื่อมมิก (MIG) อายุการใช้งานของใบเลื่อย 2-4 ชั่วโมงต่อปี เกรดเหล็กที่นิยมนำมาใช้ทำใบเลื่อย คือ เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel) ตามมาตรฐาน AISI W 1-8 และ W 1-7 หรือตามมาตรฐาน JIS G4401 ชนิด SK 5 และ SK และ เหล็กกล้าผสม (Alloys Steel) ตามมาตรฐาน AISI I-6 หรือตามมาตรฐาน JIS G4404 SKS 5 และ SKS 6 [3] โดยลักษณะการใช้งานใบเลื่อยจะใช้แปรรูปไม้ยางพาราจนกระทั่งเกิดการสึกหรอของคมฟันเลื่อยจนที่จะถูกถอดออกและส่งมายังห้องลับใบเลื่อย การสึกหรอของใบเลื่อยระหว่างการใช้งานส่งผลต่อการสูญเสียเวลาในการถอดและประกอบใบเลื่อยของอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพาราในประเทศที่มีจำนวนถึง 580 โรงงาน [4] ดังนั้นการเพิ่มความต้านทานการสึกหรอของใบเลื่อยจะช่วยยืดอายุการใช้งานของใบเลื่อยและส่งผลให้ลดการสูญเสียเวลาในการถอดประกอบใบเลื่อย

กรรมวิธีในการเพิ่มสมบัติด้านต้านการสึกหรอที่มีต้นทุนต่ำ คือ การชุบแข็งผิวด้วยเปลวไฟ ซึ่งเป็นการให้ความร้อนเปลวไฟของแก๊สเชื้อเพลิงกับออกซิเจนแก่ชิ้นงานช่วงเวลาสั้นๆ ก่อนที่จะจุ่มลงในน้ำ (Quenching) ทั้งนี้ชุดเชื่อมแก๊สอะเซทิลีน-ออกซิเจนเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้กันทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา และพบว่าการชุบแข็งเปลวไฟนั้นเป็นกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับเหล็กกล้าที่มีปริมาณคาร์บอน 0.37-0.55% และเหล็กกล้าผสมบางเกรด เช่น 6150H [5] ซึ่งเป็นเหล็กกล้าที่ใช้ทำใบเลื่อยสายพานและสามารถชุบแข็งได้ด้วย

เปลวไฟสำหรับกระบวนการขุบแข็งด้วยเปลวไฟนั้นการควบคุมที่สำคัญ คือ อุณหภูมิสูงสุดที่ผิวสัมผัสกับเปลวไฟ (T_s) ต้องไม่สูงจนกระทั่งเกิดปัญหาหลอมละลาย และเวลาการเกิดปฏิกิริยาที่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากโครงสร้างเดิมไปเป็นเฟสออสเทนไนต์ และอัตราการเย็นตัวอย่างรวดเร็วเพื่อให้เกิดโครงสร้างมาร์เทนไซต์ [6-7]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลอุณหภูมิผิวสูงสุด (Maximum Surface Temperature; $T_{s,max}$) เพื่อเพิ่มสมบัติความแข็งและการสึกหรอของชิ้นงานเหล็กกล้าใบเลื่อยสายพานด้วยเปลวไฟแก๊สอะเซทิลีน-ออกซิเจน

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุ

เหล็กกล้าใบเลื่อยที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเหล็กกล้าใบเลื่อยใช้แล้วที่ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานผู้แปรรูปไม้ยางพารา โดยมีส่วนผสมทางเคมีจากการวิเคราะห์ด้วย Optical Emission Spectroscopy (OES) ซึ่งสามารถเทียบได้กับเหล็กกล้าผสมต่ำ 6150 [8] รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของใบเลื่อยใช้แล้วและส่วนผสมของเหล็กกล้าผสมต่ำ 6150 [8]

ชิ้นงาน	C	Si	P	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Cu	W	Co	Al	Zn	Fe
BS	0.5157	0.2078	0.0124	0.8808	0.0715	0.9464	0.0287	0.1012	0.0388	0.0042	0.0061	0.0045	0.0035	Balance
6150 [8]	0.48- 0.53	0.15- 0.30	0.040	0.70- 0.90	-	0.80- 1.10	-	0.15 (min)	-	-	-	-	-	-

2. กรรมวิธีการขุบแข็งด้วยเปลวไฟ

2.1 อุณหภูมิและเวลาการขุบแข็ง

อุณหภูมิในการขุบแข็งพิจารณาจากเฟสโคอะแกรมที่ปริมาณคาร์บอน 0.52% ได้อุณหภูมิออสเทนไนต์ (T_{aug}) 760 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิเปลวไฟแก๊สอะเซทิลีน-ออกซิเจนสูงสุดถึง 3100 องศาเซลเซียส [9] ดังนั้นเพื่อป้องกันส่วนผิวที่สัมผัสเปลวไฟเกิดการหลอมละลาย จึงกำหนดอุณหภูมิในการเริ่มต้น (T_{start}) ที่ 5 ระดับ อุณหภูมิ คือ 660 710 760 810 และ 860 องศาเซลเซียส และใช้การหมุนวนเปลวไฟเป็นเวลา 8 วินาที ที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของชิ้นงานเหล็กกล้าใบเลื่อย (ความยาว 10 เซนติเมตร) โดยวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K ที่ตำแหน่งห่างจากจุดศูนย์กลางชิ้นงานประมาณ 2 เซนติเมตร (ในแนวนอน) พร้อมทั้งบันทึกค่าอุณหภูมิผิวสูงสุด ($T_{s,max}$) รายละเอียดดังตารางที่ 2 หลังจากนั้นนำชิ้นงานใบเลื่อยไปชุบน้ำทั้งชิ้น

ตารางที่ 2 อุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิผิวสูงสุด

$T_{(start)}$ (°C)	660	710	760	810	860
$T_{(s,max)}$ (°C)	773	860	876	947	984

2.2 การทดลอง

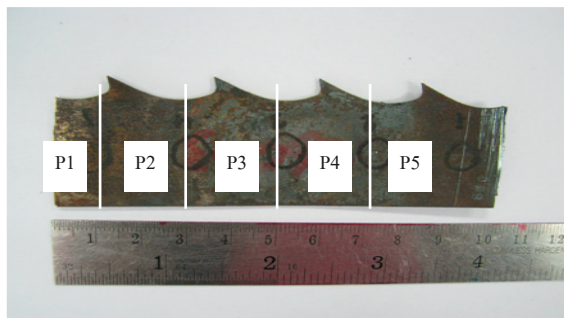
ใช้แก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นแก๊สอะเซทิลีนและแก๊สออกซิเจนโดยกำหนดความดันใช้งานที่ 4 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เท่ากัน และใช้เปลวกลาง (Neutral Flame) โดยจัดเครื่องมืออุปกรณ์การทดลอง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การทดลอง

3. การวิเคราะห์และการทดสอบ

ชิ้นงานใบเลื่อยใช้แล้วขนาดความกว้าง 35.70 มิลลิเมตร ความสูงพื้น 6.0 มิลลิเมตร ความหนา 1.28 มิลลิเมตร ยาว 10 เซนติเมตร กำหนดตำแหน่งในการวิเคราะห์ จำนวน 5 ตำแหน่ง P1 P2 P3 P4 และ P5 รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตำแหน่งการวิเคราะห์สมบัติชิ้นงาน

การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคใบเลื่อยที่ผ่านการใช้งานที่ได้รับ (As Received) วัดค่าความแข็ง และทดสอบการสึกหรอ และวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็ง วัดค่าความแข็งที่ตำแหน่งต่างๆ และนำชิ้นงานในตำแหน่งที่มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นไปทดสอบการสึกหรอ

การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical Microscope) วัดค่าความแข็งในหน่วยร็อคเวลล์สเกลซี (HRC) และทดสอบการสึกหรอด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบขัดถู (Abrasive) ที่ได้รับการพัฒนาขึ้น ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ตามรูปแบบการทดสอบการสึกหรอด้วยเครื่องขัดอัตโนมัติ [10] ขนาดชิ้นงานทดสอบ 1.0x1.0 เซนติเมตร ใช้ความเร็วรอบงานขัดและหัวขัดจับชิ้นงาน 150 รอบต่ออนาที น้ำหนักกดชิ้นงานขณะทดสอบ 19.6–20.0 นิวตัน ระยะเวลา 2 นาที และกระดาษทราย SiC P120 (ขนาดเม็ดสารขัด SiC 125 ไมโครเมตร) โดยคำนวณค่าการสึกหรอ (Wear) ตามสมการที่ (1)

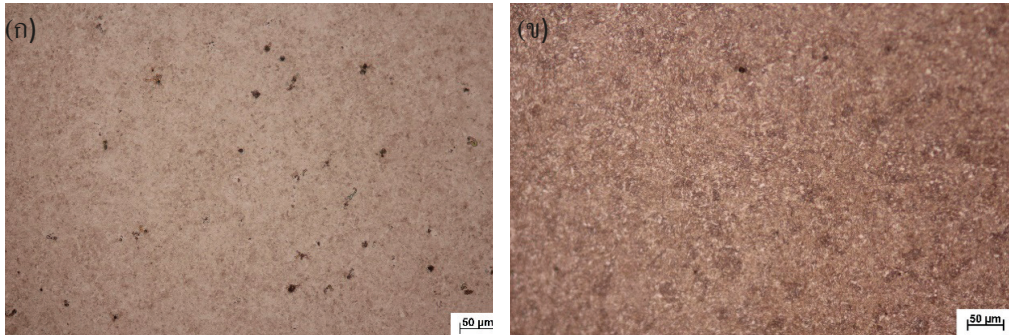
$$\text{Wear} = \frac{\text{Weight Loss}}{\text{Contact Area}} \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2} \quad (1)$$

Weight Loss = ปริมาณการสูญเสียเนื้อชิ้นงานทดสอบ (mg)

Contact Area = พื้นที่ผิวสัมผัส (cm²)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. อิทธิพลของกระบวนการทางความร้อนต่อโครงสร้างจุลภาค



ภาพที่ 3 โครงสร้างจุลภาคเหล็กกล้าใบเลื่อยใช้แล้ว (ก) ก่อนการชุบแข็งด้วยเปลวไฟ (ข) หลังการชุบแข็งเปลวไฟ ที่อุณหภูมิ 773 องศาเซลเซียส (กัดผิวด้วยสารละลาย Nital 2%)

ในภาพที่ 3(ก) โครงสร้างทางจุลภาคของตัวอย่างที่ได้รับประกอบด้วยโครงสร้างเฟอร์ไรต์ที่เป็นสีขาวและโครงสร้างเพิร์ลไลต์ที่เป็นสีดำ โครงสร้างละเอียด และผลจากการเติมธาตุเจือ Cr และ V ทำให้มีเฟสสารประกอบเชิงโลหะ (Intermetallic Compound) กระจายตัว สอดคล้องกับ Li et al. [11] ที่ระบุโครงสร้างเหล็กกล้า 6150 ว่า มีโครงสร้างละเอียด (Fine Grain) และต้านทานการสึกหรอสูงจากการเติมธาตุเจือ Cr และ V

ส่วนภาพโครงสร้างทางจุลภาคของเหล็กกล้าใบเลื่อยที่ผ่านกระบวนการชุบแข็งด้วยเปลวไฟที่ตำแหน่ง P2P3 และ P4 ซึ่งมีค่าความแข็งมากกว่า 50 HRC ประกอบโครงสร้างจุลภาคในภาพที่ 3(ข) ขึ้นันได้ว่า เป็นโครงสร้างมาร์เทนไซต์ แสดงว่า ณ ตำแหน่งดังกล่าวอุณหภูมิผิวสูงสุด ($T_{s, max}$) มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิออสเทนไนต์ 760 องศาเซลเซียส และเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นมาร์เทนไซต์จากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วโดยการจุ่มน้ำ

ในขณะที่ชิ้นงานในตำแหน่งที่ P1 และ P5 มีลักษณะโครงสร้างเหมือนเดิมแสดงว่า ณ ตำแหน่งดังกล่าว อุณหภูมิของชิ้นงานที่ได้รับจากเปลวไฟ ไม่ถึงอุณหภูมิออสเทนไนต์ ทำให้โครงสร้างของชิ้นงานเหมือนเดิม ภายหลังจากการเย็นตัวภายในน้ำ [9]

นอกจากนี้สำหรับอุณหภูมิผิวสูงสุด 876 องศาเซลเซียส ชิ้นงานมีลักษณะการแตกร้าวอย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างจุลภาคของกระบวนการชุบแข็งเปลวไฟที่อุณหภูมิผิวสูงสุด 876 องศาเซลเซียส

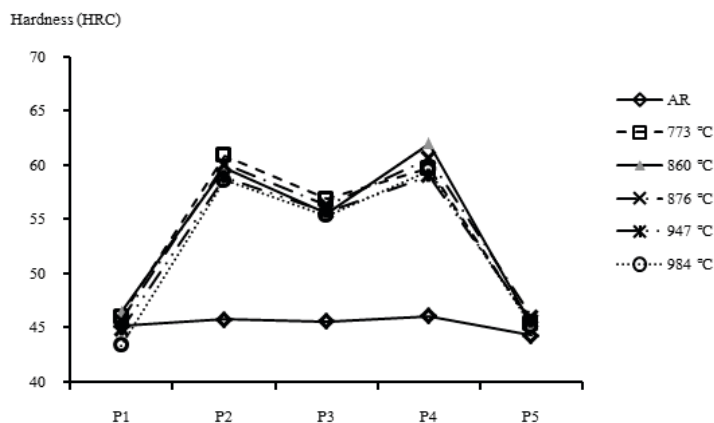
แสดงว่าที่อุณหภูมิชุบแข็งผิวสูงสุด 876 องศาเซลเซียส เมื่อขึ้นงานเกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดความเค้นเกินขีดจำกัดของเหล็กกล้าใบเลื่อยส่งผลให้เกิดการแตกร้าวโดยความเค้นที่เกิดขึ้นมี 2 แบบ คือ ความเค้นจากการหดตัวที่เป็นผลจากอุณหภูมิลดลง (Thermal Contraction) และความเค้นจากการขยายตัวในขณะที่เปลี่ยนเฟสจากออสเทนไนต์ไปสู่มาร์เทนไซต์ ตามความสัมพันธ์ $4.64 - 0.53 \times (\%C)$ [12] จากปริมาณคาร์บอน 0.52% ส่งผลให้เกิดการขยายตัว 4.36% ซึ่งการแตกร้าว ณ อุณหภูมิสูงสุดผิวดังกล่าวสอดคล้องกับข้อแนะนำของ Davis [5] ที่ระบุว่าการชุบแข็งเหล็กกล้า 6150 สำหรับชิ้นงานที่บางมีความไวต่อการแตกร้าวขณะชุบสูง ส่วนความเค้นตกค้างที่เกิดขึ้นในระหว่างการเย็นตัวอย่างรวดเร็วนั้น Lee et. al. [13] ระบุว่าความเค้นที่เกิดจากการหดตัวของอุณหภูมิเป็นความเค้นแบบกด และความเค้นจากการเปลี่ยนเฟสเป็นความเค้นแบบดึง และสรุปถึงลักษณะความเค้นตกค้างที่เกิดขึ้นในชิ้นงานระหว่างการเย็นตัวอย่างรวดเร็วสำหรับชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ 12Cr หากอัตราการเย็นตัวสูงถึง $\sim 10^3$ องศาเซลเซียสต่อวินาทีความเค้นตกค้างจะเปลี่ยนเป็นความเค้นแบบดึงทำให้ความสามารถในการต้านทานการสึกหรอต่ำ และหากอัตราการเย็นตัวไม่ $< 10^2$ องศาเซลเซียสต่อวินาที ความเค้นตกค้างจะไม่เปลี่ยนจากความเค้นแบบกดเป็นความเค้นแบบดึง

2. อิทธิพลทางความร้อนต่อค่าความแข็ง

การวัดค่าความแข็งของเหล็กกล้าใบเลื่อยสายพานที่ผ่านการใช้งาน (AR) ที่ตำแหน่งต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 45.1-46.1 HRC สำหรับชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการชุบแข็งด้วยเปลวไฟที่อุณหภูมิผิวสูงสุด $T_{(s,max)}$ 773 860 876 947 และ 984 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเฉพาะตำแหน่ง P2 P3 และ P4 อยู่ในช่วง 55.3-62.0 HRC ค่าความแข็งสอดคล้องกับค่าความแข็งสำหรับการชุบน้ำของเหล็กกล้า 6150 ที่ Davis [5] ระบุอยู่ในช่วง 55-60 HRC

สาเหตุที่ค่าความแข็งแตกต่างกัน ASM International [8] ระบุว่าเกิดจากความแตกต่างของปริมาณโครงสร้างมาร์เทนไซต์ โดยโครงสร้างที่มีการเปลี่ยนเป็นเฟสมาร์เทนไซต์มากกว่าจะมีค่าความแข็งมากกว่า สอดคล้องกับการอธิบายความแข็งที่เกิดขึ้นจากอุณหภูมิที่ระยะลึกจากผิวอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณผิวทำให้ความแข็งของชิ้นงานลดลงตามความลึกของชิ้นงาน [13] แสดงว่าเป็นผลจากกระบวนการชุบแข็งเปลวไฟที่มีความยากในการควบคุมกระบวนการให้สม่ำเสมอ [8]

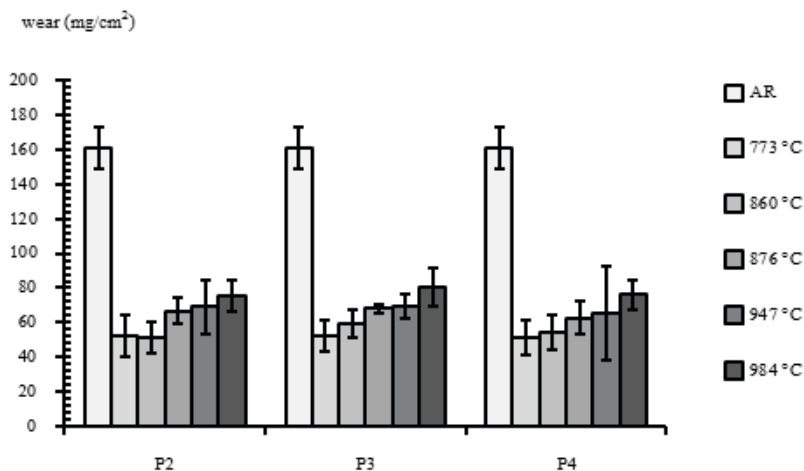
โดยที่ตำแหน่ง P1 และ P5 ความแข็งไม่เปลี่ยน ค่าความแข็งดังกราฟในภาพที่ 5 ผลจากสภาวะการเย็นตัวเหมือนกันทุกตำแหน่งแสดงว่าตำแหน่งที่ P1 และ P5 อุณหภูมิของชิ้นงานไม่ถึงอุณหภูมิออสเทนไนต์ (760 องศาเซลเซียส) ส่วนตำแหน่ง P2 P3 และ P4 ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคเป็นมาร์เทนไซต์ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยเฉพาะค่าความแข็งตำแหน่ง P2 และ P4 มีค่าความแข็งสูงกว่าตำแหน่ง P3 ซึ่งเป็นตำแหน่งบริเวณกลางชิ้นงานซึ่งได้รับความร้อนจากเปลวไฟสูงที่สุดทำให้เกิดเฟสออสเทนไนต์ขนาดใหญ่กว่าตำแหน่งที่ P2 และ P4 เมื่อเกิดการเย็นตัวจากการจุ่มน้ำ (Quenching) ทำให้เป็นโครงสร้างมาร์เทนไซต์ที่หยาบกว่าตำแหน่ง P2 และ P3 สอดคล้องกับการอธิบายการเปลี่ยนเฟสของกระบวนการชุบแข็งเปลวไฟโดย Davis [5]



ภาพที่ 5 ค่าความแข็ง

3. อิทธิพลของกระบวนการทางความร้อนต่อการต้านทานการสึกหรอ

การทดสอบการสึกหรอของชิ้นงานก่อนกระบวนการชุบแข็งพบว่าชิ้นงานตัวอย่างมีค่าการสึกหรอ 161 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนผลการทดสอบการสึกหรอชิ้นงานที่อุณหภูมิขบแข็งผิวสูงสุด 773 860 876 947 และ 984 องศาเซลเซียส ที่ตำแหน่ง P2 P3 และ P4 ที่มีความแข็งเพิ่มขึ้น ค่าการสึกหรอ 51-53 51-59 63-68 65-70 และ 76-80 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 6 โดยชิ้นงานที่อุณหภูมิขบแข็งผิว 773 และ 860 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกันสำหรับตำแหน่ง P2 P3 และ P4 และค่าการสึกหรอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิขบแข็งผิวมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากอุณหภูมิขบแข็งผิวที่สูงขึ้นทำให้อัตราการเย็นตัวของชิ้นงานสูงทำให้เกิดความเค้นตกค้างภายในชิ้นงานเปลี่ยนจากความเค้นแบบกดเป็นความเค้นแบบดึงส่งผลให้สมบัติต้านทานการสึกหรอลดลง [13] ซึ่งปริมาณความเค้นตกค้างที่เกิดจากการเฟสมาร์เทนไซต์ภายในชิ้นงานทำให้ขาดสมบัติความเหนียวและแทบจะไม่มีนำไปใช้งานโดยไม่มีการทำเทมเปอร์ Li *et. al.* [11]



ภาพที่ 6 ค่าความต้านทานการสึกหรอ

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการการชุบแข็งเหล็กกล้าใบเลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพาราด้วยเปลวไฟแก๊สอะเซทิลีน-ออกซิเจน สามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิผิวสูงสุดมีผลต่อการเพิ่มความแข็งและลดการสึกหรอของชิ้นงาน โดยอุณหภูมิผิวสูงสุดที่ 773 องศาเซลเซียส เพียงพอที่จะเพิ่มความแข็งและลดการสึกหรอ ในขณะที่อุณหภูมิผิวสูงสุด 876 947 และ 984 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ชิ้นงานเกิดความเค้นเกินขีดจำกัดทำให้เกิดการแตกร้าวหลังการชุบ ส่วนการสึกหรอของชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็งลดลง เนื่องจากเกิดเฟสมาร์เทนไซต์เพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ไม่ผ่านการชุบแข็ง

คำขอขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ SIT 580877S สัญญาเลขที่ SIT 580869S ทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ปีงบประมาณ 2559 และทุนอุดหนุนบางส่วนจากทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทโครงการงานนักศึกษา จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี และสถานวิจัยความเป็นเลิศด้านวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอบขอบคุณนักศึกษาผู้ช่วยวิจัยระดับปริญญาตรี นายพุทธิพงศ์ เลอะชะวรกุล นายกิตติพงษ์ มัญญารักษ์ นายพันธกานต์ ชมเชย นายณัฏฐ์ ฑูณหวัด นายนันทศักดิ์ ทุมสวัสดิ์ และนายศักดิ์กรินทร์ คงศักดิ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] Visuthitepkul, S., Soontonbura, W., Kirirat, P. and Sangkul, S. (2003). **The Improvement of Efficient Bandsaw - Techniques of Higher Lumber Yield from Rubberwood Logs**. Final Report. Bangkok : The Thailand Research Fund.
- [2] Visuthitepkul, S., Soontonbura, W., Kirirat, P. and Sangkul, S. (2003). **Bandsaw Maintenance - The Improvement of Efficient Bandsaw - Techniques of Higher Lumber Yield from Rubberwood Logs**. Bangkok : The Thailand Research Fund.
- [3] Peamaroon, A. (2006). **Wood Processing**. Knowledge series “The development of technology to enhance the competitiveness of the wood products industry. Bangkok : Technology Management Center, National Science and Technology Development Agency.
- [4] Department of Foreign Trade. (2012). **The Situation of Sawn Rubberwood Thailand**. Search Aug 3, 2016, Retrieved from <http://www.dft.go.th/Default.aspx?tabid=159&ctl=DetailUserContent&mid=660&-contented=4252>.
- [5] Davis, J.R. Editor. (2002). **Surface Hardening of Steels**. Ohio : ASM International.
- [6] Satirajinda, M. (2000). **Iron & Steel Heat Treatment Engineering** (7th Edition). Bangkok : The Engineering Institute of Thailand under His Majesty the King’s Patronage
- [7] Reekjirasawad, P. (2012). **Fundamentals of Heat Treatment of Steels**. Bangkok : Chulalongkorn University Press.
- [8] ASM International. (1993). **ASM Handbook Volume 1 Properties and Selection : Irons Steels and High Performance Alloys**. Ohio : ASM International.
- [9] Gronergress, H.W. (1964). **Flame Hardening**. Gevelsberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH.
- [10] ASM International. (2003). **ASM Handbook Volume 8 Mechanical Testing and Evaluation**. Ohio : ASM International.
- [11] Li, Hong-Ying, Hu Ji-dong, Li Jun, Chen Guang, and Sun Xiong-jie. (2013). “Effect of tempering temperature on microstructure and mechanical properties of AISI 6150 steel”, **Journal Central South University**. 20, 866-870.
- [12] ASM International. (1990). **ASM Handbook Volume 4 Heat Treating**. Ohio : ASM International.
- [13] Lee, M.K., Kim, G.H., Kim, K.H. and Kim, W.W. (2004). “Control of Surface Hardnesses, Hardening Depths, and Residual Stresses of Low Carbon 12Cr Steel by Flame Hardening”, **Surface and Coatings Technology**. 184, 239–246.

การพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรนัสความเร็วรอบต่ำชนิดแม่เหล็กแรงสูง สำหรับกังหันลมขนาดเล็ก

The Development of Low-Speed Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) For Small-Scale Wind Turbine

ชัยนุสนธิ์ เกษตรพงศ์ศาล^{1*}, กานต์ธิดา บุญมา² และมนตรี สุขเลื่อง³

Chainuson Kasagepongsarn^{1*}, Kantida Boonma² and Montri Suklueng³

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรนัสความเร็วรอบต่ำชนิดโรเตอร์แม่เหล็กถาวร สำหรับใช้กับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ทำงานได้ด้วยความเร็วรอบการหมุนต่ำ ประสิทธิภาพสูง และมีโครงสร้างขนาดเล็ก ผลการวิจัยพบว่าสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 1,500 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ประสิทธิภาพร้อยละ 77.84 ความเพี้ยนฮาร์มอนิกที่กระแสฟลักซ์ของแรงดันไฟฟ้าสามเฟสเทียบสามเฟส (THDv%) และกระแสไฟฟ้า (THDA%) ที่กระแสไฟฟ้า (6A) เท่ากับร้อยละ 1.7 และร้อยละ 1.9 ตามลำดับ ผลจากการทดลองสามารถนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ไปใช้เป็นเครื่องต้นกำลังของระบบกังหันลมความเร็วรอบต่ำเพื่อผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ว่าวัสดุแม่เหล็กมีราคาสูงมากแต่การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเชิงโรนัสชนิดแม่เหล็กถาวรสามารถชดเชยขึ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ให้น้อยลงจึงทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้มีข้อได้เปรียบด้านราคา โดยเฉพาะในกรณีที่มีการผลิตวัสดุแม่เหล็กเป็นจำนวนมากส่งผลต่อราคาวัสดุแม่เหล็กมีราคาต่ำลง

คำสำคัญ: แม่เหล็กแรงสูง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรนัสชนิดแม่เหล็กถาวรความเร็วรอบต่ำ กังหันลมผลิตไฟฟ้า

¹ อ., หน่วยวิจัยพลังงานทดแทนและสิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน (REERCU) มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี 84000

² อ., สาขาวิชาการจัดการภัยพิบัติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี 84000

³ อ.ดร., สถาบันวิจัยระบบพลังงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (PERIN) วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90110

¹ Lecturer., Renewable Energy and Environment Research for Local Community Unit (REERCU) Suratthani Rajabhat University, Surat Thani, 84000

² Lecturer., Department of Disaster Management Faculty of Science and Technology Suratthani Rajabhat University, Surat Thani, 84000

³ Dr., PSU Energy System Research Institute (PERIN), Prince of Songkla University, Hatyai Campus, Songkhla, 90110

* Corresponding author: E-mail address: chainuson.kas@sru.ac.th

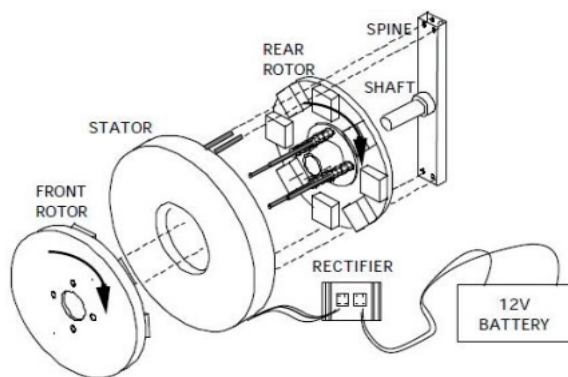
Abstract

The objective of this research is to develop low-speed permanent magnet synchronous generators (PMSG) based on small-scale wind turbine application, low-speed operation, high performance and a small structure size. The results show that maximum power of generator is 1.5 kW, at a synchronous speed of 500 rpm with a frequency of 50.00 Hz and efficiency of 77.84%. The harmonic distortion of total harmonic voltage distortion limits (THDv%) and total harmonic current distortion limits (THDA%) at electrical load 6 A, indicated 1.7% and 1.9%, respectively. Therefore, this study shows the generators of wind turbine power plant give a high efficiency. Although high performance permanent-magnets have a high cost, but a few component the construction PMSG can be compensated in parts of generator. Thus, the PMSG have a low cost when a material will be fabricated in mass production.

Keywords: Permanent Magnet Generator (PMG), Low Speed Synchronous Generator (PMSG), Wind Turbine Generator

บทนำ

ในอนาคตปัญหาเรื่องราคาพลังงาน การแข่งขันทรัพยากรพลังงานระหว่างประเทศและปัญหาสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นผลพวงของการผลิตและการใช้พลังงานกำลังสร้างปัญหาอย่างทวีคูณ แนวโน้มทางด้านพลังงานที่สำคัญคือการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) จากแหล่งพลังงานสะอาด (Clean Energy) ใช้สะดวกมีประสิทธิภาพ [1] ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในการจัดการพลังงาน โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของการพึ่งพาพลังงานจากแหล่งพลังงานที่เหมาะสมในท้องถิ่นหรือภายในประเทศให้สามารถผลิตและใช้งานได้ อย่างยั่งยืน [2] โดยเฉพาะจากแหล่งพลังงานลมตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี ในแผนปฏิบัติการพัฒนาพลังงานลม (Wind Energy Action Plan) โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [3] จากรายงานวิจัยศักยภาพพลังงานลมตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยบริเวณภาคใต้ตอนกลางของประเทศไทยในรอบปี พ.ศ. 2551-2553 พบว่าความเร็วลมเฉลี่ยรายปีมีค่าประมาณ 2.8-5.2 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 50 เมตร [4] ซึ่งเป็นระดับความสูงของกังหันลมขนาดใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาสูง จากรายงานความสามารถกำลังลมของ World Bank ได้ประเมินศักยภาพพลังงานลมในพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ กัมพูชา ลาว ไทย และเวียดนาม พบว่าประเทศไทยมีความเหมาะสมกับกังหันลมขนาดเล็ก ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำถึงปานกลางติดตั้งได้ในระดับความสูงไม่เกิน 30 เมตร [5]



ภาพที่ 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ AFPM ที่ออกแบบโดย Hugh Piggott และมีการเผยแพร่จากอินเทอร์เน็ต [6]

ปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในลักษณะ Home Made โดยอาศัยความรู้ต่างๆ จากอินเทอร์เน็ต สร้างกังหันลมขนาดเล็กขึ้นใช้เองโดยสร้างใบพัดจากไม้และสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรแนวแกน (AFPM) [6] ประกอบเป็นกังหันลมขนาดเล็กได้อย่างครบวงจรดังภาพที่ 1 ต่อมามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้ทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ AFPM พบว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีขนาดใหญ่ ยากกำลังไฟฟ้าได้ต่ำ ส่งผลให้ประสิทธิภาพต่อปริมาตรต่ำ [7]

ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของบทความวิจัยนี้ คือการพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรนัสความเร็วรอบต่ำ โรเตอร์แม่เหล็กถาวร (Permanent-Magnet Synchronous Generator; PMSG) แบบ 3 เฟส ทำงานได้ด้วยความเร็วรอบการหมุนต่ำ ประสิทธิภาพสูง เหมาะสมกับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อผลิตในประเทศ เพื่อลดการพึ่งพาเทคโนโลยีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากต่างประเทศที่มีราคาสูงมาก

การพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก

1. ความเร็วเชิงโรนัส

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเชิงโรนัสชนิดแม่เหล็กแรงสูงนิยมใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของกังหันลมขนาดเล็กเนื่องจากสร้างได้ง่าย ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำไม่ต้องการชุดเกียร์ ไม่ต้องการพลังงานจากภายนอกในการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ไม่มีความสูญเสียที่ทองแดงสำหรับชุดขดลวดสนามเนื่องจากสามารถผลิตสนามแม่เหล็กได้เองจากแม่เหล็กถาวรที่มีความเข้มสนามสูงมาก ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีขนาดเล็กลงแต่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้มาก [8] เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอาศัยการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กตามหลักการของไมเคิลฟาราเดย์ (Faraday's law) ตามการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กขึ้นกับเวลา [9] แสดงดังสมการที่ (1)

$$E = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

จำนวนขั้วแม่เหล็กและความเร็วรอบของโรเตอร์จะมีผลต่อค่าความถี่ของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเป็นไปตามความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2) กำหนดให้ P คือจำนวนขั้วแม่เหล็ก θ_c เป็นมุมทางไฟฟ้าและ θ_m เป็นมุมทางกลที่มีการเปลี่ยนแปลงในหน่วยของเรเดียนต่ออนาที แสดงดังสมการที่ (3)

$$\theta_c = \frac{P}{2} \theta_m \quad (2)$$

$$\frac{\theta_c}{2\pi \times 60} = \frac{P}{2} \cdot \frac{\theta_m}{2\pi \times 60} \quad (3)$$

เมื่อ $\theta_c/2\pi \times 60$ คือ ความถี่ (f) และ $\theta_m/2\pi$ คือ ความเร็วเชิงโรนัส (N_s) ดังสมการที่ (4)

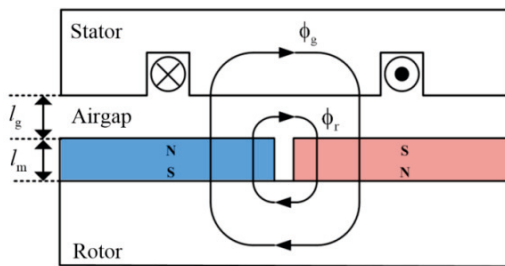
$$N_s = \frac{120f}{P} \quad (4)$$

สมการที่ (4) แสดงให้เห็นว่าขนาดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นๆ อยู่กับค่าสนามแม่เหล็กของขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความถี่เชิงโรนัสและจำนวนขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ ในทำนองเดียวกันค่าความถี่เชิงโรนัส สามารถกำหนดได้โดยค่าความถี่ของแรงดันไฟฟ้าและจำนวนขั้วแม่เหล็ก [10]

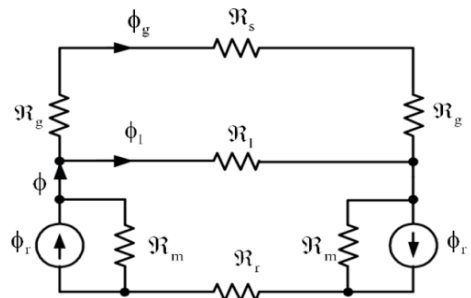
2. การออกแบบและโครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การออกแบบเริ่มต้นด้วยการกำหนดข้อมูลวัสดุแม่เหล็กตัวนำหลัก จำนวนคู่ของขั้วแม่เหล็ก (Pole Pairs; P) และจำนวนร่องสลอต/เฟส/ขั้วแม่เหล็ก (Slot/Phase/Pole) แบบของโรเตอร์สำหรับยัดแม่เหล็กแรงสูง มีลักษณะพื้นผิวโค้งตามแกน (Surface Mounted Permanent Magnet; SMPM) [11] ซึ่งส่งผลต่อเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Flux) ให้เดินทางตามแนวรัศมี (Radial Flux Permanent Magnet; RFPM) ของสเตเตอร์ซึ่งส่งผลต่อแรงต้านการบิดขณะเริ่มหมุน [12-13] แสดงดังภาพที่ 2

เส้นแรงแม่เหล็กที่ผ่านช่องว่างอากาศ (Φ_g) พิจารณาจากวงจรแม่เหล็กสมมูลของแม่เหล็กถาวรดังภาพที่ 3 โดยไม่นำค่าความต้านในแกนเหล็กโรเตอร์ ($\mathcal{R}_r$) และค่าความต้านทานในแกนเหล็กสเตเตอร์ ($\mathcal{R}_s$) มาคำนวณ เนื่องจากค่าความต้านทานของแกนเหล็ก $\mathcal{R}_r + \mathcal{R}_s$ มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าความต้านทานในช่องว่างอากาศ ($\mathcal{R}_g$) ซึ่งถูกกำหนดโดยค่าตัวประกอบความต้านทาน (Reluctance Factor; K_r) [14] ดังสมการที่ (5) [15]



ภาพที่ 2 ไดอะแกรมแสดงเส้นทางเดิน
ของเส้นแรงแม่เหล็กตามแนวรัศมีของสเตเตอร์



ภาพที่ 3 วงจรแม่เหล็กสมมูล

$$\Phi_g = \frac{\Phi_r 2\mathcal{R}_m}{2\mathcal{R}_m + 2\mathcal{R}_g + \mathcal{R}_s + \mathcal{R}_r} = \frac{\Phi_r 2\mathcal{R}_m}{2\mathcal{R}_m + 2K_r\mathcal{R}_g} = \frac{\Phi_r}{1 + K_r \frac{\mathcal{R}_g}{\mathcal{R}_m}} \quad (5)$$

ความสามารถต้านทานค่าการลบสิ่งสภาพแม่เหล็ก (Demagnetization) สามารถวิเคราะห์ได้จากสัมประสิทธิ์ความนำแม่เหล็ก (Permeance Coefficient, P_c) ซึ่งแทนความชันด้วยเส้นช่องว่างอากาศ (Air Gap line) ในเส้นโค้งความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กเป็นฟังก์ชันของความเข้มสนามแม่เหล็ก (B-H Curve) [16] แสดงดังสมการที่ (6)

$$P_c = \frac{l_m A_g}{l_g A_m} \quad (6)$$

เมื่อกำหนดให้ค่าความต้านทานแม่เหล็ก $\mathcal{R}_m$ และค่าความต้านทานในช่องว่างอากาศ $\mathcal{R}_g$ แสดงดังสมการที่ (7)-(8) ตามลำดับ

$$\mathcal{R}_m = \frac{l_m}{\mu_o \mu_r A_m} \quad (7)$$

$$\mathcal{R}_g = \frac{l_g}{\mu_o A_g} \quad (8)$$

ดังนั้นเมื่อแทนสมการที่ (7) และ (8) ในสมการที่ (5) ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่ผ่านช่องว่างอากาศ (Φ_g) ได้ดังสมการที่ (9)

$$\Phi_g = \frac{\Phi_r}{1 + K_r \frac{l_g A_m}{l_m A_g} \mu_r} \quad (9)$$

ความหนาแน่นฟลักซ์ในช่องอากาศ (B_g) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (10)

$$B_g = \frac{B_r}{1 + K_r \mu_r \frac{l_g}{l_m}} \quad (10)$$

ความหนาแน่นฟลักซ์ในช่องอากาศสามารถนำมาคำนวณผลกระทบจากแรงเคลื่อนแม่เหล็ก (Magnetomotive Force, mmf) ที่มีสาเหตุจากการกระจายของแรงเคลื่อนแม่เหล็กบนสเตเตอร์เป็นฟังก์ชันไซน์ซออยด์ (Sinusoids) ที่เป็นสัญญาณรายคาบ (Periodic Signal) มีขนาด (Amplitude) เปลี่ยนแปลงตามเวลาแบบฟังก์ชันไซน์ (Sine) ของกระแสจากสเตเตอร์และสามารถคำนวณหาแรงดันเหนี่ยวนำในหนึ่งเฟสได้จากสมการที่ (11)

$$E_{rms} = 4.44 f N_{ph} \cdot k_w \frac{\Phi_r}{1 + K_r \frac{\mu_r}{P_c}} \quad (11)$$

การพันขดลวดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นแบบกระจายดังนั้นค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induce emf) ต้องคูณด้วยค่าแฟกเตอร์การพันขดลวด (k_w) สมการที่ (12) ซึ่งประกอบด้วยค่าแฟกเตอร์การพันกระจายขดลวด (k_d) สมการที่ (13) และพิทซ์แฟกเตอร์ (k_p) สมการที่ (14)

$$k_w = k_d k_p \quad (12)$$

$$k_d = \sin\left(\frac{\sigma}{2}\right) / g \sin\left(\frac{\sigma}{2g}\right) \quad (13)$$

$$k_p = \cos\left(\frac{\varepsilon}{2}\right) \quad (14)$$

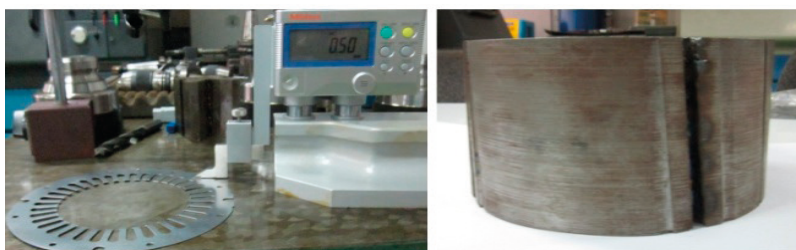
ประสิทธิภาพ (Effency; η) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถแสดงการคำนวณในสมการที่ (15)

$$\text{Effency} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \quad (15)$$

การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรตารี่ความเร็วรอบต่ำ

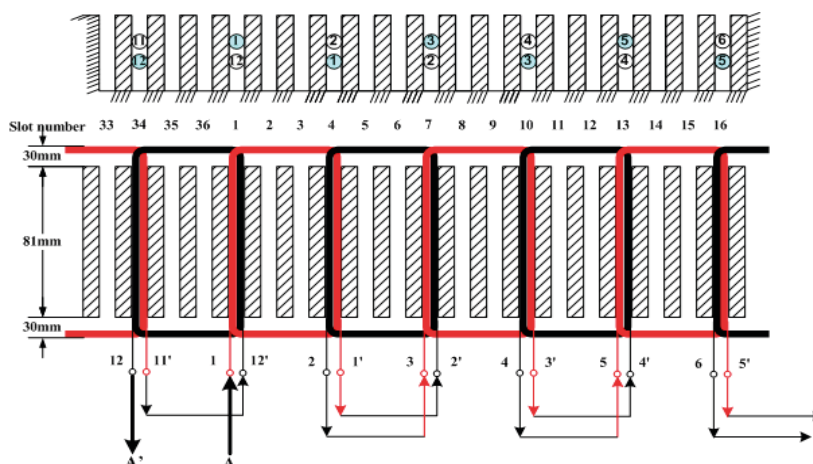
1. สเตเตอร์และการพันขดลวดในสเตเตอร์

สเตเตอร์คือส่วนที่ยึดกับโครงสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีชุดขดลวดเพื่อรับการเหนี่ยวนำจากเส้นแรงแม่เหล็กของโรเตอร์ ผลิตจากแผ่นเหล็กซิลิกอนหนา 0.5 มิลลิเมตร เพื่อลดการสูญเสียจากกระแสไฟฟ้าไหลวน (Eddy Current) ภายในแกนเหล็ก ซึ่งส่งผลต่อความร้อนและประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนั้นระหว่างแผ่นเหล็กจะมีฉนวนเคลือบ [17] และเพื่อลดแรงต้านการบิดขณะเริ่มหมุน การขึ้นรูปสเตเตอร์จะบิดร่องสลอตให้มีมุมเอียงเท่ากับหนึ่งร่องสลอต [18] ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แผ่นเหล็กซิลิกอนและสเตเตอร์ที่บิดร่องสลอต

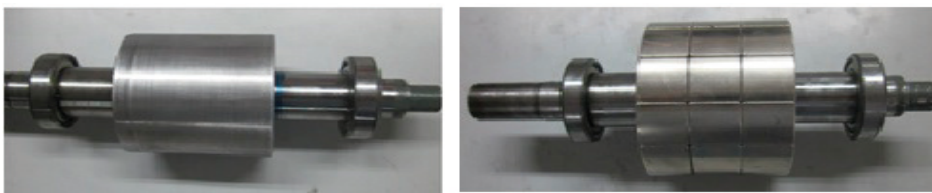
เพื่อให้เกิดความเป็นฉนวนระหว่างแผ่นเหล็กซิลิกอนกับขดลวดทองแดงและป้องกันขดลวดทองแดงลวดคังนั้นการพันขดลวดจำเป็นต้องรองแผ่นไมก้าในร่องสลอตเสมอ ซึ่งลักษณะการพันขดลวดจะเป็นการพันแบบเต็มพิทช์ (Full Pitch) ในลักษณะซ้อนทับ (Lap) ตามจำนวนร่องต่อหนึ่งขั้วต่อหนึ่งเฟส (Slots per Pole per Phase, SPP) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แบบการพันขดลวดในสเตเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรตารี่ความเร็วรอบต่ำชนิดแม่เหล็กถาวร

2. โรเตอร์และการติดแม่เหล็กบนโรเตอร์

โรเตอร์เป็นส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็ก และหมุนอยู่แกนกลางของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยสามารถรับแรงบิดหรือพลังงานกลผ่านแกนเหล็กที่เชื่อมต่อกับต้นกำลัง ขึ้นรูปด้วยแผ่นเหล็กชนิดเดียวกับสเตเตอร์แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 โรเตอร์และการติดแม่เหล็กถาวรบนโรเตอร์

3. การประกอบโรเตอร์กับโครงสเตเตอร์

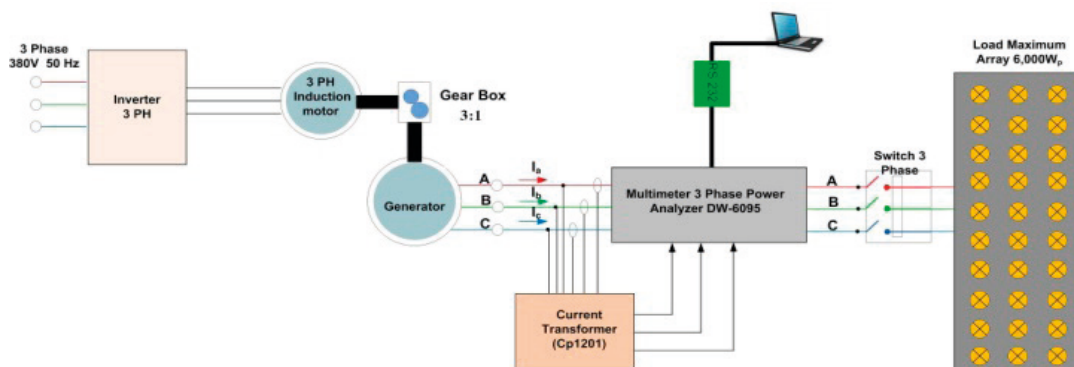
การประกอบโรเตอร์กับโครงสเตเตอร์โดยการสวมแกนเหล็กโรเตอร์ในสเตเตอร์จากนั้นปิดฝาครอบหน้า-หลัง ใช้นอตยาร้อยผ่านโครงหุ้มผ่านฝาครอบหน้า-หลัง แล้วใช้ไขควงขันนอตตามภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ภาพที่ 8 แสดงไดอะแกรมการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การหมุนถูกควบคุมโดยมอเตอร์ไฟฟ้าระหว่างมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชื่อมต่อเกียร์ทดรอบด้วยขอย (Coupling) ปรับความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์ด้วยอินเวอร์เตอร์ วิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าด้วยเครื่อง Power Analyzer DW-6095 โดยใช้คลิปแอมป์ Cp1201 คล้องสายไฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละเฟสผ่านการเชื่อมต่อข้อมูลสัญญาณพอร์ต (USB) กับคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าในขณะเปิดวงจร (OCC curve) และในขณะมีภาระทางไฟฟ้าที่ความเร็วรอบต่างๆ



ภาพที่ 8 ไดอะแกรมที่ใช้ในการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ผลการทดลอง

1. ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสความเร็วรอบต่ำชนิดแม่เหล็กถาวร

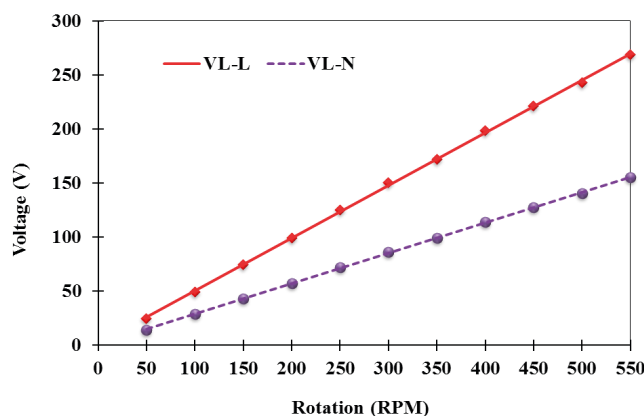
ผลการทดลองวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสความเร็วรอบต่ำชนิดแม่เหล็กถาวรสำหรับกังหันลมขนาดเล็กประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสความเร็วรอบต่ำชนิดแม่เหล็กถาวร

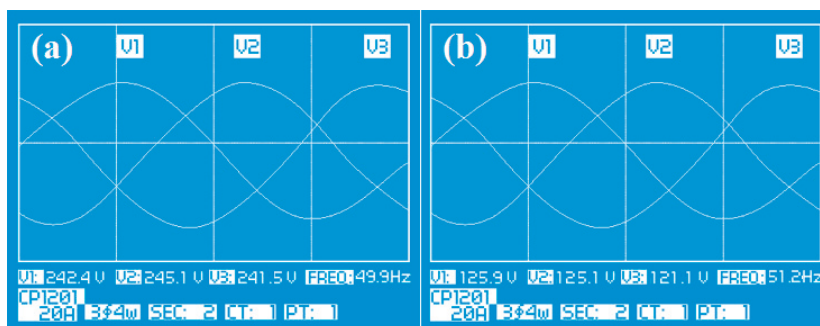
ลำดับ	ชื่อพารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
1	ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เชิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร
2	ขนาดของขดลวด	SWG#22
3	จำนวนเฟส	3 เฟส
4	จำนวนขั้วแม่เหล็ก	12 ขั้ว
5	จำนวนรอบของขดลวดต่อสล็อต	40 รอบ/สล็อต
6	จำนวนรอบของขดลวดต่อเฟส	480 รอบ/เฟส
7	ความต้านทานขดลวดเฟส A	6.29 Ω /เฟส
8	ความต้านทานขดลวดเฟส B	6.00 Ω /เฟส
9	ความต้านทานขดลวดเฟส C	6.02 Ω /เฟส
10	ความเหนี่ยวนำขดลวดเฟส A	21.0 mH/เฟส
11	ความเหนี่ยวนำขดลวดเฟส B	21.9 mH/เฟส
12	ความเหนี่ยวนำขดลวดเฟส C	21.4 mH/เฟส

2. การทดสอบแรงดันไฟฟ้าในขณะเปิดวงจร

การทดสอบแรงดันไฟฟ้าในขณะเปิดวงจรได้แก่การทดสอบแรงดันไฟฟ้าสามเฟสเทียบสามเฟส (V_{L-L}) และสามเฟสเทียบนิวตรอน (V_{L-N}) ที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ ได้แก่ ความเร็วต่ำกว่า ความเร็วเท่ากับ และความเร็วมากกว่าความเร็วเชิงโครนัสแสดงให้เห็นชัดเจนว่าแรงดันไฟฟ้าแปรผันอย่างเป็นเชิงเส้นกับความเร็วรอบการหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [18] ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 กราฟแรงดันไฟฟ้าเป็นฟังก์ชันกับรอบการหมุน



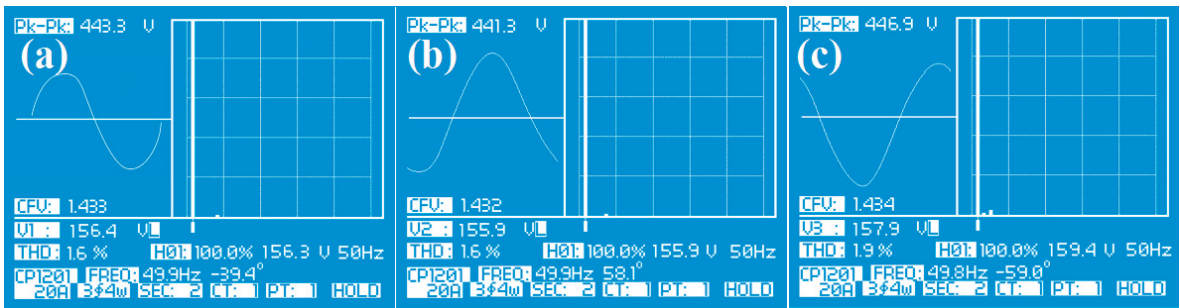
ภาพที่ 10 สัญญาณคลื่นไซน์ในขณะเปิดวงจรของแรงดันไฟฟ้าทั้ง 2 แบบ

3. การทดสอบสัญญาณคลื่นไซน์

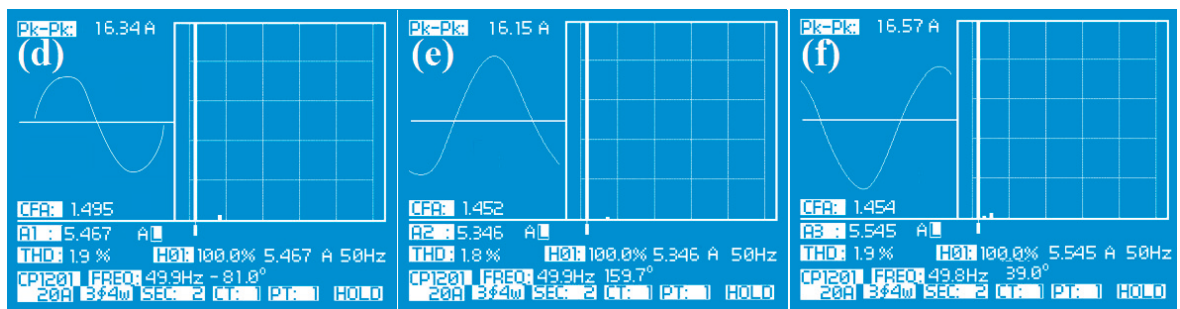
การทดสอบสัญญาณคลื่นไซน์ (Sine Wave) ของแรงดันไฟฟ้าสามเฟสเทียบสามเฟส และสามเฟสเทียบนิวตรอนที่ความเร็วเชิงโรตัส 500 รอบต่อนาที ในขณะเปิดวงจร พบว่าได้สัญญาณคลื่นไซน์แบบเต็มคลื่น (Full Waver) มีค่าเฉลี่ย 243 โวลต์ ความถี่ 49.99 เฮิรตซ์ ภาพที่ 10(a) และ 140.53 โวลต์ ความถี่ 51.12 เฮิรตซ์ ภาพที่ 10(b) ตามลำดับ

4. การทดสอบขีดจำกัดความเพี้ยนฮาร์มอนิกขณะมีภาระทางไฟฟ้าที่กระแสฟลัก

สัญญาณฮาร์มอนิกเป็นส่วนประกอบของคลื่นไซน์ที่มีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่มูลฐานตามมาตรฐานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีขีดจำกัดความเพี้ยนฮาร์มอนิก (THD%) ไม่เกินร้อยละ 5 ที่แรงดันไฟฟ้าที่จุดต่อร่วม 0.4 กิโลโวลต์ [19] ผลการทดลองพบว่าค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกของแรงดันไฟฟ้าสามเฟสเทียบสามเฟสเท่ากับร้อยละ 1.6, 1.6 และ 1.9 ดังภาพที่ 11(a), 11(b) และ 11(c) ตามลำดับ และค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกของกระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับร้อยละ 1.9, 1.8 และ 1.9 ดังภาพที่ 12(d), 12(e) และ 12(f) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกในแต่ละเฟสมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 1.7 และร้อยละ 1.9 ตามลำดับ



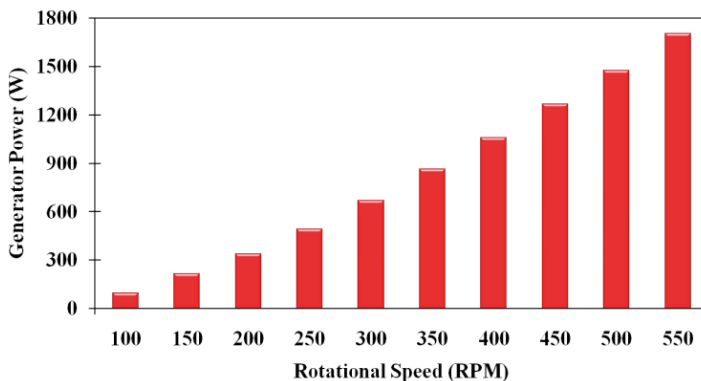
ภาพที่ 11 สัญญาณฮาร์มอนิกในขณะที่มีการะทางไฟฟ้าของแรงดันไฟฟ้าสามเฟสเทียบสามเฟส



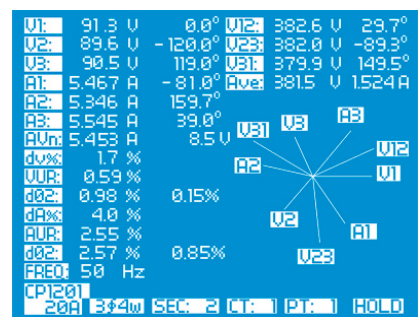
ภาพที่ 12 สัญญาณฮาร์มอนิกในขณะที่มีการะทางไฟฟ้าของกระแสไฟฟ้า

5. การทดสอบพลังงานไฟฟ้าที่ความเร็วรอบต่างๆ และมุมเฟสแสดงเวกเตอร์แรงดันและกระแสไฟฟ้า

การทดสอบพลังงานไฟฟ้าที่ความเร็วรอบต่างๆ เพื่อหาจุดที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถจ่ายพลังงานได้สูงสุดโดยนำค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 6 แอมแปร์ สำหรับสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าเป็นฟังก์ชันกับความเร็วรอบการหมุนภาพที่ 13 ผลการทดสอบพบว่าสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 1,500 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพร้อยละ 77.84 การทดสอบมุมเฟสแสดงเวกเตอร์ของแรงดันและกระแสไฟฟ้า พบว่ามุมเฟสแสดงเวกเตอร์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ามีค่ามุมต่างกันเท่ากับ 120 องศาทางไฟฟ้า ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ดังภาพที่ 14



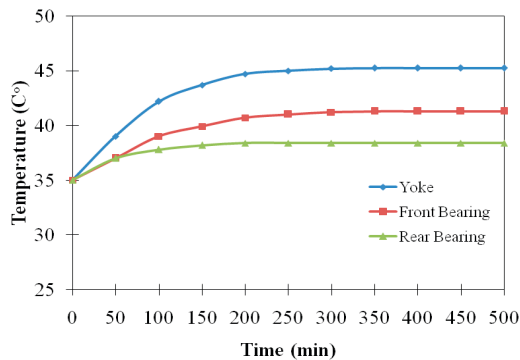
ภาพที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า เป็นฟังก์ชันของความเร็วรอบการหมุน



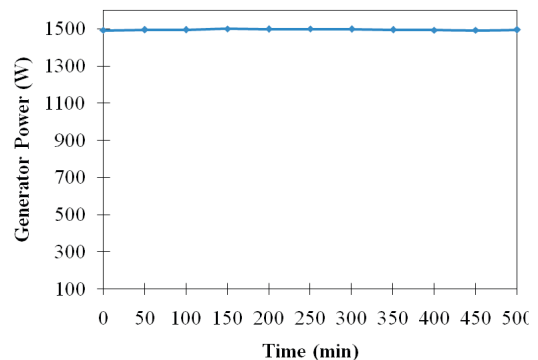
ภาพที่ 14 มุมเฟสของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

6. การทดสอบความทนทานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การทดสอบความทนทานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประกอบด้วยการทดสอบความสามารถในการระบายความร้อน และการจ่ายกำลังไฟฟ้าในระยะยาว โดยทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาที ที่ภาระทางไฟฟ้า เต็มพิกัด เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการพิจารณาความทนทานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



ภาพที่ 15 กราฟแสดงอุณหภูมิกับเวลา



ภาพที่ 16 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้ากับเวลา

ภาพที่ 15 แสดงผลการทดลองวัดอุณหภูมิของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากอุณหภูมิแวดล้อมประมาณ 34.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 150 นาที อุณหภูมิบริเวณ โครงเครื่อง 45.1 องศาเซลเซียส บริเวณแบร์ริงหน้า 41.3 องศาเซลเซียส และแบร์ริงหลัง 37.4 องศาเซลเซียส และภาพที่ 16 แสดงผลการทดลอง วัดค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป 200 นาที โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าประมาณ 1,497 วัตต์

สรุปผลการทดลอง

การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรนัสความเร็วรอบต่ำชนิดแม่เหล็กแรงสูงเพื่อใช้กับกังหันลมขนาดเล็ก สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 1,500 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที มีความถี่ 50 เฮิรตซ์ ประสิทธิภาพร้อยละ 77.84 ความเพี้ยนฮาร์มอนิกที่กระแสพิกัดของแรงดันไฟฟ้าสามเฟสที่เทียบสามเฟส (THDv%) และกระแสไฟฟ้า (THDA%) เท่ากับร้อยละ 1.7 และร้อยละ 1.9 ตามลำดับ มุมเฟสแสดงเวกเตอร์ของแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 120 องศาทางไฟฟ้า อุณหภูมิของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ย 41.3 องศาเซลเซียส จากผลการทดลอง สามารถนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้ไปใช้ร่วมกับระบบกังหันลมแบบระบบอิสระ (Stand-Alone System) ระบบ พลังงานแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม (Solar and Wind Hybrid System) สำหรับระบบ สูบน้ำ [20] ที่ความเร็วลมต่ำได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 หน่วยวิจัยพลังงานทดแทนและสิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน (REERCUC) มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี และสถาบันวิจัยระบบพลังงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (PERIN)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Yongxiu, H., Yang, X., Yuexia, P., Huiying, T. and Rui, W. (2016). “A regulatory policy to promote renewable energy consumption in China: Review and future evolutionary path”, **Renewable Energy**. 89, 695–705.
- [2] Phoochinda, W. (2012). **The Management of Energy production for consumption at community and household level**. Research Report. National Institute of Development Administration (NIDA). Thailand.
- [3] Ministry of Energy. (2015). **Alternative Energy Development Plan: AEDP2015**. Department of Renewable Energy Development and Energy Efficiency, September. Thailand.
- [4] Chancham, C., Waewsak, J., matan, N. and Tirawanichakul, Y. (2012). “Wind energy potential along the coast of Thai-Gulf in Central Southern Thailand”, **Thaksin University Journal**. 15(2), 10-17.
- [5] Leiserson, M., Lindauer, D., Meesook, O.A. and Suebsaeng, P. **The World Bank Asia Alternative Energy Program (ASTAE): status report**.
- [6] Piggott, H. (2011). **Windpower Workshop: Building Your Own Wind Turbine**. Centre for Alternative Technology Publications. Wales. United Kingdom.
- [7] Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering King Mongkut’s University Of Technology North Bangkok. (2011). **Research and Development of Low Speed Wind Turbine Generators for Manufacturer in Country. Final Report**. Energy Policy and Planning Office (EPPO). Ministry Of Energy Thailand.
- [8] Petrua, L. and Mazonb, G. (2014). “Experimental Stand for the Study of a Three-Phase Synchronous Generator with Permanent Super Magnets”, **Procedia Engineering**. 69, 231–236.
- [9] Crooks, M. J., Litvin, D. B., Matthew, P. W., Macaulay, R. and Shaw, J. (1978). “One-piece Faraday generator: A paradoxical experiment from 1851”, **American Journal of Physics (AJP)**. 46(7), 729-731.
- [10] Cathey, J. J. (2000). **Electric Machines: Analysis and Design Applying Matlab**. McGraw-Hill Higher Education.
- [11] Zakotnik, M. and Tudor, C.O. (2015). “Commercial-scale recycling of NdFeB-type magnets with grain boundary modification yields products with ‘designer properties’ that exceed those of starting materials”, **Waste Management**. 44, 48-54.
- [12] Zhu, Z. Q., Ng, K., Schofield, N. and Howe, D. (2004). “Improved analytical modelling of rotor eddy current loss in brushless machines equipped with surface-mounted permanent magnets”, **IEEE Proceedings-Electric Power Applications**. 151(6), 641-650.
- [13] Lateb, R., Takorabet, N. and Meibody-Tabar, F. (2006). “Effect of magnet segmentation on the cogging torque in surface-mounted permanent-magnet motors”, **IEEE Transactions on Magnetics**. 42(3), 442-445.
- [14] Hsiao, C. Y., Yeh, S. N. and Hwang, J. C. (2014). “Design of high performance permanent-magnet synchronous wind generators”, **Energies**. 7(11), 7105-7124.
- [15] Hanselman, D. (2003). **Brushless Permanent Magnet Motor Design**. Magna Physics Pub. Orono. ME. USA.
- [16] Hsu, J. S. (2007). “Study on enhancement and weakening of permanent magnet air gap flux density”, **IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC’07)**. 1552-1556.
- [17] Casinovi, G. and Veca, G.M. (1982). “Eddy current losses in the armature of a superconducting turbine-generator”, **IEEE Transactions on Magnetics**. 18, 1725-1727.
- [18] Kasageongsan, C. and Suklueng, M. (2015). “Fabrication of permanent magnet for low speed synchronous generators using waste motors”, **The Journal of King Mongkut’s University of Technology North Bangkok**. 25(3), 361-370.

- [19] Thammavong, P. and Kveeyarn, K. (2013). “Principle of Harmonics Standard in Power System of Thailand”, **Kasetsart engineering journal**. 83(26), 56-63.
- [20] Waewsak, J., Kasagepongsan, C., Boonbumrong, U. and Khedari, J. (2011). “Transient Simulation and Verification of a Hybrid Solar and Wind Water Pumping System for Rural Area of Southern Thailand”, In **2011 International Conference on Alternative Energy in Developing and Emerging Economy**, 243. 25-26 May. Songkhla. Thailand.

ตัวแบบพยากรณ์เกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ Forecasting Model for Grade Point Average of Thaksin University's Undergraduate Students

วารงคณา เรียนสุทธิ์^{1*}
Warangkhan Riansut^{1*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ คือ การสร้างตัวแบบพยากรณ์เกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นิสิตระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ลงทะเบียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 599 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิอย่างมีระบบวงกลม เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามที่มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.984 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณขั้นตอน ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ได้แก่ เพศ ชั้นปีการศึกษา คณะ รอบที่สอบเข้าศึกษาเกรดเฉลี่ยสะสมระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย การมีโรคประจำตัว สถานภาพสมรสของบิดามารดา เวลาที่ใช้ไปกับการทำการบ้าน/ทบทวนบทเรียน ปัจจัยด้านระดับความรู้พื้นฐานก่อนเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัย และปัจจัยด้านความเชื่อในศักยภาพของตนเอง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้สามารถร่วมกันอธิบายเกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ ได้ร้อยละ 97

คำสำคัญ: ปัจจัย เกรดเฉลี่ยสะสม การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

Abstract

The purpose of this research was to construct the forecasting model for grade point average (GPA) of Thaksin University's undergraduate students. Samples used to study were 599 undergraduate students of Thaksin University who enrolled in the first semester of academic year 2015 which obtained by circular stratified systematic sampling method. The data were collected by using questionnaire with the reliability of 0.984. Statistics used in data analysis were frequency, percentage, mean, standard deviation, and stepwise multiple regression analysis. Research findings indicated that the factors influencing on GPA of Thaksin University's undergraduate students at the significance level of .05 were gender, years of study, faculty, admission round, GPA in high school, the medical history, marital status of parents, time spent in homework/lesson, factors of basic knowledge before entering university, and factors of faith their potential. These factors could explain GPA of Thaksin University's undergraduate students with 97%.

Keywords: Factor, Grade Point Average (GPA), Multiple Regression Analysis

¹ ผศ.ดร., สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ Asst. Prof. Dr., Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210

* Corresponding author: Tel./Fax.: 074-609600 ext. 2573. E-mail address: warang27@gmail.com

บทนำ

การศึกษาระดับปริญญาตรีเป็นการเรียนเพื่อการประกอบอาชีพและการดำรงชีวิต มีความสำคัญทั้งในทางตรงและในทางอ้อม ช่วยพัฒนาคนให้มีความรู้ มีประสิทธิภาพ ภายใต้อาชีพการแข่งขันทางเศรษฐกิจ ช่วยพัฒนาคุณภาพ สร้างคนให้มีคุณธรรม จริยธรรม มีความรับผิดชอบต่อสังคม และทำให้การอยู่ร่วมกันในสังคมเป็นไปได้ด้วยดี อาจกล่าวได้ว่าการศึกษาระดับปริญญาตรีภายใต้กำหนดเวลาของแต่ละหลักสูตรและแต่ละสถาบันเป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้เรียนควรปฏิบัติให้ได้ แต่เนื่องจากสถานะสังคมในปัจจุบันมีสิ่งรบกวนมากมาย ทำให้เวลาที่ผู้เรียนควรให้กับการศึกษาลดลง ซึ่งหากผู้เรียนไม่สามารถแบ่งเวลาได้เหมาะสม อาจส่งผลต่อการถอนรายวิชาที่ไล่ลงทะเบียนไป และท้ายที่สุดก็จะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของการศึกษาไม่เป็นไปตามกำหนด [1] จากข้อมูลของงานทะเบียนเกี่ยวกับสถานภาพของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำแนกตามคณะ พบว่า นิสิตมีสถานภาพรอพินิจ จำนวน 645 คน คิดเป็นร้อยละ 5.92 ปัญหาการรอพินิจ อาจเกิดจากเหตุผลหลายประการ ทั้งจากตัวผู้เรียนที่ขาดความตั้งใจ หรือจากอาจารย์ผู้สอนที่ขาดความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ที่ดี เมื่อมีนิสิตสถานภาพรอพินิจเป็นจำนวนมากย่อมเกิดความสูญเสียค่าทางการศึกษา จึงนับเป็นปัญหาที่ควรได้รับการศึกษาเพื่อพิจารณาหาแนวทางแก้ไข และหาวิธีการป้องกันอย่างจริงจัง ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสร้างตัวแบบพยากรณ์เกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ โดยมีความคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลการศึกษาค้นคว้าจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการเรียนการสอนและการจัดสิ่งสนับสนุนต่างๆ เพื่อส่งเสริมและสร้างแรงจูงใจในการเรียนให้กับนิสิต ตลอดจนใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งส่งผลให้ได้บัณฑิตที่พึงประสงค์และมีคุณภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือ นิสิตระดับปริญญาตรีทั้งหมดของมหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ลงทะเบียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 10,904 คน ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นิสิตที่ถูกเลือกมาจากประชากรดังกล่าวจำนวนอย่างน้อย 592 คน ซึ่งคำนวณได้จากสูตรของยามานะ (Yamane's Formula) โดยกำหนดระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ไม่เกินร้อยละ 4 ($e = 0.04$) [2] และใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Sampling) ที่มีคณะ และสถานภาพของนิสิต ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ สถานภาพปกติ และสถานภาพรอพินิจ เป็นชั้นภูมิ (Strata) โดยกำหนดสัดส่วนของนิสิตที่มีสถานภาพปกติและสถานภาพรอพินิจเท่าๆ กัน (ร้อยละ 50) นั่นคือ กลุ่มละอย่างน้อย 296 คน กระจายขนาดตัวอย่างแต่ละชั้นภูมิตามสัดส่วนต่อขนาด (Proportional to Size) ดังตารางที่ 1 ได้ขนาดตัวอย่างใหม่เป็น 599 คน ซึ่งขนาดตัวอย่างมีค่ามากกว่า 592 คน เนื่องจากผลของการปัดทศนิยม เช่น ขนาดตัวอย่างของนิสิตที่มีสถานภาพปกติ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ คำนวณได้ดังนี้

$$\frac{2,283}{10,259} \times 296 = 65.87 \approx 66 \text{ คน}$$

และหน่วยตัวอย่างในแต่ละชั้นภูมิ ได้มาโดยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบวงกลม (Circular Systematic Sampling) ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ [2] เช่น นิสิตที่เป็นประชากรซึ่งมีสถานภาพปกติ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ จำนวน (N) 2,283 คน ต้องการขนาดตัวอย่างของนิสิตซึ่งมีสถานภาพปกติ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ จำนวน (n) 66 คน ผู้วิจัยได้ให้หมายเลขแก่ประชากรเป็น 1, 2, ..., 2,283 คำนวณช่วงการสุ่ม k เป็นจำนวนเต็มที่ใกล้ N/n มากที่สุด จะได้ $k = 2,283/66 = 34.59 \approx 35$ สุ่มจุดสุ่มเริ่มต้น r เป็นจำนวนเต็มจาก 1 ถึง N ด้วยความน่าจะเป็นเท่าๆ กัน คือ $1/N$ ได้ $r = 20$ หน่วยตัวอย่างที่ตกอยู่ในตัวอย่างของการวิจัย ได้จากการพิจารณา $r + jk$ เมื่อ $j = 0, 1, \dots, n-1$ โดยจะได้หน่วยที่ $r + jk$ เมื่อ $r + jk \leq N$ และได้หน่วยที่ $r + jk - N$ เมื่อ $r + jk > N$ ดังหมายเลขต่อไปนี้ 20, 55, 90, 125, ..., 2,225, 2,260, 12 จากนั้นดำเนินการเช่นเดียวกันกับชั้นภูมิอื่นๆ

ตารางที่ 1 ขนาดประชากรและขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

คณะ	ขนาดประชากร			ขนาดตัวอย่าง		
	สถานภาพ ปกติ	สถานภาพ รอฟินิจ	รวม	สถานภาพ ปกติ	สถานภาพ รอฟินิจ	รวม
มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	2,283	99	2,382	66	46	112
วิทยาศาสตร์	932	92	1,024	27	43	70
ศึกษาศาสตร์	2,326	11	2,337	68	6	74
เทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน	253	49	302	8	23	31
วิทยาการสุขภาพและการกีฬา	721	28	749	21	13	34
ศิลปกรรมศาสตร์	442	30	472	13	14	27
เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ	2,135	198	2,333	62	91	153
นิติศาสตร์	1,167	138	1,305	34	64	98
รวม	10,259	645	10,904	299	300	599

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม มีรายละเอียดการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร หนังสือ ตำรา วิทยานิพนธ์ บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสืบค้นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเกรดเฉลี่ยสะสม [3-9]
2. ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา เพื่อสอบถามเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเกรดเฉลี่ยสะสม
3. สร้างแบบสอบถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคล เป็นคำถามชนิดเลือกตอบ (Check List) และชนิดปลายเปิด (Open-Ended) และส่วนที่ 2 คะแนนประเมินระดับความสอดคล้องเป็นคำถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) ซึ่งมี 5 ระดับ ให้น้ำหนักคะแนนข้อความเชิงบวกเป็น 5 (มากที่สุด) ถึง 1 (น้อยที่สุด) และให้น้ำหนักคะแนนข้อความเชิงลบเป็น 1 (มากที่สุด) ถึง 5 (น้อยที่สุด) [10] แบ่งคำถามออกเป็น 13 ด้าน คือ ด้านระดับความรู้พื้นฐานก่อนเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัย (6 ข้อ) ด้านพฤติกรรมการณ์เรียน (22 ข้อ) ด้านความเชื่อมั่นศักยภาพของตนเอง (4 ข้อ) ด้านแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (10 ข้อ) ด้านอาจารย์ผู้สอน (11 ข้อ) ด้านพฤติกรรมการณ์สอน (30 ข้อ) ด้านบรรยากาศในห้องเรียน (6 ข้อ) ด้านหลักสูตร (11 ข้อ) ด้านสาขาวิชาที่ศึกษาอยู่ (4 ข้อ) ด้านสถาบันการศึกษา (22 ข้อ) ด้านสภาพแวดล้อม (12 ข้อ) ด้านกลุ่มเพื่อน (10 ข้อ) และด้านครอบครัว (19 ข้อ)
4. เสนอแบบสอบถามให้ผู้ทรงคุณวุฒิสถาบันการศึกษาจำนวน 2 ท่าน และสาขาสถิติ จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม โดยผู้ทรงคุณวุฒิสถาบันการศึกษาท่านที่ 1 แนะนำให้ปรับในเรื่องการใช้ภาษา ให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิจากอีก 2 ท่าน มีความเห็นว่าแบบสอบถามมีความเหมาะสม

5. นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนิสิตระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ลงทะเบียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 และไม่ใช่ตัวอย่างของการวิจัย จำนวน 30 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ตามวิธีของครอนบาค [11] จากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.984

6. นำแบบสอบถามที่ได้ทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงให้เป็นฉบับที่สมบูรณ์

ดำเนินการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม 2558 โดยการสอบถามข้อมูลตามแบบสอบถาม ที่สร้างขึ้นกับนิสิตที่เป็นตัวอย่างของการวิจัย จำนวน 599 คน จากนั้นจึงตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในแบบสอบถาม บันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ซึ่งมีวิธีการดังนี้ [12]

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของปัจจัยส่วนบุคคล และคะแนนประเมินระดับความสอดคล้อง ทั้ง 13 ด้าน จะใช้ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [13]

2. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ จะใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) [14]

ผลการวิจัย

จากนิสิตที่ตอบแบบสอบถามทั้งหมด จำนวน 599 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 324 คน คิดเป็นร้อยละ 54.09 ศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 3 จำนวน 275 คน คิดเป็นร้อยละ 45.91 เป็นนิสิตคณะเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ จำนวน 153 คน คิดเป็นร้อยละ 25.54 สอบเข้าศึกษาด้วยวิธีรับตรงมากที่สุด จำนวน 356 คน คิดเป็นร้อยละ 59.43 และสอบเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัยทักษิณเป็นรอบที่ 1 จำนวน 329 คน คิดเป็นร้อยละ 54.92 จำนวนผู้เรียนต่อห้องที่นิสิตคิดว่าเหมาะสมต่อการเรียนรู้ คือ ไม่เกิน 30 คน จำนวน 214 คน คิดเป็นร้อยละ 35.73 สาขาการเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย คือ วิทยาศาสตร์ จำนวน 336 คน คิดเป็นร้อยละ 56.09 เกรดเฉลี่ยสะสมระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 2.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.46 ภูมิลำเนาส่วนใหญ่อยู่จังหวัดตรัง จำนวน 132 คน คิดเป็นร้อยละ 22.04 พักอาศัยภายนอกมหาวิทยาลัย จำนวน 416 คน คิดเป็นร้อยละ 69.45 ไม่มีโรคประจำตัว จำนวน 542 คน คิดเป็นร้อยละ 90.48 ไม่มีปัญหาสุขภาพ/ยาเสพติด จำนวน 572 คน คิดเป็นร้อยละ 95.49 ส่วนใหญ่บิดา มารดาอยู่ด้วยกัน จำนวน 504 คน คิดเป็นร้อยละ 84.14 บิดาและมารดาการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 201 คน คิดเป็นร้อยละ 33.56 และจำนวน 183 คน คิดเป็นร้อยละ 30.55 ตามลำดับ บิดาและมารดามีอาชีพเกษตรกร จำนวน 255 คน คิดเป็นร้อยละ 42.57 และจำนวน 301 คน คิดเป็นร้อยละ 50.25 ตามลำดับ รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครอบครัวประมาณ 15,001 – 25,000 บาท จำนวน 382 คน คิดเป็นร้อยละ 63.77 จำนวนบุคคลในครอบครัวที่จบการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือสูงกว่าเฉลี่ยประมาณ 1 คน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานประมาณ 1 คน รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของนิสิต 4,874.29 บาท ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1,237.4 บาท ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนของนิสิต 4,723.04 บาท ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1,279.33 บาท เวลาที่ใช้ไปกับการพักผ่อนกับกิจกรรมต่างๆ โดยเฉลี่ย 4.39 ชั่วโมง/วัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.5 ชั่วโมง เวลาที่ใช้ไปกับการทำกรบ้าน/ทบทวนบทเรียน โดยเฉลี่ย 0.96 ชั่วโมง/วัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.89 ชั่วโมง เวลาที่ใช้ไปกับการทำกิจกรรมกับมหาวิทยาลัย/คณะ/สาขาวิชา โดยเฉลี่ย 0.25 ชั่วโมง/วัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.27 ชั่วโมง ซึ่งคำนวณจากนิสิตที่ทำกิจกรรม จำนวน 545 คน เวลาที่ใช้ไปกับการทำงานพิเศษ โดยเฉลี่ย 0.55 ชั่วโมง/วัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.89 ชั่วโมง ซึ่งคำนวณจากนิสิตที่ทำงานพิเศษ จำนวน 82 คน และคะแนนประเมินระดับความสอดคล้องของปัจจัยด้านต่างๆ พบว่า ทุกด้านนิสิตให้คะแนนอยู่ในระดับมาก

ผลการสร้างตัวแบบพยากรณ์เกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณขั้นตอน แสดงดังนี้

$$\hat{Y} = -0.0806Q1 + 0.3426Q2_1 + 0.3660Q3_1 + 0.2065Q3_2 + 0.6657Q3_3 + 0.3958Q3_5 + 0.3171Q3_7 + 0.1007Q6_1 + 0.4915Q10 - 0.1662Q13 + 0.1771Q16 + 0.0229Q26 + 0.1034Q34.1 + 0.2398Q34.3 \quad (1)$$

เมื่อตัวแปรเชิงปริมาณ ได้แก่ Q10 แทนเกรดเฉลี่ยสะสมระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย, Q26 แทนเวลาที่ใช้ไปกับการทำการบ้าน/ทบทวนบทเรียน โดยเฉลี่ยชั่วโมง/วัน, Q34.1 แทนปัจจัยด้านระดับความรู้พื้นฐานก่อนเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัย, Q34.3 แทนปัจจัยด้านความเชื่อในศักยภาพของตนเอง และตัวแปรเชิงคุณภาพได้แปลงเป็นตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) ดังนี้

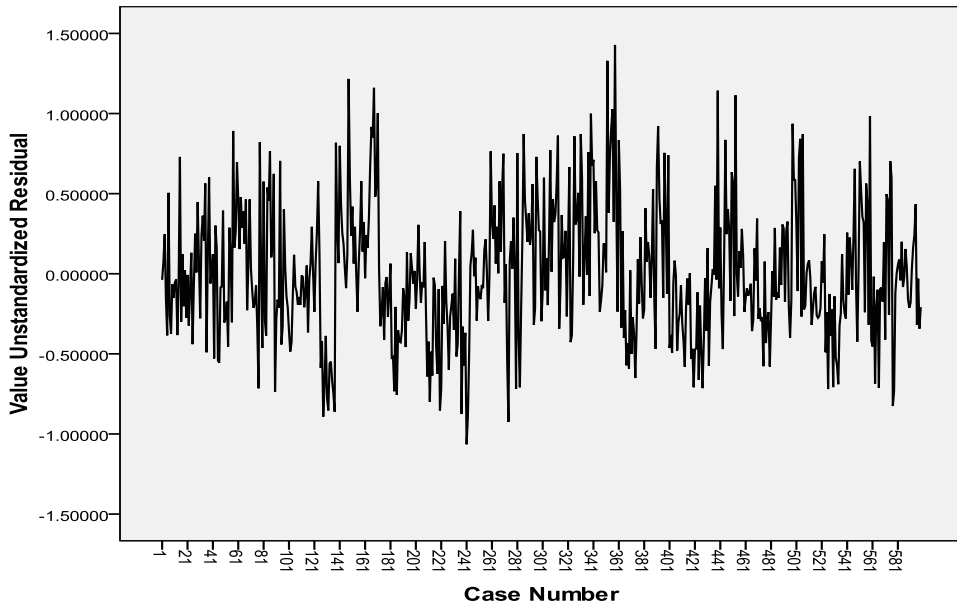
ตัวแปรหุ่น	ความหมาย	ตัวแปรหุ่น	ความหมาย
Q1 = 1	เพศชาย	Q1 = 0	เพศหญิง
Q2_1 = 1	ชั้นปีที่ 2	Q2_1 = 0	ชั้นปีที่ 5 – 8
Q3_1 = 1	คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	Q3_1 = 0	คณะนิติศาสตร์
Q3_2 = 1	คณะวิทยาศาสตร์	Q3_2 = 0	คณะนิติศาสตร์
Q3_3 = 1	คณะศึกษาศาสตร์	Q3_3 = 0	คณะนิติศาสตร์
Q3_5 = 1	คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา	Q3_5 = 0	คณะนิติศาสตร์
Q3_7 = 1	คณะเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ	Q3_7 = 0	คณะนิติศาสตร์
Q6_1 = 1	รอบที่สอบเข้าศึกษา คือ รับตรง	Q6_1 = 0	รอบที่สอบเข้าศึกษา คือ แอดมิชชัน
Q13 = 1	มีหรือเคยมีโรคประจำตัว	Q13 = 0	ไม่มีโรคประจำตัว
Q16 = 1	สถานภาพสมรสของบิดา มารดา คือ อยู่ด้วยกัน	Q16 = 0	สถานภาพสมรสของบิดา มารดา คือ ไม่ได้อยู่ด้วยกัน

จากสมการที่ (1) พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ได้แก่ เพศ ชั้นปีการศึกษา คณะ รอบที่สอบเข้าศึกษา เกรดเฉลี่ยสะสมระดับมัธยมศึกษาตอนปลายการมีโรคประจำตัว สถานภาพสมรสของบิดามารดาเวลาที่ใช้ไปกับการทำการบ้าน/ทบทวนบทเรียน ปัจจัยด้านระดับความรู้พื้นฐานก่อนเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัย และปัจจัยด้านความเชื่อในศักยภาพของตนเอง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้สามารถร่วมกันอธิบายเกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ ได้ร้อยละ 97 (Adjusted $R^2 = 0.970$) โดยตัวแบบพยากรณ์นี้สามารถเขียนในรูปของคะแนนมาตรฐานได้ดังนี้

$$\hat{Z} = -0.0225Z1 + 0.0714Z2_1 + 0.0652Z3_1 + 0.0291Z3_2 + 0.0965Z3_3 + 0.0389Z3_5 + 0.0661Z3_7 + 0.0371Z6_1 + 0.5809Z10 - 0.0211Z13 + 0.0670Z16 + 0.0438Z26 + 0.1540Z34.1 + 0.3967Z34.3 \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อเกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ มากที่สุด คือ เกรดเฉลี่ยสะสมระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (Standardized Coefficients $\beta = 0.5809$)

เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov $Z = 1.290$, $p\text{-value} = 0.072$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($t = 0.088$, $p\text{-value} = 0.930$) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (แสดงรายละเอียดในภาพที่ 1) ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม



ภาพที่ 1 กราฟความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่าเพศชั้นปีการศึกษาคณะ รอบที่สอบเข้าศึกษาเกรดเฉลี่ยสะสมระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย การมีโรคประจำตัว สถานภาพสมรสของบิดา มารดา เวลาที่ใช้ไปกับการทำกรบ้าน/ทบทวนบทเรียน ปัจจัยด้านระดับความรู้พื้นฐานก่อนเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัย และปัจจัยด้านความเชื่อในศักยภาพของตนเอง เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้สามารถร่วมกันอธิบายเกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยทักษิณ ได้ร้อยละ 97 โดยนำมาเขียนตัวแบบพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y} = -0.0806Q1 + 0.3426Q2_1 + 0.3660Q3_1 + 0.2065Q3_2 + 0.6657Q3_3 + 0.3958Q3_5 + 0.3171Q3_7 + 0.1007Q6_1 + 0.4915Q10 - 0.1662Q13 + 0.1771Q16 + 0.0229Q26 + 0.1034Q34.1 + 0.2398Q34.3$$

และเขียนในรูปของคะแนนมาตรฐานได้ดังนี้

$$\hat{Z} = -0.0225Z1 + 0.0714Z2_1 + 0.0652Z3_1 + 0.0291Z3_2 + 0.0965Z3_3 + 0.0389Z3_5 + 0.0661Z3_7 \\ + 0.0371Z6_1 + 0.5809Z10 - 0.0211Z13 + 0.0670Z16 + 0.0438Z26 + 0.1540Z34.1 + 0.3967Z34.3$$

จากผลการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลการศึกษาดังนี้

นิสิตชายมีเกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่านิสิตหญิง ($\beta = -0.0806$) อาจเนื่องมาจากนิสิตชายส่วนใหญ่มักจะไม่ค่อยตั้งใจเรียน จึงส่งผลให้มีผลการเรียนที่ต่ำกว่านิสิตหญิง สอดคล้องกับที่นริรัตน์ ณ นวงศ์ [5] สรุปไว้ว่า เพศเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับผลการศึกษาระดับปริญญาตรี ที่แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า 2.00 เกรดเฉลี่ยสะสม 2.00 – 2.99 และเกรดเฉลี่ยสะสมตั้งแต่ 3.00 โดยพบว่า นักศึกษาของมหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพเพศชายส่วนใหญ่มักมีเกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า 2.00 (ร้อยละ 54.8) ขณะที่นักศึกษานิสิตหญิงมีเกรดเฉลี่ยสะสมตั้งแต่ 3.00 (ร้อยละ 50.3)

นิสิตชั้นปีที่ 2 มีเกรดเฉลี่ยสะสมสูงกว่านิสิตชั้นปีที่ 5 – 8 ($\beta = 0.3426$) อาจเนื่องมาจากรายวิชาที่ศึกษาของนิสิตชั้นปีที่ 2 ส่วนใหญ่ยังเป็นวิชาพื้นฐานและวิชาศึกษาทั่วไปซึ่งไม่ยากมากนักจึงทำให้มีผลการเรียนที่ดีกว่านิสิตชั้นปีที่ 5 – 8 ซึ่งต้องผ่านการเรียนวิชาเอกที่มีความยากมากกว่า สอดคล้องกับที่ฐาปณีย์ นิธิ์ระ และเมตตา ภูนิง [3] และนริรัตน์ ณ นวงศ์ [5] สรุปไว้ว่า ชั้นปีการศึกษาเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อผลการศึกษาระดับปริญญาตรี

นิสิตคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ศึกษาสาตร์ วิทยาการสุขภาพและการกีฬา เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ มีเกรดเฉลี่ยสะสมสูงกว่านิสิตคณะนิติศาสตร์ ($\beta = 0.3660, 0.2065, 0.6657, 0.3958, 0.3171$) และนิสิตที่สอบเข้าศึกษารอบรอบรับตรงมีเกรดเฉลี่ยสะสมสูงกว่านิสิตที่สอบเข้าศึกษารอบแอดมิชชัน ($\beta = 0.1007$) อาจเนื่องมาจากอัตราการสอบแข่งขันเพื่อเข้าเรียนในคณะต่างๆ รวมถึงรอบที่สอบเข้าศึกษาเป็นปัจจัยที่ช่วยคัดกรองความสามารถทางการเรียนของนิสิตได้ ผู้เรียนที่มีความสามารถในการสอบได้คณะที่ต้องการและสอบเข้าเรียนได้ก่อน ย่อมเป็นผู้ที่มีระดับความตั้งใจเรียนที่ดี ซึ่งจะส่งผลถึงการมีผลการเรียนที่ดีด้วย สอดคล้องกับที่วารณา กิริยวิบูลย์ [9] สรุปไว้ว่า คณะที่มีอิทธิพลต่อเกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ และสอดคล้องกับที่สุรัสวดี นางแล [4] สรุปไว้ว่า วิธีและรอบที่สอบเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาเป็นปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นิสิตที่มีเกรดเฉลี่ยสะสมระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเพิ่มขึ้น 1.00 จะมีเกรดเฉลี่ยสะสมระดับปริญญาตรีเพิ่มขึ้น 0.4915 ($\beta = 0.4915$) อาจเนื่องมาจากนิสิตที่มีเกรดเฉลี่ยสะสมระดับมัธยมศึกษาตอนปลายสูง ย่อมเป็นผู้ที่มีระดับสติปัญญาที่ดีจึงส่งผลให้มีเกรดเฉลี่ยสะสมระดับปริญญาตรีสูงตามไปด้วย สอดคล้องกับที่ฐาปณีย์ นิธิ์ระ และเมตตา ภูนิง [3] สรุปไว้ว่า คะแนนเฉลี่ยสะสมระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นปัจจัยที่ส่งผลกับภาวะรอบคอบ และสอดคล้องกับที่สุวัทนา สงวนรัตน์ [7] สรุปไว้ว่า เกรดเฉลี่ยสะสมระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อการรอบคอบ

นิสิตที่มีหรือเคยมีโรคประจำตัวมีเกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่านิสิตที่ไม่มีโรคประจำตัว ($\beta = -0.1662$) อาจเนื่องมาจากการมีโรคประจำตัวเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อร่างกายและจิตใจของผู้เรียน ซึ่งเป็นเหตุให้ผู้เรียนได้ใช้เวลาพบทบทวนบทเรียนน้อยลง สอดคล้องกับที่บงการ ไวโสภาและโอภาส รักษานบุญ [6] สรุปไว้ว่า ปัจจัยด้านตัวผู้เรียนมีผลต่อผลการเรียนในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ สภาพแวดล้อม

นิสิตที่บิดา มารดาอยู่ด้วยกันมีเกรดเฉลี่ยสะสมสูงกว่านิสิตที่บิดา มารดาไม่ได้อยู่ด้วยกัน ($\beta = 0.1771$) อาจเนื่องมาจากการที่บิดา มารดาอยู่ด้วยกันจะช่วยกันดูแลบุตรหลานของตนเองจึงทำให้นิสิตมีผลการเรียนที่ดีขึ้น ซึ่งการไม่ได้อยู่ด้วยกันของบิดา มารดา นับเป็นปัญหาครอบครัวหนึ่งที่อาจส่งผลต่อผลการเรียน เนื่องจากนิสิตจะ

ขาดคนช่วยดูแล ขาดความเข้าใจ ขาดความเอาใจใส่ ไม่มีคนคอยตักเตือนให้อ่านหนังสือหรือทบทวนบทเรียน สอดคล้องกับที่สุวทนา สงวนรัตน์ [7] สรุปไว้ว่า สภาพครอบครัวมีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสาเหตุการรอนิจของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยอิทธิพลทางอ้อมนั้นจะต้องผ่านปัจจัยจิตลักษณะ

นิสิตที่ใช้เวลาไปกับการทำการบ้าน/ทบทวนบทเรียนเพิ่มขึ้น 1 ชั่วโมง/วัน จะมีเกรดเฉลี่ยสะสมเพิ่มขึ้น 0.0229 ($\beta = 0.0229$) อาจเนื่องมาจากเวลาที่ใช้ไปกับการทำการบ้าน/ทบทวนบทเรียนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้นิสิตมีความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่เรียน จึงสามารถทำข้อสอบได้และส่งผลให้นิสิตมีผลการเรียนที่ดีขึ้น สอดคล้องกับที่ฐาปณีย์ นีร์ธะ และเมตตา กุณิง [3] สรุปไว้ว่า นักศึกษาที่มีเกรดเฉลี่ยต่ำมีพฤติกรรมการใช้เวลาการเข้าเรียน การทำการบ้านหรืองานในวิชาที่เรียน การทำงานอดิเรก น้อยกว่านักศึกษาที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ปกติ

นิสิตที่ให้คะแนนประเมินปัจจัยด้านระดับความรู้พื้นฐานก่อนเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัยเพิ่มขึ้น 1 คะแนน จะมีเกรดเฉลี่ยสะสมเพิ่มขึ้น 0.1034 ($\beta = 0.1034$) อาจเนื่องมาจากระดับความรู้พื้นฐานก่อนเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัยเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในบทเรียนระดับปริญญาตรี สอดคล้องกับที่อำนาจ วังจิน [8] สรุปไว้ว่า ปัจจัยทั้ง 8 ได้แก่ ความรู้พื้นฐานทางวิชาการก่อนเข้าศึกษา สภาพแวดล้อมทางสังคมภายในมหาวิทยาลัย สภาพแวดล้อมทางสังคมภายนอกมหาวิทยาลัย เศรษฐกิจของครอบครัว สภาพทางสังคมของครอบครัว แรงจูงใจ ใฝ่สัมฤทธิ์ หลักสูตร และการจัดการเรียนการสอน มีอิทธิพลทำให้นักศึกษาปริญญาตรีในเขตกรุงเทพมหานคร มีผลการเรียนตกต่ำจนมีสถานภาพรอนิจ

นิสิตที่ให้คะแนนประเมินปัจจัยด้านความเชื่อในศักยภาพของตนเองเพิ่มขึ้น 1 คะแนน จะมีเกรดเฉลี่ยสะสมเพิ่มขึ้น 0.2398 ($\beta = 0.2398$) และสอดคล้องกับที่นารีรัตน์ นวนซ์ [5] สรุปไว้ว่า นักศึกษาที่มีผลการศึกษาระดับปริญญาตรีแตกต่างกัน จะมีความคิดเห็นต่อปัจจัยด้านความเชื่อในศักยภาพของตนเองแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .1

จากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า นิสิตที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงต่อการมีเกรดเฉลี่ยสะสมต่ำ คือ นิสิตเพศชาย และมีหรือเคยมีโรคประจำตัว ดังนั้นผู้บริหาร คณาจารย์ บุคลากร และผู้ที่เกี่ยวข้อง ควรให้ความสนใจ รวมถึงให้คำแนะนำในการเรียนกับนิสิตกลุ่มนี้ เพื่อเป็นการป้องกันความเสี่ยงต่อการมีผลการเรียนตกต่ำ โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเกรดเฉลี่ยสะสมระดับปริญญาตรีมากที่สุด คือ เกรดเฉลี่ยสะสมระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและปัจจัยที่สามารถช่วยเพิ่มให้เกรดเฉลี่ยสะสมสูงขึ้น ได้แก่ รอบที่สอบเข้าศึกษา เวลาที่ใช้ไปกับการทำการบ้าน/ทบทวนบทเรียน ระดับความรู้พื้นฐานก่อนเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัย และความเชื่อในศักยภาพของตนเอง นั้นหมายความว่า คณาจารย์ควรสนับสนุน ส่งเสริม การใช้เวลางานนอกเวลาเรียนให้เป็นประโยชน์ ควรตักเตือนให้นิสิตมีการทบทวนบทเรียนมากขึ้น ควรทำให้นิสิตมีความเชื่อในศักยภาพของตนเอง และมหาวิทยาลัยควรจัดโครงการอบรมปรับพื้นฐานก่อนเรียน รวมถึงควรรับนิสิตในรอบรับตรงให้มากยิ่งขึ้น และควรคัดเลือกนักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยเหมาะสม ไม่ควรสนใจแต่เพียงจำนวนนิสิตที่รับเข้ามาเท่านั้น แต่ควรสนใจในคุณภาพของผู้เรียนด้วย อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรทำการวิจัยเชิงคุณภาพควบคู่ไปด้วย เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น

คำขอบคุณ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

เอกสารอ้างอิง

- [1] Keerativibool, W. (2015). "Factors Influencing on Learning Achievement of Calculus 1 for Thaksin University's Students", **Parichat Journal**. 28(1), 98-117.
- [2] Suwattee, P. (2009). **Survey Sample: Sampling and Analysis**. Bangkok: Project Development Document National Institute Development Administration.
- [3] Nidaeha, Th. and Kuning M. (2000). **An Investigation of the Determinants of 2nd and 3rd Probation in Learning for Undergraduate Students at Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University Pattani Campus**. Retrieved 13 February 2015 from <http://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2010/8422>.
- [4] Nanglae, S. (2007). **Statistical Analysis and Model of Factors Affecting Academic Achievement of Students in Mathematics and Science Fields at Mae Fah Luang University**. Master of Science (Computational Science). Chiangrai: Mae Fah Luang University.
- [5] Nanuwong, N. (2008). **Factors Affecting Academic Probation of Undergraduate Students of North Bangkok College**. Retrieved 13 February 2015 from <http://www.northbkk.ac.th/research/?news=research&id=000004>.
- [6] Waisopa, B. and Raksabun, O. (2010). **A Study of Factors Affecting the Probation and Retire of Undergraduate Students at Faculty of Technical Education (Courses Five Years), Rajamangala University of Technology Isan, Khonkaen Campus**. Retrieved 13 February 2015 from <http://ird.rmuti.ac.th/newweb/researcher/downfile.php?t=th&d=506>.
- [7] Sanguanrat, S. (2013). "A Causal Relationship Model of On-Probation of Undergraduate Students", **Phetchabun Rajabhat Journal**. 15(2), 175-188.
- [8] Wongjean, A. (2014). "Causal Factors that Undergrate Student in Bangkok Probation Conditions", **Association of Private Higher Education Institutions of Thailand Journal**. 20(2), 136-147.
- [9] Keerativibool, W. (2015). "A Study of Factors Influencing on Grade Point Average of Thaksin University's Students", **Thaksin University Journal**. 18(2), 46-59.
- [10] Srisaad, B. (2000). **Research, Assessment and Evaluation**. Bangkok: Suveeriyasan.
- [11] Cronbach, L.J. (1951). "Coefficient Alpha and the Internal Structure of Test", **Psychometrika**. 16(3), 297-334.
- [12] Vanichbuncha, K. (2000). **Using SPSS for Windows for analyze data**. (2nd ed.). Bangkok: C K and S Photo Studio.
- [13] Vanichbuncha, K. (2002). **Principal statistics**. (7th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Printing Houses.
- [14] Montgomery, D.C., Peck, E.A. and Vining, G.G. (2006). **Introduction to Linear Regression Analysis**. 4th ed. New York: Wiley.

ดัชนี (Index)

ดัชนีผู้เขียน (Author Index)	หน้า
กานต์ธิดา บุญมา	Kantida Boonma 75
จารุภา เลขทิพย์	Charupa Lektip 9
เจริญยุทธ เดชวาญกุล	Charoenyut Dechwayukul 57
เจษฎา วรรณสินธุ์	Jessada Wannasin 67
ชัยนุสนธ์ เกษตรพงศ์ศาล	Chainuson Kasagepongsarn 75
ชัยยุทธ มिंगาม	Chaiyoot Meengam 57
ชาร์ฟ สะมะแอ	Chareef Samael 9
ณรงค์ฤทธิ์ โทรรัตน์	Narongrit Totarat 57
ทวีเดช ไชยนาพงษ์	Thaweedet Chainapong 18
ทวีชัย นวลเลิศปัญญา	Thawatchai Nawalerspunya 48
ธีรศักดิ์ ชูชีพ	Thiensak Chucheep 67
นริศรา มหาธนินวงศ์	Narissara Mahathaninwong 67
นुरुฮุดา อุเซ็ง	Nuruhudar Useng 9
บัลกีศ ยีมะยี่	Balkis Yeemayee 9
ประภาศ เมืองจันทร์บุรี	Prapas Muangjunburee 57
ปราชญภาคย์ เหล่าสังข์สุข	Prachayaphak Laowsungsuk 39
ฟาฏิมะ เจะเลาะ	Fateemah Cheleah 9
ฟาติละห์ ชุมศรี	Fadilah Chumsri 29
มนตรี สุขเลื่อง	Montri Suklueng 1,75
วรรณทกกาญจน์ ทองคง	Wontakan Thongkong 1
วรางคณา เรียนสุทธิ์	Warangkhana Riansut 88
วัฒนณรงค์ มากพันธ์	Wattananarong Markphan 29
ศิวะ สิทธิพงศ์	Siva Sitthipong 57
สมใจ จันทร์อุดม	Somjai Janudom 67
สัมพันธ์ ทองหนู้ย	Sampan Tongnunui 18
สิทธิพัฒน์ แผ้วฉ่ำ	Sittipat Phaewcham 18
สิรยา สิทธิสาร	Siraya Sitthisarn 39
สุธิดา หมดโต๊ะฮะ	Sutida Marthosa 1
สุนันท์ มนต์แก้ว	Sunun Monkaew 48
อนัส จินดา	Anus Jinda 39
อรอนงค์ อุ่มเพชร	Onanong Oumpet 29
อารีฟอ เป๊ะเฮะอีเล	Arif Paehauilay 9
อำนวย วัฒนกรศิริ	Amnuay Wattanakornsiri 18

ดัชนีคำสำคัญ	หน้า
กัณฑ์ลมหผลิตไฟฟ้า	75
การชำรุดจากการล้า	57
การหุบแข็งเปลวไฟ	67
การใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน	18
การประเมินอายุ	57
การฟื้นฟู	18
การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ	88
การวิเคราะห์ความคิดเห็น	39
การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม	18
การสรุปความคิดเห็น	39
เกรดเฉลี่ยสะสม	88
คนงาน โรงงานเผาอิฐ	9
ความคิดเห็นเกี่ยวกับร้านอาหาร	39
ความปลอดภัย	48
ความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูก	9
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรความเร็วรอบต่ำ	75
เซลล์เชื้อเพลิง	1
ใบเลื่อยไม้ยางพารา	67
ปัจจัย	88
ปุ๋ยมะเล	18
ผักพื้นบ้าน	29
เพลากีร์จับท้าย	57
มาตรการความปลอดภัย	48
แม่เหล็กแรงสูง	75
ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	57
เหล็กกล้าใบเลื่อยสายพาน	67
เหล็กเสริมเสา	48
แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบพกพา	1
ไฮโดรเจน	1

Keywords Index	Page
Band Saw Steel	68
Brick Worker	10
Column Reinforcement	48
Factor	88
Fatigue Failure	58
Final Pinion Shaft	58
Finite Element Method	58
Flame Hardening	68
Fuel Cells	1
Grade Point Average (GPA)	88
Hydrogen	1
Life Assessment	58
Local Vegetable	29
Low Speed Synchronous Generator (PMSG)	76
Managements	19
Multiple Regression Analysis	88
Opinion Summarization	39
Parawood Band Saw	68
Participant Action Research (PAR)	19
Permanent Magnet Generator (PMG)	76
Portable Solid Oxide Fuel Cells	1
Restaurant Reviews	39
Restoration	19
Safety	48
Safety Measures	48
<i>Scylla</i> spp.	19
Sentiment Analysis	39
Sustainable Managements	19
Wind Turbine Generator	76
Work-Related Musculoskeletal Disorder (WMSD)	10

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ต้นฉบับบทความวิจัย บทความวิชาการที่ตีพิมพ์ในวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 20 ฉบับที่ 1
(เดือนมกราคม – มิถุนายน 2560) ได้รับการตรวจแก้ไขจากผู้ทรงคุณวุฒิดังรายนามต่อไปนี้

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. ศ.ดร.นวล เหล่าศิริพจน์ | บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 2. รศ.ดร.จรัสศรี นวลศรี | คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 3. รศ.ดร.จันทนา ผ่องเพ็ญศรี | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 4. รศ.ดร.คุลยโชติ ชลสิทธิ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 5. รศ.ดร.นกุล กูหะโรจนานนท์ | คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 6. รศ.ดร.พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 7. รศ.ดร.สมบัติ ทิมทรัพย์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย |
| 8. รศ.ดร.สันติ ชินานุวัตวงศ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 9. รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ | สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 10. รศ.ดร.สุทธิชัย เปรมฤดีปรีชาชาญ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 11. รศ.ดร.สุนิสา ชายเกลี้ยง | คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 12. รศ.พุดพิงษ์ พุกกะมาน | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 13. ผศ.ดร.เกียรติฟ้า ตั้งใจจิต | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 14. ผศ.ดร.ชลธิ์ ชีวะเศรษฐกรรม | คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 15. ผศ.ดร.ธงชัย นิติรัฐสุวรรณ | คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย |
| 16. ผศ.ดร.ธีระยุทธ ทองเครือ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 17. ผศ.ดร.ปัญญา ขันธ์สุวรรณ | คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 18. ผศ.ดร.วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล | คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 19. ผศ.ดร.วิรัช ไรชนรินทร์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 20. ผศ.ดร.อังคณา อินตา | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 21. ผศ.ภก.ชมพูนุท สุวรรณศรี | คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล |

ข้อมูลทั่วไปของวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ

ลักษณะของวารสาร

วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ เป็นวารสารผลงานวิจัย/ผลงานวิชาการ และผลงานวิชาการรับใช้สังคม สาขาวิชาสหวิทยาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของบุคลากร นักวิจัยในมหาวิทยาลัยทักษิณและหน่วยงานต่าง ๆ

ข้อแนะนำทั่วไป

1. เรื่องที่รับพิมพ์ในวารสารวิจัยนี้ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสาร ราชานานหรือสิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน
2. ผู้ส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารนี้จะต้องเป็นสมาชิกวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณเท่านั้น ยกเว้นบทความพิเศษที่กองบรรณาธิการพิจารณาให้ได้รับการยกเว้น
3. ต้นฉบับจะเขียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่ต้องมีคำย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
4. เนื้อหา บทความ หรือข้อคิดเห็นที่พิมพ์ในวารสารเป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย
5. ต้นฉบับจะต้องได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิก่อนการตีพิมพ์

ประเภทของผลงานที่จะรับตีพิมพ์

1. บทความวิจัย (Research Articles)
2. บทความวิชาการ (Academic Articles)
3. บทความรับใช้สังคม (Socially-Engaged Articles)
4. จดหมายถึงบรรณาธิการ (Letter to Editor) เพื่อแสดงความคิดเห็นสนับสนุนหรือโต้แย้งความเห็นของนักวิจัยอื่น ๆ ตลอดจนการเผยแพร่ความรู้และประสบการณ์ที่น่าสนใจ

รูปแบบการเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับต้องพิมพ์บนกระดาษขาว ขนาด A4 พิมพ์หน้าเดียว ใส่เลขหน้ากำกับหน้าทุกหน้า โดยใช้แบบอักษร Angsana New ขนาดตัวอักษร 14 ความยาวของเนื้อหา รวมภาพ ตาราง ไม่ควรเกิน 8 หน้า
2. การตั้งค่าหน้ากระดาษ
 - ระยะขอบบน (Top margin) ขนาด 1" หรือ 2.54 เซนติเมตร
 - ระยะขอบล่าง (Bottom margin) ขนาด 1" หรือ 2.54 เซนติเมตร
 - ระยะขอบซ้าย (Left margin) ขนาด 1.5" หรือ 3.00 เซนติเมตร
 - ระยะขอบขวา (Right margin) ขนาด 1" หรือ 2.54 เซนติเมตร
3. การส่งต้นฉบับ ดังนี้

ส่งทางระบบวารสารออนไลน์ Thai Journals Online (ThaiJO) สามารถเข้าไปได้ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/tsujournal>

4. การสมัครสมาชิก มี 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 บุคคลทั่วไป ที่ไม่ประสงค์ส่งบทความ สามารถสมัครสมาชิกได้เลย

กรณีที่ 2 บุคคลที่ต้องการส่งบทความ เพื่อขอรับการพิจารณาบทความ เมื่อบทความได้รับการพิจารณาแล้วจะต้องสมัครสมาชิกพร้อมชำระเงิน จำนวน 200 บาท ทางไปรษณีย์ โดยผ่าน ธนาคารดี ส่งจ่ายในนามกองจัดการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปณ.ป่าพะยอม อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93210

ส่วนเอกสารการชำระเงินให้ส่งทางไปรษณีย์หรือทางอิเล็กทรอนิกส์ยังกองบรรณาธิการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ เลขที่ 222 หมู่ 2 ตำบลบ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210 โทรศัพท์ 074-609600 ต่อ 7242 หรือ 081-5407304 โทรสาร 074-609654-5

5. การยกเลิกบทความ หรือ การถอนบทความ มีรายละเอียดดังนี้

การยกเลิกบทความ คือ การเพิกถอนบทความก่อนที่จะมีการตีพิมพ์เผยแพร่

การถอนบทความ คือ การถอนบทความที่ดำเนินการตีพิมพ์และเผยแพร่เรียบร้อยแล้ว

ในกรณี การยกเลิกหรือการถอนบทความ สามารถดาวน์โหลดแบบฟอร์มได้ใน <https://www.tci-thaijo.org/index.php/tsujournal> และ**ในกรณียกเลิกบทความหากมีการส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความแล้วเจ้าของบทความต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิผู้ประเมินบทความ**

รายละเอียดการเตรียมต้นฉบับ

บทความวิจัยให้เรียงลำดับตามองค์ประกอบดังนี้

1. **ชื่อเรื่อง (Title)** ต้องมีทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ และจัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ ชื่อภาษาอังกฤษอักษรตัวแรกของทุกคำให้พิมพ์ด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ และให้ใช้ตัวอักษรขนาด 20 ตัวหนา
2. **ชื่อผู้เขียน (Authors)** ครบทุกคน และให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ และให้จัดอยู่กึ่งกลางของหน้ากระดาษ โดยให้กำกับหมายเลขยกกำลังไว้ต่อท้ายด้วย สำหรับชื่อตำแหน่งหรือตำแหน่งวิชาการและหน่วยงานให้พิมพ์ไว้ในส่วนของเชิงอรรถ (หน้าที่ 1) โดยพิมพ์ชื่อหน่วยงานต้นสังกัดระบุภาควิชา คณะมหาวิทยาลัย หรือจากงานย่อย ถึงระดับสูงให้ตรงกับตัวเลขยกกำลังที่กำกับไว้ในหน้าเดียวกัน ทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ
3. **บทคัดย่อ และ Abstract** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีความยาวไม่เกิน 200 คำ และให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ
4. **คำสำคัญ (Keywords)** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ให้เลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความไม่เกิน 5 คำ โดยพิมพ์ต่อจากส่วนเนื้อหาของบทคัดย่อ และ Abstract ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ และให้จัดชิดซ้ายของหน้ากระดาษ Keywords ให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมดยกเว้นชื่อเฉพาะ

5. เนื้อเรื่อง (Main Body) ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

- 1) บทนำ (Introduction) บอกความสำคัญหรือที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัยและอาจรวมการสำรวจเอกสาร (Review of Related Literature)
- 2) วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ (Materials and Methodology)
- 3) ผลการวิจัย (Results)
- 4) อภิปรายผล (Discussion)
- 5) สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

* 4) และ 5) อาจเขียนรวมกันได้

6) เอกสารอ้างอิง (References) ใช้การอ้างอิงแบบตัวเลข (Numeric) และต้องใช้ภาษาอังกฤษเท่านั้น

6. แนวนเอกสาร แสดงการได้รับอนุญาตให้ทดลองที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางชีวภาพ จรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลอง หรือจริยธรรมของการทดลองในมนุษย์มาพร้อมกับบทความวิจัย

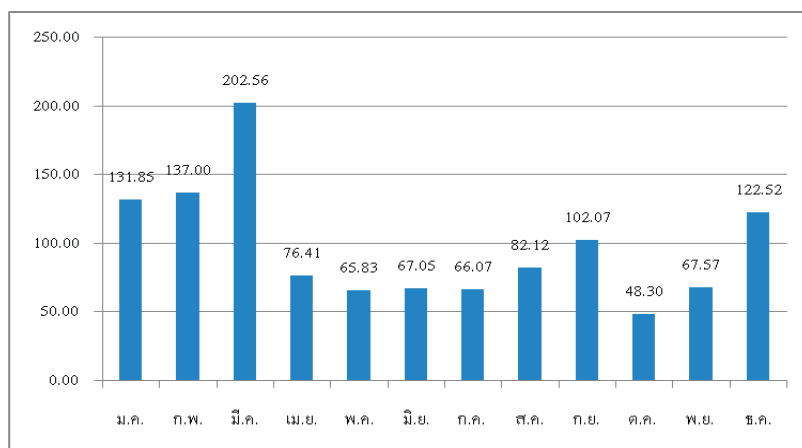
7. การใช้คำย่อ สัญลักษณ์ คำย่อที่ใช้ในบทความจะต้องมีคำเต็มเมื่อปรากฏเป็นครั้งแรกในบทความ หลังจากนั้นสามารถใช้คำย่อเหล่านั้นได้ตามปกติ ควรใช้ให้เหมาะสม หลีกเลี่ยงการใช้คำย่อที่ชื่อเรื่องและในบทคัดย่อ ไม่แนะนำให้ใช้คำย่อที่ใช้ไม่เกิน 4 ครั้ง ใน 1 บทความ สำหรับสัญลักษณ์ที่ใช้ในบทความจะต้องมีคำจำกัดความหรือคำอธิบายเมื่อปรากฏเป็นครั้งแรกในบทความ หลังจากนั้นไม่จำเป็นต้องมีคำจำกัดความหรือคำอธิบาย

8. รูปภาพ จัดกึ่งกลาง คำบรรยายรูปภาพให้พิมพ์ไว้ใต้รูปภาพตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ ควรเป็นภาพถ่ายขาว-ดำ ที่ชัดเจน นอกจากจำเป็นจึงควรใช้ภาพสี คำบรรยายใต้ภาพ ใช้คำว่า ภาพที่ เป็นตัวหนา และคำบรรยายเป็นตัวอักษรปกติ และจัดกลางหน้ากระดาษ

ถ้ามีภาพประกอบ ควรเป็นภาพถ่ายขาว-ดำที่ชัดเจน นอกจากจำเป็นจึงควรใช้ภาพสี และถ้ามีภาพวาดลายเส้นให้วาดบนกระดาษขาว โดยให้หมึกดำให้สะอาดและลายเส้นคมชัด

ตัวอย่างเช่น

กิโกรัม/ไร่



ภาพที่ 1 การร่วงหล่นของซากส่วนใบในแต่ละเดือน

9. ตาราง จัดขีดซ้ายของคอลัมน์ คำบรรยายตารางพิมพ์ไว้ด้านบนของหัวข้อตาราง และใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ ถ้ามีตารางใช้คำบรรยายบนตารางคำว่า ตารางที่ เป็นตัวหนา และจัดขีดขอบซ้าย ตัวอย่างเช่น

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมในซากพืชส่วนใบที่เหลือจากการย่อยสลาย ในระยะต่าง ๆ

ลำดับที่	ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)	โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์)
0	0.81 ± 0.15	0.12 ± 0.08	0.44 ± 0.14
1	1.00 ± 0.05	0.09 ± 0.05	0.24 ± 0.12
2	0.89 ± 0.15	0.11 ± 0.02	0.10 ± 0.02
3	0.83 ± 0.14	0.17 ± 0.08	0.08 ± 0.02
4	0.78 ± 0.15	0.24 ± 0.24	0.09 ± 0.01
6	0.87 ± 0.11	0.16 ± 0.01	0.09 ± 0.02
8	0.84 ± 0.04	0.20 ± 0.13	0.09 ± 0.02
10	0.84 ± 0.07	0.20 ± 0.07	0.08 ± 0.02
12	0.80 ± 0.03	0.24 ± 0.03	0.07 ± 0.02

ถ้าเป็นภาพวาดลายเส้นให้วาดบนกระดาษขาวโดยใช้หมึกดำให้สะอาดและลายเส้นคมชัด

การอ้างอิง (References) แบบตัวเลข (Numeric) ต้องใช้ภาษาอังกฤษเท่านั้น

การอ้างอิงแบบตัวเลข ใช้วิธีการดังนี้

- ใส่ตัวเลขกำกับไว้ในเครื่องหมาย [] ทำข้อความหรือชื่อบุคคลที่อ้างอิง โดยให้ตัวเลขอยู่ในระดับบรรทัดเดียวกันกับเนื้อหา เช่น [1]
- ให้ใส่ตัวเลขอ้างอิงเรียงลำดับตั้งแต่เลข 1 เป็นต้นไป ต่อเนื่องกัน และในกรณีที่มี การอ้างอิงซ้ำให้ใช้ตัวเลขเดิมที่เคยใช้อ้างมาก่อนแล้ว
- แหล่งที่ใช้อ้างอิงทั้งหมดในบทความจะไปปรากฏอยู่ในเอกสารอ้างอิง (references) ทำขบบทความ โดยการเรียงลำดับตามหมายเลข และพิมพ์หมายเลขอยู่ในเครื่องหมาย []
- กรณีที่อ้างอิงเอกสารหลายรายการในคราวเดียวกัน
 - อ้างอิงไม่เกิน 2 รายการให้ใส่หมายเลขของเอกสารที่อ้างอิงเรียงลำดับโดยใส่เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่น เช่น [1, 5]
 - อ้างอิงเกิน 2 รายการและเป็นรายการที่ต่อเนื่องกันให้ใส่หมายเลขของเอกสารที่อ้างอิงเรียงลำดับโดยใส่เครื่องหมายยัติภังค์ (-) คั่น เช่น [1-3] หรือ [1-5]
 - อ้างอิงเกิน 2 รายการและเป็นรายการทั้งต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ให้ใส่หมายเลขของเอกสารที่อ้างอิงเรียงลำดับโดยใส่เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่นในกรณีไม่ต่อเนื่อง และเครื่องหมายยัติภังค์ (-) คั่นในกรณีต่อเนื่อง เช่น [1, 4-5]

การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง

การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง ใช้ระบบตัวเลขอยู่ในวงเล็บ “[]” หลังข้อความที่อ้างถึง โดยตัวเลขดังกล่าวเรียงตามลำดับการอ้างอิง

ตัวอย่าง

1. การใช้ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยเชิงเคมีช่วยบางชนิดนานและมากเกินไปมีผลทำให้ธาตุอาหารพืชบางชนิดขาดแคลน [1]...
2. Scherer [2] รายงานว่า...
3. และยังทำให้สมดุลของธาตุอาหารพืชในดินเสียไปด้วย [3-4]...

การอ้างอิงเอกสารอ้างอิง

ภาษาต่างประเทศ คนแรกให้ขึ้นด้วยนามสกุล, ตามด้วยอักษรย่อของชื่อน้ำ ชื่อกลาง (ถ้ามี) คนถัดไปจะเขียนระบบเดียวกับคนแรก และต้องเหมือนกันทุกรายการ เช่น

ประสงค์ เกษราทิคุณ นิคม ชูศิริ และฤทัยรัตน์ บุญครองชีพ

Kessaratikoon, P., Choosiri, N. and Boonkrongcheep, R.

1) หนังสือ

ชื่อผู้แต่ง.// (ปี พ.ศ./ค.ศ.)// ชื่อหนังสือ.// สถานที่พิมพ์.// สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

- [1] Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. (2005). **Soil Fertility and Fertilizers: an Introduction to Nutrient Management**. New Jersey. Pearson Education, Inc.,

ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).// ชื่อหนังสือ.// (ครั้งที่พิมพ์).// เมืองที่พิมพ์.// สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

- [2] Satirajinda, M. (2000). **Iron & Steel Heat Treatment Engineering** (7th ed). Bangkok: The Engineering Institute of Thailand under His Majesty the King's Patronage.

2) บทความในวารสาร

ชื่อผู้เขียน.// (ปี พ.ศ./ค.ศ.)// “ชื่อบทความ”, ชื่อวารสาร.// ปีที่/(ฉบับ), หน้า.

ตัวอย่าง

- [3] Ukonmaanaho, L., Merila, P., Nojd, P. and Nieminen, T.M. (2008). “Litterfall Production and Nutrient Return to the Forest Floor in Scots Pine and Norway Spruce Stands in Finland”, **Boreal Environment Research**. 13, 67-91.

3) บทความในรายงานการประชุมวิชาการ

ชื่อผู้แต่ง./ (ปีที่พิมพ์)/ “ชื่อเรื่อง”./ ใน/ชื่อการประชุม./ เลขหน้า./ วันที่/เดือน/ปี./ สถานที่ประชุม./ เมืองที่พิมพ์./ สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

- [4] Boonkrongcheep, R., Maeha, A. and Kessaratikoon, P. (2016). “Measurement and Analysis of Specific Activities of Natural Radionuclides (^{40}K , ^{226}Ra and ^{232}Th) in Thai Rice Bag Samples”, In **The 24th Thaksin University National Academic Conference**. 18. May 21-24, 2016, The 60th Anniversary of His Majesty the King’s Accession to the Throne International Convention Center. Songkhla : Thaksin University.

4) บทความในหนังสือ

ชื่อผู้เขียนบทความ./ (ปีที่พิมพ์)/ “ชื่อบทหรือบทความในหนังสือ”./ ใน/ชื่อผู้แต่งหรือผู้รวบรวมหรือบรรณาธิการ(ถ้ามี)/ “ชื่อหนังสือ”./ เลขหน้า./ เมืองที่พิมพ์./ สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

- [5] Lawrence, J. A. and Dodds, A. E. (2003). “Goal-directed activities and life-span development. In J. Valsiner & K. Connolly (Eds.)”, **Handbook of developmental psychology**. 517-533. London, England: Sage Publications.

5) บทความในหนังสือพิมพ์

ชื่อผู้เขียนบทความ./ (ปีที่พิมพ์, วันที่/เดือน)/ “ชื่อบทความ”./ “ชื่อหนังสือพิมพ์”./ เลขหน้า.

ตัวอย่าง

- [6] Schultz, S. (2005, December 28). “Calls made to strengthen state energy policies”, **The Country Today**. 1A, 2A.

6) วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์./ (ปีที่พิมพ์)/ “ชื่อวิทยานิพนธ์”./ ระดับของวิทยานิพนธ์/ชื่อปริญญา./ เมืองที่พิมพ์./ ชื่อสถานการศึกษา.

ตัวอย่าง

- [7] Paungfoo, C. (2003). **Use of Molecular Biology Techniques in Studying the Nitrifying Bacteria Community from Shrimp Farming System**. Doctoral Dissertation. Prince of Songkla University.

7) เอกสารที่ค้นได้จากเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เขียนเอกสารอ้างอิงโดยใช้รูปแบบเดียวกับบรรณานุกรมของสื่อสิ่งพิมพ์โดยทั่วไปก่อนที่จะนำมาใส่ใน เว็บไซต์ต่าง ๆ เช่น เมื่อนำข้อมูลมาจากหนังสือ สามารถเขียนเอกสารอ้างอิงโดยประกอบด้วย ชื่อผู้แต่ง ปีที่พิมพ์ ชื่อเรื่อง และสถานที่พิมพ์ และเพิ่มข้อมูลที่อาจช่วยในการสืบค้น คือ วันที่สืบค้น และ URL โดยภาษาอังกฤษใช้ว่า Retrieved...from... หรือถ้านำข้อมูลมาจากบทความก็เขียนเอกสารอ้างอิงของบทความก่อน

ชื่อผู้แต่ง./ (ปีที่พิมพ์)./ ชื่อเรื่อง (ออนไลน์)./ เมืองที่พิมพ์./ สำนักพิมพ์./ สืบค้นเมื่อ...../
จาก <http://www.....>

ตัวอย่าง

- [8] Department of Foreign Trade. (2012). **The Situation of Sawn Rubber Wood Thailand** (Online). Retrieved 3 August 2016, from <http://www.dft.go.th/en-us/Information-Service/PR-Materials/ctl/DetailUserContent/mid/660/contented/4252>.

8) รูปแบบการเขียนบรรณานุกรม

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์./ ตำแหน่ง./ สถานที่สัมภาษณ์./ วันเดือนปีที่สัมภาษณ์./ สัมภาษณ์.

ตัวอย่าง

- [9] Pardee, H. N. Professor of Economics and Political Science, University of California. 2000, November 8, Interview.



ใบสมัครสมาชิก
วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ
THAKSIN UNIVERSITY JOURNAL

วันรับสมัคร.....

หมายเลขสมาชิก.....

(สำหรับเจ้าหน้าที่)

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....ที่อยู่ทางไปรษณีย์
ที่ต้องการให้จัดส่ง.....ตำบล.....

อำเภอ..... จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์..... โทรสาร..... E-mail.....

มีความประสงค์เป็นสมาชิกวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน.....ปี (ปีละ 200 บาท)

พร้อมนี้ได้ส่งค่าสมาชิก จำนวน.....บาท (.....)

โดย

ธนาณัติ สั่งจ่ายในนามกองจัดการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปณ.ป่าพะยอม อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93210

(ลงชื่อ).....

(.....)

...../...../.....

สำนักงานวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210

โทรศัพท์ 0-7460-9600 ต่อ 7242, 081-5407304 โทรสาร 0-7460-9654-5

E-mail address: tsujournal@gmail.com หรือ research.tsu@gmail.com



ปัญญา จริยธรรม นำการพัฒนา

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ

222 หมู่ 2 ต.บ้านพร้าว อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93210

โทรศัพท์ 0-7460-9600 ต่อ 7242 โทรศัพท์/โทรสาร 0-7460-9655

E-mail Address : tsujournal@gmail.com, research.tsu@gmail.com

