

SsSci^{2ndconference} 2019

การประชุมสวนสุนันทาวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2
“วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน”

The 2nd Suan Sunandha National and International Academic
Conference on Science and Technology (SsSci 2019)

“Science, Technology and Innovation
for Sustainable Development”

วันศุกร์ที่ 8 พฤศจิกายน 2562
8th November 2019

ณ โรงแรมเดอะรอยัลริเวอร์ กรุงเทพมหานคร
The Royal River Hotel, Bangkok, Thailand

ความเป็นมาของการประชุมสวนสุนันทาวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2

“วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน”

หลักการและเหตุผล

มหาวิทยาลัยราชภัฏเน้นการผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพเป็นเลิศโดยกระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อการพัฒนาชุมชนและท้องถิ่นให้มีความเข้มแข็ง และยั่งยืน ตามยุทธศาสตร์ใหม่มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นตามพระบรมราโชบายของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชการที่ 10 และแผนยุทธศาสตร์ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 – 2579) โดยมีการขับเคลื่อนงานวิจัย สร้างความรู้และนวัตกรรมให้มีคุณภาพและได้มาตรฐานสากล ให้บริการทางวิชาการ ถ่ายทอดเทคโนโลยี น้อมนำแนวพระราชดำริ สร้างเครือข่ายและความร่วมมือกับภาคประชาชน ชุมชน ท้องถิ่น และผู้ประกอบการในการจัดการศึกษา ส่งเสริมเปลี่ยนแปลง และการพัฒนาก้าวหน้า อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ทัดเทียมกับนานาชาติอารยประเทศ ประกอบกับประเทศไทยมีนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม (Thailand 4.0) โดยมีแนวคิดหลักคือ เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี การพัฒนาวิชาการ ความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรม วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนาแล้วต่อยอดสู่เทคโนโลยีอุตสาหกรรมในหลายกลุ่มเป้าหมาย เช่น กลุ่มอาหาร เกษตร และเทคโนโลยีชีวภาพ กลุ่มสาธารณสุข สุขภาพ และเทคโนโลยีทางการแพทย์ กลุ่มดิจิทัล เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่อและบังคับอุปกรณ์ต่าง ๆ ปัญญาประดิษฐ์และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว รวมทั้งกลุ่มอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ วัฒนธรรม และบริการที่มีมูลค่าสูง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ตระหนักถึงความสำคัญของการศึกษาวิจัยและพัฒนา เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ การพัฒนาการเรียนการสอน และการวิจัยประยุกต์ บนพื้นฐานการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรของประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ ได้ส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างงานวิจัย และสร้างความร่วมมือทางวิชาการของนักศึกษา คณาจารย์ นักวิจัย และนักวิชาการจากสถาบันอุดมศึกษาในประเทศ และเครือข่ายมหาวิทยาลัยที่ทำข้อตกลงทางวิชาการ (MoU) ในต่างประเทศ รวมทั้งหน่วยงานเครือข่ายทั้งภาครัฐและเอกชน เพื่อให้ผลิตงานวิจัยที่มีคุณค่าต่อสังคม รวมทั้งส่งเสริมให้เกิดการเผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีประโยชน์สู่สาธารณะ เพื่อก่อให้เกิดการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ด้านวิชาการ และการพัฒนา การต่อยอดสู่การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์หรืออุตสาหกรรม นำไปสู่เป้าหมายเพื่อการพัฒนาได้อย่างยั่งยืน

จากความสำคัญดังกล่าว ทางคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงได้จัดทำโครงการประชุมสวนสุนันทาวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2 “วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน” ขึ้น เพื่อเป็นเวทีในการแลกเปลี่ยนประสบการณ์และความรู้ของนักศึกษา คณาจารย์ นักวิจัย และนักวิชาการจากสถาบันอุดมศึกษา รวมทั้งหน่วยงานที่สนใจทั้งภาครัฐและเอกชนทั้งในและต่างประเทศ ในสาขาวิชาต่าง ๆ จำนวน 8 กลุ่มสาระ ได้แก่

- 1) คอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ
- 2) คณิตศาสตร์ และสถิติ
- 3) ฟิสิกส์ และพลังงาน
- 4) เคมี และนิติวิทยาศาสตร์

- 5) ชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ และจุลชีววิทยา
- 6) วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
- 7) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และคหกรรมศาสตร์
- 8) วิทยาศาสตร์การกีฬา และสุขภาพ

วัตถุประสงค์ของการประชุมสนันทาวิชาการ

1. เพื่อเป็นเวทีในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและผลงานสร้างสรรค์ในระดับชาติและนานาชาติ
2. เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษา คณาจารย์ นักวิจัย และนักวิชาการจากสถาบันอุดมศึกษา รวมทั้งหน่วยงานที่สนใจทั้งภาครัฐและเอกชน ตระหนักถึงความสำคัญของงานวิจัยและการเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ
3. เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยและผลงานสร้างสรรค์ในระดับชาติและนานาชาติ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการประชุมสนันทาวิชาการ

1. เป็นเวทีในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและผลงานสร้างสรรค์ในระดับชาติและนานาชาติ
2. ส่งเสริมให้นักศึกษา คณาจารย์ นักวิจัย และนักวิชาการจากสถาบันอุดมศึกษา รวมทั้งหน่วยงานที่สนใจทั้งภาครัฐและเอกชน ตระหนักถึงความสำคัญของงานวิจัยและการเผยแพร่ผลงานวิจัย ในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ
3. การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยและผลงานสร้างสรรค์ในระดับชาติและนานาชาติ



Conference Background

The 2nd Suan Sunandha National and International Academic Conference on Science and Technology (SsSci2019) “Science, Technology and Innovation for Sustainable Development”



The 2nd Suan Sunandha National and International Academic Conference on Science and Technology, entitled "Science, Technology and Innovation for Sustainable Development" is the prestigious event organizes by Faculty of Science and Technology, SSRU, to provide an excellent platform for the national and international academicians, researchers, industrial participants and students to share their findings and establish collaborations with each other's and experts. The conference will be held in Bangkok, Thailand on 8th November 2019.

The key intention of this conference is to provide opportunity for the national and international participants to share their ideas and experiences. In addition this conference will help the delegates and participants to establish research or business relations and future collaborations in their career path nationally and internationally. We hope the outcome will lead the major impact on updating the knowledge and research base scopes of conference's eight major topics.

This Conference is sponsored and organized by Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University. The conference would offer a large number of invited lectures and presentations from distinguished speakers. The best paper awards will be given for the papers judged to make the most significant contribution to the conference.

This conference provides respectable platform and decent opportunity for participants to exchange knowledge, share experiences and develop connections with faculty members, researchers from academia, industry, government and students. The conference includes eight major research areas:

1. Computer Science and Information Technology
2. Mathematics and Statistics
3. Physics and Energy
4. Chemistry and Forensic Science
5. Biology, Biotechnology, and Microbiology
6. Environmental Science and Technology
7. Food Science and Technology, and Home Economics
8. Sports and Health Science

เจ้าภาพร่วม และผู้สนับสนุน
Conference Co-hosts and Supporters

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
Office of the Higher Education Commission



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
National Research Council of Thailand



Faculty of Science
University of Hradec Kralove (Czech Republic)



Okayama University (Japan)



Ho Chi Minh City Open University
(Vietnam)



Kazan Federal University
(Russian Federation)



Chia Nan University of Pharmacy and Science
(Taiwan)



มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Chiang Mai Rajabhat University



มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
Nakhon Si Thammarat Rajabhat University



มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
Lampang Rajabhat University



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
Rajabhat Mahasarakham University



มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
Sakonkakhon Rajabhat University



มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
Surindra Rajabhat University



มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University



เจ้าภาพร่วม และผู้สนับสนุน
Conference Co-hosts and Supporters

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
Thepsatri Rajabhat University



มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
Nakhonratchasima Rajabhat University



มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
Phetchaburi Rajabhat University



บริษัท อาไลติส เยน่า ฟารีอีสต์ (ประเทศไทย) จำกัด
Analytik Jena Far East (Thailand) Ltd.



บริษัท ฮิสโตเซนเตอร์ จำกัด
Histocenter Co.,Ltd (Thailand)
บริษัท สิทธิพรแอสโซซิเอต จำกัด
Sithiphorn Associates Co.,Ltd.



บริษัท วนาไซเอนซ์ จำกัด
Vana Science Co.,Ltd.



บริษัท ยูไนเต็ด แอนนาลิส แอนท์ เอนจิเนียริ่ง
คอนซัลแตนท์ จำกัด
United Analyst and Engineering Consultant Co., Ltd.



บริษัท เมอร์ค จำกัด
Merck Ltd.



บริษัท ซายน์ สเปค จำกัด
Scispec Co., Ltd.



บริษัท เพอร์กิน เอลเมอร์ จำกัด
PerkinElmer Co., Ltd.





คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาและกลั่นกรองบทความ Conference Committee



กลุ่มคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

- | | | |
|---|--|---|
| 1 | รองศาสตราจารย์ ดร.พยุง มีสัจ
Assoc. Prof. Dr. Phayung Meesad | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
King Mongkut's University of Technology North Bangkok |
| 2 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ
Asst. Prof. Dr. Montean Rattanasirivongwut | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
King Mongkut's University of Technology North Bangkok |
| 3 | รองศาสตราจารย์ ดร.พรฤดี เนติโสภาคกุล
Assoc. Prof. Dr. Ponrudee Netisopakul | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang |
| 4 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชฎิภักดิ์ เขมวิมุตติวงศ์
Asst. Prof. Dr. Chutipuk Kemwimoottiwong | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Chiang Mai Rajabhat University |
| 5 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมชัย ชื่นธวัช
Asst. Prof. Dr. Ronnachai Chuentawat | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
Nakhon Ratchasima Rajabhat University |
| 6 | อาจารย์ ดร.นพดล ผู้มีจรรยา
Dr. Noppadon Phumeechaya | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
Nakhon Pathom Rajabhat University |
| 7 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิจิตรา จอมศรี
Assist. Prof. Dr. Pijittra Jomsri | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |

กลุ่มคณิตศาสตร์ สถิติ

- | | | |
|---|--|---|
| 1 | รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัฐไชย ลีนาวงศ์
Assoc. Prof. Dr. Chartchai Leenawong | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang |
| 2 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ดีกัจจะ
Asst. Prof. Dr. Wirot Tikjha | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University |
| 3 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุรพา สิงหา
Asst. Prof. Dr. Boorapa Singha | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Chiang Mai Rajabhat University |
| 4 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บงกช นิมตระกูล
Asst. Prof. Dr. Bongkoch Nimtrakul | มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
Thepsatri Rajabhat University |
| 5 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณพฐ์ โสภีพันธ์
Asst. Prof. Dr. Nop Sopipan | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
Nakhon Ratchasima Rajabhat University |

กลุ่มฟิสิกส์ พลังงาน

- | | | |
|---|--|---|
| 1 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤปดี ศรีสังข์
Asst. Prof. Dr. Naruebodee Srisang | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang |
| 2 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวรรธม ทองมี
Asst. Prof. Dr. Navavan Thongmee | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University |
| 3 | อาจารย์ ดร. ชเนษฎ์ วิชาศิลป์
Dr. Chanade Wichasilp | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Chiang Mai Rajabhat University |
| 4 | อาจารย์ ดร.ปกรณ์ ปรีชาบุรณะ
Dr. Pakorn Preechaburana | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
Thammasat University |
| 5 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัณฑพัฒน์ กิตติอัครวาลย์
Asst. Prof. Dr. Kanthapat Kitti-atchawan | มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
Thepsatri Rajabhat University |
| 6 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขมฤทัย งามะพัฒน์
Asst. Prof. Dr. Kheamrutai Thamaphat | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
King Mongkut's University of Technology Thonburi |
| 7 | รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ สังวารานที
Assoc. Prof. Dr. Narong Sangwanatee | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 8 | รองศาสตราจารย์ ดร.อมรา อิทธิพงษ์
Assoc. Prof. Dr. Ammara Ittipongse | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |



กลุ่มเคมี นิติวิทยาศาสตร์

- | | | |
|---|--|--|
| 1 | ศาสตราจารย์ พลตำรวจตรีหญิง ดร.พัชรา สินลอยมา
Prof. Pol .Maj. Gen. Patchara Sinloyma | โรงเรียนนายร้อยตำรวจ
Royal Police Cadet Academy |
| 2 | รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอก วรัชช วิชชวาณิชย์
Assoc. Prof. Pol. Col. Witchuvanit Witchuvanit | โรงเรียนนายร้อยตำรวจ
Royal Police Cadet Academy |
| 3 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รพีพรรณ จันทร์มณี
Asst. Prof. Dr. Rapiphun Janmanee | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University |
| 4 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.สาธิต ทองพร้อม
Asst. Prof. Dr. Saithan Thongphrom | มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
Phuket Rajabhat University |
| 5 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สราวุฒิ สมนาม
Asst. Prof. Dr. Sarawut Somnam | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Chiang Mai Rajabhat University |
| 6 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลย์ลิกา สุขสำราญ
Asst. Prof. Dr. Wallika Suksomran | มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
Thepsatri Rajabhat University |
| 7 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากร เปลื้องกลาง
Asst. Prof. Dr. Thanakorn Pluangklang | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
Nakhon Ratchasima Rajabhat University |
| 8 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา วอนสวัสดิ์
Asst. Prof. Dr. Wanida Wonsawat | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 9 | อาจารย์ ดร.พลอยทราย โอฮามา
Dr. Ploysai Ohama | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |

กลุ่มชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ จุลชีววิทยา

- | | | |
|----|---|---|
| 1 | รองศาสตราจารย์ ดร.มรณีย์ ต้อยเต็มวงศ์
Assoc. Prof. Dr. Kooranee Tuitemwong | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Kasetsart University |
| 2 | รองศาสตราจารย์ ดร.อัชฌาณิน จงจิตวิมล
Assoc. Prof. Dr. Touchkanin Jongjitvimol | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University |
| 3 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตศิริณ ก้อนคง
Asst. Prof. Dr. Chisiri Konkong | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University |
| 4 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กชนิภา อุดมทวี
Asst. Prof. Dr. Kotchanipha Udomthawee | มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
Surindra Rajabhat University |
| 5 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภฤษณ์ ปิ่นทอง
Asst. Prof. Dr. Krit Pinthong | มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
Surindra Rajabhat University |
| 6 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์
Asst. Prof. Dr. Kittisak Chotikadachanarong | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Chiang Mai Rajabhat University |
| 7 | อาจารย์ ดร.ภคกุล สังข์สุริยะ
Dr.Pakkakul Sangsuriya | ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
National Center for Genetic Engineering and Biotechnology |
| 8 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทียมหทัย ชูพันธ์
Asst. Prof. Dr. Thiamhathai Choopan | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
Nakhon Ratchasima Rajabhat University |
| 9 | อาจารย์ ดร.ไตรวิทย์ รัตน์โรจน์พงศ์
Dr.Triwit Rattanarojpong | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
King Mongkut's University of Technology Thonburi |
| 10 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมรพันธ์ อัจจิมาพร
Asst. Prof. Dr. Amornpan Ajjimaporn | มหาวิทยาลัยมหิดล
Mahidol University |
| 11 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทนา กาญจนังมล
Asst. Prof. Dr. Chantana Kankamol | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 12 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะดา อาชายุทธการ
Asst. Prof. Dr. Piyada Achayuthakan | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 13 | อาจารย์ ดร.วัฒนา พันธุ์พืช
Dr.Wattana Panphut | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 14 | Dr. Mohammad Bagher Javadi Nobandegani | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 15 | Dr. Ha Thanh Dong | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |



กลุ่มวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยี

- | | | |
|----|---|---|
| 1 | รองศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ศิลพานันทกุล
Assoc. Prof. Dr. Suthep Silapanuntakul | มหาวิทยาลัยมหิดล
Mahidol University |
| 2 | รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจภรณ์ ประภักดิ์
Assoc. Prof. Dr. Benjaphorn Prapagdee | มหาวิทยาลัยมหิดล
Mahidol University |
| 3 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์
Asst. Prof. Dr. Charnwit Kositanont | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University |
| 4 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวนีย์ วิจิตรโกสุม
Asst. Prof. Dr. Saowanee Wijitkosum | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University |
| 5 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี ศรีธาวิรัตน์
Asst. Prof. Dr. Thaunwadee Srithawirat | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University |
| 6 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขมณิจจารีย์ สารีพันธ์
Asst. Prof. Dr. Khamanitjaree Saripan | มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
Thepsatri Rajabhat University |
| 7 | รองศาสตราจารย์ ดร.ไพบุลย์ แจ่มพงษ์
Assoc. Prof. Dr. Paiboon Jeamponk | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 8 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อานัติ ต๊ะปินตา
Asst. Prof. Dr. Anat Thapinta | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 9 | รองศาสตราจารย์ ศิวพันธุ์ ชูอินทร์
Assoc. Prof. Sivapan Choo-In | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 10 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนาวลัย อุฑารสกุล
Asst. Prof. Dr. Tatsanawalai Utarasakul | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คหกรรมศาสตร์

- | | | |
|---|---|---|
| 1 | รองศาสตราจารย์ ดร.ชื่นจิตต์ บุญเชิด
Assoc. Prof. Dr. Chuenchit Boonchird | มหาวิทยาลัยมหิดล
Mahidol University |
| 2 | รองศาสตราจารย์ ดร.ทัศนีย์ ลีมีสุวรรณ
Assoc. Prof. Dr. Tasanee Limsuwan | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Kasetsart University |
| 3 | รองศาสตราจารย์ ดร.คงศักดิ์ ศรีแก้ว
Assoc. Prof. Dr. Khongsak Srikaeo | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University |
| 4 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรินทร์ ฉายศิริโชติ
Asst. Prof. Dr. Teerin Chysirichote | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang |
| 5 | อาจารย์ ดร.ธนิดา ฉั่วเจริญ
Dr. Thanida Chuacharoen | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |

กลุ่มวิทยาศาสตร์การกีฬา วิทยาศาสตร์สุขภาพ

- | | | |
|---|---|---|
| 1 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา หลายวัฒนไพศาล
Asst. Prof. Dr. Wanida LAIWATTANAPAI SAN | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University |
| 2 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมจินตนา ท้วทพิทย์
Asst. Prof. Dr. Somjintana Toutip | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Mahasarakham University |
| 3 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยานิศ ลือวานิช
Asst. Prof. Dr. Chayanit Luevanich | มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
Phuket Rajabhat University |
| 4 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรพันธ์ อัจจิมาพร
Asst. Prof. Dr. Amornpan Ajjimaporn | มหาวิทยาลัยมหิดล
Mahidol University |
| 5 | อาจารย์อัมพิกา นันท์บัญชา
Ampika Nanbancha | มหาวิทยาลัยมหิดล
Mahidol University |

Editorial Board

- | | | |
|---|--|--|
| 1 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อานัติ ต๊ะปินตา
Asst. Prof. Dr. Anat Thapinta | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 2 | Prof. Dr. Hongjoo Kim | Kyungpook National University, Korea |
| 3 | Prof. Dr.-Ing. Mitra Djamal | Institut Teknologi Bandung, Indonesia |
| 4 | Assoc. Prof. Dr. Nguyen Hieu Trung | Can Tho University, Vietnam |



5	Prof. Dr. Subhash C. Pandey	Journal of Environmental Research and Development (JERAD), India
6	Prof. Emeritus Manit Rappon	Lakehead University, Canada
7	Assoc. Prof. Dr. Thanh Son Dao	Vietnam National University, Vietnam
8	Dr. Soo Rin Kim	Kyungpook National University, Korea
9	Dr. Vinh Truong Hoang	Ho Chi Minh City Open University, Vietnam
10	Dr. Wong Tze Jin	Universiti Putra Malaysia Bintulu Campus, Malaysia
11	Dr. Stephen Raymond Morley	Leicester Royal Infirmary, England

Editorial Managers

1	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ ต๊ะปิ่นตา Asst. Prof. Dr. Anat Thapinta	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา Suan Sunandha Rajabhat University
2	ดร.วัฒนา พันธุ์พีช Dr. Wattana Panphut	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา Suan Sunandha Rajabhat University
3	ผศ.ดร.ทัศนาวลัย อุฑารสกุล Asst. Prof. Dr. Tatsanawalai Utarasakul	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา Suan Sunandha Rajabhat University
4	ผศ.ดร.พิจิตรา จอมศรี Asst. Prof. Dr. Pijitra Jomsri	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา Suan Sunandha Rajabhat University
5	ดร.นิช วงศ์ส่องจำ Dr. Nich Wongsongja	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา Suan Sunandha Rajabhat University
6	ดร.มนัสวี เดชกล้า Dr. Manussawee Dechkla	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา Suan Sunandha Rajabhat University
7	ดร.ธนิดา ฉั่วเจริญ Dr. Thanida Chuacharoen	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา Suan Sunandha Rajabhat University
8	ดร.สันสนีย์ แสนศิริพันธ์ Dr. Sansanee Sansiribhan	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา Suan Sunandha Rajabhat University
9	ดร.ชูเกียรติ ผุดพรมราช Dr. Chookait Pudprommarat	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา Suan Sunandha Rajabhat University
10	ดร.พลอยทราย โอฮามา Dr. Ploysai Ohama	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา Suan Sunandha Rajabhat University
11	ดร.สุริยัน สมพงษ์ Dr. Suriyan Sompong	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา Suan Sunandha Rajabhat University

กำหนดการการประชุมสวนสุนันทาวิชาการฯ



08.00 - 09.00 น.	ลงทะเบียน ณ บริเวณด้านหน้าห้องประชุมกรุงธนบอลล์รูม ชั้น 3
09.00 - 09.15 น.	กล่าวรายงานการประชุม โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ ต๊ะปิ่นตา คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
09.15 - 09.30 น.	กล่าวเปิดการประชุม โดย รองศาสตราจารย์ ดร.ฤเดช เกิดวิชัย อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
09.30 - 10.00 น.	- พิธีมอบของที่ระลึกแก่เจ้าภาพร่วมและถ่ายภาพร่วมกัน - พิธีมอบรางวัลบทความวิจัยดีเด่น จำนวน 3 รางวัล โดย รองศาสตราจารย์ ดร.ฤเดช เกิดวิชัย อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
10.00 - 10.30 น.	บรรยายพิเศษ เรื่อง “Recent Technology Breakthroughs in the Control of Iron Deficiency Anemia” โดย Prof.Dr.Michael Bruce Zimmermann Zurich Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Switzerland
10.30 - 11.00 น.	บรรยายพิเศษ เรื่อง “Universities Facing Severe Challenges of Fewer Children Trend and International Competition” โดย Prof.Dr.Chih-Hsiang Liao Vice President of Chia Nan University of Pharmacy and Science, Taiwan
11.00 - 11.15 น.	รับประทานอาหารว่าง ณ ด้านหน้าห้องประชุมภาณุรังษีบอลล์รูม ชั้น 1
11.00 - 12.15 น.	นำเสนอผลงานวิจัยแบบภาคโปสเตอร์ ณ ด้านหน้าห้องประชุมภาณุรังษีบอลล์รูม ชั้น 1
11.15 - 12.15 น.	นำเสนอผลงานวิจัยแบบภาคบรรยาย ณ ห้องประชุม ชั้น 1, 2 และ 3
ห้องภาณุรังษี เอ	ชั้น 1 กลุ่มสาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (กลุ่มย่อยที่ 1)
ห้องภาณุรังษี ซี	ชั้น 1 กลุ่มสาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (กลุ่มย่อยที่ 2)
ห้องบงกชรัตน์ เอ	ชั้น 2 กลุ่มสาขาฟิสิกส์และพลังงาน
ห้องบงกชรัตน์ บี	ชั้น 2 กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์การกีฬาและวิทยาศาสตร์สุขภาพ
ห้องบงกชรัตน์ ซี	ชั้น 2 กลุ่มสาขาเคมีและนิติวิทยาศาสตร์
ห้องบุษบงกช เอ	ชั้น 2 กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยี
ห้องบุษบงกช บี	ชั้น 2 กลุ่มสาขาชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ และจุลชีววิทยา
ห้องกรุงธนบอลล์รูม	ชั้น 3 กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและคหกรรมศาสตร์
12.15 - 13.15 น.	รับประทานอาหารกลางวัน ณ ห้องอาหารริมน้ำ ชั้น 1

- 13.15 – 15.30 น. นำเสนอผลงานวิจัยแบบภาคโปสเตอร์
ณ ด้านหน้าห้องประชุมภาณูรังษีบอลล์รูม ชั้น 1 (ต่อ)
พร้อมมอบวุฒิบัตรการนำเสนอผลงานวิจัยแบบภาคโปสเตอร์
- 13.15 – 14.45 น. นำเสนอผลงานวิจัยแบบภาคบรรยาย ณ ห้องประชุมชั้น 1, 2 และ 3 (ต่อ)
ห้องภาณูรังษี เอ ชั้น 1 กลุ่มสาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (กลุ่มย่อยที่ 1)
ห้องภาณูรังษี ซี ชั้น 1 กลุ่มสาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (กลุ่มย่อยที่ 2)
ห้องบงกชรัตน์ เอ ชั้น 2 กลุ่มสาขาฟิสิกส์และพลังงาน
ห้องบงกชรัตน์ บี ชั้น 2 กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์การกีฬาและวิทยาศาสตร์สุขภาพ
ห้องบงกชรัตน์ ซี ชั้น 2 กลุ่มสาขาคณิตศาสตร์และสถิติ
ห้องบุษบงกช เอ ชั้น 2 กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยี
ห้องบุษบงกช บี ชั้น 2 กลุ่มสาขาชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ และจุลชีววิทยา
ห้องกรุงธนบอลล์รูม ชั้น 3 กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและคหกรรมศาสตร์
- 14.45 – 15.00 น. รับประทานอาหารว่าง ณ ด้านหน้าห้องประชุมกลุ่มย่อย ชั้น 1, 2 และ 3
- 15.00 – 17.00 น. นำเสนอผลงานวิจัยแบบภาคบรรยาย ณ ห้องประชุม 1, 2 และ 3 (ต่อ)
พร้อมมอบวุฒิบัตรการนำเสนอผลงานวิจัยแบบภาคบรรยาย ณ ห้องประชุมกลุ่มย่อย

Conference Schedule

08.00 - 09.00	Registration (Krungthon Ballroom, 3 rd floor front area)
09.00 - 09.15	Giving a briefing of the conference Asst. Prof. Dr. Anat Thapinta Dean of Faculty of Science and Technology
09.15 - 09.30	SsSci 2019 Opening ceremony Associate Professor Dr. Luedech Girdwichai President of Suan Sunandha Rajabhat University
09.30 - 10.00	Presenting a token of appreciation to the distinguished co-hosts and taking a group photo Presenting three awards for outstanding Associate Professor Dr. Luedech Girdwichai President of Suan Sunandha Rajabhat University
10.00 - 10.30	Keynote Speech “Recent Technology Breakthroughs in the Control of Iron Deficiency Anemia” Professor Dr. Michael Bruce Zimmermann Zurich Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Switzerland
10.30 - 11.00	Keynote Speech “Universities Facing Severe Challenges of Fewer Children Trend and International Competition” Professor Dr. Chih-Hsiang Liao Vice President of Chia Nan University of Pharmacy and Science, Taiwan
11.00 - 11.15	Refreshment Breaks at Phanurandsi Ballroom, 1st floor front area
11.00 - 12.15	Poster presentation session (Phanurangsai Ballroom, 1st floor front area)
11.15 - 12.15	Oral presentation session (meeting room 1st, 2nd and 3rd floor)
Phanurangsai Room A, 1 st floor	Computer Science and Information Technology (Group 1)
Phanurangsai Room C, 1 st floor	Computer Science and Information Technology (Group 2)
Bongkotrat Room A, 2 nd floor	Physics and Energy
Bongkotrat Room B, 2 nd floor	Sports and Health Science
Bongkotrat Room C, 2 nd floor	Chemistry and Forensic Science
Busabongkot Room A, 2 nd floor	Environmental Science & Technology

Busabongkot Room B, 2nd floor Biology, Biotechnology and Microbiology
 Krungthon Ballroom, 3rd floor Food Science & Technology and Home Economics

12.15 – 13.15 Lunch at Rim Nam Terrace, 1st floor

13.15 – 15.30 **Poster presentation session (Phanurangsi Ballroom, 1st floor front area) (cont.)**
 Presenting poster presentation certificates at the presentation area

13.15 – 14.45 **Oral presentation session (Meeting room 1st, 2nd and 3rd floor) (cont.)**

Phanurangsi Room A, 1st floor Computer Science and Information Technology (Group 1)

Phanurangsi Room C, 1st floor Computer Science and Information Technology (Group 2)

Bongkotrat Room A, 2nd floor Physics and Energy

Bongkotrat Room B, 2nd floor Sports and Health Science

Bongkotrat Room C, 2nd floor Chemistry and Forensic Science

Busabongkot Room A, 2nd floor Environmental Science & Technology

Busabongkot Room B, 2nd floor Biology, Biotechnology and Microbiology

Krungthon Ballroom, 3rd floor Food Science & Technology and Home Economics

14.45 – 15.00 **Refreshment Breaks at front area of each meeting room (1st, 2nd and 3rd floor)**

15.00 – 17.00 **Oral presentation session (Meeting room 1st, 2nd and 3rd floor) (cont.)**

Presenting oral presentation certificates at the presentation rooms

Oral Presentation

Conference Sessions: Computer Science and Information Technology (Group 1)

Phanurangsi Room A, 1st floor (ห้องภาณูรังษี เอ ชั้น 1)

		Chairperson			Co-Chairperson		
		Dr.Vinh Truong Hoang Vice-Dean, Faculty of Information Technology Ho Chi Minh City Open University ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรสิทธิ์ ชูชัยวัฒนา คณบดีวิทยาลัยครีเอทีฟดีไซน์แอนด์ เอ็นเตอร์ เทนเมนต์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต			อาจารย์ ดร.กิตติคุณ มีทองจันทร์ หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา		
No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National	
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_CS_4 SSSCI2019_O_121	Way Sokhom	Mahidol University	Development of Innovative Media for Communication Sangha in Phra Nakhon, Bangkok, Thailand	International	
2.	11.30.-11.45	SSSCI2019_CS_8 SSSCI2019_O_56	กรรณิการ์ กมลรัตน์ Kannikar Kamolrat	Sakon Nakhon Rajabhat University	Application Development for Pon-Yang- Kham Fattened Cattle in Sakon Nakhon Province on Android Operating System	National	
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_CS_1 SSSCI2019_O_4	รุจีจันทร์ วิชิวานีเวศน์ Rujijan Vichivanives	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	การพัฒนาต้นแบบสมาร์ตฟาร์มการปลูกดอกมะลิ ด้วยอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง	National	
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_CS_6 SSSCI2019_O_44	จีระศักดิ์ นำประดิษฐ์ Jeerasak Numpradit	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ	การบำบัดทางเลือกสำหรับโรคกลัวความสูงโดยใช้ ระบบความจริงเสมือน	National	
12.15-13.15		Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1st floor					
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_CS_9 SSSCI2019_O_71	ลูกหนู อู่ทอง Looknu Authong	Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi	การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟติงค์มา ประยุกต์ใช้งาน	National	
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_CS_10 SSSCI2019_O_80	ชัชชนันท์ น้าวน Chatchanun Namwon	มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม	การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการตั้งโรงงาน อุตสาหกรรมชีวมวลอัดแห้งในจังหวัดพิษณุโลก	National	

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_CS_11 SSSCI2019_O_85	ศราวุธ พาจรทิต Sarawut Pajonetid	มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงใหม่	โมบายแอปพลิเคชันสำหรับรู้จำสมุนไพรรบน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้ไลบรารีของเทน เซอร์โฟร	National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_CS_12 SSSCI2019_O_91	ประภาภรณ์ นพภาลัย Praphaporn Nopparai	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ	การประยุกต์กระบวนการออกแบบประสบการณ์ ผู้ใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับผู้ประกอบการที่ไม่เชี่ยวชาญเทคโนโลยี	National
9.	14.15-14.30	SSSCI2019_CS_13 SSSCI2019_O_93	ธนาวุฒิ ฐูปูชา Thanawut Thoopucha	มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม	การป้องกันและตรวจจับการรั่วไหลของน้ำภายใน บ้านผ่านระบบควบคุมการไหลของน้ำด้วยอุปกรณ์ เคลื่อนที่	National
10	14.30-14.45	SSSCI2019_CS_14 SSSCI2019_O_95	ศุภชัย พรหมประเสริฐ Supachai Promprasoet	มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม	ระบบควบคุมการเปิดปิดคอมพิวเตอร์ทางไกลผ่าน อุปกรณ์เคลื่อนที่	National
14.45-15.00				Refreshment Break		
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_CS_15 SSSCI2019_O_99	อุบลศิลป์ โพธิ์พรม Ubonsilp Phoprom	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนคร	การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อสนับสนุนงานบริการ ด้วยมาตรฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ	National
12.	15.15-15.30	SSSCI2019_CS_16 SSSCI2019_O_83	พิสิษฐ์ แม้นวงศ์เดือนPisit Manwongdeon	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ	การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการคลังสินค้า กรณีศึกษาบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายชิ้นส่วน อะไหล่เครื่องจักรกลการเกษตร	National
13.	15.30-15.45	SSSCI2019_CS_17 SSSCI2019_O_117	มนีรัตน์ ภารนนท์ Maneerat Paranan	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราช มงคลตะวันออก วิทยาเขต จักรพงษ์ภูวนารถ	การพัฒนาเว็บปัญญาประดิษฐ์เพื่อการเทียบโอน หน่วยกิตส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต	National
14.	15.45-16.00	SSSCI2019_CS_18 SSSCI2019_O_120	อุบลศิลป์ โพธิ์พรม Ubonsilp Phoprom	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนคร	การพัฒนาระบบการบริการตอบคำถามอัตโนมัติ โดยเทคโนโลยี ไลน์ บอท (LINE BOT) ของ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนคร	National
15.	16.00-16.15	SSSCI2019_CS_38 SSSCI2019_O_235	ปานจิต มุสิก	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครศรีธรรมราช	การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นใน โรงเรือนปลูกพืชจำลอง	National

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Computer Science and Information Technology (Group 2)

Phanurangsi Room C, 1st floor (ห้องภาณูรังษี ซี ชั้น 1)

Chairperson		Co-Chairperson				
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมศักดิ์ ศรีสวการย์ คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง		อาจารย์ ดร.นพดล ผู้มีจรรยา สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม				
No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_CS_24 SSSCI2019_O_152	พฤกษนันท์ คำลาพิศ Pruksanan Kamlapit	มหาวิทยาลัยพะเยา	การวิเคราะห์และพยากรณ์ช่องทางการจำหน่าย สินค้าในธุรกิจอีคอมเมิร์ซ	National
2.	11.30-11.45	SSSCI2019_CS_25 SSSCI2019_O_156	รัชดาพร คณางษ์ Ratchadaporn Kanawong,	มหาวิทยาลัยศิลปากร	Ginrai-Bot for Ordering and Recommending Healthy Food Online Application	National
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_CS_26 SSSCI2019_O_158	สุทธิษา กันจู Suttisa Kunju	มหาวิทยาลัยพะเยา	การพัฒนาการส่งเสริมการขายเครื่องสำอางบน เฟสบุ๊ก กรณีศึกษาร้าน เอ็ม แอนด์ แพร์	National
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_CS_28 SSSCI2019_O_162	Chaiyapan Charoensuk	มหาวิทยาลัย ราชภัฏพระนคร	แอปพลิเคชันช่วยแจ้งเตือน การรับประทานยา	National
12.15-13.15		Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1 st floor				
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_CS_29 SSSCI2019_O_163	สุมิตรา นวลมีศรี Sumitra Nuanmeesri	Suan Sunandha Rajabhat University	การพัฒนาเว็บไซต์และเว็บแอปพลิเคชันด้วยบุทส แตร์ป กรณีศึกษา นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยี สารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	National
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_CS_31 SSSCI2019_O_181	ทนาลักษณ์ ปราณีกุมาร Thanaluk Pranekunakol	Burapha University	การคัดกรองข้อมูลสำหรับระบบเซนเซอร์ไร้สาย ขนาดใหญ่โดย STackSTorm	National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_CS_32 SSSCI2019_O_202	กิตติพัฒน์ ปันพัก Kttipat Panfak	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	การออกแบบ FTP เพื่อใช้ในการรับส่งไฟล์ระหว่าง Client และ Server	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_CS_35 SSSCI2019_O_214	ปรีตาวรรณ เกษเมธีการุณ Preedawon Kadmateekarun	Suan Sunandha Rajabhat University	การพัฒนาแอปพลิเคชันระบบจัดการรดน้ำ อัตโนมัติ	National
9.	14.15-14.30	SSSCI2019_CS_36 SSSCI2019_O_221	กาญจนา ชัดิทะจักร์ Kanchana Kanthachak	มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงใหม่	การส่งเสริมการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการ เพาะเลี้ยงครั้งโดยใช้เทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์	National
10	14.30-14.45	SSSCI2019_CS_21 SSSCI2019_O_130	จักรภัฏ เจนโรสง Jakapat Janethaisong	Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi	การจัดการความปลอดภัยของดีเอ็นเอส	National
14.45-15.00 Refreshment Break						
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_CS_39 SSSCI2019_O_250	ประชุม พันรอด	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	การพัฒนาระบบการจัดการห้องประชุมออนไลน์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราช ภัฏเพชรบุรี	National
12.	15.15-15.30	SSSCI2019_CS_23 SSSCI2019_O_150	บพิตร ไชยนอก Bopit Chainok	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม	ระบบตรวจวัดสภาพอากาศที่มีผลต่อคุณภาพน้ำใน บ่อเลี้ยงกุ้งขาว	National
13.	15.30-15.45	SSSCI2019_CS_20 SSSCI2019_O_123	วุฒิชัย นาคเพียทา Voottichai Nakpeata	Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi	การนำโครงข่ายเฉพาะกิจมาประยุกต์ใช้งาน	National
14.	15.45-16.00	SSSCI2019_CS_19 SSSCI2019_O_122	พัทธนันท์ นาคยศ Pattanan Nakyos	Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi	การนำโปรโตคอลมาใช้หาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สาย	National
15.	16.00-16.15	SSSCI2019_CS_5 SSSCI2019_P_42	ชัชชฎา โพธิ์ลักษณะ Chatchuda Potiluck	Mahidol University	ระบบสารสนเทศควบคุมการประมวลผลการศึกษา กรณีศึกษาวิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล	National
16.	16.15-16.30	SSSCI2019_CS_7 SSSCI2019_P_45	อุไรวรรณ รักภกวางค์ Uraiwn Ruxpakawong	มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม	การสร้างแบบทดสอบคำสั่งสืบค้นข้อมูล และตรวจ คำตอบ โดยอัตโนมัติ	National

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Chemistry and Forensic Science

Bongkotrat Room C, 2nd floor (ห้องบงกชรัตน์ ซี ชั้น 2)

Chairperson	Co-Chairperson
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูนศิริ ทิพย์เนตร คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	อาจารย์ ดร.พลอยทราย โอฮามา สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_CH_7 SSSCI2019_O_160	Pornpan Tana	Maha Sarakham Rajabhat University	The preparation of hybrid material of cobalt complex into mesoporous silica from the rice husk	International
2.	11.30-11.45	SSSCI2019_CH_11 SSSCI2019_O_182	Pasakorn Sangnikul	Maha Sarakham Rajabhat University	DFT investigation of toluene adsorption on silicon carbide nanosheet doping with transition metal for sensing application	International
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_CH_19 SSSCI2019_O_604	Jitlada Chumee	Suan Sunandha Rajabhat University	The Effect of Viscosity-imparting Agent on Textural Properties of Toddy Palm Syrup	International
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_CH_3 SSSCI2019_O_76	ดุสิตพร ศรีลักขณ์ Dusitporn Srilak	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	อิทธิพลของสารตัวเติมต่อสมบัติเชิงกลของฟิล์มยางธรรมชาติโปรตีนตำผสมลิกนิน	National
12.15-13.15		Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1 st floor				
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_CH_6 SSSCI2019_O_140	ชุตินา ศิลาณีเวช Chutima Silamaneewet	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	ผลของการปรับสภาพขานอ้อยด้วยต่างที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตน้ำตาลและองค์ประกอบทางเคมี	National
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_CH_21 SSSCI2019_O_246	วัชรารณณ์ ประภาสะโนบล Vacharaporn Prapasanol	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	การศึกษาสารพิษเคมี ปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของจาวตาล	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_CH_22 SSSCI2019_O_243	ปัทมาพร ยอดสันติ Pattamaporn Yodsanti	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	การประเมินศักยภาพการเก็บกักคาร์บอนของต้น ตาลในจังหวัดเพชรบุรี	National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_CH_20 SSSCI2019_P_147	Wilasinee Sathitdetkunchorn	Rajabhat Nakhonratchasima University	การวิเคราะห์ตะกั่ว เหล็ก และแคดเมียม ในน้ำ บาดาล โดยเทคนิคอะตอมมิก แอบซอร์พ ชันสเปกโทรโฟโตเมทรี	National
9	14.15-14.30	SSSCI2019_CH_14 SSSCI2019_P_199	เอกชัย อึ้งชะ Ekkachai Achcha	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์	การเคลือบलयนิ้วมือแฝงด้วยรีติวซ์แกรฟีน ออกไซด์บนกระจกเอฟทีโอโดยใช้การเคลือบ ไฟฟ้า	National
14.45-15.00		Refreshment Break				

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Mathematics and Statistics
Bongkotrat Room C, 2nd floor (ห้องบงกชรัตน์ ซี ชั้น 2)

Chairperson		Co-Chairperson				
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประยัตต์ แสงงาม ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร		อาจารย์ ดร.ชูเกียรติ ผุดพรมราช หัวหน้าสาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา				
No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
10.	14.30-14.45	SSSCI2019_MA_1 SSSCI2019_O_12	สิริพร หล้าปวงคำ Siriporn Lapouangkham	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	เงื่อนไขบางประการของฟังก์ชันการบวก	National
14.45-15.00		Refreshment Break				
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_MA_2 SSSCI2019_O_17	เจษฎา สุจริตธุระการ Jedsada Sutjaritthurakan	มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต	ผลของการรณรงค์การสวมหน้ากากอนามัยที่มีผล ต่อตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การแพร่ระบาดของโรค หัด	National
12.	15.15-15.30	SSSCI2019_MA_3 SSSCI2019_O_77	ปณิธิ วิจิตรไกรวิน Paniti Vichitkraivin	มหาวิทยาลัยมหิดล	The Resistance Factors Affecting the Adoption of Healthcare Robots Technology in Thailand Government Hospital	National
13.	15.30-15.45	SSSCI2019_MA_5 SSSCI2019_O_86	สิทธิกร นาคขาว Siththikorn Nakkao	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	เอกลักษณ์เชิงฟังก์ชันของอนุพันธ์	National
14.	15.45-16.00	SSSCI2019_MA_6 SSSCI2019_O_107	เยาวลักษณ์ ศรีเมือง Yaowaluk Srimuang	Faculty of Science, Ramkhamhang University	General Solution of the n -D Pompeiu Functional Equation	National
15.	16.00-16.15	SSSCI2019_MA_7 SSSCI2019_O_153	ธัญญาลักษณ์ เทพสุวรรณ Tunyaluk Thepsuwan	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนทองบน ร่างกายมนุษย์	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
16.	16.15-16.30	SSSCI2019_MA_8 SSSCI2019_O_171	ศศิวิมล คณทา Sasiwimon Raokhetkit Khontha	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการ ลดขั้นตอนของการเคลือบแข็งในกระบวนการผลิต เลนส์	National
17.	16.30-16.45	SSSCI2019_MA_9 SSSCI2019_O_173	Rukchart Prasertpong รักชาติ ประเสริฐพงษ์	Nakhon Sawan Rajabhat University	ไอทีลภายในรัฟและควอซี-ไอทีลรัฟในปริภูมิการ ประมาณของกึ่งกลุ่มภายใต้ความสัมพันธ์พรีออ เคอร์และคอมแพทิเบิล	National
18.	16.45-17.00	SSSCI2019_MA_10 SSSCI2019_O_176	ธัญวรัตน์ ชัชรัตน์ Thanwarat Chatcharata	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครสวรรค์	ไป-ไอทีลรัฟและไป-ไอทีลเฉพาะรัฟในปริภูมิการ ประมาณของกึ่งกลุ่มภายใต้ความสัมพันธ์พรีออ เคอร์และคอมแพทิเบิล	National

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Physics and Energy
Bongkotrat Room A, 2nd floor (ห้องบงกชรัตน์ เอ ชั้น 2)

Chairperson	Co-Chairperson
รองศาสตราจารย์ ดร.ปานจิต มุสิก คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช	รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย เทพา คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_PH_25 SSSCI2019_O_164	Nattapon Chantarapanich	Kasetsart Univeristy	Design and Analysis of Plastic Medical Tray for Implant Packaging	International
2.	11.30.-11.45	SSSCI2019_PH_27 SSSCI2019_O_192	Natthaphong Kamma	Khon Kaen University	A Polymeric Coating on Prelithiated Silicon-Based Nanoparticles for High Capacity Anodes used in Li-ion Batteries	International
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_PH_1 SSSCI2019_O_6	Pinyapach Tiamduangtawan	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	การพัฒนาวัสดุกำบังอนุภาคนิวตรอนที่สามารถซ่อมแซมตัวเองจากวัสดุเชิงประกอบ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) และซาแมเรียมออกไซด์ (Sm ₂ O ₃)	National
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_PH_2 SSSCI2019_O_7	กุลลิตา โกละนันท์ Kullita Kolanan	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	การตรวจวิเคราะห์โลหะอะมัลกัมด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	National
12.15-13.15				Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1st floor		
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_PH_4 SSSCI2019_O_16	Wichan Lertlop	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	การกำหนดปัญหาให้นักศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ปีการศึกษา 2562	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_PH_7 SSSCI2019_O_37	อัศวิน ยอดรักษ์ Assawin Yodruk	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าพระนครเหนือ	การพัฒนาเครื่องทดสอบความล้าแบบหมุนดัด Development of A Rotary-Bending Fatigue Tester	National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_PH_9 SSSCI2019_O_46	อภิฤดี ตัณฑเวชกิจ Apirudee Tentawechakit	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษา: โรงพยาบาลของรัฐขนาดใหญ่	National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_PH_10 SSSCI2019_O_47	พิศาล ปานสุข Pisan Pansook	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ของ การผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมแบบ แนวตั้ง โดยใช้ ลมทั้งจากระบบกำจัดฝุ่นในโรงงานผลิตปูนกาว ซีเมนต์	National
9.	14.15-14.30	sssci2019_PH_23 sssci2019_O_157	รัชนิกร ปันล่า atchaneekorn Punla	Maejo University	การพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์เพอรอฟสไกต์โดยใช้ คอปเปอร์ออกไซด์เป็นวัสดุนำโฮลแบบชั้นคู่	National
10	14.30-14.45	SSSCI2019_PH_29 SSSCI2019_O_136	Pich Khoem รวิภัทร ลาภเจริญสุข Ravipat Lapcharoensuk	สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	การวิเคราะห์ความแม่นยำของเครื่องเนียร์ อินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์สำหรับการตรวจสอบ คุณภาพน้ำเค็ม	National
14.45-15.00				Refreshment Break		
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_PH_30 SSSCI2019_O_155	มครินทร์ กาญจนสุด Makkaryn Kanchanasoot	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	การออกแบบและประยุกต์ใช้เซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ จากพืช เพื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ	National
12.	15.15-15.30	SSSCI2019_PH_31 SSSCI2019_O_224	อรอนงค์ เสนาะจิต Ornanong Sanorchit	มหาวิทยาลัยราชภัฏ เทพสตรี	การหาสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีแกมมาของ แผ่นเส้นใยชานอ้อยกับ BaSO ₄ โดยมีน้ำยารักษา เป็นตัวประสาน	National
13.	15.30-15.45	SSSCI2019_PH_32 SSSCI2019_O_237	Petcharat Jaiboon	Sakon Nakhon Rajabhat University	Effect of drying temperature on quality of RD6 variety brown parboiled glutinous rice	National
14.	15.45-16.00	SSSCI2019_PH_33 SSSCI2019_O_249	ชนษัญญา วิชาศิลป์	มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงใหม่	การเปรียบเทียบศักยภาพเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ใช้น้ำ หมักชีวภาพจากผลไม้	National
15.	16.00-16.15	SSSCI2019_PH_5 SSSCI2019_O_21	บัณฑิต จิตต์สุภาพ Bantom Chitsupap	มหาวิทยาลัยบูรพา	การควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบท่อนำสารทำ ความเย็นร่วมเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า	National

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Biology, Biotechnology and Microbiology

Busabongkot Room B, 2nd floor (ห้องบุษบงกช บี ชั้น 2)

		Chairperson					Co-Chairperson
		ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวย อุ๋นใจ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล					อาจารย์ ดร.มณฑาทิพ สุธาธรรม หัวหน้าสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National	
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_BT_1 SSSCI2019_O_19	ฤทัยรัตน์ สิริวัฒนรัชต์ Ruthairat Siriwattanarat	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ปลาน้ำจืดใน คลองแสนแสบพื้นที่กรุงเทพมหานคร	National	
2.	11.30.-11.45	SSSCI2019_BT_2 SSSCI2019_O_28	Pornsiri Bumrungham พรศิริ บำรุงธรรม	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	การโคลน การแสดงออก และการศึกษาลักษณะ ของรีคอมบิแนนท์แมนนาเนส	National	
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_BT_9 SSSCI2019_O_89	รพีพรรณ กองตุม Rapeepan Kongtoom	มหาวิทยาลัยราชภัฏ หมู่บ้านจอมบึง	การศึกษาสมบัติบางประการของพันธุ์พริก พื้นเมือง(พริกกะเหรียง) ที่ปลูกในพื้นที่ภาค ตะวันตกของประเทศไทย	National	
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_BT_11 SSSCI2019_O_103	Krit Phinetsathian ฤกษ์ณิ พิเนตรเสถียร	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนคร	ความหลากหลายทางชีวภาพของพืชให้สีย้อม จังหวัดสกลนคร	National	
12.15-13.15		Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1 st floor					
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_BT_12 SSSCI2019_O_108	Araya Pranprawit อารยา ปรานประวีตร	Suratthani Rajabhat University	ความสามารถในการต้านโรคเบาหวานผ่านการ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จากผักพื้นบ้าน ท้องถิ่นในเขตพื้นที่ หมู่ 9 ตำบลขุนทะเล อำเภอ เมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี	National	
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_BT_20 SSSCI2019_O_141	Asro Hajiabdullah อัซรอ หะยีอับดุลเลาะ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	การผลิตกรดซัคซินิกจากกากน้ำตาลด้วยเชื้อ Actinobacillus succinogenes	National	

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_BT_21 SSSCI2019_O_144	รัชนีกร สวามิ Ruchnekorn Swami	มหาวิทยาลัยบูรพา	การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของไฟโคไซยานินจากสาหร่าย <i>Arthrospira platensis</i> และสาหร่าย <i>Synechocystis</i> sp. PCC6803	National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_BT_28 SSSCI2019_O_220	กัลทิมา พิชัย Kaltima Pichai	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่	การเก็บรักษาเชื้อยีสต์จากน้ำหมักเปลือกสับปะรด โดยวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง	National
9.	14.15-14.30	SSSCI2019_BT_29 SSSCI2019_O_222	กัญญ์วรา วงศ์แพทย์ Kanwara Wongpaet	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่	พฤติกรรมของนกเป็ดแดง (<i>Dendrocygna javanica</i>) บริเวณอ่างเก็บน้ำ ภายในมหาวิทยาลัย	National
10	14.30-14.45	SSSCI2019_BT_31 SSSCI2019_O_225	Peangjai Jianwitchayakul เพียงใจ เจียรวิชญกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี	ความหลากหลายทางชีวภาพของไส้เดือนดินในจังหวัดลพบุรีที่มีศักยภาพในการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนจากผักตบชวา	National
14.45-15.00		Refreshment Break				
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_BT_33 SSSCI2019_O_229	รุ่งนภา ทากัน Rungnapa Tagun	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่	ผลกระทบของมลพิษในระบบนิเวศนาข้าวต่อสิ่งมีชีวิตในอำเภอมะแตง จังหวัดเชียงใหม่	National
12.	15.15-15.30	SSSCI2019_EN_15 SSSCI2019_O_106	กิตติมา เกตุสอาด Kittima Ketsa-ad	มหาวิทยาลัยมหิดล	การคัดแยกแบคทีเรียต้านทานแคดเมียมที่สร้างสารลดแรงตึงผิวชีวภาพและสภาวะที่เหมาะสมในการสร้างสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ	National
13.	15.30-15.45	SSSCI2019_BT_38 SSSCI2019_O_245	ไกรฤกษ์ ทวีเชื้อ Kraierk Taweechue	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	การศึกษาเพื่อทราบลำดับนิวคลีโอไทด์และความผันแปรของยีนมัยโอสแตตินในแพะ (<i>Capra hircus</i>) ที่เลี้ยงในจังหวัดเพชรบุรี	National
14.	15.45-16.00	SSSCI2019_BT_39 SSSCI2019_O_247	พรอริยา ฉิรินัง Pornariya Chirinang	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	คุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกของ <i>Lactobacillus plantarum</i> 3C2-10 ที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจากเปลือกส้ม	National
15.	16.00-16.15	SSSCI2019_BT_32 SSSCI2019_P_228	วัชรี หาญเมืองใจ Watcharee Hanmoungjai	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่	ผลการเจริญของเส้นใยเห็ดจิ้งจกบนอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรดัดแปลงชนิดต่าง ๆ	National

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Environmental Science & Technology

Busabongkot Room A, 2nd floor (ห้องบุษบกช เอ ชั้น 2)

Chairperson	Co-Chairperson
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรศักดิ์ นุ่มมีศรี คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนาวลัย อุฑารสกุล สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_EN_1 SSSCI2019_O_22	พรทิพย์ วิมลทรง Pornthip Wimonsong	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สุราษฎร์ธานี	การวิเคราะห์แผนเผชิญเหตุทุกภัยระดับจังหวัด ของประเทศไทย	National
2.	11.30.-11.45	SSSCI2019_EN_2 SSSCI2019_O_34	ชำนาญพงษ์ เฉลิมเผ่า Chamnanpong Chalernpow	มหาวิทยาลัยมหิดล	การผลิตก๊าซไฮเทนชีวภาพจากของเสียทาง การเกษตรและอุตสาหกรรม	National
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_EN_3 SSSCI2019_O_43	ภัทรลภา ฐานวิเศษ Phatlapha Thanwiset	Sakon Nakhon Rajabhat University	แนวทางการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัย ราชภัฏสกลนคร	National
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_EN_4 SSSCI2019_O_48	สุวิมล คุปติวุฒิ Suwimon Kooptiwoot	Suan Sunandha Rajabhat University	Mining waste separation behavior related factor	National
12.15-13.15				Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1st floor		
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_EN_5 SSSCI2019_O_50	ทศพร นิละไพจิตร Todsaporn Neelapaijit	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี	การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมของ ตลาดชุมชน	National
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_EN_6 SSSCI2019_O_53	สุวิมล คุปติวุฒิ Suwimon Kooptiwoot	Suan Sunandha Rajabhat University	Development of a garbage bin selection expert system for waste separation	National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_EN_13 SSSCI2019_O_105	วิเวียน จุลมนต์ Vivian Chullamon	Thammasat University	การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่ด้วย GIS เพื่อเลือกที่ตั้งโรงงานแปรรูปมูลฝอยเป็น พลังงานในจังหวัดปทุมธานี	National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_EN_18 SSSCI2019_O_116	Aphiranan Phongjetpuk	Mahidol University	การประเมินปริมาณการใช้น้ำ และผลกระทบต่อ ด้านความขาดแคลนน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้า	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
9.	14.15-14.30	SSSCI2019_EN_22 SSSCI2019_O_145	ไพบุลย์ แจ่มพงษ์ Paiboon Jeamponk	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	ผลกระทบจากปัญหาภาวะหมอกควันต่อปัญหา สุขภาพอนามัยของประชาชนที่มาเข้ารับบริการ ที่โรงพยาบาลเชียงใหม่ เชียงราย	National
10	14.30-14.45	SSSCI2019_EN_23 SSSCI2019_O_148	วลัยพร ฟ่อนพันธ์ Walaiporn Phonphan	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	การติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสงครามด้วยเทคโนโลยีการสำรวจ ระยะไกล	National
14.45-15.00 Refreshment Break						
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_EN_26 SSSCI2019_O_166	นิช วงศ์สงจำ Nich Wongsongja	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	การศึกษาการมีส่วนร่วมของชุมชนด้านสังคม และสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าพลังน้ำ เขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี Promotion of Community Participation for Saline Soil Remediation by	National
12.	15.15-15.30	SSSCI2019_EN_29 SSSCI2019_O_184	วรารณ โกศลวิตร Waraporn Kosanlavit	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครราชสีมา	Alternative Technology of Bio-Organic Fertilizers and Nano Material at Krabueang Yai, Phimai District, Nakhon Ratchasima Province	National
13.	15.30-15.45	SSSCI2019_EN_30 SSSCI2019_O_186	นฤพร เวชกุลชัย Naruporn Wetchayagulchai	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับ การแปรขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน กรณีศึกษา จังหวัดปทุมธานี	National
14.	15.45-16.00	SSSCI2019_EN_33 SSSCI2019_O_203	นิตินาถ เจริญโกคราช Nitinarth Charoenpokarj	Suan Sunandha Rajabhat University	ความหลากหลายชนิด ความชุกชุมและความคล้ายคลึง ของนก ในถิ่นที่อยู่อาศัยของนก บริเวณชายฝั่ง ทะเล เพื่อการอนุรักษ์และการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม	National
15.	16.00-16.15	SSSCI2019_EN_35 SSSCI2019_O_243	ปัทมาพร ยอดสันติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	การประเมินศักยภาพการเก็บกักคาร์บอนของต้น ตาลในจังหวัดเพชรบุรี	National
16.	16.15-16.30	SSSCI2019_EN_17 SSSCI2019_O_115	วนิดา ชูอักษร Wanida Chooaksorn	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต	การศึกษาคุณภาพน้ำจากต้นน้ำดื่มหยอดเหรียญ บริเวณรอบ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์ รังสิต	National

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Food Science & Technology and Home Economics

Krungthon Ballroom, 3rd floor (ห้องกรุงธนบอลรูม ชั้น 3)

Chairperson		Co-Chairperson	
รองศาสตราจารย์ ดร.รัชชณิน จงจิตวิมล คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม		อาจารย์ ดร.ธนิดา ฉั่วเจริญ หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_FT_19 SSSCI2019_O_114	Supatchalee Sirichokworrakit	Suan Sunandha Rajabhat University	The effect of extraction methods on phenolic, anthocyanin, and antioxidant activities of Riceberry bran	International
2.	11.30.-11.45	SSSCI2019_FT_1 SSSCI2019_O_8	ฐานวีร์ ลอยแก้ว Thanawee Loikaeo	มหาวิทยาลัยรังสิต	ศึกษสมบัติทางกายภาพ เคมี และ โภชนาการของ แป้งแค้นตะวัน เพื่อนำมาแทนที่แป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมอบ	National
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_FT_3 SSSCI2019_O_29	กัญญาพัชร เพชรภรณ์ Kanyapat Petcharaporn	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	นวัตกรรมการผลิตกระเทียมเจียวไร้มันพร้อมรับประทาน ด้วยเทคโนโลยีการทอดด้วยหม้อไร้มัน (Air Fryer)	National
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_FT_5 SSSCI2019_O_38	จุฑามาศ มุลวงศ์ Jutamas Moolwong	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมการผลิตน้ำพริกลงเรือดำรับวังสวนสุนันทา กังสำเร็จรูปด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง	National
12.15-13.15 Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1st floor						
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_FT_18 SSSCI2019_O_104	ชูสิทธิ์ หงษ์กุลทรัพย์ Choosit Hongkulsap	มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา	ผลของการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งต่อความคงตัวของสารสกัดจาก ดอกกระเจียว	National
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_FT_20 SSSCI2019_O_146	ณัฐพล ประเทิงจิตต์ Nattapol Prathengjit	มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา	การพัฒนาคุกกี้โดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงและแป้งข้าวทนต์แทนแป้งสาลี	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_FT_21 SSSCI2019_O_172	วรกร วิวัชรากรกุล Worakorn Wiwatcharakornkul	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ลายพิมพ์เอชพีทีแอลซี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ของ ดอกไม้ 5 ชนิดในพิกัดเกษตร	National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_FT_22 SSSCI2019_O_174	ธีรยุทธ์ พูนจันทร์นา Teerayut Poonjunna	มหาวิทยาลัย ราชภัฏนครศรีธรรมราช	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนยประ Development of Pra Butter Products	National
9.	14.15-14.30	SSSCI2019_FT_18 SSSCI2019_O_104	วารภรณ์ สงศรีอินท Waraporn Songsriin	มหาวิทยาลัย ราชภัฏนครศรีธรรมราช	การใช้ผงลูกประทดแทนผงอัลมอนดีในมาภา รอง	National
10	14.30-14.45	SSSCI2019_FT_14 SSSCI2019_O_88	ครองศักดิ์ ภัคธนกนก Kongsakda Phakthanakanok	มหาวิทยาลัย ราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง	ผลของการอบแห้งต่อลักษณะบางประการของ เอนไซม์โปรตีเอสจากเหง้าสับประรด	National
14.45-15.00				Refreshment Break		
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_FT_26 SSSCI2019_O_191	วันดี แก้วสุวรรณ Wandee Kaewsuwan	Nakhon Sri Thammarat Rajabhat Univerisity	กรรมวิธีการผสมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของ กลัวยอบชุบแป้งทอด	National
12.	15.15-15.30	SSSCI2019_FT_27 SSSCI2019_O_207	อรุณชัย ตั้งเจริญบำรุงสุข Arunchai Tangcharoenbumrungsuk	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์	การศึกษาเพื่อความเป็นไปได้ในการใช้ อินพราเรตสเปกโทรสโกปีและคีโมเมตริกส์เป็น สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ในการระบุแหล่งต้นทาง ของข้าวหอมมะลิ	National
13.	15.30-15.45	SSSCI2019_FT_30 SSSCI2019_O_242	สุนธรา สุนธร์ธารา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	การใช้มอลทิทอลทดแทนน้ำตาลทรายในขนมตาล	National
14.	15.45-16.00	SSSCI2019_FT_32 SSSCI2019_O_248	ธนิดา ชาญชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	อาหารท้องถิ่นเมืองเพชร	National
15.	16.00-16.15	SSSCI2019_FT_12 SSSCI2019_P_73	นันทยาภรณ์ เมืองแดง Nanyaporn Mueangdang	มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม	การทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยผงลูกจันใน ลอดช่องสิงคโปร์	National
16.	16.15-16.30	SSSCI2019_FT_31 SSSCI2019_O_244	สุนธรา สุนธร์ธารา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	การพัฒนาวาฟเฟิลเพื่อสุขภาพจากข้าวโพดงอก	National
17.	16.30-16.45	SSSCI2019_FT_28 SSSCI2019_P_227	ขนิษฐา อินทร์ประสิทธิ์ Khanittha Inprasit	กรมวิทยาศาสตร์บริการ	การศึกษาสมบัติสารยึดเกาะผสมระหว่างปลาย ข้าวบดกับไฮโดรคอลลอยด์ในการปรับปรุงเนื้อ สัมผัสของขนมปลายข้าวแผ่นอบกรอบ	National

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Sports and Health Science
Bongkotrat Room B, 2nd floor (ห้องบงกชรัตน์ ปี ชั้น 2)

Chairperson	Co-Chairperson
<p>ดร.ภคกุล สังข์สุริยะ นักวิจัยห้องปฏิบัติการอนุพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพสัตว์น้ำ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (BIOTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)</p>	<p>อาจารย์ ดร.คมกฤษ รัตตะมณี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา</p>

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_SP_15 SSSCI2019_P_128	Churairat Srimanee	Mahidol University	Biomonitoring of metals exposure in Aranyik handicraft workers	International
2.	11.30.-11.45	SSSCI2019_SP_1 SSSCI2019_O_11	Jatuporn Ounprasertsuk	มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา	บุคลิกภาพ 5 มิติ และการจัดการความขัดแย้ง ของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งใน ประเทศไทย	National
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_SP_2 SSSCI2019_O_15	Luckwirun Chotisiri	มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา	The Development of Line Application for Home Visit among NCD Patients	National
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_SP_5 SSSCI2019_O_23	Wachiaporn Chotipanut	มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา	ผลของโปรแกรมความสุขต่อพฤติกรรม ส่งเสริมสุขภาพจิตผู้สูงอายุในตำบลบางนางลี่ อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม	National
12.15-13.15 Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1st floor						
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_SP_9 SSSCI2019_O_33	ภูวสิทธิ์ ภูลวรรณ Mr.Phoowasit Phoolawan	มหาวิทยาลัย ราชภัฏสกลนคร	พฤติกรรมป้องกันโรคเบาหวานของ ประชาชนกลุ่มเสี่ยงในตำบลจันทอน อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_SP_29 SSSCI2019_O_219	ดาวิณี ชินวงค์ Dawinee Chinnawong	มหาวิทยาลัย ราชภัฏสุรินทร์	การศึกษาผลของตำรับยาพอกเข้าในผู้ป่วยข้อ เข้าเสื่อม ณ โรงพยาบาลสังขะและโรงพยาบาล ส่งเสริมสุขภาพตำบลม อำเภอสังขะ จังหวัด สุรินทร์	National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_SP_30 SSSCI2019_O_233	เอกสิทธิ์ ไชยปิ่น	มหาวิทยาลัย ราชภัฏนครราชสีมา	การพัฒนารูปแบบกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพโดย กระบวนการมีส่วนร่วมของผู้สูงอายุ เทศบาล ตำบลหนองบัว อำเภอไชยปราการ จังหวัด เชียงใหม่	National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_SP_31 SSSCI2019_O_232	Preetiwat Wonnabussapawich	มหาวิทยาลัย ราชภัฏนครราชสีมา	ผลของโปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่ ส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาระดับ มัธยมศึกษาจังหวัดนครราชสีมา	National
9.	14.15-14.30	SSSCI2019_SP_32 SSSCI2019_O_238	จิตติมา ลำยอง	วิทยาลัยการสาธารณสุข สิรินธร	ประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนการ สอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักเรื่องการดูแลรักษา ผู้ป่วยระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อผลสัมฤทธิ์ การเรียนรู้ ทักษะการแก้ปัญหา การทำงานเป็น ทีม และความคิดเห็นของนักศึกษา หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาปฏิบัติการ ฉุกเฉินการแพทย์ วิทยาลัยการสาธารณสุข สิรินธร จังหวัดตรัง	National
10	14.30-14.45	SSSCI2019_SP_33 SSSCI2019_O_241	อัสมาต์ ใจเที่ยง	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครศรีธรรมราช	คุณภาพชีวิตและภาวะโภชนาการของเกษตรกร ชาวสวนยางพาราที่ตำบลนาเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช	National
14.45-15.00				Refreshment Break		
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_SP_8 SSSCI2019_O_32	ทิพย์วารินทร์ เบ็ญจนิรัตน์ Tipvarin Benjanirut	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	ความต้องการและการเข้าถึงบริการด้านสุขภาพ ของผู้สูงอายุในชนบทจังหวัดสมุทรสงคราม	National

Poster Presentation

SsSci ^{2nd} conference
2019

Phanurangsi Ballroom, 1st floor front area: หน้าห้องประชุมภาณุรังษี ชั้น 1

Conference Schedule: กำหนดการนำเสนอผลงาน

- 11.00-16.00 Poster presentation for participation
- 13.00-15.00 Poster presentation for evaluation committee (นำเสนอผลงานและการตรวจให้คะแนนโดยกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ)
- 15.00-16.00 Poster presentation awards ceremony (พิธีมอบรางวัลนำเสนอผลงานวิชาการประเภทโปสเตอร์)

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
1.	SSSCI2019_CS_22 SSSCI2019_P_142	การจำแนกนักศึกษาตามคุณลักษณะและคณะที่เรียน โดยใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีต้นไม้การตัดสินใจ กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	Computer Science and Information Technology	สิริธร เจริญรัตน์ Sirithorn Jalearnrat	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
2.	SSSCI2019_CS_27 SSSCI2019_P_159	โมเดลการทำนายพฤติกรรมความเสี่ยงการเกิดภาวะความเครียดทางการเมือง	Computer Science and Information Technology	สมจินต์ จันทระเจษฎากร Somjin Junatarajessadkorn	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
3.	SSSCI2019_CS_30 SSSCI2019_P_165	การประยุกต์วิธีการเอจิลส์สำหรับกิจกรรมในการเรียนการสอน	Computer Science and Information Technology	สกาหวรัตน์ จงพัฒนานกร Sakauwrat Jongpattanakorn	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4.	SSSCI2019_CS_33 SSSCI2019_P_211	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายสีหมึกพิมพ์ยูวีเฟล็กโซกราฟีบนฉลากพอลิโพรพิลีนโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมและซอฟต์แวร์การทำนายสี	Computer Science and Information Technology	ณัฐวิทย์ โสหา Natthawut Soha	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5.	SSSCI2019_MA_4 SSSCI2019_P_78	ทัศนคติและพฤติกรรมของนิสิตระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยบูรพา ที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน	Mathematics and Statistics	ปรียารัตน์ นาคสุวรรณ Preyarat Naksuwan	มหาวิทยาลัยบูรพา

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
6.	SSSCI2019_MA_11 SSSCI2019_P_189	Stratified Unified Ranked Set Sampling for Asymmetric Distributions	Mathematics and Statistics	Chainarong Pianpailoon	Sakon Nakhon Rajabhat University
7.	SSSCI2019_MA_12 SSSCI2019_P_193	ความสัมพันธ์ระหว่างลำดับจากคอปและลำดับพี โบนซ์ซีดัดแปลง	Mathematics and Statistics	ณัฐฉิณีย์ คงนวล Nattinee Khongnual	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครศรีธรรมราช
8.	SSSCI2019_MA_13 SSSCI2019_P_205	ผลกระทบของปริมาณน้ำฝนที่มีผลต่อตัวแบบ สำหรับโรคมือ เท้า ปาก	Mathematics and Statistics	กิตติภัทร พลเดช Kittipat Pondach	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครศรีธรรมราช
9.	SSSCI2019_PH_8 SSSCI2019_P_40	การเตรียมไม้เทียมจากพลาสติก และเส้นใย มะพร้าว	Physics and Energy	สิงหนเดช แต่งจวง Singhadej Tanguank	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
10.	SSSCI2019_PH_11 SSSCI2019_P_64	Energy Absorption and Exposure Buildup Factors for Coconut fiber gypsum board	Physics and Energy	Kittisak Sriwongsa	มหาวิทยาลัยศิลปากร
11.	SSSCI2019_PH_12 SSSCI2019_P_65	Evaluation of radiation shielding properties for samarium bismuth borate glasses	Physics and Energy	Kittisak Sriwongsa	มหาวิทยาลัยศิลปากร
12.	SSSCI2019_PH_13 SSSCI2019_P_66	Evaluated shielding radiation and exposure build up factor for La ₂ O ₃ based glasses	Physics and Energy	Kittisak Sriwongsa	มหาวิทยาลัยศิลปากร
13.	SSSCI2019_PH_14 SSSCI2019_P_94	Energy Conservation of Split Type Air Conditioner in Mechanical Engineering Department Building of RMUTL Tak	Physics and Energy	Yuttana Sriudom	Rajamangala University of Technology Lanna Tak
14.	SSSCI2019_PH_15 SSSCI2019_P_110	การประยุกต์วิธีการหาค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของ ชั้นดินเพื่อค้นหาแหล่งน้ำบาดาล และการแก้ภัย แล้ง	Physics and Energy	ธนาวัฒน์ รังสูงเนิน Thanawat RangSungnoen	NakhonRatchasima Rajabhat University
15.	SSSCI2019_PH_16 SSSCI2019_P_111	Development of quantum mechanics learning by integrated teaching using normal scattering effects on charge transport in a metal/superconductor junction	Physics and Energy	ภาณุพัฒน์ ชัยวร Panupat Chaiworn	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
16.	SSSCI2019_PH_19 SSSCI2019_P_131	ประสิทธิภาพของเครื่องย่อยชีวมวลและเครื่องอัด แห้งเชื้อเพลิงจากเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร	Physics and Energy	พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร Pongsuk Jittabut	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครราชสีมา

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
17.	SSSCI2019_PH_20 SSSCI2019_P_143	อิทธิพลของการปรับสภาพทางความร้อนต่อ โครงสร้างจุลภาคและสมบัติของผิวพ่นเคลือบ ความร้อนของโลหะผสมนิกเกิล-โครเมียม-โม ลิบดีนัม-อะลูมิเนียม	Physics and Energy	อรัชพร ศรีจันทร์ Aradchaporn Srichen	Chiang Mai University
18.	SSSCI2019_PH_21 SSSCI2019_P_151	การเผาถ่าน วิธีดั้งเดิมของชุมชนในบริเวณอ่างเก็บ น้ำห้วยเสนง	Physics and Energy	ลำพูน เหลาราช Lumpoon Laorach	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สุรินทร์
19.	SSSCI2019_PH_22 SSSCI2019_P_154	การเตรียม เฟสโครงสร้างและสมบัติทางไดอิเล็ก ตริกของวัสดุเซรามิก Na _{1/3} Ca _{1/3} Yb _{1/3} Cu ₃ Ti ₄ O ₁₂	Physics and Energy	จุฑาพล จำปาแถม Jutapol Jumpatam	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สุรินทร์
20.	SSSCI2019_PH_24 SSSCI2019_P_161	โครงสร้างโพลีไดเมทิลซิลอกซ์ของดั่งขาโต Carvedon serratus Olivier เพศผู้	Physics and Energy	ฐิติพร เจาะจง Thitiporn Jorjong	มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม
21.	SSSCI2019_PH_26 SSSCI2019_P_167	Conductive Composite Paper from Cellulose Fiber by in situ polymerization of pyrrole	Physics and Energy	Siripassorn Sukkhawuttigit	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์ รังสิต
22.	SSSCI2019_PH_28 SSSCI2019_P_195	การเตรียมและศึกษาคุณสมบัติเฉพาะของถ่านกัม มันต์จากกล้วยน้ำว้า โดยวิธีการกระตุ้นด้วย โพแทสเซียมคาร์บอเนต	Physics and Energy	ภาคิน อินทร์ชิตจ้อย พรทิพย์ ภูมิying	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครสวรรค์
23.	SSSCI2019_CH_1 SSSCI2019_P_54	การใช้ตัวดูดซับแบบผสมสำหรับการเก็บตัวอย่าง สารก่อเพลิงชนิดเหลวตกค้าง	Chemistry and Forensic science	นิสาลักษณ์ ทาเครือ Nisalak Thakheru	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
24.	SSSCI2019_CH_2 SSSCI2019_P_75	การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลชีพประรด ด้วยการกระตุ้น โดยใช้โพแทสเซียม ไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมไฮดรอกไซด์	Chemistry and Forensic science	พูนฉวี สมบัติศิริ Punchavee Sombatsiri	มหาวิทยาลัยราชภัฏ ลำปาง
25.	SSSCI2019_CH_4 SSSCI2019_P_109	Synthesis and Evaluation of Molecularly Imprinted Polymer as a Selective Material for Vanillin	Chemistry and Forensic science	วีรณัฐ คฤหานนท์ Wiranut Karuehanon	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
26.	SSSCI2019_CH_5 SSSCI2019_P_129	การปรับปรุงคุณภาพของผ้าไหมด้วยสนิมเหล็ก	Chemistry and Forensic science	วีรญา สิงคินภา Weeraya singkanipa	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
27.	SSSCI2019_CH_8 SSSCI2019_P_168	Participation of Evidence Collection in Forensic Science by the Foundation Officer	Chemistry and Forensic science	Somchart Ketpan	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
28.	SSSCI2019_CH_9 SSSCI2019_P_170	Effects of PEG-based triazolyl substituents on copper-catalyzed aerobic alcohol oxidation	Chemistry and Forensic science	ชมทิตา บ่อทรัพย์ Chomtisa Borsap	มหาวิทยาลัยมหิดล
29.	SSSCI2019_CH_10 SSSCI2019_P_178	Formulation of Calcium Tablets by Direct Compression Tableting	Chemistry and Forensic science	Auttapol Hogjalern	Chulalongkorn University
30.	SSSCI2019_CH_13 SSSCI2019_P_198	Rapid Analysis of Alpha-Mangostin Content in Mangosteen Pericarps by Near-Infrared Spectroscopy	Chemistry and Forensic science	ศุมาพร เกษมสำราญ Sumaporn Kasemsumran	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
31.	SSSCI2019_CH_15 SSSCI2019_P_208	การศึกษาองค์ประกอบเคมี และประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรพื้นบ้านต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคไหม้ข้าว	Chemistry and Forensic science	วัชรภรณ์ ทาหาร Watcharaporn Thahan	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
32.	SSSCI2019_CH_16 SSSCI2019_P_209	การเตรียมและการวิเคราะห์ลักษณะของอิมัลชันเชิงซ้อนที่เตรียมได้จากน้ำมันถั่วดาวอินคาด้วยเทคนิคสองขั้นตอน	Chemistry and Forensic science	ภัทรฤทัย ปิญชานไรวินท์ Pattaruethai Piyachanraiwin	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
33.	SSSCI2019_CH_17 SSSCI2019_P_210	Selection of alternative commercial amine solutions for acid gases removal	Chemistry and Forensic science	Aomkwan Lueadkrungsri	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
34.	SSSCI2019_CH_18 SSSCI2019_P_216	การตรวจวัดปริมาณโปรตีนบนผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ ด้วยเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามาน	Chemistry and Forensic science	Apichat Phengdaam	Prince of Songkla University
35.	SSSCI2019_BT_3 SSSCI2019_P_63	ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบของฝอยทองต่อการควบคุมไรโซปลาในเห็ดหูหนู	Biology, Biotechnology and Microbiology	Suphak Kondara สุภัค คนดารา	Pibulsongkram Rajabhat University
36.	SSSCI2019_BT_4 SSSCI2019_P_67	การศึกษาเชื้อราที่ก่อโรคเน่าในมันสำปะหลังในเขตอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก	Biology, Biotechnology and Microbiology	อารีญา ประเสริฐกรรณ์ Arriya Prasertgun	Pibulsongkram Rajabhat University

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
37.	SSSCI2019_BT_6 SSSCI2019_P_79	การเปรียบเทียบวัสดุฝังชนิดต่าง ๆ เพื่อทำพรอน ไม้แห้งแบบสามมิติ ที่เก็บรักษาด้วยพอลิเอสเตอร์ เรซิน	Biology, Biotechnology and Microbiology	พรอนันต์ บุญก่อน Pornanan Boongorn	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
38.	SSSCI2019_BT_7 SSSCI2019_P_82	ผลของการต้มและการนึ่งต่อศักยภาพในการต้าน อนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของ ผักโขม	Biology, Biotechnology and Microbiology	ชนิกาญจน์ จันทร์มาทอง Chanikan Junmatong	มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม
39.	SSSCI2019_BT_10 SSSCI2019_P_101	ผลของสารสกัดจากใบและผลตีปัสติการยับยั้ง เชื้อ <i>Penicillium digitatum</i> และ <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> สาเหตุโรคร พืช	Biology, Biotechnology and Microbiology	อังคณา เชื้อเจ็ดตน Angkana Chuajedton	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
40.	SSSCI2019_BT_13 SSSCI2019_P_124	Using ultrafiltration technique for concentrate influenza virus from the supernatant.	Biology, Biotechnology and Microbiology	ทรศนีย์ บุญยทรศนีย์ Darsaniya Punyadarsaniya	Mahanakorn University of technilogy
41.	SSSCI2019_BT_14 SSSCI2019_P_125	Screening and identification of the phytase producing bacteria isolated from natural environments and swine manure	Biology, Biotechnology and Microbiology	สงกรานต์ เชื้อครุฑ Songkran Chuakrut	Naresuan University
42.	SSSCI2019_BT_18 SSSCI2019_P_133	ผลของสารสกัดมะขามเทศต่อการยับยั้งแบคทีเรีย ก่อโรค	Biology, Biotechnology and Microbiology	หฤทัย ไทยสุชาติ Haruthai Thaisuchat	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
43.	SSSCI2019_BT_19 SSSCI2019_P_134	การศึกษาขนาดและรูปแบบของโปรตีนไวเทลลิน ในแม่พันธุ์กึ่งกุลาคาที่ได้รับอาหารผสมฮอร์โมน 17 β -estradiol	Biology, Biotechnology and Microbiology	ศรีภาพรพรณ ธาระนารถ Sripapan Tharanart	มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขต จันทบุรี
44.	SSSCI2019_BT_22 SSSCI2019_P_183	ผลของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสารสกัดใบ มะรุมในการป้องกันความเป็นพิษของเอทานอลใน ยีสต์ <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Biology, Biotechnology and Microbiology	วิสุตา ชุมสวัสดิ์ Wisuta Chumsawat	Mahidol University
45.	SSSCI2019_BT_24 SSSCI2019_P_201	แบคทีเรียจากลำไส้ขมดที่มีศักยภาพย่อยกลู คาแพสำหรับผลิตกาแฟหมักระดับอุตสาหกรรม	Biology, Biotechnology and Microbiology	ธีรวัฒน์ งามนอก Teerawat Ngamnok	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
46.	SSSCI2019_BT_26 SSSCI2019_P_215	ประสิทธิภาพของเจลแอดมัลติวจากสารสกัดกระเทียม และข่าลิงต่อการยับยั้งสี	Biology, Biotechnology and Microbiology	สุวิชญา บัวชาติ Suwichaya Buachard	มหาวิทยาลัยราชภัฏ กำแพงเพชร

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
47.	SSSCI2019_BT_27 SSSCI2019_P_217	การสกัดคอลลาเจนชนิดที่ 2 จากเศษของครีบบล้าหมักซึ่งเป็นของเสียในอุตสาหกรรมอาหารทะเล	Biology, Biotechnology and Microbiology	Siripong Somsiriwon	Chulalongkorn University
48.	SSSCI2019_BT_30 SSSCI2019_P_223	ผลของสารสกัดหยาบจากกล้วยไม้ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิด	Biology, Biotechnology and Microbiology	วิมลรัตน์ พงษ์ไตรทิพย์ Wimonrat Phottraithip	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
49.	SSSCI2019_BT_35 SSSCI2019_P_234	การศึกษาเบื้องต้นถึงความหลากหลายชนิดและสังคมพืชในป่าผลัดใบภายหลังการสัมปทานทำไม้ บริเวณป่าชุมชนบ้านทุ่งฮ้าง อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง	Biology, Biotechnology and Microbiology	ชัตนารี มีสุขโข	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
50.	SSSCI2019_EN_11 SSSCI2019_P_100	การศึกษาคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในกระบวนการแช่ฟอกเปลือกปอกระเจา	Environmental science and technology	ประภา โชะสลาม Prapa Sohsalam	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
51.	SSSCI2019_EN_12 SSSCI2019_P_102	การลดฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนด้วยการติดตั้งแผงบังแดดพร้อมพืชใบแคบและใบกว้าง	Environmental science and technology	เอกรัตน์ ปานแร่ Akarat Panrare	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
52.	SSSCI2019_EN_14 SSSCI2019_P_81	ความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในน้ำและคุณภาพน้ำผิวดิน ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว)	Environmental science and technology	ศิริรัตน์ จิตบรรเทา Silorat Jitbanthao	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
53.	SSSCI2019_EN_31 SSSCI2019_P_187	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและไดอะตอมในชุมชนแบบยึดเกาะ เพื่อหาแนวโน้มในการประยุกต์ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำ	Environmental science and technology	เอกชัย ญาณะ Ekkachai Yana	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
54.	SSSCI2019_FT_2 SSSCI2019_P_25	ผลของฟอสเฟต น้ำและโซ่ขาวต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูสับ	Food Science and Home Economics	มาลี ชัมศรีสกุล Malee Simsriskul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
55.	SSSCI2019_FT_4 SSSCI2019_P_31	ผลของโซเดียมแลคเตทที่มีต่อคุณภาพเนื้อปลาบดแช่เยือกแข็งที่ผลิตจากปลาอีสก (<i>Probarbus jullieni</i>)	Food Science and Home Economics	ปัทมา ภาสุถาน Pattama Phasuthan	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
56.	SSSCI2019_FT_6 SSSCI2019_P_41	ออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องแบบตะแกรงโยก สำหรับโรงสีข้าวชุมชน	Food Science and Home Economics	สุกัญญา ทองโยธี Sukanya Thongyothee	มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์ วิทยาเขตขอนแก่น

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
57.	SSSCI2019_FT_7 SSSCI2019_P_49	การสกัดและความคงตัวของแอนโทไซยานินจาก ข้าวหอมมะลิสีน้ำตาล	Food Science and Home Economics	Wipada Siri-anusornsak วิภาดา ศิริ อนุสรณ์ศักดิ์,	Kasetsart University
58.	SSSCI2019_FT_8 SSSCI2019_P_61	การใช้หมอลดทอลดแทนน้ำตาลซูโครสใน เมอแรงค์	Food Science and Home Economics	ภรณ์ ลิ้มปิสุต Pouranee Limpisut	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าพระนครเหนือ
59.	SSSCI2019_FT_9 SSSCI2019_P_62	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวพองปราศจากน้ำมันจาก ข้าวกล้องหับทิมชุมแพ	Food Science and Home Economics	กมลทิพย์ มั่นภักดี Kamontip Manpakdee	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าพระนครเหนือ
60.	SSSCI2019_FT_11 SSSCI2019_P_72	Development of high anthocyanin crispy rice bar	Food Science and Home Economics	Nuttawut Lainumngan	Institute of Food Research and Product Development
61.	SSSCI2019_FT_16 SSSCI2019_P_96	การศึกษาสำหรับอาหารไทยทรงดำตามประเพณี กรณีศึกษา : ตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก	Food Science and Home Economics	วรรณิสา สุดวังยาง Wannisa Sutwangyang,	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูล สงคราม
62.	SSSCI2019_FT_17 SSSCI2019_P_97	การศึกษาตำรับอาหารพื้นบ้านชาวไทย-ยวน กรณีศึกษา : หมู่บ้านสมอแข ตำบลสมอแข อำเภ เมือง จังหวัดพิษณุโลก	Food Science and Home Economics	บัติตา ทับทิมเพชรราชกุล Bantita Tubtimpeachranggul	มหาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
63.	SSSCI2019_FT_24 SSSCI2019_P_185	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตน	Food Science and Home Economics	ปวีณ์สุดา ชีปนวัฒนา Paweesuda Keepanawattana	Kasetsart University
64.	SSSCI2019_SP_11 SSSCI2019_P_39	Effects of walking meditation and massage on neuropathic symptoms in persons with type-2 diabetic peripheral neuropathy	Sports and Health Science	พิชญา สุขไพบูลย์ Ms.Pichaya Sukphaibool	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
65.	SSSCI2019_SP_12 SSSCI2019_P_60	A Research of Model of Professional Basketball Management for Professional Basketball Players	Sports and Health Science	Jatuporn Banroengsanoh	Kasetsart University
66.	SSSCI2019_SP_13 SSSCI2019_P_113	ความรู้ ทักษะ การปฏิบัติตนในการดูแลสุขภาพ ช่องปาก และสภาวะทันตสุขภาพของนักเรียน มัธยมศึกษาตอนต้น อำเภวารินชำราบ จังหวัด อุบลราชธานี	Sports and Health Science	Banhan Aemprakhon	วิทยาลัยการสาธารณสุข สิรินธร

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
67.	SSSCI2019_SP_14 SSSCI2019_P_118	การจัดการกองทุนหลักประกันสุขภาพระดับ ท้องถิ่นหรือพื้นที่ กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วน ตำบลบัวงาม อำเภอเดชอุดม จังหวัดอุบลราชธานี	Sports and Health Science	Sarawut Saiboon	วิทยาลัยการสาธารณสุข สิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี
68.	SSSCI2019_SP_16 SSSCI2019_P_135	Factors Related to achievement of Athlete at Institute of Physical Education participating in the University Games of Thailand.	Sports and Health Science	Thitipong Sukdee	มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ
69.	SSSCI2019_SP_19 SSSCI2019_P_138	ความชุกของฮีโมโกลบินอีในกลุ่มชาติพันธุ์ลาวเทิง ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว	Sports and Health Science	Amkha Sanephonasa	Chulalongkorn University
70.	SSSCI2019_SP_20 SSSCI2019_P_139	ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการซื้อยาของประชาชน ในตำบลเชียงดา อำเภอสร้างคอม จังหวัดอุดรธานี	Sports and Health Science	สรญา แสนมาโนช Soraya Saenmanot	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
71.	SSSCI2019_SP_22 SSSCI2019_P_177	The Development of Promoting Model for Quality of Life of Elderly with a Retro Dance	Sports and Health Science	Atthaphol Rodkaew	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูล สงคราม
72.	SSSCI2019_SP_23 SSSCI2019_P_179	การพัฒนาโปรแกรมการเสริมสร้างการรับรู้ ความสามารถของตนเองในการป้องกันการ ตั้งครรภ์ก่อนวัยอันควร	Sports and Health Science	ชลดา กิ่งมาลา Chonlada Kingmala	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สุรินทร์
73.	SSSCI2019_SP_24 SSSCI2019_P_180	การศึกษาความเครียดและการเผชิญความเครียด ในญาติผู้ดูแลผู้สูงอายุที่เจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรังใน ชุมชน	Sports and Health Science	ภาวิณี แผงสุข Pavinee Pangsuk	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สุรินทร์
74.	SSSCI2019_SP_25 SSSCI2019_P_188	ความรู้และทัศนคติต่อวิชาชีพสาธารณสุข ของ นักศึกษาสาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ สุรินทร์	Sports and Health Science	นราวุธ สิ้นสุพรรณ Narawut Sinsupun	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
75.	SSSCI2019_SP_26 SSSCI2019_P_231	พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และ พฤติกรรมการสูบบุหรี่ของนักศึกษาชั้นปี 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์	Sports and Health Science	นภา วงษ์ศรี Napha Wongsri	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
76.	SSSCI2019_SP_27 SSSCI2019_P_204	Enhancement of visual perception in primary education: A case study of Mae Tha school, Lampang province	Sports and Health Science	Chatsuda Mata	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
77.	SSSCI2019_SP_28 SSSCI2019_P_218	พฤติกรรมอนามัยที่เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการติดเชื้อพยาธิกับภาวะโภชนาการของประชาชนโดยรอบอ่างเก็บน้ำสำคัญในจังหวัดสุรินทร์	Sports and Health Science	จีระเดช อินทเจริญศานต์ Jeeradach Intajarurnsan	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
78.	SSSCI2019_CS_2 SSSCI2019_O_5	การพัฒนาซอฟต์แวร์อ่านบทคัดย่อรูปเล่มโครงการวิทยากรคอมพิวเตอร์	Computer Science and Information Technology	นิตานาด เตชะเพชรไพบุลย์ Nisanart Tachpetpaiboon	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
79.	SSSCI2019_CS_3 SSSCI2019_O_9	การพยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM2.5 โดยใช้วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลกรณีศึกษา: กรุงเทพฯ เขตบางรัก	Computer Science and Information Technology	ทศภูมิ รันระนา Tusaphum Runrana	มหาวิทยาลัยสยาม
80.	SSSCI2019_PH_3 SSSCI2019_O_13	กัมมันตภาพรังสีในทรายชายหาด	Physics and Energy	อมรา อธิพิงษ์ Ammara Ittipongse	Suan Sunandha Rajabhat
81.	SSSCI2019_BT_16 SSSCI2019_O_90	การใช้แอกติโนมัยซีทต้านทานแคดเมียมกับพืชร่วมกันในการส่งเสริมการบำบัดแคดเมียมในดินปนเปื้อน	Biology, Biotechnology and Microbiology	ภัศราภรณ์ ฐูปเพ็ง Patsaraporn Thooppeng	Mahidol University
82.	SSSCI2019_BT_17 SSSCI2019_O_98	ความสามารถของแอกติโนมัยซีทต้านทานแคดเมียมในการกำจัดแคดเมียมออกจากน้ำและการละลายแคดเมียมในดิน	Biology, Biotechnology and Microbiology	โชตินันท์ จันประดิษฐ์ Chotinan Junpradit	Mahidol University
83.	SSSCI2019_BT_25 SSSCI2019_O_206	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้านเชื้อแบคทีเรีย และด้านการเกิดไบโอฟิล์มของสารสกัดสารสกัด จ้อยฉั่วต่อเชื้อในช่องปาก	Biology, Biotechnology and Microbiology	วรพรรณณี เผ่าทองสุข Worrapanee Powtongsook	มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
84.	SSSCI2019_BT_34 SSSCI2019_O_738	ผลของ Non-albicans <i>Candida</i> species ร่วมกับ <i>Streptococcus mutans</i> ต่อความสามารถในการก่อโรคฟันผุ	Biology, Biotechnology and Microbiology	วิรัชพัชร แสนเสนาะ Wirunphat Sansanoa	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
85.	SSSCI2019_FT_29 SSSCI2019_O_785	การพัฒนาคุณภาพน้ำมันปาล์มสำหรับการทอดอาหารโดยใช้สารสกัดจากสมุนไพร	Food Science and Home Economics	ปฎิญา จิยพิงศ์	กรมวิทยาศาสตร์บริการ

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
86.	SSSCI2019_SP_17 SSSCI2019_O_55	ประสิทธิผลของการสอนด้วยชุดสื่อวีดิทัศน์เรื่อง การเช็ดตัวลดไข้ โดยประยุกต์ทฤษฎีแรงจูงใจใน การป้องกันโรคของผู้ดูแลเด็กป่วยแผนกศัลยกรรม เด็ก โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย	Sports and Health Science	ฐมาพร เชี่ยวชาญ Tamaporn Chaiwcharn	มหาวิทยาลัย ศรีนคริน ทรวิโรฒ

กลุ่มที่ 2

คณิตศาสตร์และสถิติ

Mathematics and Statistics

ชื่อเรื่อง	หน้า
เงื่อนไขบางประการของฟังก์ชันการบวกบนริงเฉพาะ สิริพร หล้าปวงคำ และอุษณีย์ สิริวัฒน์	2 - 1
ผลของการรณรงค์การสวมหน้ากากอนามัยที่มีผลต่อตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การแพร่ระบาดของโรคหัด เจษฎา สุจริตธุระการ	2 - 9
ปัจจัยต่อต้านที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีหุ่นยนต์บริการทางการแพทย์ในโรงพยาบาลรัฐ ประเทศไทย ปณิธิ วิจิตรไกรวิน	2 - 20
ทัศนคติและพฤติกรรมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา ที่มีต่อการใช้บริการรถตู้ โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน ปริยารัตน์ นาคสุวรรณ และมลทกานต์ สุขใหญ่	2 - 30
เอกลักษณ์เชิงฟังก์ชันของอนุพันธ์ สิทธิกร นาคขาว และอุษณีย์ สิริวัฒน์	2 - 40
General Solution of the n -D Pompeiu Functional Equation Yaowaluk Srimuang and Tippaporn Eungrasamee	2 - 49
กิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนทองบนร่างกายมนุษย์ ธัญญาลักษณ์ เทพสุวรรณ	2 - 56
ไอทีลภายในรัฟและควอซี-ไอทีลรัฟในปริภูมิการประมาณของกึ่งกลุ่มภายใต้ความสัมพันธ์ พรีอเดอร์และคอมแพทิเบิล รักชาติ ประเสริฐพงษ์ และศศิโสพิต บัวดา	2 - 64
ไปไอทีลรัฟและไปไอทีลเฉพาะรัฟในปริภูมิการประมาณของกึ่งกลุ่มภายใต้ความสัมพันธ์ พรีอเดอร์และคอมแพทิเบิล ธัญวรรณ์ ชัยรัตน์, ธนพรรณ พิณพิสสา และรักชาติ ประเสริฐพงษ์	2 - 75
Stratified Unified Ranked Set Sampling for	2 - 86

ชื่อเรื่อง	หน้า
Asymmetric Distributions Chainarong Peanpaylun, Chanankarn Saengprasan and Suwivat Witchakool	
ความสัมพันธ์ระหว่างลำดับจาคอปส์ทอลและลำดับฟีโบนัชชีที่ดัดแปลง ณัฐฉิณีย์ คงนวล, นริศรา มะเย็ง, รัตติยา ฤทธิช่วย และอรอุมา รักษาชล	2 – 91
ผลกระทบของปริมาณน้ำฝนที่มีผลต่อตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับโรคมือ เท้า ปาก อรอุมา รักษาชล, รัตติยา ฤทธิช่วย, ณัฐฉิณีย์ คงนวล และกิตติภัทร พลเดช	2 – 98
Two New Iterative Methods for Solving Nonlinear Equations without Derivative Jirawat Kantalo, Sa-at Muangchan and Supunnee Sompong	2 – 108
Thai Political Opinion Classification on Facebook Comments Mongkol Saensuk, Suwivat Witchakool, Somchit Rattanaudomchok, Chanankarn Saengprasan and Chainarong Peanpaylun	2 - 117

เงื่อนไขบางประการของฟังก์ชันการบวกบนริงเฉพาะ

สิริพร หล้าปวงคำ¹ และ อุษณีย์ สิริวัฒน์²

ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

email : ¹siriporn.lpk26@gmail.com, ²fsciutl@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาลักษณะของฟังก์ชันการบวกที่สอดคล้องกับเอกลักษณ์บางประการบนริงเฉพาะ ผลลัพธ์ของงานวิจัยมีดังนี้ ให้ R เป็นริงเฉพาะที่มีค่าลักษณะเฉพาะไม่เท่ากับสองและ I เป็นไอดีลที่ไม่เป็นศูนย์ของ R ถ้า f เป็นฟังก์ชันการบวกจาก R ไปยัง R สอดคล้องกับ $f(x)g(x) + g(x)f(x) = 0$ สำหรับทุก x ใน I เมื่อ g เป็นสมมติฐานฐานของ R ซึ่งไม่เป็นศูนย์บน I แล้ว $f(I) = \{0\}$

คำสำคัญ: ฟังก์ชันการบวก, ฟังก์ชัน, ริง, ริงเฉพาะ

Some Conditions of Additive Functions on Prime Rings

Siriporn Lapouangkham¹, Utsanee Leerawat²

Department of Mathematics, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

E-mail; ¹siriporn.lpk26@gmail.com, ²fsciutl@ku.ac.th

Abstract

The aim of this research is to determine the characterization of additive functions satisfying some identity on prime rings. The result is as follows: Let R be a prime ring with characteristic is not equal to two and I be a nonzero ideal of R . If f is an additive function from R into R satisfying $f(x)g(x) + g(x)f(x) = 0$ for all x in I , where g is an endomorphism of R with nonzero on I , then $f(I) = \{0\}$.

Keywords: additive function, function, ring, prime ring

บทนำ

ในทางคณิตศาสตร์ริง (ring) หมายถึงโครงสร้างพีชคณิตประเภทหนึ่งประกอบด้วยเซต R ที่ไม่เป็นเซตว่างพร้อมด้วยการดำเนินการสองชนิด เรียกว่า การบวก (+) กับ การคูณ (\cdot) มีสมบัติต่อไปนี้ (1) เซต R พร้อมกับการบวกเป็นอาบีเลียนกรุป (2) เซต R พร้อมกับการคูณมีสมบัติการเปลี่ยนกลุ่ม (3) การบวกและการคูณเกี่ยวข้องโดยสมบัติการแจกแจง กล่าวคือ สำหรับสมาชิก a, b และ c ใดๆ ใน R จะได้ $a(b + c) = ab + ac$ และ $(a + b)c = ac + bc$ เรียกริงที่มีสมบัติการสลับที่ภายใต้การคูณว่าริงสลับที่ (commutative ring) เรียกริง R ว่า ริงเฉพาะ (prime ring) ถ้าสำหรับสมาชิก a และ b ใน R โดยที่ $aRb = \{0\}$ แล้ว $a = 0$ หรือ $b = 0$ และเรียกริง R ว่า กึ่งริงเฉพาะ (semiprime ring) ถ้าสำหรับสมาชิก a ใน R โดยที่ $aRa = \{0\}$ แล้ว $a = 0$ ในริง R ใดๆ ถ้ามีจำนวนเต็มบวก n ที่น้อยที่สุดที่ $\underbrace{a + a + \dots + a}_n = 0$

สำหรับทุก $a \in R$ เรียก n ว่าค่าลักษณะเฉพาะ (characteristic) ของ R และแทนด้วยสัญลักษณ์ $\text{char}(R)$ แต่ถ้าไม่มีจำนวนเต็มบวกดังกล่าว จะกล่าวว่า R มีค่าลักษณะเฉพาะเป็นศูนย์ กล่าวคือ $\text{char}(R) = 0$

ในปี ค.ศ. 1993 M. Bresar ได้ศึกษาฟังก์ชันการบวก (additive function) และฟังก์ชันสลับที่เสมือน (skew-commuting function) บนริง R ดังนี้ เรียกฟังก์ชัน $f: R \rightarrow R$ ว่า ฟังก์ชันการบวก ถ้า $f(x + y) = f(x) + f(y)$ สำหรับทุก x และ y ใน R และเรียกฟังก์ชัน $f: R \rightarrow R$ ว่า ฟังก์ชันสลับที่เสมือน ถ้า $f(x)x + xf(x) = 0$ สำหรับทุก x ใน R และได้พิสูจน์ว่าสำหรับริงเฉพาะ R ที่มี $\text{char}(R) \neq 2$ ถ้า $f: R \rightarrow R$ เป็นฟังก์ชันการบวก โดยที่ $f(x)x + xf(x) = 0$ สำหรับทุก x ในบางไอดีล I ของ R แล้ว $f(I) = \{0\}$

ต่อมาในปี ค.ศ. 1995 M. Bresar และ B. Hvala ได้ศึกษาแสดงลักษณะฟังก์ชันการบวกบนริงเฉพาะ กล่าวคือ ถ้า R เป็นริงเฉพาะ โดยที่ $\text{char}(R) \neq 2$ และ $\text{char}(R) \neq 3$ สอดคล้องกับ $f(x)x^2 + x^2f(x) = 0$ สำหรับทุก x ใน R แล้ว $f(x) = \mu x + \beta(x)$ สำหรับทุก x ใน R เมื่อ μ เป็นสมาชิกใน centroid C ของ R และ $\beta: R \rightarrow C$ เป็นฟังก์ชันการบวก

ในปี ค.ศ. 2015 A.Najati และ M. Mohammadi Same ได้ศึกษาฟังก์ชันสลับที่เสมือนบนริงและประยุกต์ผลลัพธ์บนริง ในปีเดียวกัน M. Nadeem และคณะ ได้พิสูจน์ว่า ถ้า R เป็นริงเฉพาะ โดยที่ $\text{char}(R) \neq 2$ และ $\text{char}(R) \neq 3$ และถ้าฟังก์ชันการบวก $f: R \rightarrow R$ สอดคล้องกับ $f(x)x^2 + x^2f(x) = 0$ สำหรับทุก x ในบางไอดีล I แล้ว $f(I) = \{0\}$

ต่อมาในปี ค.ศ. 2016 M. Bresar ได้พิสูจน์ว่า ถ้า R เป็นกึ่งริงที่เป็น 2-torsion free และให้ $f: R \rightarrow R$ เป็นฟังก์ชันการบวกที่สอดคล้องกับสมการ $f(x)x^2 + x^2f(x) = 0$ สำหรับทุก x ใน R แล้ว $f(R) = \{0\}$ ในปีเดียวกันนี้ Fosner และคณะได้ขยายผลงานวิจัยของ Bresar (1993) และ Nadeem และคณะ (2015) ดังนี้ สำหรับ R เป็นกึ่งริงเฉพาะและเป็น $n!$ -torsion free และถ้าฟังก์ชันการบวก $f: R \rightarrow R$ สอดคล้องกับ $f(x)x^n + x^n f(x) = 0$ สำหรับทุก x ใน R แล้ว $f(R) = \{0\}$

ในงานวิจัยนี้ อาศัยแนวคิดจากการศึกษางานวิจัยข้างต้น เพื่อตรวจสอบลักษณะของฟังก์ชันการบวกบนริงเฉพาะและสอดคล้องกับเอกลักษณ์บางประการและผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาลักษณะของฟังก์ชันการบวกแบบอื่นๆ ได้แก่อนุพันธ์ เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาลักษณะของฟังก์ชันการบวกที่สอดคล้องกับเอกลักษณ์บางประการบนริงเฉพาะ

ระเบียบวิธีวิจัย

ในหัวข้อนี้ จะกล่าวถึงบทนิยามและทฤษฎีบทที่จำเป็นสำหรับการพิสูจน์ในผลการวิจัย

บทนิยาม 1 ให้ R เป็นริง และให้ I เป็นเซตย่อยที่ไม่เป็นเซตว่างของ R

- (1) I เป็นไอดีลทางซ้าย (left ideal) ของ R ถ้า $a - b \in I$ และ $ra \in I$ สำหรับทุก $a, b \in I$ และ $r \in R$
- (2) I เป็นไอดีลทางขวา (right ideal) ของ R ถ้า $a - b \in I$ และ $ar \in I$ สำหรับทุก $a, b \in I$ และ $r \in R$
- (3) I เป็นไอดีลของ R ถ้า I เป็นไอดีลทางซ้ายและทางขวา

บทนิยาม 2 ให้ R เป็นริง เรียก $f: R \rightarrow R$ ว่า ฟังก์ชันการบวก (additive mapping) ถ้า $f(x + y) = f(x) + f(y)$ สำหรับทุก $x, y \in R$

บทนิยาม 3 ให้ R เป็นริง เรียก $f: R \rightarrow R$ ว่า ฟังก์ชันสมสัณฐาน (isomorphism) ถ้า f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งจาก R ไปทั่วถึง R และสอดคล้องกับ

$$(1) f(x + y) = f(x) + f(y)$$

$$(2) f(xy) = f(x)f(y)$$

สำหรับทุก $x, y \in R$

ทฤษฎีบท 4 (Bresar 1993) ให้ R เป็นริงเฉพาะ $I \neq \{0\}$ เป็นไอดีลของ R และให้ $a \in R$ ถ้ามีจำนวนเต็มบวก n ที่ว่า $I_n a = \{0\}$ หรือ $a I_n = \{0\}$ แล้วจะได้ว่า $a = 0$ เมื่อ $I_n = \{x^n | x \in I\}$

ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ เราได้แสดงลักษณะของฟังก์ชันการบวกที่สอดคล้องกับเอกลักษณ์บางประการ ดังนี้

ทฤษฎีบท 5 ให้ R เป็นริงเฉพาะที่ $\text{char}(R) \neq 2$ และ I เป็นไอดีลของ R ที่ $I \neq \{0\}$ ให้ g เป็นสมสัณฐานจาก R ไปยัง R โดยที่ $g(I) \neq \{0\}$ ถ้า f เป็นฟังก์ชันการบวกจาก R ไปยัง R ที่สอดคล้องกับ

$$f(x)g(x) + g(x)f(x) = 0 \text{ สำหรับทุก } x \in I$$

แล้ว $f(I) = \{0\}$

การพิสูจน์ทฤษฎีบท 5 ได้อาศัยบทตั้ง 6 และทฤษฎีบท 7 ดังต่อไปนี้

บทตั้ง 6 ให้ R เป็นริงเฉพาะที่ $\text{char}(R) \neq 2$ และ $I \neq \{0\}$ เป็นไอดีลของ R ถ้า f เป็นฟังก์ชันการบวกจาก R ไปยัง R และ g เป็นสมสัณฐานจาก R ไปยัง R ซึ่งสอดคล้องกับ $f(x)g(x) + g(x)f(x) = 0$ สำหรับทุก $x \in I$ แล้ว

$$(1) f(x)g(y) + g(y)f(x) + f(y)g(x) + g(x)f(y) = 0 \text{ สำหรับทุก } x, y \in I$$

$$(2) g(x^4)f(x) = 0 = f(x)g(x^4) \text{ สำหรับทุก } x \in I$$

$$(3) g(x^{10})f(y)g(x^{10}) = 0 \text{ สำหรับทุก } x, y \in I$$

พิสูจน์ (1) ให้ $x, y \in I$ จะได้ว่า $x + y \in I$

จาก $f(x)g(x) + g(x)f(x) = 0$ สำหรับทุก $x \in I$

จะได้ว่า $f(x + y)g(x + y) + g(x + y)f(x + y) = 0$

$$f(x)g(x) + f(x)g(y) + f(y)g(x) + f(y)g(y) + g(x)f(x) + g(x)f(y) + g(y)f(x) + g(y)f(y) = 0$$

ดังนั้น $f(x)g(y) + g(y)f(x) + f(y)g(x) + g(x)f(y) = 0$ สำหรับทุก $x, y \in I$

(2) ให้ $x \in I$ และจาก $f(x)g(x) + g(x)f(x) = 0$ สำหรับทุก $x \in I$

แทน y ด้วย x^2 ในข้อ (1)

$$f(x)g(x^2) + g(x^2)f(x) + f(x^2)g(x) + g(x)f(x^2) = 0 \quad (6.1)$$

เนื่องจาก $f(x)g(x) + g(x)f(x) = 0$ จะได้ $f(x)g(x^2) = g(x^2)f(x)$ สำหรับทุก $x \in I$

$$\text{จาก (6.1) ได้ว่า } 2g(x^2)f(x) + f(x^2)g(x) + g(x)f(x^2) = 0 \quad (6.2)$$

คูณ $g(x^2)$ ทางขวาในสมการ (6.2)

$$2g(x^2)f(x)g(x^2) + f(x^2)g(x^3) + g(x)f(x^2)g(x^2) = 0$$

$$2g(x^2)f(x) - g(x^2)f(x^2)g(x) - g(x)g(x^2)f(x^2) = 0$$

ดังนั้น $2g(x^4)f(x) = g(x^2)f(x^2)g(x) + g(x)g(x^2)f(x^2)$

เนื่องจาก $2g(x^4)f(x) = g(x^2)(-f(x^2)g(x) - g(x)f(x^2)) = -2(g(x^4)f(x))$

จะได้ว่า $4g(x^4)f(x) = 0$

จาก $\text{char}(R) \neq 2$ ได้ว่า $g(x^4)f(x) = 0$

ฉะนั้น $g(x^4)f(x) = g(x^2)g(x^2)f(x) = g(x^2)f(x)g(x^2) = f(x)g(x^4) = 0$

ดังนั้น $g(x^4)f(x) = 0 = f(x)g(x^4)$ สำหรับทุก $x \in I$

(3) จาก (1) คูณ $g(x^4)$ ทางซ้ายและขวา จะได้

$$g(x^4)f(y)g(x^5) + g(x^5)f(y)g(x^4) = 0 \text{ สำหรับทุก } x, y \in I \quad (6.3)$$

แทน x ด้วย x^2 ในสมการ (6.3)

$$g(x^8)f(y)g(x^{10}) + g(x^{10})f(y)g(x^8) = 0 \quad (6.4)$$

พิจารณา $g(x^8)f(y)g(x^{10}) = g(x^4)g(x^4)f(y)g(x^5)g(x^5)$

$$= g(x^4)(-g(x^5)f(y)g(x^4))g(x^5)$$

$$= -(g(x^9)f(y)g(x^9))$$

$$= -(g(x^5)g(x^4)f(y)g(x^5)g(x^4))$$

$$= -(g(x^5)(-g(x^5)f(y)g(x^4))g(x^4))$$

$$= (g(x^{10})f(y)g(x^8))$$

ฉะนั้น $g(x^8)f(y)g(x^{10}) = g(x^{10})f(y)g(x^8)$ สำหรับทุก $x, y \in I$ (6.5)

จากสมการ (6.4) และ (6.5) และเนื่องจาก $\text{char}(R) \neq 2$ จะได้

$$g(x^8)f(y)g(x^{10}) = 0 \text{ สำหรับทุก } x, y \in I \quad (6.6)$$

คูณ $g(x^2)$ ทางซ้ายในสมการ (6.6) จะได้

$$g(x^{10})f(y)g(x^{10}) = 0 \text{ สำหรับทุก } x, y \in I$$

■

ทฤษฎีบท 7 ให้ R เป็นริงเฉพาะที่ $\text{char}(R) \neq 2$ และ $I \neq \{0\}$ เป็นไอดีลของ R ถ้า f เป็นฟังก์ชันการบวกจาก R ไปยัง R และ g เป็นสมสัณฐานจาก R ไปยัง R ซึ่งสอดคล้องกับ $f(x)g(x) + g(x)f(x) = 0$ และ $g(x) \neq \{0\}$ สำหรับทุก $x \in I$ แล้วจะมี L เป็นไอดีลทางขวาของ R โดยที่ $\{0\} \neq L \subseteq I$ และ $f(L) = \{0\}$

พิสูจน์ ให้ $x, y \in I$ และแทน y ด้วย y^{10} ในบทตั้ง 6 (1) ได้ว่า

$$f(x)g(y^{10}) + g(y^{10})f(x) + f(y^{10})g(x) + g(x)f(y^{10}) = 0 \quad (7.1)$$

คูณ $g(y^{10})$ ทางขวาของสมการ (7.1) จะได้

$$f(x)g(y^{20}) + f(y^{10})g(x)g(y^{10}) + g(x)f(y^{10})g(y^{10}) = 0 \text{ สำหรับทุก } x, y \in I \quad (7.2)$$

เนื่องจาก $g(y^{10})f(x^{10})g(y^{10}) = 0$ ดังนั้น

$$g(x^{20})f(x^{10}) = 0 \text{ สำหรับทุก } x \in I \quad (7.3)$$

แทน x ด้วย x^{10} และคูณ $g(x^{20})$ ทางซ้ายในสมการ (7.2)

$$g(x^{20})f(x^{10})g(y^{20}) + g(x^{20})f(y^{10})g(x^{10})g(y^{10}) + g(x^{30})f(y^{10})g(y^{10}) = 0$$

จากสมการ (7.3) และบทตั้ง 6 (3) จะได้ว่า $g(x^{30})f(y^{10})g(y^{10}) = 0$ สำหรับทุก $x, y \in I$

จาก g เป็นฟังก์ชันทั่วถึง ได้ว่า $t^{30}f(y^{10})g(y^{10}) = 0$ สำหรับทุก $y, t \in I$

จากทฤษฎีบท 4 ได้ว่า $f(y^{10})g(y^{10}) = 0$ สำหรับทุก $y \in I$ (7.4)

แทนสมการ (7.4) ลงในสมการ (7.2) จะได้

$$f(x)g(y^{20}) + f(y^{10})g(x)g(y^{10}) = 0 \text{ สำหรับทุก } x, y \in I \quad (7.5)$$

แทน x ด้วย xy^{10} ลงในสมการ (7.5)

$$f(xy^{10})g(y^{20}) + f(y^{10})g(xy^{10})g(y^{10}) = 0 \text{ สำหรับทุก } x, y \in I \quad (7.6)$$

พิจารณา $f(y^{10})g(xy^{10})g(y^{10}) = f(y^{10})g(x)g(y^{10})g(y^{10})$

$$= -f(x)g(y^{20})g(y^{10}) \quad (\text{จาก 7.5})$$

$$= -f(x)g(y^{30})$$

ฉะนั้น $f(y^{10})g(xy^{10})g(y^{10}) = -f(x)g(y^{30})$ สำหรับทุก $x, y \in I$ (7.7)

แทนสมการ (7.7) ลงใน (7.6) ได้ว่า

$$f(xy^{10})g(y^{20}) = f(x)g(y^{30}) \text{ สำหรับทุก } x, y \in I \quad (7.8)$$

คูณ $g(y^{10})$ ทางซ้ายของสมการ (7.1)

$$g(y^{10})f(x)g(y^{10}) + g(y^{20})f(x) + g(y^{10})f(y^{10})g(x) + g(y^{10})g(x)f(y^{10}) = 0$$

ฉะนั้น $g(y^{20})f(x) + g(y^{10})g(x)f(y^{10}) = 0$ สำหรับทุก $x, y \in I$ (7.9)

แทน x ด้วย xy^{10} ในสมการ (7.9)

$$g(y^{20})f(xy^{10}) + (y^{10})g(xy^{10})f(y^{10}) = 0$$

$$g(y^{20})f(xy^{10}) + (y^{10})g(x)g(y^{10})f(y^{10}) = 0$$

ฉะนั้น $g(y^{20})f(xy^{10}) = 0$ สำหรับทุก $x, y \in I$ (7.10)

แทน y ด้วย yu^{10} ในบทตั้ง 6 (1)

$$f(x)g(yu^{10}) + g(yu^{10})f(x) + f(yu^{10})g(x) + g(x)f(yu^{10}) = 0$$

$f(x)g(y)g(u^{10}) + g(y)g(u^{10})f(x) + f(yu^{10})g(x) + g(x)f(yu^{10}) = 0$ สำหรับทุก $x, y, u \in I$ (7.11)

คูณ $g(u^{20})$ ทางซ้ายและขวาของสมการ (7.11)

$$g(u^{20})f(x)g(y)g(u^{30}) + g(u^{20})g(y)g(u^{10})f(x)g(u^{20}) +$$

$$g(u^{20})f(yu^{10})g(x)g(u^{20}) + g(u^{20})g(x)f(yu^{10})g(u^{20}) = 0 \text{ สำหรับทุก } x, y, u \in I \quad (7.12)$$

คูณ $g(u^{10})$ ทางซ้ายของสมการ (7.12) และจากสมการ (7.8) และ (7.10) ได้ว่า

$$g(u^{30})f(x)g(y)g(u^{30}) + g(u^{30})g(x)f(y)g(u^{30}) = 0 \text{ สำหรับทุก } x, y, u \in I \quad (7.13)$$

แทน y ด้วย $u^{10}y$ ในสมการ (7.13)

$$g(u^{30})f(x)g(u^{10}y)g(u^{30}) + g(u^{30})g(x)f(u^{10}y)g(u^{30}) = 0$$

$$g(u^{30})f(x)g(u^{10})g(y)g(u^{30}) + g(u^{30})g(x)f(u^{10}y)g(u^{30}) = 0$$

ฉะนั้น $g(u^{30})g(x)f(u^{10}y)g(u^{30}) = 0$ สำหรับทุก $x, y, u \in I$

และจาก g เป็นฟังก์ชันทั่วถึง ได้ว่า

$$g(u^{30})Rf(u^{10}y)g(u^{30}) = \{0\} \text{ สำหรับทุก } y, u \in I$$

เนื่องจาก R เป็นริงเฉพาะ และ $g(u^{30}) \neq 0$ จะได้ $f(u^{10}y)g(u^{30}) = 0$ สำหรับทุก $y, u \in I$

จากทฤษฎีบท 4 ได้ว่า $f(u^{10}y) = 0$ สำหรับทุก $y, u \in I$

ให้ $a = u^{10}x$ สำหรับบาง $u, x \in I - \{0\}$

เนื่องจาก $x \neq 0$ จะได้ว่า $a \neq 0$ และ $a \in I$

ให้ $L = aR$ ได้ว่า L เป็นไอดีลทางขวาของ R

เนื่องจาก $0 \neq a \in I$ และ $R \neq \{0\}$ ได้ว่า $\{0\} \neq L \subseteq I$

ต่อไปจะแสดงว่า $f(L) = \{0\}$

ให้ $l \in L$ จะได้ว่า $l = ar$ สำหรับบาง $r \in R$

จะได้ว่า $f(l) = f(ar) = f(u^{10}xr) = 0$ ฉะนั้น $f(l) = 0$

ดังนั้น $f(L) = \{0\}$

■

พิสูจน์ทฤษฎีบท 5 โดยทฤษฎีบท 7 จะมี L เป็นไอดีลทางขวาของ R โดยที่ $\{0\} \neq L \subseteq I$ และ $f(L) = \{0\}$

ให้ $x \in I$ จากบทตั้ง 6 (1) นั่นคือ $f(x)g(y) + g(y)f(x) + f(y)g(x) + g(x)f(y) = 0$

เนื่องจาก $f(y) = 0$ ดังนั้น

$$f(x)g(y) + g(y)f(x) = 0 \text{ สำหรับทุก } x \in I, y \in L$$

คูณ $g(x^4)$ ทางซ้ายของสมการข้างต้น

$$g(x^4)f(x)g(y) + g(x^4)g(y)f(x) = 0 \text{ สำหรับทุก } x \in I, y \in L$$

โดยบทตั้ง 6 (2) จะได้ว่า $g(x^4)g(y)f(x) = 0$ สำหรับทุก $x \in I, y \in L$

เนื่องจาก g เป็นฟังก์ชันทั่วถึง จะได้

$$g(x^4)Rf(x) = \{0\} \text{ สำหรับทุก } x \in I$$

เนื่องจาก R เป็นริงเฉพาะ และ $g(x^4) \neq 0$ ได้ว่า $f(x) = 0$ สำหรับทุก $x \in I$

ดังนั้น $f(I) = \{0\}$

■

บทแทรก ให้ $R \neq \{0\}$ เป็นริงเฉพาะที่ $\text{char}(R) \neq 2$ ให้ g เป็นสมสัณฐานจาก R ไปยัง R โดยที่ $g(x) \neq 0$ สำหรับทุก $x \in R$ ถ้า f เป็นฟังก์ชันการบวกจาก R ไปยัง R ที่สอดคล้องกับ

$$f(x)g(x) + g(x)f(x) = 0 \text{ สำหรับทุก } x \in R$$

แล้ว $f(R) = \{0\}$

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาลักษณะของฟังก์ชันการบวกที่สอดคล้องกับเอกลักษณ์บางประการบนริงเฉพาะ มีผลวิจัย ดังนี้

สำหรับ R เป็นริงเฉพาะที่มีค่าลักษณะเฉพาะไม่เท่ากับสองและ g เป็นสมสัณฐานจาก R ไปยัง R

(1) ให้ I เป็นไอดีลของ R ที่ $I \neq \{0\}$ และ $g(I) \neq \{0\}$ ถ้า f เป็นฟังก์ชันการบวกจาก R ไปยัง R ที่สอดคล้องกับ

$$f(x)g(x) + g(x)f(x) = 0 \text{ สำหรับทุก } x \in I$$

แล้ว $f(I) = \{0\}$

(2) ให้ $R \neq \{0\}$ และ $g(R) \neq \{0\}$ ถ้า f เป็นฟังก์ชันการบวกจาก R ไปยัง R ที่สอดคล้องกับ

$$f(x)g(x) + g(x)f(x) = 0 \text{ สำหรับทุก } x \in R$$

แล้ว $f(R) = \{0\}$

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในบทความฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

- Ali, Shakir, Basudeb Dhara, and Mohammad Salahuddin Khan. (2014). On Prime and Semiprime Rings with Additive Mappings and Derivations. *Universal Journal of Computational Mathematics* 2.3, 48-55.
- Bell, Howard E. and Jason Lucier. (1999). On additive maps and commutativity in rings. *Results in Mathematics* 36.1-2, 1-8.
- Bresar, M. (1993). On skew-commuting mappings of rings, *Bull. Austral. Math. Soc.* 47, 291-296.
- Bresar, M. and Hvala, B. (1995). On additive maps of prime rings, *Bull. Aust. Math. Soc.* Volume 51, 377-381.
- Bresar, M. (2016). A result concerning additive mappings in semiprime rings. *Mathematica Slovaca*, Volume 65, Issue 6, Pages 1271-1276.
- Fosner, M., Marcen, B. and Rehman, N. (2016). On skew – commuting mappings in semiprime rings. *Mathematica Slovaca*, 66(4), 811-814.
- Nadeem, M., Aslam, M., Javed, M.A. (2015). On 2-skew-commuting mappings of prime rings. *Gen. Math. Notes.* 31(1), 1-9.
- Najati, A. and M. Mohammadi Same (2015). Skew-commuting mappings on semiprime and prime rings. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics.* Volume 44, Issue 4, 887-892.

ผลของการรณรงค์การสวมหน้ากากอนามัยที่มีผลต่อตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การแพร่ระบาดของโรคหัด

เจษฎา สุจริตธรรการ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
email: toy.jedsada@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและวิเคราะห์เสถียรภาพของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับการรณรงค์การสวมหน้ากากอนามัยที่มีผลต่อตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การแพร่ระบาดของโรคหัด วิเคราะห์ตัวแบบโดยใช้วิธีมาตรฐาน ศึกษาจุดสมดุล ศึกษาเสถียรภาพของจุดสมดุล และหาค่าตอบเชิงตัวเลข

ผลการวิเคราะห์ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ พบว่า ณ จุดสมดุลไม่มีโรคเมื่อมีค่าระดับการติดเชื้อ $R_0 = 0.114 < 1$ แสดงว่าไม่เกิดการแพร่ระบาดของโรคหัด และ ณ จุดสมดุลมีโรคมีค่าระดับการติดเชื้อ $R_0 = 10.417 > 1$ แสดงว่าเกิดการแพร่ระบาดของโรคหัด และการรณรงค์การสวมหน้ากากอนามัยเป็นปัจจัยที่มีผลต่อตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ถ้าประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมีความรู้เกี่ยวกับการรณรงค์การสวมหน้ากากอนามัยต่อการแพร่ระบาดของโรคหัด และปฏิบัติตามสมมติฐานที่ตั้งไว้มากขึ้นจะส่งผลให้การแพร่ระบาดของโรคลดลงจนไม่มีการแพร่ระบาดของโรค

คำสำคัญ: ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ , โรคหัด , การควบคุมการแพร่ระบาด

The effect of masked campaign on mathematical model for the transmission epidemic measles

Jedsada Sutjaritthurakan

¹Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University, Phuket, Thailand

E-mail; toyjedsada@gmail.com

Abstract

The objective of this research is to develop and evaluate the stability of mathematical modeling for masked campaign on mathematical model for the transmission epidemic measles. The model is analyzed using standard methods, the Equilibrium Point, stability of the Equilibrium Point and numerical solution are studied.

The mathematical model analyze's result found that the Equilibrium Point has no transmission when the level of the disease reading is $R_0=0.1114<1$ which means there is no transmission of epidemic measles at this point. On the other hand, the Equilibrium Point has transmission when the level of disease reading is $R_0=10.417>1$ which means there is a transmission of epidemic measles. Masked campaign is the major factor on the mathematical model's result. If the more people who has potential to have epidemic measles transmission has knowledge about masked campaign and follow the hypothesis suggested, the transmission will be decreased until there is no transmission at all.

Keywords: Mathematical modeling, chickenpox, control the spread

บทนำ

โรคหัดเป็นโรคไข่ออกผื่นที่พบบ่อยในเด็กเล็ก นับว่าเป็นโรคที่มีความสำคัญมากโรคหนึ่ง เพราะอาจมีโรคแทรกซ้อนทำให้ถึงเสียชีวิตได้เกิดจากเชื้อไวรัส(measles) ซึ่งอยู่ในตระกูล paramyxovirus ซึ่งเป็น rna ไวรัส ที่จะพบได้ในจมูก และลำคอของผู้ป่วย โรคหัดติดต่อกันได้ง่ายมาก โดยการไอ จาม หรือพูดกันในระยะใกล้ชิด เชื้อไวรัสจะกระจายอยู่ในละอองเสมหะ น้ำมูก น้ำลายของผู้ป่วย และเข้าสู่ร่างกายโดยทางการหายใจ บางครั้งเชื้ออยู่ในอากาศ เมื่อหายใจเอาละอองที่ปนเปื้อนเชื้อไวรัส (air borne) เข้าไปก็ทำให้เป็นโรคได้ ผู้ติดเชื้อมีโอกาสเป็นโรคเกือบทุกรายถ้าไม่ได้รับวัคซีนป้องกันโรคเด็กก็มีโอกาสจะเป็นหัดได้เมื่อภูมิคุ้มกันที่ผ่านมาจากแม่หมดไปเมื่ออายุประมาณ 6-9 เดือน อายุที่พบบ่อยคือ 1-6 ปี ถ้าไม่มีภูมิคุ้มกันจะเป็นได้ทุกอายุ ในประเทศไทยเริ่มให้วัคซีนป้องกันหัด เมื่อ พ.ศ. 2527 ทำให้อุบัติการณ์ของโรคลดลงเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะในเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี แต่ก็ยังพบโรคได้ประปราย และมีการระบาดเป็นครั้งคราวในชนบท ผู้ป่วยที่พบส่วนใหญ่จะเป็นเด็กที่ยังไม่ได้รับวัคซีน และเป็นเด็กอายุเกิน 5 ปี มากขึ้น ผู้ป่วยหัดจะมีเชื้อไวรัสในลำคอและแพร่เชื้อได้ในระยะจาก 1-2 วัน ก่อนที่จะเริ่มมีอาการ (3 ถึง 5 วัน ก่อนผื่นขึ้น) ไปถึงระยะหลังผื่นขึ้นแล้ว 4 วันระยะพักตัวของโรค จากที่เริ่มสัมผัสโรคจนถึงมีอาการประมาณ 8-12 วัน เฉลี่ยจากวันที่สัมผัสจนถึงมีผื่นเกิดขึ้นประมาณ 14 วัน

อาการเริ่มด้วยมีไข้ น้ำมูกไหล ไอ ตาแดง ตาแฉะ และกลัวแสง อาการต่างๆ จะมากขึ้นพร้อมกับไข้สูงขึ้น และจะสูงเต็มที่เมื่อมีผื่นขึ้นในวันที่ 4 ของไข้ ลักษณะผื่นนูนแดง (maculo-papular) ติดกันเป็นปื้นๆ โดยจะขึ้นที่หน้า บริเวณชิดขอบผมแล้วแผ่กระจายไปตามลำตัว แขน ขา เมื่อผื่นแพร่กระจายไปทั่วตัว ซึ่งกินเวลาประมาณ 2-3 วัน ไข้ก็จะเริ่มลดลง ผื่นที่ระยะแรกมีสีแดงจะมีสีเข้มขึ้น เป็นสีแดงคล้ำ หรือน้ำตาลแดง ซึ่งคงอยู่นาน 5-6 วัน กว่าที่จะจางหายไปหมด กินเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ บางครั้งจะพบผื่นนูนเป็นขุย การตรวจในระยะ 1-2 วัน ก่อนผื่นขึ้นจะพบจุดขาวๆ เล็กๆ มีขอบสีแดงๆ อยู่ในกระพุ้งแก้ม เรียกว่า (koplik's spots) ซึ่งจะช่วยให้วินิจฉัยโรคหัดได้ก่อนที่จะมีผื่นขึ้น(กรมควบคุมโรค,2558)

การป้องกันที่ดีคือคนที่เป็โรคหัด และคนที่สัมผัสใกล้ชิดควรจะสวมหน้ากากอนามัยป้องกันการติดต่อ โดยเฉพาะหากมีการระบาดของโรคหัด ควรสังเกตและดูแลคนในครอบครัวอย่างใกล้ชิด และให้สวมหน้ากากอนามัยป้องกันการแพร่กระจายเชื้อในอากาศ การสวมหน้ากากอนามัยเมื่อมีอาการป่วยเป็นไข้ หรือ ไอ จาม จะช่วยลดโอกาสการแพร่กระจายของเชื้อโรคระบบทางเดินหายใจได้ เพราะหากผู้ป่วยไม่สวมหน้ากากอนามัยขณะที่ไอหรือจาม จะสามารถแพร่เชื้อออกไปได้ไกล 1-5 เมตร ทำให้ผู้ที่อยู่ใกล้ชิดมีโอกาสรับเชื้อและป่วยเป็นโรคได้ จากผลการวิจัยขององค์การอนามัยโลก พบว่าการใส่หน้ากากอนามัยสามารถลดการแพร่กระจายเชื้อที่ติดมากับละอองฝอย ได้ถึงร้อยละ 80 ดังนั้น หน้ากากอนามัย จึงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่สามารถป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อโรคได้เป็นอย่างดี

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลของผู้ป่วยที่เข้ารับรวมจากกระทรวงสาธารณสุขตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2558 พร้อมทั้งสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการแพร่ระบาดของโรคหัดที่มีผลต่อการใช้หน้ากากอนามัยเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการป้องกันโรค ลดจำนวนผู้ป่วยและใช้เป็นข้อมูลทางวิชาการควบคู่กับสถิติการเกิดโรคของประเทศไทยทั่วภูมิภาคของโรคที่เฝ้าระวังของทางสำนักกระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุขต่อไป

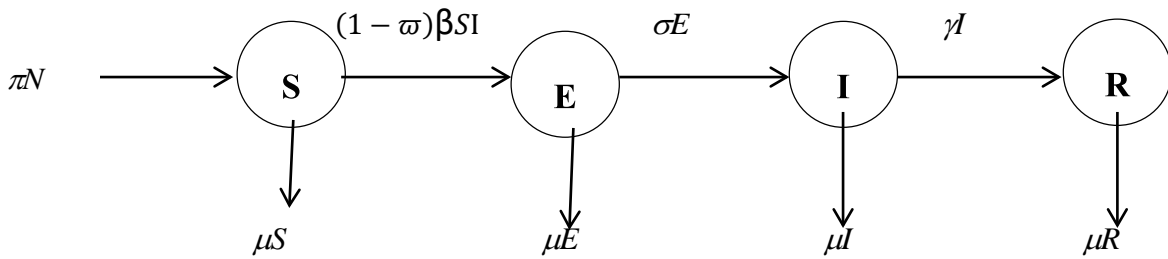
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การแพร่ระบาดของโรคหัดที่เป็นผลจากการรณรงค์การใช้หน้ากากอนามัย
2. เพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การแพร่ระบาดของโรคหัดที่มีผลต่อการใช้หน้ากากอนามัย

ระเบียบวิธีวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การแพร่ระบาดของโรคหัด โดยผู้วิจัยดำเนินการตาม 3 ขั้นตอน ดังนี้

- 1.การพัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาแผนภาพโมเดล SIER แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในตัวแบบ ดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงแผนภาพความสัมพันธ์ขององค์ประกอบการแพร่ระบาดของโรคหัด

เมื่อ

S(t)	แทน	จำนวนคนที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ณ เวลา t ใดๆ
E(t)	แทน	จำนวนคนที่ติดเชื้อแต่ยังไม่แสดงอาการ ณ เวลา t ใดๆ
I(t)	แทน	จำนวนคนที่ติดเชื้อ ณ เวลา t ใดๆ
R(t)	แทน	จำนวนคนที่มีภูมิคุ้มกันหรือหายจากโรค ณ เวลา t ใดๆ

2. การตรวจสอบตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

การตรวจสอบตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การแพร่ระบาดของโรคหัด จัดทำเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ ฉะนั้นจำเป็นต้องดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับศาสตร์นี้โดยตรง ในงานวิจัยนี้จำเป็นต้องส่งตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การแพร่ระบาดให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องโดย นักระบาดวิทยา และนักคณิตศาสตร์

3. การวิเคราะห์ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่กล่าวต่อไปนี้เป็นวิเคราะห์ตามแบบมาตรฐาน (standard method) โดยศึกษาจุดสมดุลและศึกษาเสถียรภาพของจุดสมดุลเพื่อหาเงื่อนไขของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของจุดสมดุลนั้น โดยวิธีเชิงวิเคราะห์และหาค่าตอบเชิงตัวเลขของตัวแบบ

3.1 วิเคราะห์ตามแบบมาตรฐาน

การศึกษาหาค่าจุดสมดุลและค่าเสถียรภาพของระบบ ได้ดังนี้

3.1.1 จุดสมดุล (Equilibrium point) ในการหาจุดสมดุลโดยใช้วิธีการคำนวณซึ่งทำได้โดยจัดสมการเชิงอนุพันธ์ที่ได้จากการแปลงสมการของตัวแบบใหม่ ให้เท่ากับ ศูนย์ ซึ่ง

$$\frac{dS}{dt} = N, \frac{dE}{dt} = 0, \frac{dI}{dt} = 0, \frac{dR}{dt} = 0$$

เราจะได้จากจากการแก้สมการสองค่า คือ ค่าแรกเป็นค่าที่ทำให้จุดสมดุลไม่มีโรค (Disease free state : E_0) ในกรณีที่ไม่มีการติดเชื้อ จุดสมดุลก็ไม่มีเชื้อ ค่าที่สองเป็นค่าที่ทำให้จุดสมดุลเกิดการระบาดของโรค (Endemic disease state : E_1) ในกรณีที่กลุ่มติดเชื้อมีค่าเป็นบวก ดังนั้นจุดสมดุลจะกลายเป็นการระบาดของโรค

3.1.2 เสถียรภาพ (stability) โดยการหาค่าลักษณะเฉพาะซึ่งสามารถหาได้จากสมการลักษณะเฉพาะของจาโคเบียนเมทริกซ์ $\det(J - \lambda I) = 0$ โดยใช้วิธีการคำนวณเพื่ออธิบายคำตอบของสมการ เกี่ยวกับค่าความสมดุล เพื่อตรวจสอบว่าเป็น Local asymptotically stable

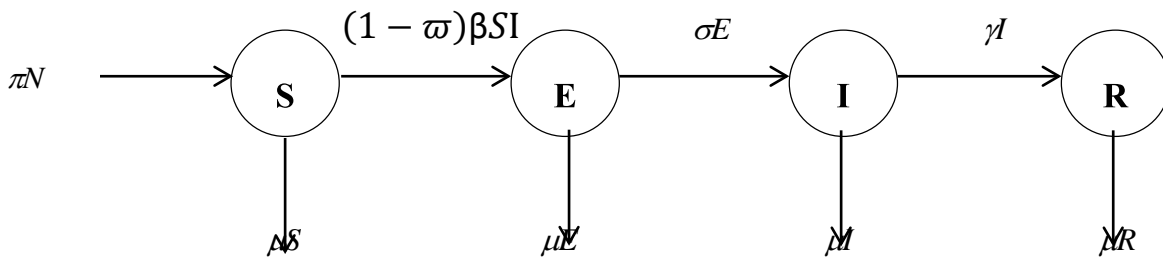
จากการตรวจสอบเงื่อนไข จะได้สมการลักษณะเฉพาะ เนื่องจากต้องการตรวจสอบเสถียรภาพของระบบ โดยดูจาก ค่าลักษณะเฉพาะของจาโคเบียนเมทริกซ์ต้องเป็นลบและสอดคล้องกับเงื่อนไขของ Routh-Hurwitz ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี ดังนี้

3.1.2.1 Local asymptotically stable ของจุดสมดุลไม่มีโรค โดยการตรวจสอบว่า ค่าลักษณะเฉพาะของจาโคเบียนเมทริกซ์ ณ สภาวะที่ไม่มีโรค (E_0) ซึ่งจะได้สมการลักษณะเฉพาะ และได้ค่าลักษณะเฉพาะของจาโคเบียนเมทริกซ์สอดคล้องกับเงื่อนไขของ Routh-Hurwitz โดยลักษณะเฉพาะทุกค่าต้องเป็นลบจึงจะสอดคล้องตามเงื่อนไข $R_0 < 1$ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป Mathematica

3.1.2.2 Local asymptotically stable ของจุดสมดุลที่มีโรค โดยการตรวจสอบว่าค่าลักษณะเฉพาะของจาโคเบียนเมทริกซ์ ณ สภาวะที่มีการระบาดของโรค (E_0) จะได้สมการลักษณะเฉพาะจาก $\det(J - \lambda I) = 0$ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของสมการลักษณะเฉพาะเป็นลบซึ่งสอดคล้องตามเงื่อนไขของ Routh-Hurwitz สำหรับค่าที่ได้ตามเกณฑ์ $R_0 < 1$ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป Mathematica

ผลการวิจัย

การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของการแพร่ระบาดของโรคหัด



ภาพที่ 2 แสดงแผนภาพความสัมพันธ์ขององค์ประกอบการแพร่ระบาดของโรคหัด

จากภาพที่ 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการส่งให้ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิทางคณิตศาสตร์และบุคลากรทางการแพทย์ ช่วยตรวจสอบแผนภาพและสมการเชิงอนุพันธ์แบบไม่เชิงเส้น เมื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไข ปรับปรุงตามคำแนะนำแล้วนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้มาวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ซึ่งจากภาพ 2 ได้ระบบสมการเชิงอนุพันธ์แบบไม่เชิงเส้น ดังนี้

$$\frac{dS}{dt} = \pi N - (1 - \omega)\beta SI - \mu S \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{dE}{dt} = (1 - \omega)\beta SI - E(\sigma + \mu) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{dI}{dt} = \sigma E - I(\gamma + \mu) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\frac{dR}{dt} = 0$$

โดยที่ $N = S + E + I + R$ จากสมการ (1), (2) และ (3) และ (4) ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ได้ผลดังนี้

1. จุดสมดุล (Equilibrium Points)

การวิเคราะห์ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นการวิเคราะห์ตามแบบมาตรฐาน (Standard method) โดยศึกษาจุดสมดุลและศึกษาเสถียรภาพของจุดสมดุลเพื่อหาเงื่อนไขของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับจุดสมดุลนั้น โดยใช้วิธีเชิงวิเคราะห์และหาคำตอบเชิงตัวเลขของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของโรคหัด ในการศึกษาจุดสมดุลทำได้โดยจัดสมการ (1), (2), (3) และ (4) ทางด้านขวามือ เท่ากับศูนย์

กำหนดให้ $\frac{dS}{dt} = 0, \frac{dE}{dt} = 0, \frac{dI}{dt} = 0, \frac{dR}{dt} = 0$ จะได้

$$\frac{\pi N}{((1-\varpi)\beta I + \mu)} = S \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\frac{(1-\varpi)\beta I \pi N}{((1-\varpi)\beta I + \mu)(\sigma + \mu)} = E \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\frac{\sigma(1-\varpi)\beta \pi N - (\gamma + \mu)(\sigma + \mu)\mu}{(\gamma + \mu)(\sigma + \mu)(1-\varpi)\beta} = I \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$R = \frac{\gamma I}{\mu} \quad \dots\dots\dots (8)$$

1.1 จุดสมดุลไม่มีเชื้อ (Disease Free Equilibrium : DFE Point) แทนด้วย $E_0(S, E, I, R)$

กำหนดให้ $I = 0$ ในสมการ (5)

$$S = \frac{\pi N}{((1-\varpi)\beta I + \mu)} \text{ จะได้ } S = \frac{\pi N}{\mu} \text{ จาก } \pi = \mu \text{ จะได้ } S = N$$

แทน $I = 0$ ในสมการ (6) จะได้ $E = \frac{(1-\varpi)\beta I \pi N}{((1-\varpi)\beta I + \mu)(\sigma + \mu)}$ จะได้ $E = 0$

แทนค่า $I = 0$ ในสมการ (7) $R = \frac{\gamma I}{\mu}$ จะได้ $R = 0$

$$\therefore E_0(S, E, I, R) = E_0(N, 0, 0, 0)$$

ความเสถียรของระบบ (Stability of systems) ที่จุด $E_0(N, 0, 0, 0)$

หาเมทริกซ์จาโคเบียน (Jacobian Matrix) กำหนดให้

$$F_1(S, E, I, R) = \pi N - (1-\varpi)\beta SI - \mu S$$

$$F_2(S, E, I, R) = (1-\varpi)\beta SI - E(\sigma + \mu)$$

$$F_3(S, E, I, R) = \sigma E - I(\gamma + \mu)$$

$$F_4(S, E, I, R) = \gamma I - \mu R$$

พิจารณาเมทริกซ์จาโคเบียน ณ จุดสมดุลไม่มีเชื้อ $E_0(S, E, I, R) = E_0(N, 0, 0, 0)$ จะได้

$$J_0 = \begin{bmatrix} -\mu & 0 & -(1-\varpi)\beta N & 0 \\ 0 & -(\sigma + \mu) & (1-\varpi)\beta N & 0 \\ 0 & \sigma & -(\gamma + \mu) & 0 \\ 0 & 0 & \gamma & -\mu \end{bmatrix}$$

$$\det(J_0 - \lambda) = \begin{bmatrix} -\mu - \lambda & 0 & -(1-\varpi)\beta N & 0 \\ 0 & -(\sigma + \mu)\lambda & (1-\varpi)\beta N & 0 \\ 0 & \sigma & -(\gamma + \mu)\lambda & 0 \\ 0 & 0 & \gamma & -\mu - \lambda \end{bmatrix}$$

$$= (-\mu - \lambda)[(-\mu - \lambda)(-\sigma - \mu)\lambda(-\gamma - \mu)\lambda] = 0$$

ดังนั้น $\lambda_1 = -\mu, \lambda_2 = -\mu, \lambda_3 = -(\sigma + \mu), \lambda_4 = -(\gamma + \mu)$

$$\lambda_1 = -0.0000372, \lambda_2 = -0.0000372, \lambda_3 = -0.0670372, \lambda_4 = -0.3300372$$

$$R_0 = 0.114$$

1.2 จุดสมดุลที่มีเชื้อโรค(Disease Endemic Equilibrium : DEE) แทนด้วย $E_1(S^*, E^*, I^*, R^*)$

พิจารณา $I \neq 0$, $I > 0$ จะได้ $S^* = \frac{\pi N}{((1-\varpi)\beta I^* + \mu)}$, $E^* = \frac{(1-\varpi)\beta I^* \pi N}{((1-\varpi)\beta I^* + \mu)(\sigma + \mu)}$
 $I^* = \frac{\sigma(1-\varpi)\beta I \pi N - (\gamma + \mu)(\sigma + \mu)\mu}{(\gamma + \mu)(\sigma + \mu)(1-\varpi)\beta}$ และ $R^* = \frac{\lambda^*}{\mu}$

2. การหาค่าระดับการติดเชื้อ (Basic Reproductive Number (R_0))

$$\frac{dX}{dt} = F(X) - V(X)$$

เมื่อ F คือ เมทริกซ์ของจำนวนผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้น

V คือ เมทริกซ์ของจำนวนผู้ป่วยที่เปลี่ยนสถานะจากกลุ่มหนึ่งไปอีกกลุ่มหนึ่ง

$$X = \begin{bmatrix} S \\ E \\ I \\ R \end{bmatrix} \quad F(X) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ (1-\varpi)\beta SI \\ 0 \end{bmatrix} \quad V(X) = \begin{bmatrix} -\pi N + (1-\varpi)\beta SI + \mu S \\ E(\sigma + \mu) \\ -\sigma E + I(\gamma + \mu) \\ -\lambda + \mu R \end{bmatrix}$$

หาค่าเมทริกซ์จาโคเบียนของ F(X) และ V(X) ซึ่งให้ DF(X) = F และ DV(X) = V จะได้ดังนี้

$$F = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ (1-\varpi)\beta I & 0 & (1-\varpi)\beta S & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad V = \begin{bmatrix} (1-\varpi)\beta I + \mu & 0 & (1-\varpi)\beta S & 0 \\ 0 & (\sigma + \mu) & 0 & 0 \\ 0 & -\sigma & (\gamma + \mu) & 0 \\ 0 & 0 & -\gamma & \mu \end{bmatrix}$$

หาค่าเมทริกซ์จาโคเบียนของ F และ V ที่จุด $E_0(S, E, I, R) = E_0(N, 0, 0, 0)$

$$F(E_0) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (1-\varpi)\beta N & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad V(E_0) = \begin{bmatrix} \mu & 0 & (1-\varpi)\beta N & 0 \\ 0 & (\sigma + \mu) & 0 & 0 \\ 0 & -\sigma & (\gamma + \mu) & 0 \\ 0 & 0 & -\gamma & \mu \end{bmatrix}$$

คำนวณหาค่าเมทริกซ์จาโคเบียน FV^{-1} โดยที่ V^{-1} หาได้จาก $V^{-1} = \frac{1}{\det(V)} \text{adj}(V)$ จะได้

$$\rho FV^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-\sigma(1-\varpi)\beta N}{(\sigma + \mu)(\gamma + \mu)} & \frac{(1-\varpi)\beta N}{(\gamma + \mu)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

คำนวณหาค่า Spectral radius ของ FV^{-1} เขียนแทนด้วย $\rho(FV^{-1})$ จะได้ดังนี้

$$\det(FV^{-1} - \lambda I) = \begin{vmatrix} -\lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\lambda & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-\sigma(1-\varpi)\beta N}{(\sigma + \mu)(\gamma + \mu)} & \frac{(1-\varpi)\beta N}{(\gamma + \mu)} - \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\lambda \end{vmatrix}$$

$$= (-\lambda)(-\lambda)(-\lambda) \left(\frac{(1-\varpi)\beta N}{(\gamma + \mu)} - \lambda \right)$$

จะได้ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 = 0$ และ $\lambda_4 = \frac{(1-\varpi)\beta N}{(\gamma + \mu)}$

จากบทนิยาม Spectral radius ของ FV^{-1} คือ $\rho(FV^{-1}) = \frac{(1-\varpi)\beta N}{(\gamma + \mu)}$ และหาค่า Basic Reproductive

Number R_0 ได้จาก $\rho(FV^{-1})$ คือ $R_0 = \frac{(1-\varpi)\beta N}{(\gamma + \mu)}$

ค่า R_0 ณ จุดสมดุลที่ไม่มีเชื้อ มีค่าเท่ากับ 0.114 แสดงว่าเมื่อ $R_0 < 1$ จะไม่เกิดการแพร่ระบาดของโรค
 ค่า R_0 ณ จุดสมดุลที่มีเชื้อ มีค่าเท่ากับ 10.417 แสดงว่าเมื่อ $R_0 > 1$ จะไม่เกิดการแพร่ระบาดของโรค

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของจุดสมดุลที่ไม่มีเชื้อโรค

ข้อความ	สัญลักษณ์	ค่าพารามิเตอร์	หน่วย
จำนวนประชากรของมนุษย์ทั้งหมด	N	50000	คน
อัตราการเกิดโรคของประชากร	π	0.0000372	ต่อวัน
อัตราการติดเชื้อโรคหัดจากคนสู่คน	β	0.000005	ต่อวัน
อัตราการตายโดยธรรมชาติ	μ	0.0000372	ต่อวัน
อัตราการป้องกันโรคโดยการใช้หน้ากากอนามัย	ϖ	0.85	ต่อวัน
อัตราการหายจากโรคของประชากร	γ	0.33	คน/วัน
อัตราการเกิดโรคแทรกซ้อน	σ	0.067	คน/วัน

3.เสถียรภาพของจุดสมดุลที่ไม่มีเชื้อโรค(Local asymptotically stable)

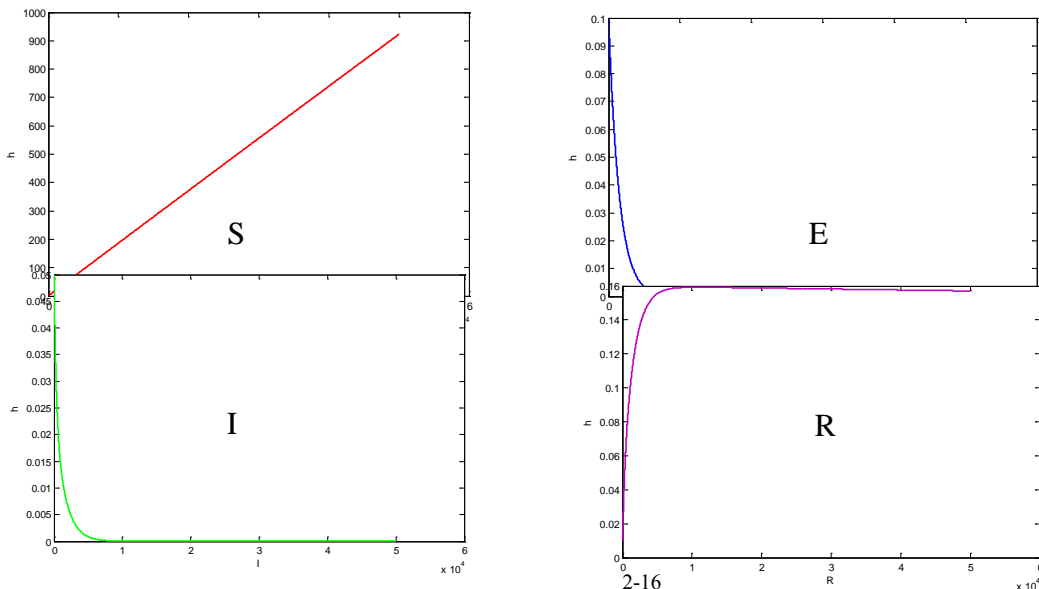
พิจารณาระบบสมการลักษณะเฉพาะและหาค่าลักษณะเฉพาะ

$\lambda_1 = -\mu, \lambda_2 = -\mu, \lambda_3 = -(\sigma + \mu), \lambda_4 = -(\gamma + \mu)$ $R_0 = \frac{(1-\varpi)\beta N}{(\gamma + \mu)}$ เมื่อแทนค่าพารามิเตอร์ จะได้

$\lambda_1 = -0.0000372, \lambda_2 = -0.0000372, \lambda_3 = -0.0670372, \lambda_4 = -0.3300372$ และ $R_0 = 0.114$

เมื่อพิจารณาเสถียรภาพของระบบ ณ จุดสมดุลที่ไม่มีเชื้อโรค จะพบว่าค่าลักษณะเฉพาะทุกค่ามีส่วนจริงเป็นลบ และสอดคล้องกับเงื่อนไขของ Routh-Huewitz ดังนั้น คำตอบจะลู่เข้าสู่จุด $E_0 = (50000, 0, 0, 0)$ นั่นคือจุดสมดุลไม่มีเชื้อ $E_0 = (50000, 0, 0, 0)$ จะเป็น Local asymptotically stable

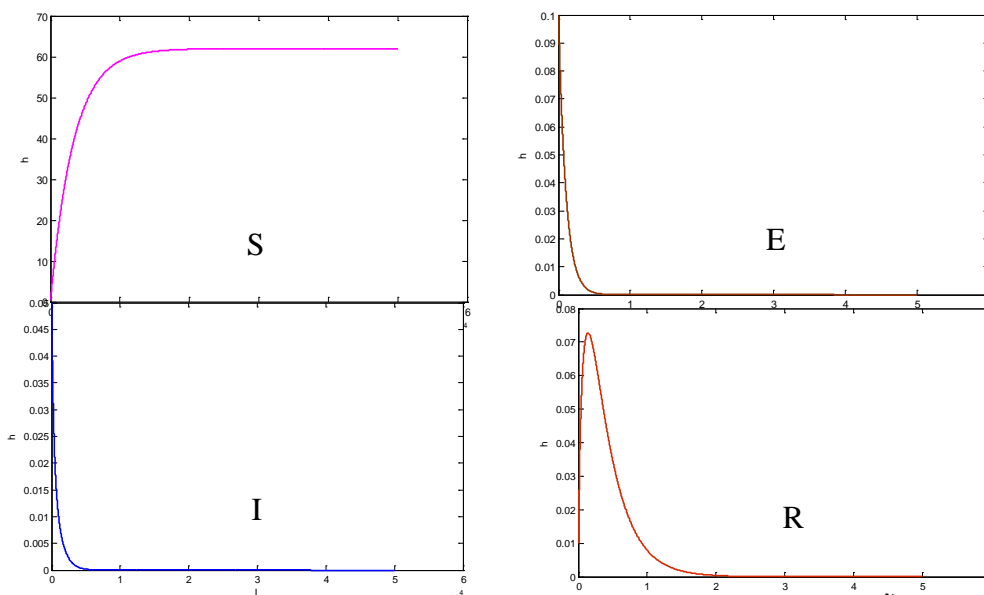
กราฟแสดงคำตอบเชิงตัวเลขของจุดสมดุลที่ไม่มีโรคได้ดังนี้



ภาพที่ 3 กราฟคำตอบเชิงตัวเลขแสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ (S) กราฟคำตอบเชิงตัวเลขแสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อแต่ยังไม่แสดงอาการ (E) กราฟคำตอบเชิงตัวเลขแสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อ (I) และ กราฟคำตอบเชิงตัวเลขแสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มประชากรที่หายจากโรค (R) ณ t เวลาใดๆ ณ เสถียรภาพของจุดสมดุลที่ไม่มีเชื้อโรคเมื่อค่า $R_0 < 1$

4.เสถียรภาพของจุดสมดุลที่มีเชื้อโรค (Local asymptotically stable)

กราฟแสดงคำตอบเชิงตัวเลขของจุดสมดุลที่มีโรค



ภาพที่ 4 กราฟคำตอบเชิงตัวเลขแสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ (S) กราฟคำตอบเชิงตัวเลขแสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อแต่ไม่แสดงอาการ (E) กราฟคำตอบเชิงตัวเลขแสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อ (I) และกราฟคำตอบเชิงตัวเลขแสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มประชากรที่หายจากโรค(R) ณ t เวลาใดๆ ณ เสถียรภาพของจุดสมดุลที่มีเชื้อโรค เมื่อค่า $R_0 > 1$

สรุปและอภิปรายผล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาผลของการใช้หน้ากากอนามัยที่มีต่อการแพร่ระบาดของโรคหัด ซึ่งผู้วิจัยได้พิจารณาพารามิเตอร์ 1 ตัว คือ การป้องกันโรคโดยใช้หน้ากากอนามัย มีผลต่อการควบคุมโรคหัดโดยผู้วิจัยได้พัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของการแพร่ระบาดของโรคหัด การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อพัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การแพร่ระบาดของโรคหัดเพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การแพร่ระบาดของโรคหัดที่มีผลต่อการใช้หน้ากากอนามัย และเพื่อศึกษาผลของการใช้หน้ากากอนามัยที่มีผลต่อตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การแพร่ระบาดของโรคหัด

การวิเคราะห์เชิงตัวเลขในการศึกษาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยการหาค่าตอบเชิงตัวเลขของระบบสมการเชิงอนุพันธ์ที่แสดงแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีผลต่อการแพร่ระบาดของโรคหัด เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้จุดสมดุลที่ไม่มีเชื้อโรค (Disease Free Equilibrium) และจุดสมดุลที่มีเชื้อโรค (Disease Endemic Equilibrium) สำหรับแต่ละชุดของค่าพารามิเตอร์จะตรวจสอบเสถียรภาพของจุดสมดุลว่าเป็น Local asymptotically stable โดยการหาค่าลักษณะเฉพาะของเมทริกซ์จาโคเบียนและตรวจสอบว่าสอดคล้องกับเงื่อนไขของ Routh – Hurwitz Criteria

ผู้วิจัยได้นำตัวแบบของการควบคุมการแพร่ระบาดของโรคหัด ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือระบบสมการเชิงอนุพันธ์ไม่เชิงเส้น ซึ่งประกอบด้วย ประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ประชากรที่ติดเชื้อแต่ยังไม่แสดงอาการ และประชากรที่ติดเชื้อ ซึ่งพบว่างานวิจัยครั้งนี้มีสองจุดสมดุล คือ จุดสมดุลที่ไม่มีโรค และจุดสมดุลที่เกิดการระบาดของโรค โดยในการวิเคราะห์จุดสมดุลและเสถียรภาพของจุดสมดุล ใช้วิธีการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน โดยค่าเสถียรภาพของระบบ Local asymptotically stable ของจุดสมดุลที่ได้อาจต้องเป็นไปตามเงื่อนไขของ Routh – Hurwitz Criteria ทำให้สามารถพบค่าพารามิเตอร์ของ R_0 ซึ่งมีความจำเป็นภายใต้เงื่อนไข เพื่อให้ Local asymptotically stable ของจุดสมดุลมีความเสถียร ในจุดสมดุลของจุดสมดุลที่ไม่มีโรค และจุดสมดุลที่เกิดระบาดของโรค

จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลขเพื่อศึกษาจุดสมดุลของระบบ ศึกษาเสถียรภาพของจุดสมดุล และตรวจสอบเสถียรภาพของจุดสมดุลว่าเป็น Local asymptotically stable และตรวจสอบว่าสอดคล้องตามเงื่อนไขของ Routh – Hurwitz Criteria จากนั้นคำนวณหาค่า Basic reproductive Number (R_0) ศึกษาจุดสมดุล 2 จุด คือ

1. จุดสมดุลที่ไม่มีโรค (Disease Free Equilibrium) หาค่าตอบเชิงตัวเลขและค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้เสถียรภาพของจุดสมดุลเป็น Local asymptotically stable

สนใจพารามิเตอร์ ω การป้องกันโรคโดยการใช้หน้ากากอนามัย กำหนดให้ $\omega = 0.85$ ค่าตอบเชิงตัวเลขที่จุดสมดุลที่ไม่มีโรค ได้ค่า $R_0 = 0.114 < 1$ แสดงว่าไม่เกิดการแพร่ระบาดของโรค

2. จุดสมดุลที่มีเชื้อโรค (Disease Endemic Equilibrium) หาค่าตอบเชิงตัวเลขและค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้เสถียรภาพของจุดสมดุลเป็น Local asymptotically stable

สนใจพารามิเตอร์ ω การป้องกันโรคโดยการใช้หน้ากากอนามัย กำหนดให้ $\omega = 0.85$ ค่าตอบเชิงตัวเลขที่จุดสมดุลที่ไม่มีโรค ได้ค่า $R_0 = 10.417 > 1$ แสดงว่าเกิดการแพร่ระบาดของโรค

ข้อเสนอแนะ

จากผลของการวิจัยครั้งนี้ ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ซึ่งเป็นจำนวนการใช้หน้ากากอนามัย ในแต่ละพื้นที่อาจจะแตกต่างกัน ดังนั้น ควรมีการตรวจสอบคนกลุ่มเสี่ยงและติดเชื้อในพื้นที่นั้นๆ อย่างละเอียดอีกครั้งเพื่อความถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2558). สถานการณ์โรคหัดในประเทศไทยเข้าถึงได้จาก: www.ddc.moph.go.th
- เดซีนี สติเตซ. (2558). ผลของการควบคุมที่มีต่อการระบาดของโรคหัด. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.
- ปาริฉัตร คล้ายรุ่ง. (2558). ผลการรณรงค์ให้ความรู้ที่มีผลต่อตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การแพร่ระบาดของโรคหัด. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
- สุรัชดา สังข์ทองจีน. (2558). ผลการรณรงค์ให้ความรู้ที่มีผลต่อตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การแพร่ระบาดของโรคตาแดง. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
- สำนักโรคติดต่อทั่วไป กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2558). กรุงเทพมหานคร
- อนุวัตร จิรวัดนพพานิช และคณะ(2559ก). ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การควบคุมการแพร่ระบาดของไข้หวัดใหญ่โดยการสวมหน้ากากอนามัย.การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.15-16 สิงหาคม 2559.
- Anderson, Roy M., and Robert M. May. (1991). *Infectious diseases of humans: dynamics and control*. Oxford: Oxford University Press.
- A. d'Onofrio. (2002). Pulse vaccination strategy in the SIR epidemic model: Global asymptotic stable eradication in presence of vaccine failures *Mathematical Biosciences*, 36 (4/5): 473–489.
- Biophysics Group. (2009). *Mathematics Model of transmission*. Faculty of science, Mahidol University.
- Bureau of Epidemiology. (2016). *Conjunctivitis*. (Online). <http://rnnvw.boe.moph.go.th/fac conjunctivitis>, 13 August 2016.
- C.M. Kribs-Zaleta, J.X. Valesco-Hernández. (2000). A simple vaccination model with multiple endemic states. *Mathematical Biosciences*, 164 (2): 183–201.
- Esteva, L. & Vagus, C. (1998). Analysis of a dengue disease Transmission model. *Mathematical Bioscience*. 150, 131-151.
- Jantaporn Sukawat and Surapol Naowarat. (2014). Effect of Rainfall on the transmission Model of Conjunctivitis. *Advancen in Environmental Biology*, 8(14): 99-104.
- Kermack, W. O. and McKendrick, A. G. (1927). A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics. *Proc. Roy. Soc. Lond. A* 115: 700-721.
- Leah, E.K., (1998). *Mathematical Models in Biology*. New York : Random House.
- S. Okyere-Siabouh and I. A. Adetunde. (2013). *Mathematical Model for the Study of Measles in Cape Coast Metropolis*. Texas 101-133, USA

ปัจจัยต่อต้านที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์ ในโรงพยาบาลรัฐประเทศไทย

ปณิธิ วิจิตรไกรวิน^{1,a}, ธนกรณ์ แนนหนา^{1,b}

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม, ประเทศไทย

E-mail: ^apaniti.v.z.2535@gmail.com, ^bthanakorn.nae@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์กลายเป็นเครื่องมือที่สำคัญ และมีบทบาทที่สำคัญมากในอุตสาหกรรม การดูแลสุขภาพ เนื่องจากมีศักยภาพในการแก้ไขปัญหาของการบริการด้านการดูแลสุขภาพ แต่ถึงแม้หุ่นยนต์ด้านการแพทย์ จะมีประสิทธิภาพสูงก็ยังไม่สามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องได้ เนื่องจากการตัดสินใจของผู้ใช้ที่ยอมรับหรือ ต่อต้านเทคโนโลยีใหม่จะขึ้นอยู่กับการประเมินความเปลี่ยนแปลงของแต่ละบุคคล นอกจากนี้งานวิจัยก่อนหน้านี้จะเน้นไปที่ ด้านการยอมรับ, เทคนิคการใช้งาน, และการรักษา จึงทำให้ละเลยต่อปัญหาของการต่อต้านการใช้งาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ พัฒนาแบบจำลองด้านการต่อต้านจากทฤษฎีด้านอุปสรรค เพื่ออธิบายปัจจัยที่มีผลต่อต้านความตั้งใจในการใช้หุ่นยนต์ทาง การแพทย์ของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ ผู้เข้าร่วมงานวิจัยนี้จะถูกคัดเลือกจากบุคลากรทางการแพทย์ของโรงพยาบาลรัฐที่ ตั้งอยู่ในประเทศไทย แบบสอบถามถูกใช้เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบแบบจำลอง หลังจากนั้นรูปแบบใน งานวิจัยนี้จะถูกวิเคราะห์โดยใช้ การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (CFA) ด้วยโปรแกรม LISREL จากผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ยืนยัน ว่าปัจจัยที่มีผลต่อต้านความตั้งใจในการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์ของเจ้าหน้าที่นั้น ได้แก่ อุปสรรคด้านเทคนิค (technological barrier), อุปสรรคด้านความปลอดภัย (safety barrier), อุปสรรคด้านเวลา (time barrier) และอุปสรรค ด้านการเปลี่ยนแปลง (Change barrier) การศึกษาในอนาคตควรเพิ่มปัจจัยต่อต้านอื่นๆนอกเหนือจากที่ระบุมาในงานวิจัย และงานวิจัยนี้ใช้ได้เฉพาะกับกลุ่มเป้าหมาย ไม่สามารถใช้กับกลุ่มเป้าหมายอื่นได้

คำสำคัญ: หุ่นยนต์ทางการแพทย์, โมเดลอุปสรรคการยอมรับเทคโนโลยี, ทฤษฎีการยอมรับและต่อต้านเทคโนโลยี

The Resistance Factors Affecting the Adoption of Healthcare Robots Technology in Thailand Government Hospital

Paniti Vichitkraivin^{1,a}, Thanakorn Naenna^{1,b}

¹Faculty of Engineering, Mahidol University, Nakornpathom, Thailand
E-mail; ^a paniti.v.z.2535@gmail.com, ^b thanakorn.nae@mahidol.ac.th

Abstract

Purpose: Healthcare robot technology is an important tool and shows an extremely important role in the healthcare industry since its potentiality to improve the healthcare service. In spite of its high ability, it cannot be assessed change related to the healthcare robot. Previously research showed that the user may make a decision to accept or resist the usage of new technology depending on assessing individual changes. The limitation of healthcare robot usage is caused by the ignoring problem of anti-usability of the user. According to barrier theories, this study develops a modify resistance model to describe the factors which resist the medical staffs' intention to use healthcare robot.

Methods: The participants were selected from medical staffs (physician, nurse, and staffs) working in government hospital located in Thailand. The data were collected using questionnaire to test a research model and it was developed based on the medical staff users in real work to test a research model. The research model is analyzed by confirmatory factor analysis (CFA) with the LISREL program. A valid sample of 466 medical staffs were collected for data analysis.

Result: The empirical results confirmed that the factors resisting medical staffs' behavioral intention to use healthcare robots were technological barrier, safety barrier and time barrier. This study is discussed in several practical and theoretical implications.

Conclusion: Our study illustrates the importance of user resistance in technology acceptance in general and in health technology usage studies in particular. This study identifies key of the resistance factors to resist medical staffs' behavioral intention to use healthcare robot.

Further, the study provides a useful reference for future studies in this subject field.

Recommendations/future directions: There may be other resistance of healthcare robot usage that were not included in this study and can be the subject of future research. Further, there may be additional predictors of resistance, beyond technological barrier, safety barrier, time barrier, and change barrier, that should be examined in future research. And this study is confined to the healthcare robot behavior of medical staffs only in Thailand government hospital, this study cannot be used to another group.

Keywords: Healthcare robot; Technology barrier acceptance model; Technology acceptance and resistance

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีการดูแลสุขภาพได้ถูกพัฒนาและวิจัยอย่างกว้างขวาง (Phichitchaisopa & Naenna, 2013) เช่น ระบบสารสนเทศทางการแพทย์ หลังจากนั้นเทคโนโลยีการดูแลสุขภาพได้รับการพัฒนา ควบคู่ไปกับความต้องการของผู้ป่วยที่เพิ่มมากขึ้น หุ่นยนต์ทางการแพทย์ (healthcare robot) จึงถูกนำมาใช้ในระบบการดูแลสุขภาพโรงพยาบาล พวกมันได้กลายเป็นเครื่องมือที่สำคัญและมีบทบาทสำคัญในการดูแลสุขภาพเนื่องจากหุ่นยนต์เหล่านี้มีศักยภาพในการปรับปรุงคุณภาพของการดูแลสุขภาพได้ (Alaiad & Zhou, 2014)

ในปัจจุบันแม้ว่าหุ่นยนต์ทางการแพทย์จะสามารถลดค่าใช้จ่าย และความผิดพลาดของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ได้มากเพียงใด แต่ความสำเร็จของหุ่นยนต์เหล่านี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับนกออกแบบหุ่นยนต์เพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับความตั้งใจของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ เนื่องจากพวกเขาเป็นผู้ใช้งานและสั่งการหุ่นยนต์เหล่านี้ หากเจ้าหน้าที่ไม่ยอมรับการใช้งานหุ่นยนต์องค์กรจะไม่สามารถแก้ไขปัญหาในการดูแลสุขภาพได้ ผู้บริหารและนกออกแบบหุ่นยนต์จึงต้องเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับ และพฤติกรรมการใช้หุ่นยนต์ทางการแพทย์ของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ (Alaiad & Zhou, 2013)

ปัจจุบันงานวิจัยเกี่ยวกับหุ่นยนต์ทางการแพทย์จะเน้นไปที่เทคนิคการใช้งาน และการออกแบบหุ่นยนต์ (Nguyen, Ciocarlie, Hsiao, & Kemp, 2013) นอกจากนี้งานวิจัยด้านการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์ในประเทศไทย และทั่วโลก ก่อนหน้านี้จะเน้นไปที่รูปแบบการยอมรับเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อบริบทของหุ่นยนต์ทางการแพทย์ แต่อย่างไรก็ตามการจัดการกับปฏิกิริยาต่อต้านของผู้ใช้งานนั้นไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ และพวกมันอาจส่งผลให้องค์กรต่างๆ ได้รับประโยชน์จากเทคโนโลยีน้อยกว่าที่พวกเขาคาดไว้ (Norzaidi, Mohamed, Chong, & Kamarudin, 2008) ซึ่งในความเป็นจริงแล้วการต่อต้านมีผลต่อการใช้งานระบบสารสนเทศ แต่หากไม่มีความต้านทานกลับไม่จำเป็นต้องปรับปรุงอะไรในระบบ (Cenfetelli, 2004) การศึกษาปัจจัยต่อต้านจึงเป็นงานวิจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพในองค์กร สำหรับโรงพยาบาลรัฐในประเทศไทย เจ้าหน้าที่ส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้งานหุ่นยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควรเนื่องจากการต่อต้านการใช้หุ่นยนต์เฉพาะบุคคล

งานวิจัยด้านการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์ก่อนหน้านี้ได้ละเลยปัญหาเกี่ยวกับปัจจัยต่อต้านของผู้ใช้งาน (Hsieh, 2016) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นตัวกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับหุ่นยนต์ทางการแพทย์ของบุคลากรทางการแพทย์ การศึกษานี้ได้แรงบันดาลใจจากการศึกษาของ Cenfetelli ซึ่งได้ทำการสังเกตพฤติกรรมการใช้งานเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันเช่น โมเดลการยอมรับเทคโนโลยี หรือ TAM (Davis, 1989) ซึ่งนักวิจัยท่านนี้กล่าวว่าทฤษฎีเหล่านี้จะมุ่งเน้นไปที่การรับรู้ในแง่บวก (การใช้งานเทคโนโลยี) ของผู้ใช้งาน ที่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศ ในขณะที่พวกมันละเลยการรับรู้ในเชิงลบ (การต่อต้าน) ที่อาจป้องกันกระบวนการใช้งานเทคโนโลยี (Cenfetelli, 2004) แต่ Cenfetelli ไม่ได้ทำการระบุปัจจัยที่มีผลขัดขวางการใช้เทคโนโลยี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาปัจจัยต่อต้านของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ที่มีต่อการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์ และสร้างแบบจำลองปัจจัยที่มีผลต่อต้านโดยใช้ทฤษฎีปัจจัยอุปสรรคของวิจัยก่อนหน้านี้เป็นพื้นฐาน และปรับให้เหมาะสมกับบริบทของงานวิจัย เพื่อการลดและแก้ไขสถานะที่มีผลต่อการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์

ความเป็นมา และทฤษฎี

ปัจจุบันนี้องค์กรด้านการดูแลสุขภาพได้พยายามปรับปรุงคุณภาพการบริการ ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพเหล่านี้จะไม่สามารถทำได้หากขาดเทคโนโลยีทางการแพทย์ จึงทำให้เทคโนโลยีมีความสำคัญในอุตสาหกรรมดูแลสุขภาพ ซึ่งเทคโนโลยีทางการแพทย์ที่ถูกติดตั้งก่อนหน้าคือระบบสารสนเทศ และการสื่อสารในรูปแบบต่างๆ โดยดำเนินการจากรูปแบบง่ายๆ เช่น การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พื้นฐานมาทำการเก็บข้อมูล ไปถึงรูปแบบที่ซับซ้อนโดยใช้หุ่นยนต์ทางการแพทย์ (Alaiad & Zhou, 2013)

หุ่นยนต์

ปัจจุบันนี้หุ่นยนต์ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้นในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรม การดูแลสุขภาพ เนื่องจากแต่ละองค์กรต้องการลดต้นทุนแรงงานและความผิดพลาดของมนุษย์ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีคำจำกัดความที่แน่ชัดสำหรับการนำหุ่นยนต์ไปใช้งานโดยบุคคลทั่วไป และไม่มีความเห็นเป็นเอกฉันท์ว่าหุ่นยนต์ควรจะต้องมีคุณสมบัติเป็นอย่างไร (Wongpiromsarn, Damrongchai, & Vatananan-Thcscnvtz, 2016) ดังนั้นเพื่อความเข้าใจที่ตรงกันเกี่ยวกับมาตรฐานของหุ่นยนต์ในประเทศไทย งานวิจัยนี้จึงได้สรุปมาตรฐานของหุ่นยนต์ไว้ดังนี้ 1) ตามมาตรฐานขององค์การ NASA: หุ่นยนต์เป็นเครื่องจักรที่สามารถใช้ในการทำงาน โดยเครื่องจักรบางตัวสามารถทำงานได้เอง ในขณะที่เครื่องจักรบางตัวต้องมีผู้สั่งการ (Alaiad & Zhou, 2013); 2) ตามมาตรฐานของศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์: หุ่นยนต์ต้องมีความสามารถอย่างน้อย 1 อย่างในความสามารถต่อไปนี้ 1.สามารถเคลื่อนที่ได้, 2.สามารถใช้แขนกลได้, 3.

สามารถจัดการกับสภาพแวดล้อมของตัวเองได้, และ 4.แสดงพฤติกรรมที่ฉลาด (ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน), 2015); และ 3) มาตรฐานจากสภานาฏกรรมไทย เล่มที่ 36: หุ่นยนต์คือเครื่องมือชนิดหนึ่งที่มีกลไกอยู่ภายใน, สามารถทำงานได้หลากหลายร่วมกับมนุษย์ หรือมีมนุษย์เป็นผู้สั่งการ, และสามารถจัดลำดับการทำงานก่อนหลังได้ (เหล่าวัฒนา et al., 2002)

หุ่นยนต์ทางการแพทย์

จากนิยามขององค์การ NASA หุ่นยนต์คือเครื่องจักรที่ใช้ในการทำงาน โดยหุ่นยนต์บางตัวสามารถทำงานได้ด้วยตัวมันเอง แต่หุ่นยนต์ชนิดอื่นต้องมีผู้สั่งการ (Alaiad & Zhou, 2014) เมื่องานเหล่านี้หมายถึงการดูแลสุขภาพหุ่นยนต์เหล่านี้จะถูกเรียกว่าหุ่นยนต์ทางการแพทย์ ปัจจุบันนี้หุ่นยนต์ทางการแพทย์ถูกใช้งานในโรงพยาบาลขนาดใหญ่เช่นโรงพยาบาลศิริราช และโรงพยาบาลรามาธิบดี สำหรับประเทศไทยสามารถแบ่งกระบวนการดูแลสุขภาพออกได้เป็นการตรวจอาการ, การวินิจฉัยโรค, และการป้องกันและรักษาโรค ซึ่งหุ่นยนต์ทางการแพทย์สามารถให้การดูแลผู้ป่วยได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม หุ่นยนต์เหล่านี้จะลดความผิดพลาดของเจ้าหน้าที่โดยการปรับปรุงความแม่นยำในการตรวจสอบ และคัดกรอง ซึ่งจะช่วยลดภาระงานบางส่วน และปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ให้สามารถดูแลผู้ป่วยได้ดีขึ้น หุ่นยนต์ทางการแพทย์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่สำหรับประเทศไทยได้แก่ หุ่นยนต์รักษา, หุ่นยนต์สนับสนุน, และหุ่นยนต์บริการทางการแพทย์ (Wongpiromsarn et al., 2016) โดยหุ่นยนต์แต่ละประเภทถูกจำแนกตามบทบาทและการใช้งาน

หุ่นยนต์ทางการแพทย์มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาระบบการดูแลสุขภาพ และช่วยเหลือเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ในทุกขั้นตอนของกระบวนการดูแลสุขภาพสำหรับโรงพยาบาลรัฐประเทศไทย (Wongpiromsarn et al., 2016) ตั้งแต่การวินิจฉัยจนถึงการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ ดังนั้นหุ่นยนต์ทางการแพทย์ที่ใช้ในการพิจารณาสำหรับงานวิจัยนี้ได้แก่ หุ่นยนต์ผ่าตัด, หุ่นยนต์สื่อสารทางไกล, หุ่นยนต์พยาบาล, หุ่นยนต์เภสัชกรรม, หุ่นยนต์กายภาพ, เครื่อง CT scan, เครื่อง MRI, และหุ่นยนต์เฉพาะทางอื่นๆเช่นหุ่นยนต์ดูแลผู้สูงอายุ (ดินสอ) เนื่องจากมีคุณสมบัติตรงกับมาตรฐานของหุ่นยนต์ในประเทศไทย

อุปสรรคของการยอมรับเทคโนโลยีสำหรับหุ่นยนต์ทางการแพทย์

ปัจจัยอุปสรรคเป็นสาเหตุที่ทำให้มนุษย์ไม่แสดงพฤติกรรมใดๆ จากทฤษฎีการแพร่กระจายของอุปสรรคมีความสัมพันธ์ในการอธิบายความแตกต่างระหว่างนวัตกรรมใหม่ๆ, การยอมรับการใช้งานในช่วงเริ่มต้น และพฤติกรรมการยอมรับอื่นๆในอุดมคติ ซึ่งอุปสรรคเหล่านี้มีความเกี่ยวข้องอย่างมากต่อปัญหาประเภทต่างๆ จึงทำให้อุปสรรคแต่ละตัวมีความสำคัญต่อปัญหาการใช้งานอุปกรณ์แต่ละประเภทแตกต่างกัน ทฤษฎีและวิธีการใช้งานจึงแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของปัจจัยหรืออุปกรณ์นั้นๆ จึงทำให้เกิดทฤษฎีเกี่ยวกับอุปสรรคที่แตกต่างกันมากมายในปัจจุบันตัวอย่างเช่นทฤษฎีของ Pagani, 2004

การวิจัยนี้ได้นำทฤษฎีปัจจัยที่เป็นอุปสรรคของ Pagani มาปรับปรุงเพื่อให้เข้ากับบริบทของการทำงานของหุ่นยนต์ทางการแพทย์ของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ เนื่องจากทฤษฎีนี้ถูกสร้างขึ้นมาจากเน้นที่ลักษณะของเทคโนโลยี และปัจจัยมีความเหมาะสมกับบริบทของหุ่นยนต์ทางการแพทย์

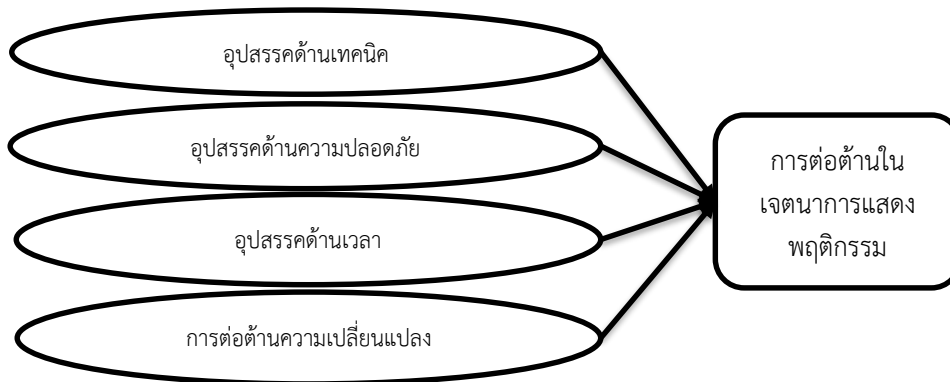
ทฤษฎีการยอมรับ และปฏิเสศเทคโนโลยี

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าเมื่อเทคโนโลยีใหม่ถูกใช้งาน ผู้ใช้จะตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธเทคโนโลยีนั้นก็ได้ขึ้นอยู่กับกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับระบบใหม่ (Joshi, 2005) ดังนั้นแม้หุ่นยนต์ทางการแพทย์จะมีศักยภาพในการปรับปรุงคุณภาพการดูแลสุขภาพเพียงใด แต่ประโยชน์นี้อาจไม่ได้รับความสนใจเนื่องจากความพยายามเกี่ยวกับโครงการด้านเทคโนโลยีการดูแลสุขภาพกำลังประสบปัญหา ซึ่งสาเหตุของปัญหาเหล่านี้สามารถตรวจสอบได้จากอุปสรรคการใช้งานของผู้ใช้ (Bartos, Butler, & Crowley, 2011) ซึ่ง Bhattacharjee & Hikmet, 2007 ได้กล่าวไว้ว่าบริบทของการต่อต้านนั้นไม่เทียบเท่ากับการไม่ใช้งาน เนื่องจากการไม่ใช้งานนั้นอาจหมายความว่าผู้ใช้เทคโนโลยียังไม่ทราบเกี่ยวกับรายละเอียดของอุปกรณ์ หรือยังไม่ได้ทำการประเมินเกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ก่อนการใช้งานจริง แต่การต่อต้านนั้นหมายความว่าเทคโนโลยีใหม่ได้รับการพิจารณาและถูกปฏิเสธจากผู้ไปแล้ว นอกจากนั้นจากงานวิจัยของ Hsieh และ Pi-Jung แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการยอมรับเทคโนโลยีการดูแลสุขภาพมีผลในเชิงลบต่อความตั้งใจในการแสดงพฤติกรรม (behavioral intention) ของผู้ใช้ (Hsieh, 2015, 2016) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยต่อต้านการยอมรับหุ่นยนต์ทางการแพทย์ในประเทศไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาปัจจัยต่อต้านหุ่นยนต์ทางการแพทย์ของเจ้าหน้าที่เพื่อวางแผนการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์ในการเพิ่มประสิทธิภาพในงานบริการดูแลสุขภาพในอนาคต

ภาคศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อตอบคำถามในงานวิจัยได้แก่ 1) เพื่อทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อต้านความตั้งใจในการแสดงพฤติกรรมของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ในการใช้หุ่นยนต์ทางการแพทย์, และ 2) เพื่อทราบว่าปัจจัยใดมีผลต่อต้านการยอมรับเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์มากที่สุด

แบบจำลองของงานวิจัยและสมมติฐาน

แบบจำลองในการวิจัยนี้จะถูกนำเสนอตั้งรูปที่ 1 พื้นฐานและความสัมพันธ์ของแบบจำลองถูกประยุกต์มาจากทฤษฎีปัจจัยอุปสรรคของ Pagani และ ผลจากงานวิจัยของ Hsieh and Pi-Jung โดยปัจจัยอุปสรรคในงานวิจัยนี้ได้แก่ อุปสรรคด้านเทคนิค ซึ่งประกอบไปด้วย การขาดฟังก์ชัน และความง่ายในการใช้งาน, อุปสรรคด้านความปลอดภัย, อุปสรรคด้านเวลา ซึ่งประกอบด้วย ระยะเวลาในการฝึกอบรม และระยะเวลาในการเตรียมอุปกรณ์, และการต่อต้านความเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 1 โมเดลปัจจัยต่อต้านการยอมรับหุ่นยนต์ทางการแพทย์ในงานวิจัยนี้

อุปสรรคด้านเทคนิค (การขาดฟังก์ชัน และความง่ายในการใช้งาน) หรือ Technical barrier (Tech)

การขาดความง่ายในการใช้งานหมายถึง ความรู้สึกของผู้ใช้ว่าเทคโนโลยีนั้นเรียนรู้และใช้งานยากเมื่อพวกเขาต้องเรียนรู้และใช้งานจริง จากงานวิจัยก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าการขาดความง่ายในการใช้งานเป็นสาเหตุที่ทำให้เจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ปฏิเสธการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์ (Alaboudi et al., 2016; BenMessaoud, Kharrazi, & MacDorman, 2011) นอกจากนี้จากผลการวิจัยก่อนหน้านี้ยังแสดงให้เห็นว่าการขาดฟังก์ชันในการใช้งานเป็นอีกหนึ่งอุปสรรคที่ส่งผลให้บุคลากรทางการแพทย์ไม่ยอมรับการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์อีกด้วย (Alaboudi et al., 2016; BenMessaoud et al., 2011) โดยการขาดฟังก์ชันในการใช้งานเป็นความรู้สึกของผู้ใช้ว่า เทคโนโลยีไม่สามารถตอบสนองงานของพวกเขาได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอ

สมมติฐานที่ 1 อุปสรรคด้านเทคนิคมีความสัมพันธ์ในแง่บวกต่อการต่อต้านเจตนาการแสดงพฤติกรรมของผู้ใช้

อุปสรรคด้านความปลอดภัย หรือ Safety barrier (Safe)

อุปสรรคด้านความปลอดภัยหมายถึงความรู้สึกของผู้ใช้ว่าเทคโนโลยีไม่ปลอดภัยสำหรับผู้ใช้งาน และคนรอบข้าง จากงานวิจัยของนักวิจัยก่อนหน้านี้ได้แก่ BenMessaoud et al., 2011, และ Stahl & Coeckelbergh, 2016 ได้ยืนยันไว้ว่าอุปสรรคด้านความปลอดภัยมีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์

สมมติฐานที่ 2 อุปสรรคด้านความปลอดภัยมีความสัมพันธ์ในแง่บวกต่อการต่อต้านเจตนาการแสดงพฤติกรรมของผู้ใช้

อุปสรรคด้านเวลา (ระยะเวลาในการฝึกอบรม และเตรียมอุปกรณ์ที่นานมากเกินไป) หรือ Time barrier (Time)

อุปสรรคด้านเวลาหมายถึง ความรู้สึกของผู้ใช้ว่าการฝึกอบรมและการเตรียมหุ่นยนต์ทางการแพทย์นั้นใช้เวลายาวนานมากเกินไป จากงานวิจัยของ BenMessaoud et al., 2011 และ Alaboudi et al., 2016 แสดงให้เห็นว่าการฝึกอบรมใช้เวลายาวนานเป็นอุปสรรคที่ทำให้เจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ไม่ยอมรับการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์ นอกจากนี้ BenMessaoud et al., 2011 ได้ยืนยันว่าการเตรียม และตั้งค่าหุ่นยนต์ผ่าตัดที่นานมากเกินไปเป็นอีกหนึ่งอุปสรรคของการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์

สมมติฐานที่ 3 อุปสรรคด้านเวลามีความสัมพันธ์ในแง่บวกต่อการต่อต้านเจตนาการแสดงพฤติกรรมของผู้ใช้

การต่อต้านการเปลี่ยนแปลง หรือ Change resistance (Ch)

อุปสรรคด้านความเปลี่ยนแปลงหมายถึง ผู้ใช้ไม่ต้องการเปลี่ยนจากการรักษาแบบเดิมมาเป็นการใช้เทคโนโลยีการรักษาแบบใหม่ เนื่องจากเหตุผลส่วนตัว จากงานวิจัยและหนังสือหลายฉบับเช่น หนังสือของ Panteleimonitis & Parvaiz, 2017, และ Marescaux & Rubino, 2005 แสดงให้เห็นว่าการต่อต้านการเปลี่ยนแปลงส่งผลให้ผู้ใช้ต่อต้านการใช้งานเทคโนโลยีใดๆ ซึ่งมาจากหลายสาเหตุด้วยกันเช่น ผลประโยชน์ที่ไม่ชัดเจน, และไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนอุปกรณ์

สมมุติฐานที่ 4 อุปสรรคด้านการเปลี่ยนแปลงมีความสัมพันธ์ในแง่บวกต่อการต่อต้านเจตนาการแสดงพฤติกรรมของผู้ใช้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับหุ่นยนต์ทางการแพทย์ของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ในโรงพยาบาลรัฐประเทศไทย และเพื่อทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับหุ่นยนต์ทางการแพทย์มากที่สุด

ระเบียบวิธีวิจัย

วิธีการวิจัยสำรวจเชิงปริมาณถูกนำมาใช้ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์ของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ ซึ่งระเบียบวิธีวิจัยจะถูกแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้ 1) กำหนดขอบเขตของงานวิจัย, 2) กำหนดขนาดตัวอย่าง, 3) ตัวอย่างในการวิจัย, 4) กำหนดและสร้างเครื่องมือในการเก็บข้อมูล, 5) การเก็บข้อมูล, และ 6) วิเคราะห์ข้อมูล

1) กำหนดขอบเขตของงานวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือบุคลากรทางการแพทย์ได้แก่ แพทย์, พยาบาล, และเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ผู้ใช้หุ่นยนต์ทางการแพทย์ (เจ้าหน้าที่รังสีเทคนิค, นักกายภาพ, และนักวิทยาศาสตร์) ในโรงพยาบาลรัฐประเทศไทย

2) กำหนดขนาดตัวอย่าง

ขนาดตัวอย่างของงานวิจัยนี้ใช้การพิจารณาขนาดตัวอย่างจากการประมาณค่าของพารามิเตอร์ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนของพารามิเตอร์ โดย 1 พารามิเตอร์เท่ากับจำนวนประชากร 20 คน (Hair Jr, Black, Babin, & Anderson, 2010; Schumacker & Lomax, 2010) ซึ่งในงานวิจัยนี้มีพารามิเตอร์ (คำถาม) 15 ตัว จึงต้องมีขนาดตัวอย่าง 300 คนขึ้นไป

3) ตัวอย่างในการวิจัย

การวิจัยนี้มีกลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรทางการแพทย์ จำนวน 466 คน ในโรงพยาบาลรัฐประเทศไทย ผู้วิจัยจะทำการสุ่มตัวอย่าง โดยเลือกสุ่มจากบุคลากรทางการแพทย์ผู้ใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์ที่ถูกระบุไว้ข้างต้นในโรงพยาบาลที่ให้ความร่วมมือเข้าไปทำการเก็บข้อมูล ซึ่งมีจำนวน 295 ตัวอย่างจากโรงพยาบาลศิริราช, โรงพยาบาลธรรมศาสตร์, โรงพยาบาลรามธิบดี, และโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (โรงพยาบาลมหาวิทยาลัย) และ 171 ตัวอย่าง โรงพยาบาลระดับจังหวัด ได้แก่ โรงพยาบาลบุรีรัมย์, โรงพยาบาลอุดรธานี, โรงพยาบาลยโสธร, โรงพยาบาลสระบุรี, และโรงพยาบาลประจวบคีรีขันธ์ (โรงพยาบาลศูนย์โดยแบ่งออกเป็น แพทย์ 156 คน, พยาบาล 219 คน, นักกายภาพบำบัด 33 คน, และเจ้าหน้าที่อื่นๆอีก 58 คน

4) กำหนดและสร้างเครื่องมือในการเก็บข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในงานวิจัย สร้างขึ้นโดยใช้ทฤษฎีเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีเป็นพื้นฐาน และพัฒนามาตามลักษณะการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์ของบุคลากรทางการแพทย์ในโรงพยาบาลรัฐประเทศไทย หลังจากนั้นแบบสอบถามจะได้รับการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญและที่ปรึกษา

5) การเก็บข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้รับจดหมายอย่างเป็นทางการให้สามารถเข้าไปเก็บข้อมูลในโรงพยาบาลที่เป็นกลุ่มเป้าหมายโดยบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยมหิดลประเทศไทย หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ส่งแบบสอบถามที่ได้รับความเห็นชอบจากหัวหน้าแผนกไปตามแผนกต่างๆในโรงพยาบาลที่มีการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์ และใช้แบบสอบถามทางออนไลน์สำหรับเก็บข้อมูลจากโรงพยาบาลประจำจังหวัด ซึ่งจะดำเนินการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคม 2562 ถึงเดือนมิถุนายน 2562 โดยมีเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์เข้าร่วมจำนวน 466 คน (สามารถใช้ได้เนื่องจากมีจำนวนตัวอย่างเกิน 300 คน)

6) วิเคราะห์ข้อมูล

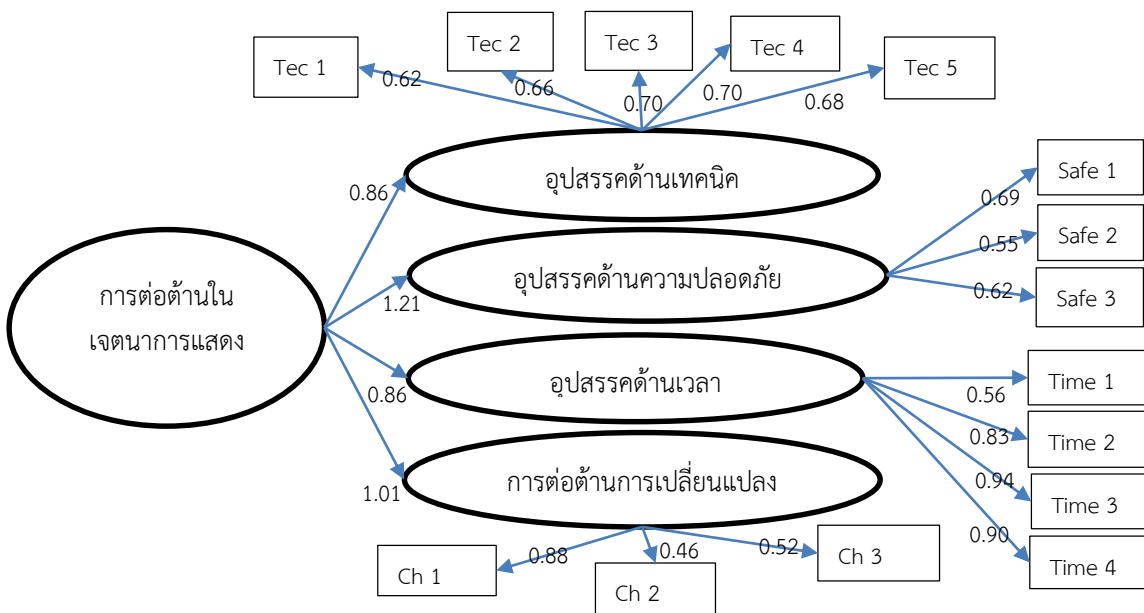
ในงานวิจัยนี้จะใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบสถิติเชิงพรรณนา, และการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis หรือ CFA) ในการหาปัจจัยที่มีผลต่อด้านการยอมรับเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์

ผลการวิจัย

ค่า Cronbach's Alpha แบบ 1-5 Likert scales ถูกใช้สำหรับการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ และเทคนิค Item-Objective Congruence (IOC) ถูกใช้ในการทดสอบความถูกต้องในงานวิจัยนี้ ตามหลักสถิติที่นั้น Cronbach's Alpha ต้องมีค่ามากกว่า 0.7 และค่า IOC ต้องมีค่ามากกว่า 0.5 จึงจะถือว่าให้ผลผ่านในการพิจารณาตามหลักสถิติ ซึ่งค่าจากการทดสอบ Cronbach's Alpha และ IOC ให้ผลผ่านเกณฑ์เนื่องจากมีค่าเกิน 0.70 และ 0.50 ตามลำดับในทุกข้อคำถามของปัจจัย

การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis หรือ CFA) ถูกใช้ในการทดสอบสมมติฐาน และค่าน้ำหนัก (factor loading) ของปัจจัยต่อต้านแต่ละตัว โดยพิจารณาค่า t-value จาก t-test ซึ่งเป็นเทคนิควิธีการทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างหนึ่ง หรือสองกลุ่มที่อาจมีความสัมพันธ์กันหรือเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งเกณฑ์ในการพิจารณาคือค่าสมบูรณ์ของ t (t-value) ต้องมีค่ามากกว่า 1.96 จึงจะถือว่ายอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ของ CFA (สุขสว่าง, 2561) โดยขั้นตอนแรกตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมด (Tech1-Ch3) จะถูกตรวจสอบ ซึ่งผลที่ได้คือตัวแปรทุกตัวมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากมีค่า t-value มากกว่า 1.96 ในทุกข้อคำถาม และมีค่าความสัมพันธ์ผ่านตามเกณฑ์ทางทฤษฎี นั่นคือ $\chi^2/df < 2$, GFI AGFI TLI NFI > 0.95 และ RMSEA RMR SRMR < 0.05 (สุขสว่าง, 2561)

การวิเคราะห์แบบ CFA ถูกนำมาใช้อีกครั้งเพื่อหาค่าน้ำหนัก (factor loading) และทดสอบสมมติฐานของปัจจัยอุปสรรคแต่ละตัวที่ได้รับการยอมรับ โดยรูปแบบของอุปสรรคการยอมรับหุ่นยนต์ทางการแพทย์และค่าน้ำหนักถูกแสดงไว้ดังในรูปที่ 2 จากการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่เป็นอุปสรรคประกอบไปด้วย 4 ปัจจัย เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้มีค่า t-value มากกว่า 1.96 ในทุกปัจจัยและมีค่า $\chi^2/df < 2$, GFI AGFI TLI NFI > 0.95 และ RMSEA RMR SRMR < 0.05 (สุขสว่าง, 2561) ผ่านตามเกณฑ์ของทฤษฎีการวิเคราะห์แบบ CFA โดยผลการวิเคราะห์นั้นถูกแสดงไว้ในตารางที่ 1 นอกจากนั้นปัจจัยที่เป็นอุปสรรคยังมีความสัมพันธ์เป็นบวกต่อการต่อต้านในเจตนาการแสดงพฤติกรรมในการใช้หุ่นยนต์ทางการแพทย์ โดยความหมายของตัวแปรสังเกตได้ (คำถาม Tech1-Ch3) จะถูกอธิบายไว้ในส่วนของสรุปและอภิปรายผล



รูปที่ 2 ค่าน้ำหนักของรูปแบบปัจจัยอุปสรรค

ตารางที่ 1 แสดงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่ 2 (2nd order confirmatory factor analysis)

Factor	Factor loading	T-value (≥ 1.96)	Percentage Approximation (%)	Result
Technical Barrier	0.86	11.98	21.83	Accept
Safety Barrier	1.21	16.38	30.71	Accept
Time Barrier	0.86	11.56	21.83	Accept
Change Barrier	1.01	21.22	25.63	Accept

อุปสรรคด้านความปลอดภัยมีอิทธิพลสูงสุดต่อเจตนาการต่อต้านการใช้หุ่นยนต์ทางการแพทย์ ตามมาด้วยการต่อต้านการเปลี่ยนแปลง, อุปสรรคด้านเทคนิค, และอุปสรรคด้านเวลา ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ปัจจัยต่อต้านการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์ของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ในโรงพยาบาลรัฐประเทศไทยเพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยต่อต้านใดมีผลต่อการยอมรับหุ่นยนต์ทางการแพทย์ และมีอิทธิพลต่อเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์มากที่สุด การวิเคราะห์ปัจจัยยืนยัน (CFA) ถูกใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบในงานวิจัยเพื่อยืนยันสมมติฐาน และค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย ซึ่งผลการวิจัยยืนยันว่าปัจจัยที่มีผลต่อการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์ของบุคลากรทางการแพทย์นั้นเกิดจากอุปสรรคด้านความปลอดภัย (safety barrier), การต่อต้านการเปลี่ยนแปลง (change barrier), อุปสรรคด้านเวลา (time barrier), และ อุปสรรคด้านเทคนิค (technical barrier) ตามลำดับ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดคืออุปสรรคด้านความปลอดภัย ปัจจัยนี้ถูกพิจารณาจากการไม่มีความรู้พื้นฐานและความเชี่ยวชาญที่มากพอในการใช้งานหุ่นยนต์ของเจ้าหน้าที่ (Safe1), ความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์และผู้ป่วยเมื่อใช้หุ่นยนต์ (Safe3), และความวิตกกังวลเนื่องจากไม่ได้ทำการสัมผัสกับผู้ป่วยโดยตรง (Safe2)

อุปสรรคลำดับต่อมาคือการต่อต้านการเปลี่ยนแปลง ปัจจัยนี้ถูกพิจารณาจากการไม่ทราบประโยชน์ที่ชัดเจนเกี่ยวกับหุ่นยนต์ทางการแพทย์ของเจ้าหน้าที่ (Ch2), ความไม่สบายใจที่จะเปลี่ยนการรักษาจากแบบเดิมมาเป็นการใช้หุ่นยนต์ (Ch1), และไม่เห็นความจำเป็นในการเปลี่ยนจากการรักษาแบบเดิมมาเป็นการใช้หุ่นยนต์ (Ch3)

อุปสรรคด้านเวลาเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลเป็นลำดับต่อมา ปัจจัยนี้พิจารณาจากการฝึกอบรมทำให้เสียเวลาในการทำงาน (Time3), การเรียนรู้ระบบ และวิธีใช้งานใช้เวลานาน (Time4), การฝึกอบรมใช้เวลานานมากเกินไป (Time2), และการเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้เวลานานมากเกินไป (Time1)

ปัจจัยสุดท้ายคืออุปสรรคด้านเทคนิค ปัจจัยนี้มีสาเหตุมาจากหุ่นยนต์ไม่สามารถตอบสนองงานของเจ้าหน้าที่ (Tech3), ไม่มีผู้เชี่ยวชาญมาสอนวิธีการใช้ (Tech4), ผลลัพธ์ที่ได้นั้นไม่ชัดเจน (Tech5), การฝึกอบรมเข้าใจยาก (Tech2), และการใช้งานหุ่นยนต์ทางการแพทย์นั้นยาก (Tech1)

งานวิจัยก่อนหน้าได้แนะนำวิธีแก้ปัญหาสำหรับอุปสรรคเหล่านี้ไว้ว่า 1) ผู้บริหารโรงพยาบาลต้องทำการประเมินระดับความรู้และความสามารถของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ (Ginsberg, 2007) หลังจากนั้นจึงจัดการฝึกอบรมให้เหมาะสมต่อเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ (Hasanain & Cooper, 2014) และทำการประเมินหลังการฝึกอบรม (Ginsberg, 2007) ซึ่งการฝึกอบรมเหล่านี้จะส่งผลให้เจ้าหน้าที่ทางการแพทย์รู้สึกปลอดภัยในการใช้งานหุ่นยนต์ (Hasanain & Cooper, 2014), 2) ต้องทำการหาผู้ดำเนินงานที่สามารถจูงใจเจ้าหน้าที่ให้ใช้หุ่นยนต์ในการดำเนินงานทางการแพทย์ได้ (Poon et al., 2004) และทีมควรประกอบไปด้วยผู้รับผิดชอบ, วิศวกร, หัวหน้าชุดฝึกอบรม, และผู้ให้การสนับสนุนลูกค้า (Collons, Wilkinson, Douced, Wyre, & Hevey, 2006) นอกจากนั้นการใช้งานหุ่นยนต์ควรอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (Collons et al., 2006), 3) นักออกแบบหุ่นยนต์ทางการแพทย์ควรออกแบบฟังก์ชันการใช้งานหุ่นยนต์ให้คล้ายกับอุปกรณ์แบบดั้งเดิม เพื่อลดเวลาในการฝึกอบรม และเตรียมอุปกรณ์ (Alateyah, Crowder, & Wills, 2013; Almutairi, 2011; BenMessaoud et al., 2011), และ 4) หุ่นยนต์ทางการแพทย์ควรจะถูกออกแบบให้ง่ายต่อการเรียนรู้ และใช้งาน (BenMessaoud et al., 2011) นอกจากนั้นฟังก์ชันของหุ่นยนต์ต้องสามารถตอบสนองงานของเจ้าหน้าที่ได้เป็นอย่างดี (BenMessaoud et al., 2011) คำแนะนำเหล่านี้จะช่วยลดอุปสรรคต่างๆที่ส่งผลต่อการยอมรับหุ่นยนต์ทางการแพทย์ได้

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้ได้ปรับปรุงโมเดลจากทฤษฎีปัจจัยอุปสรรคของ Pagani ดังนั้นอาจมีปัจจัยต่อต้านอื่นๆเกี่ยวกับหุ่นยนต์ทางการแพทย์ที่ไม่ถูกรวมอยู่ในการศึกษานี้ นอกจากนี้การศึกษานี้ได้เน้นไปที่พฤติกรรมของบุคลากรทางการแพทย์ในโรงพยาบาลรัฐเท่านั้น จึงไม่สามารถใช้ผลจากงานวิเคราะห์นี้สำหรับกลุ่มอื่นได้เช่น

เอกสารอ้างอิง

- Alaboudi, A., Atkins, A., Sharp, B., Alzahrani, M., Balkhair, A., & Sunbul, T. (2016). Perceptions and attitudes of clinical staff towards telemedicine acceptance in Saudi Arabia. *2016 IEEE/ACS 13th International Conference of Computer Systems and Applications (AICCSA)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/AICCSA.2016.7945714>
- Alaiad, A., & Zhou, L. (2013). Patients' Behavioral Intention toward Using Healthcare Robots. *AMCIS*.
- Alaiad, A., & Zhou, L. (2014). The determinants of home healthcare robots adoption: An empirical investigation. *International Journal of Medical Informatics*, *83*(11), 825–840. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2014.07.003>
- Alateyah, S., Crowder, R. M., & Wills, G. B. (2013). Identified factors affecting the citizen's intention to adopt e-government in Saudi Arabia. *International Journal of Social, Human Science and Engineering*, *7*(8), 244–252.
- Almutairi, B. (2011). *A strategic roadmap for achieving the potential benefits of electronic health record system in the state of Kuwait*.
- Bartos, C. E., Butler, B. S., & Crowley, R. S. (2011). Ranked Levels of Influence model: Selecting influence techniques to minimize IT resistance. *Journal of Biomedical Informatics*, *44*(3), 497–504. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2010.02.007>
- BenMessaoud, C., Kharrazi, H., & MacDorman, K. F. (2011). Facilitators and Barriers to Adopting Robotic-Assisted Surgery: Contextualizing the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *PLOS ONE*, *6*(1), e16395. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016395>
- Bhattacharjee, A., & Hikmet, N. (2007). Physicians' Resistance toward Healthcare Information Technologies: A Dual-Factor Model. *2007 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'07)*, 141–141. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2007.437>
- Cenfetelli, R. T. (2004). Inhibitors and Enablers as Dual Factor Concepts in Technology Usage. *Journal of the Association for Information Systems*, *5*(11). Retrieved from <https://aisel.aisnet.org/jais/vol5/iss11/16>
- Collons, F., Wilkinson, G. L., Douced, R., Wyre, C., & Hevey, D. C. (2006). Planning Your EHR System: Guidelines for Executive Management. *MHCA/SATVA Task Force, USA*.
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, *13*(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Ginsberg, D. (2007). Successful preparation and implementation of an electronic health records system. *Best Practices: A Guide for Improving the Efficiency and Quality of Your Practice, 2007*.
- Hair Jr, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate Data Analysis (7 edition)*. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Hasanain, R. A., & Cooper, H. (2014). Solutions to Overcome Technical and Social Barriers to Electronic Health Records Implementation in Saudi Public and Private Hospitals. *Journal of Health Informatics in Developing Countries*, *8*(1), 46–63.

- Hsieh, P.-J. (2015). Healthcare professionals' use of health clouds: Integrating technology acceptance and status quo bias perspectives. *International Journal of Medical Informatics*, 84(7), 512–523. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2015.03.004>
- Hsieh, P.-J. (2016). An empirical investigation of patients' acceptance and resistance toward the health cloud: The dual factor perspective. *Computers in Human Behavior*, 63, 959–969. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.06.029>
- Joshi, K. (2005). Understanding User Resistance and Acceptance during the Implementation of an Order Management System: A Case Study Using the Equity Implementation Model. *Journal of Information Technology Case and Application Research*, 7, 6–20. <https://doi.org/10.1080/15228053.2005.10856057>
- Marescaux, J., & Rubino, F. (2005). Robotic surgery: Potentials, barriers, and limitations. *European Surgery*, 37(5), 279–283. <https://doi.org/10.1007/s10353-005-0182-z>
- Nguyen, H., Ciocarlie, M., Hsiao, K., & Kemp, C. C. (2013). ROS commander (ROSCo): Behavior creation for home robots. *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 467–474. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2013.6630616>
- Norzaidi, M., Mohamed, I., Chong, S.-C., & Kamarudin, R. (2008). A Study of Intranet Usage and Resistance in Malaysia's Port Industry. *Journal of Computer Information Systems*, 49, 37–47. <https://doi.org/10.1080/08874417.2008.11645304>
- Pagani, M. (2004). Determinants of adoption of third generation mobile multimedia services. *Journal of Interactive Marketing*, 18(3), 46–59. <https://doi.org/10.1002/dir.20011>
- Panteleimonitis, S., & Parvaiz, A. (2017). Robotic colorectal surgery. *Surgery - Oxford International Edition*, 35(3), 151–156. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2016.12.004>
- Phichitchaisopa, N., & Naenna, T. (2013). Factors affecting the adoption of healthcare information technology. *EXCLI Journal*, 12, 413–436.
- Poon, E. G., Blumenthal, D., Jaggi, T., Honour, M. M., Bates, D. W., & Kaushal, R. (2004). Overcoming barriers to adopting and implementing computerized physician order entry systems in U.S. hospitals. *Health Affairs (Project Hope)*, 23(4), 184–190. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.23.4.184>
- Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2010). *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling*. Routledge.
- Stahl, B. C., & Coeckelbergh, M. (2016). Ethics of healthcare robotics: Towards responsible research and innovation. *Robotics and Autonomous Systems*, 86, 152–161. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2016.08.018>
- Wongpiromsarn, T., Damrongchai, N., & Vatananan-Thscsnvitz, R. (2016). Technology development roadmap for medical robotics in Thailand. *2016 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, 3240–3248. <https://doi.org/10.1109/PICMET.2016.7806571>
- ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน), ศ. (องค์การมหาชน). (2015). *แผนที่นำทาง การพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์*. Retrieved from <https://www.tci-thaijo.org/index.php/TBPS/article/download/71472/57959/>
- สุขสว่าง, พ. (2561). *โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling)* (พิมพ์ครั้งที่ 2, Vol. 2561). ชลบุรี: เอ.พี.บลูปรีนท์.
- เหล่าวัฒนา, น., เจริญเสียง, น., ไทรเมฆ, น., ทรงชน, น., มณีวรรณ, น., ศุภมณี, น., & ช่างโชติ, น. (2002). เล่มที่ ๓๖—สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ. Retrieved 27 September 2019, from <http://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=36&page=main>

ทัศนคติและพฤติกรรมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา ที่มีต่อการใช้บริการรถตู้
โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน

ปริยารัตน์ นาคสุวรรณ และมลชกานต์ สุขใหญ่

ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Email: preeyarat@buu.c.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาทัศนคติและพฤติกรรมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา ที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน (2) เปรียบเทียบทัศนคติของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา ที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) - บางแสน จำแนกตามเพศ ชั้นปีที่ศึกษา คณะที่ศึกษา และรายได้ต่อเดือน (3) เปรียบเทียบพฤติกรรมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา ที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) - บางแสน จำแนกตามเพศ ชั้นปีที่ศึกษา คณะที่ศึกษา และรายได้ต่อเดือน

ผลการศึกษา พบว่าเพศชายและเพศหญิงมีทัศนคติต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน ไม่แตกต่างกัน เพศชายและเพศหญิงมีพฤติกรรมที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน ในข้อจุดประสงค์ในการใช้บริการ แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

คำสำคัญ: ทัศนคติ พฤติกรรม ความสัมพันธ์

**ATTITUDE AND BEHAVIORS OF UNDERGRADUATE
STUDENTS AT BURAPHA UNIVERSITY TO USING THE
BANGKOK (RANGSIT) – BANGSEAN PUBLIC VAN SERVICE**

Preeyarat Naksuwan and Montakan Sukyai

Department of Mathematics, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi Thailand

E-mail; preeyarat@buu.ac.th

ABSTARCT

The purpose of this research (1) study attitudes and behavior and behaviors of undergraduate students at Burapha University to using the BANGKOK (RANGSIT) – BANGSEAN public van service (2) comparison of attitudes of undergraduate students at Burapha University to use the BANGKOK (RANGSIT) – BANGSEAN public van service classified by gender, class, faculty and income (3) comparison of behaviors of undergraduate students at Burapha University to use the BANGKOK (RANGSIT) – BANGSEAN public van service classified by gender, class, faculty and income

The results of the study showed that male and female were not different attitude towards use the BANGKOK (RANGSIT) – BANGSEAN. Males and females have behaviors towards use the van service in BANGKOK (RANGSIT) – BANGSEAN in the purpose of using the service differently level of significance 0.05

Keywords: attitudes; behavior; relationship

บทนำ

ในปัจจุบันการคมนาคมขนส่งจัดว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำเนินชีวิตของประชาชน ไม่ว่าจะเป็นการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนตัว รถตู้โดยสาร รถเมล์ รถไฟ รถไฟฟ้า ฯลฯ ซึ่งมีความสะดวกเป็นอย่างมากสำหรับประชาชนที่ต้องเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ เช่น สถานที่ศึกษา สถานที่ทำงาน สถานที่ท่องเที่ยว ทั้งนี้รถโดยสารสาธารณะเป็นที่ต้องการของประชาชนที่ไม่มีรถยนต์ส่วนตัว จากสถิติจำนวนรถตู้โดยสารประจำทางทั่วประเทศ ข้อมูล ณ 30 กันยายน 2560 มีจำนวนทั้งสิ้น 16,694 คัน (กรมการขนส่งทางบก , 2560) ซึ่งมีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปีเนื่องจากมีผู้ใช้บริการจำนวนมาก อีกทั้งยังง่ายต่อการเดินทางและไม่แออัดมากจนเกินไป การเดินทางด้วยรถตู้โดยสารสาธารณะเป็นการให้บริการแบบร่วมบริการระหว่างรถร่วมเอกชนกับบริษัทขนส่ง ซึ่งมีการให้บริการเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพของการบริการ ด้านความปลอดภัย สำหรับผู้โดยสาร ไม่ว่าจะเป็นการเก็บค่าโดยสารเกินราคาที่กำหนด การรับผู้โดยสารเกินกำหนดที่นั่ง การขับเร็วเกินมาตรฐาน และการพูดจาไม่สุภาพของผู้ให้บริการ ซึ่งปัญหาเหล่านี้ควรมีการเอาใจใส่และเร่งแก้ไข เพื่อให้ประชาชนได้รับบริการที่มีคุณภาพ

รถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) - บางแสน เป็นเส้นทางหนึ่งที่มีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมาก โดยกลุ่มคนส่วนใหญ่ที่ใช้บริการเป็นนิสิตจากมหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งสถานีให้บริการรถตู้จะอยู่ที่ฝั่งตรงข้ามโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา รถตู้จะให้บริการวันจันทร์ถึงวันพฤหัสบดี เวลา 05.30 - 19.00 น. วันศุกร์ - วันอาทิตย์ เวลา 05.30 - 20.00 น. โดยรถออกทุก 40 นาที

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาทัศนคติและพฤติกรรมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา ที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) - บางแสน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ให้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) - บางแสน ในการปรับปรุงการบริการให้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อเปรียบเทียบทัศนคติของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา ที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) - บางแสน จำแนกตามเพศ ชั้นปีที่ศึกษา คณะที่ศึกษา และรายได้ต่อเดือน
2. เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา ที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) - บางแสน จำแนกตามเพศ ชั้นปีที่ศึกษา คณะที่ศึกษา และรายได้ต่อเดือน

ระเบียบวิธีวิจัย

การกำหนดประชากรและการเลือกตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพาที่ใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ-บางแสน

การเลือกตัวอย่าง

เลือกตัวอย่างโดยการสำรวจนิสิตที่มาใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) - บางแสน ณ สถานีให้บริการรถตู้โดยสารฝั่งตรงข้ามโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา โดยใช้แบบสอบถาม เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 11 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 11 เดือน เมษายน พ.ศ. 2562 เลือกตัวอย่างแบบเจาะจง ได้ข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด 170 คน สำหรับเนื้อหาของแบบสอบถามแบ่งเป็น 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ ชั้นปีที่ศึกษา คณะ และรายได้ต่อเดือน จำนวน 4 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติการใช้บริการรถตู้โดยสาร จำนวน 19 ข้อ

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้บริการรถตู้โดยสาร จำนวน 7 ข้อ

เกณฑ์การแปลผล

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00-1.80 หมายถึง ทัศนคติอยู่ในระดับไม่ดีย่างยิ่ง

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.81-2.60 หมายถึง ทัศนคติอยู่ในระดับไม่ดี

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.61-3.40 หมายถึง ทัศนคติอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.41-4.20 หมายถึง ทัศนคติอยู่ในระดับดี

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.21-5.00 หมายถึง ทัศนคติอยู่ในระดับดีอย่างยิ่ง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามเพศ ชั้นปีที่ศึกษา คณะ รายได้ต่อเดือน วิเคราะห์โดยการแจกแจงความถี่และร้อยละ

ส่วนที่ 2 ศึกษาทัศนคติที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) - บางแสน วิเคราะห์โดยค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ส่วนที่ 3 ศึกษาพฤติกรรมที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) - บางแสน วิเคราะห์โดยการแจกแจงความถี่และร้อยละ

การวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน

1. หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (ส่วนที่ 1) และทัศนคติในแต่ละด้าน (ส่วนที่ 2) โดยใช้สถิติทดสอบไคกำลังสอง ส่วนการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั่วไปในข้อรายได้ต่อเดือน และทัศนคติในแต่ละด้าน ใช้สถิติทดสอบสเปียร์แมน

2. หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (ส่วนที่ 1) และพฤติกรรมในแต่ละด้าน (ส่วนที่ 3) โดยใช้สถิติทดสอบไคกำลังสอง ส่วนการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามและพฤติกรรมในข้อระยะเวลาที่รอรถตู้โดยสาร ข้อความถี่ในการใช้บริการรถตู้โดยสารและข้อค่าใช้จ่ายในการเดินทางโดยรถตู้โดยสาร ใช้สถิติทดสอบสเปียร์แมน

3. หากผลการทดสอบในข้อที่ 1 และข้อที่ 2 พบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และทัศนคติและพฤติกรรมในแต่ละด้าน จะเปรียบเทียบความแตกต่างของทัศนคติและพฤติกรรมที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสาร เส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) - บางแสน ในกรณีที่ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ เพศ ใช้สถิติทดสอบ Z ส่วนกรณีที่ข้อมูลแบ่งออกได้มากกว่า 2 กลุ่ม ได้แก่ ชั้นปีที่ศึกษา คณะ และรายได้ต่อเดือน ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way Analysis of Variance) เมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทดสอบโดยใช้การทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison Test) โดยวิธี Tukey เนื่องจาก ต้องการควบคุมความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 และเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจสำหรับทุกสมมุติฐาน การทดสอบ จะตัดสินใจปฏิเสธสมมุติฐานหลักเมื่อ $P - value$ (ค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการคำนวณตัวสถิติทดสอบ) มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (α)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติทดสอบไคกำลังสอง (Chi-square test)

ตัวสถิติทดสอบเป็นดังนี้

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

โดย O_{ij} แทนความถี่ของค่าสังเกตที่เกิดขึ้นในแถวที่ i สดมภ์ที่ j

E_{ij} แทนความถี่ที่คาดหวังในแถวที่ i สดมภ์ที่ j

r_i ผลรวมของแถว

c_j ผลรวมของสดมภ์

2. การทดสอบสหสัมพันธ์ (Correlation test) จะใช้สหสัมพันธ์ลำดับที่สเปียร์แมน

(Spearman rank correlation)

ตัวสถิติทดสอบเป็นดังนี้

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

โดย d_i แทนผลต่างของข้อมูลคู่ที่ i

3. สถิติทดสอบ Z

ตัวสถิติทดสอบเป็นดังนี้

$$Z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

โดย \bar{x}_1 และ \bar{x}_2 แทนค่าเฉลี่ยของตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

s_1 และ s_2 แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

n_1 และ n_2 แทนขนาดตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Variance)

ตัวสถิติทดสอบเป็นดังนี้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA)

Source	df	SS	MS	F
Between groups	$k - 1$	$SSB = \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{n_i} - \frac{T^2}{n}$	$MSB = \frac{SSB}{k - 1}$	$F = \frac{MSB}{MSW}$
Within groups	$n - k$	$SSW = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{n_i}$	$MSW = \frac{SSW}{n - k}$	

Total	$n-1$	$SST = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{T^2}{n}$
-------	-------	--

โดย	x_{ij}	แทนค่าสังเกตของหน่วยทดลองที่ j ในกลุ่มที่ i
	n_i	แทนจำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่มที่ i
	n	แทนจำนวนค่าสังเกตทั้งหมด
	k	แทนจำนวนกลุ่ม
	$T_i = \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$	แทนผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมดของกลุ่มที่ i
	$T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$	แทนผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมด

5. การทดสอบเปรียบเทียบเชิงพหุคูณ (Multiple Comparison Test) โดยวิธี Tukey
ตัวสถิติทดสอบเป็นดังนี้

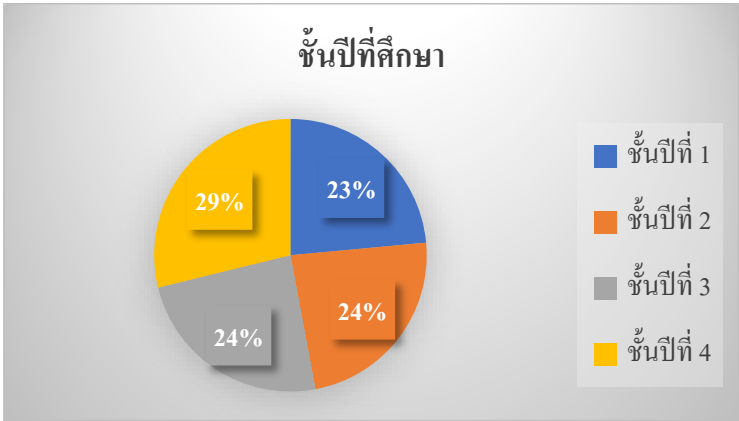
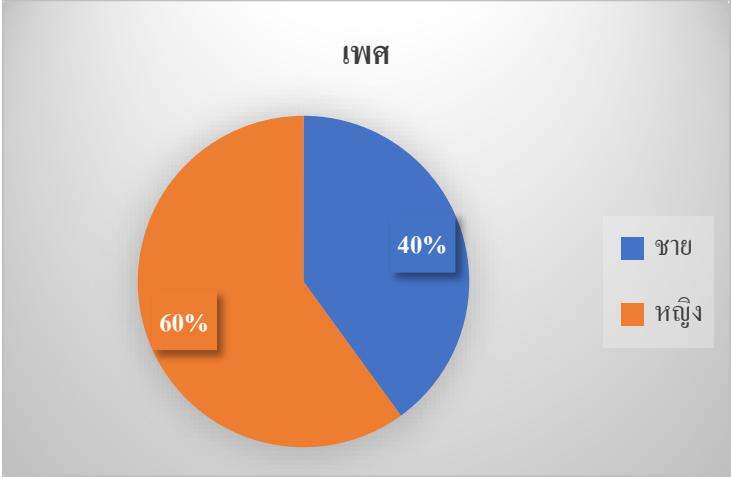
$$HSD = q_{\alpha, k, df_w} \sqrt{\frac{MSW}{n}}$$

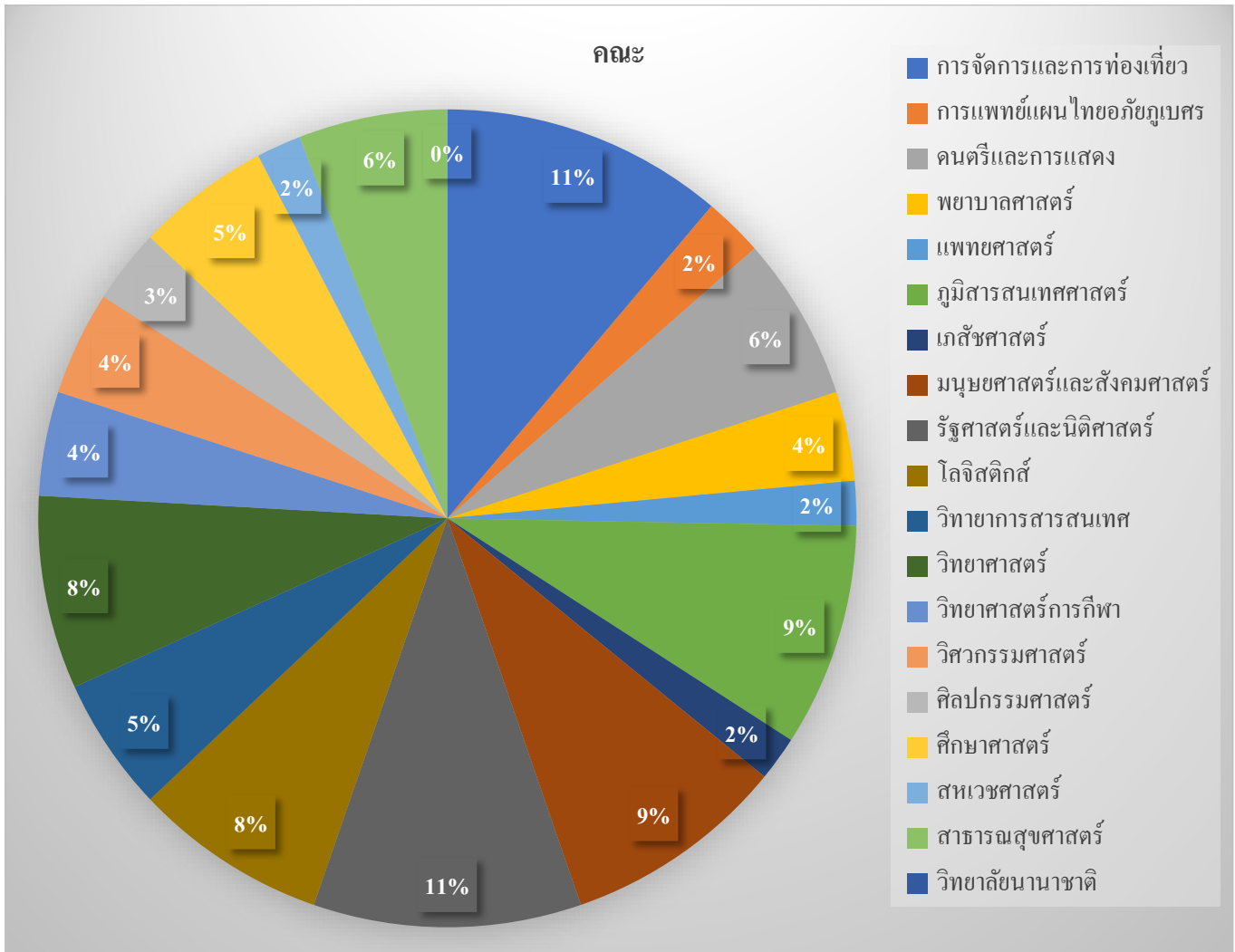
โดย	n	แทนจำนวนค่าสังเกตในแต่ละกลุ่ม
	k	แทนจำนวนกลุ่ม
	df_w	แทนองศาเสรี ซึ่ง $df_w = n - k$
	q_{α, k, df_w}	แทนค่าที่เปิดจากตาราง

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามได้ผลดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม





ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปผู้ตอบแบบสอบถามของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา จากกลุ่มตัวอย่าง 170 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 60.00 และเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 40.00 เป็นนิสิตที่ศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 1, 2, 3 และ 4 คิดเป็นร้อยละ 23, 24, 24 และ 28.82 ตามลำดับ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ศึกษาอยู่ในคณะการจัดการและการท่องเที่ยว คิดเป็นร้อยละ 11.18 และรายได้ต่อเดือนมีค่าเฉลี่ย 9,027 บาท

2. ทศนคติที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเกี่ยวกับทศนคติที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทาง

กรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน เป็นรายด้าน

ทัศนคติ	\bar{X}	S.E.	ระดับทัศนคติ
1. ด้านอัตราค่าโดยสาร	3.4765	0.0688	ดี
2. ด้านระยะเวลาในการเดินทาง	3.4530	0.0679	ดี
3. ด้านลักษณะการให้บริการของผู้ใช้บริการ	3.4710	0.0683	ดี
4. ด้านความปลอดภัยในการใช้บริการ	3.2059	0.0664	ปานกลาง
5. ด้านความสะอาดสบายในการใช้บริการ	3.1338	0.0658	ปานกลาง
6. ด้านความเชื่อถือได้ในการให้บริการ	3.4765	0.0645	ดี

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์พบว่า

2.1 ด้านอัตราค่าโดยสาร มีระดับทัศนคติที่ดี ดังนั้นอัตราค่าโดยมีความเหมาะสมเมื่อเทียบกับระยะทาง ซึ่งควรมีป้ายบอกราคาค่าโดยสารไว้ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2.2 ด้านระยะเวลาในการเดินทาง มีระดับทัศนคติที่ดี ดังนั้นในเรื่องระยะเวลาการเดินทางเป็นเรื่องที่ไม่แน่นอน บางครั้งอาจจะมีรถติดระหว่างการเดินทาง ผู้ประกอบการควรจะประชาสัมพันธ์ระยะเวลาให้แน่นอน ซึ่งจะเพิ่มความพึงพอใจให้แก่ผู้ใช้บริการมากยิ่งขึ้น

2.3 ด้านลักษณะการให้บริการของผู้ให้บริการ มีระดับทัศนคติที่ดี ดังนั้นผู้ประกอบการรถตู้โดยสารควรมีการฝึกอบรมพนักงานให้ดียิ่งขึ้น

2.4 ด้านความปลอดภัยในการใช้บริการ มีระดับทัศนคติปานกลาง ดังนั้นผู้ประกอบการควรมีมาตรการตกแต่งพนักงานที่ขับรถตู้โดยสารให้มีวินัยและไม่ขับรถด้วยความประมาท เพื่อความปลอดภัยแก่ผู้โดยสารมากยิ่งขึ้น

2.5 ด้านความสะอาดสบายในการใช้บริการ มีระดับทัศนคติปานกลาง ดังนั้น ผู้ประกอบการควรออกกฎระเบียบในการจำกัดการนำสิ่งของขึ้นรถตู้โดยสาร และควรรับผู้โดยสารตามจำนวนที่นั่งภายในรถตู้โดยสาร

2.6 ด้านความเชื่อถือได้ในการให้บริการ มีระดับทัศนคติที่ดี ดังนั้นพนักงานขับรถ ควรขับรถให้อยู่ในเส้นทางที่กำหนด

3. พฤติกรรมที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) - บางแสน

3.1 เหตุผลสำคัญที่เลือกใช้บริการรถตู้โดยสาร พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เลือกใช้บริการรถตู้โดยสาร เพราะระยะเวลาในการเดินทาง คิดเป็นร้อยละ 51.76

3.2 จุดประสงค์ในการใช้บริการ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เลือกเดินทางกลับบ้าน คิดเป็นร้อยละ 45.29

3.3 ช่วงเวลาในการเดินทาง พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เลือกเดินทางช่วงเวลา 16.00 – 18.59 น. คิดเป็นร้อยละ 43.53

3.4 ความต้องการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) - บางแสน ครั้งต่อไป พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เลือกใช้บริการต่อไป คิดเป็นร้อยละ 94.71

3.5 ระยะเวลาที่รอรถตู้โดยสาร โดยเฉลี่ยเท่ากับ 32.34 นาที

3.6 ความถี่ในการใช้บริการรถตู้โดยสาร โดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.718 ครั้งต่อเดือน

3.7 ค่าใช้จ่ายในการเดินทางโดยรถตู้โดยสาร โดยเฉลี่ยเท่ากับ 406.1 บาทต่อเดือน

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามและทัศนคติที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จำแนกเป็นรายข้อ พบว่า ทัศนคติที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสาร

เส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน ในข้ออัตราค่าโดยสารใกล้เคียงกับรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ (รถทัวร์) ข้อที่นั่งภายในรถโดยสาร และข้อข้อสภาพรถโดยสารที่ได้รับบริการ กับเพศของผู้ตอบแบบสอบถามมีความสัมพันธ์กัน

5. การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามและพฤติกรรมที่มีต่อการใช้บริการรถโดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จำแนกเป็นรายข้อ พบว่า พฤติกรรมที่มีต่อการใช้บริการรถโดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน ในข้อจุดประสงค์ในการใช้บริการ และข้อความถี่ในการใช้บริการรถโดยสาร มีความสัมพันธ์กับเพศของผู้ตอบแบบสอบถาม

6. การเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามกับคะแนนเฉลี่ยของทัศนคติที่มีต่อการใช้บริการรถโดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน

6.1 ข้ออัตราค่าโดยสารใกล้เคียงกับรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ (รถทัวร์) พบว่า นิสิตเพศชายและเพศหญิง มีคะแนนเฉลี่ยของทัศนคติที่มีต่อการใช้บริการรถโดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน ไม่แตกต่างกัน

6.2 ข้อที่นั่งภายในรถ นิสิตเพศชายและเพศหญิง มีคะแนนเฉลี่ยของทัศนคติที่มีต่อการใช้บริการรถโดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน ไม่แตกต่างกัน

6.3 ข้อสภาพรถโดยสารที่ได้รับบริการ นิสิตเพศชายและเพศหญิง มีคะแนนเฉลี่ยของทัศนคติที่มีต่อการใช้บริการรถโดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน ไม่แตกต่างกัน

7. การเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามกับคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมที่มีต่อการใช้บริการรถโดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน

7.1 ข้อจุดประสงค์ในการใช้บริการ นิสิตเพศชายและเพศหญิง มีคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมที่มีต่อการใช้บริการรถโดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน แตกต่างกัน ซึ่งพบว่า โดยส่วนใหญ่เพศชายมีจุดประสงค์เพื่อเดินทางไปต่อรถไปต่างจังหวัด และโดยส่วนใหญ่เพศหญิงมีจุดประสงค์เพื่อเดินทางกลับบ้าน

7.2 ข้อความถี่ในการใช้บริการรถโดยสาร นิสิตเพศชายและเพศหญิง คะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมที่มีต่อการใช้บริการรถโดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน ไม่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาครั้งต่อไปควรขยายระยะเวลาในการเก็บข้อมูลให้นานขึ้น
2. ควรเพิ่มการศึกษาในจุดบริการรถอื่นเพื่อจะได้ข้อมูลที่หลากหลายเพื่อนำไปปรับปรุงการให้บริการ
3. ควรศึกษาเพิ่มในกลุ่มผู้ใช้บริการกลุ่มอื่น

เอกสารอ้างอิง

กรณีพิทักษ์ อาสน์สุวรรณ. (2557). การพัฒนาคุณภาพการให้บริการรถโดยสารสาธารณะในเขตเมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี :

กรณีศึกษารถสองแถว (สีน้ำเงิน). งานนิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารทั่วไป, วิทยาลัยบริหารรัฐกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา.

กรมการขนส่งทางบก. (2560). การจัดวางที่นั่งรถโดยสารสาธารณะตามมาตรการเพิ่มความปลอดภัย. กรุงเทพฯ: กรมการขนส่งทางบก.

กรมการขนส่งทางบก. สืบค้นเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2562, จาก https://www.dlt.go.th/publicnews/view.php?_did=2145

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2545). การวิเคราะห์สถิติ. กรุงเทพฯ: สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย.

ชัยวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. (2555). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติการเลือกใช้บริการรถตู้โดยสาร กรุงเทพฯ-พัทยา. งานนิพนธ์บริหารธุรกิจบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการธุรกิจทั่วไป, คณะวิทยาการจัดการ, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

มริษา ไกรงู. (2553). ความพึงพอใจของผู้โดยสารต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารปรับอากาศเส้นทางกรณีศึกษา สายกรุงเทพฯ – เพชรบุรี. งานนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการ, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

สถิตินิสิต. วันที่ค้นข้อมูล 14 กุมภาพันธ์ 2562, จาก <https://reg.buu.ac.th>

เอกลักษณ์เชิงฟังก์ชันของอนุพันธ์

สิทธิกร นาคขาว และ อุษณีย์ สิริวัฒน์

ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร 10900

email: sitthikom.n@ku.th (สิทธิกร)

fsciutl@ku.ac.th (อุษณีย์)

บทคัดย่อ

ให้ R เป็นริง อนุพันธ์ของ R คือฟังก์ชันการบวก $D : R \rightarrow R$ ที่ว่า $D(ab) = D(a)b + aD(b)$ สำหรับทุก a, b ใน R ฟังก์ชันการบวก $D : R \rightarrow R$ เรียกว่า อนุพันธ์จอร์แดน ถ้า $D(a^2) = D(a)a + aD(a)$ สำหรับทุก a ใน R ให้ f และ g เป็นอันตร�ฐานของ R ฟังก์ชันการบวก $D : R \rightarrow R$ เรียกว่า (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดน ถ้า $D(a^2) = D(a)f(a) + g(a)D(a)$ สำหรับทุก a ใน R และฟังก์ชันการบวก $F : R \rightarrow R$ เรียกว่า (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดนทั่วไป ถ้า มี (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดน $D : R \rightarrow R$ ที่ว่า $F(a^2) = F(a)f(a) + g(a)D(a)$ สำหรับทุก a ใน R

จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้เพื่อหาเงื่อนไขบางประการที่แสดงว่าฟังก์ชันการบวกบนริงเป็น (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดน และ (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดนทั่วไป เมื่อ f และ g เป็นอันตร�ฐานของริง

คำสำคัญ: ริง, ฟังก์ชันการบวก, อนุพันธ์, อนุพันธ์จอร์แดน

On Functional Identities of Derivations

Sitthikorn Nakkao^a, Utsanee Leerawat^b;

Department of Mathematics, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

E-mail; ^asitthikorn.n@ku.th, ^bfsciutl@ku.ac.th

Abstract

Let R be a ring. A derivation on R is an additive mapping $D : R \rightarrow R$ such that $D(ab) = D(a)b + aD(b)$ for all a, b in R . An additive mapping $D : R \rightarrow R$ is called a Jordan derivation if $D(a^2) = D(a)a + aD(a)$ for all a in R . Let f and g be endomorphisms of R . An additive mapping $D : R \rightarrow R$ is called a Jordan (f, g) – derivation if $D(a^2) = D(a)f(a) + g(a)D(a)$ for all a in R . And an additive mapping $F : R \rightarrow R$ is called a generalized Jordan (f, g) – derivation if there exists a Jordan (f, g) – derivation $D : R \rightarrow R$ such that $F(a^2) = F(a)f(a) + g(a)D(a)$ for all a in R .

The aim of this research is to find some conditions showing that an additive mapping on a ring is a Jordan (f, g) – derivation and a generalized Jordan (f, g) – derivation, where f and g be endomorphisms of the ring.

Keywords: ring, additive mapping, derivation, Jordan derivation;

บทนำ

กำหนดให้ R เป็นริง ให้ n เป็นจำนวนนับที่ $n > 1$ จะเรียก R ว่า n -torsion free ถ้า $na = 0$ เมื่อ $a \in R$ แล้ว $a = 0$ จะเรียก R ว่าริงเฉพาะ ถ้าสำหรับ $a, b \in R$ ที่ $aRb = 0$ แล้ว $a = 0$ หรือ $b = 0$ และจะเรียก R ว่ากึ่งริงเฉพาะ ถ้าสำหรับ $a \in R$ ที่ $aRa = 0$ แล้ว $a = 0$

สำหรับ R เป็นริง เรียกฟังก์ชัน $D: R \rightarrow R$ ว่าอนุพันธ์ของ R ถ้า D มีสมบัติดังต่อไปนี้ (1) $D(a + b) = D(a) + D(b)$ และ (2) $D(ab) = D(a)b + aD(b)$ สำหรับทุก a, b ใน R เรียกฟังก์ชัน $D: R \rightarrow R$ ว่าอนุพันธ์จอร์แดนของ R ถ้า D มีสมบัติดังต่อไปนี้ (1) $D(a + b) = D(a) + D(b)$ และ (2) $D(a^2) = D(a)a + aD(a)$ สำหรับทุก a, b ใน R โดยนิยามจะเห็นได้ว่าทุกอนุพันธ์ของ R เป็นอนุพันธ์จอร์แดน แต่โดยทั่วไปอนุพันธ์จอร์แดนของ R ไม่ใช่อนุพันธ์ของ R

ในปี ค.ศ. 1957 I.N. Herstein ได้แสดงว่าอนุพันธ์จอร์แดนของริงเฉพาะ R ที่มีค่าลักษณะเฉพาะไม่เท่ากับ 2 เป็นอนุพันธ์ของ R ต่อมาในปี ค.ศ. 1988 M. Brešar ได้พิสูจน์อีกวิธีหนึ่งว่าสำหรับอนุพันธ์จอร์แดนบนกึ่งริงเฉพาะที่มี 2-torsion free จะเป็นอนุพันธ์ นอกจากนี้มีงานวิจัยหลายงานได้แก่ J. Cusack (1975), M. Brešar and J. Vukman (1991), J. Vukman (2006), J. Vukman (2011) เป็นต้น ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับอนุพันธ์จอร์แดนและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอนุพันธ์จอร์แดนกับอนุพันธ์บนริงหรือบนโครงสร้างพีชคณิตอื่น ๆ

ในปี ค.ศ. 2007 J. Vukman ได้ศึกษาการวางนัยทั่วไปของอนุพันธ์และอนุพันธ์จอร์แดน ดังนี้ สำหรับ R เป็นริงใด ๆ เรียกฟังก์ชัน $F: R \rightarrow R$ ว่าอนุพันธ์ทั่วไปของ R ถ้ามีอนุพันธ์ $D: R \rightarrow R$ ที่มีสมบัติดังต่อไปนี้ (1) $F(a + b) = F(a) + F(b)$ และ (2) $F(ab) = F(a)b + aD(b)$ สำหรับทุก a, b ใน R เรียกฟังก์ชัน $F: R \rightarrow R$ ว่าอนุพันธ์จอร์แดนทั่วไปของ R ถ้ามีอนุพันธ์จอร์แดน $D: R \rightarrow R$ ที่มีสมบัติดังต่อไปนี้ (1) $F(a + b) = F(a) + F(b)$ และ (2) $F(a^2) = F(a)a + aD(a)$ สำหรับทุก a, b ใน R โดยนิยามจะเห็นได้ว่าทุกอนุพันธ์ทั่วไปของ R เป็นอนุพันธ์จอร์แดนทั่วไป แต่ในทางกลับกันแล้วอนุพันธ์จอร์แดนทั่วไปของ R ไม่จำเป็นต้องเป็นอนุพันธ์ทั่วไปของ R นอกจากนี้ J. Vukman ได้พิสูจน์ว่าอนุพันธ์จอร์แดนทั่วไปบนกึ่งริงเฉพาะที่มี 2-torsion free เป็นอนุพันธ์ทั่วไป ต่อมาในปี ค.ศ. 2009 Basudeb Dhara และ R. K. Sharma ได้แสดงเงื่อนไขที่จะทำให้ฟังก์ชันการบวกเป็นอนุพันธ์ทั่วไปและอนุพันธ์จอร์แดนทั่วไป ดังนี้

ให้ n เป็นจำนวนนับใด ๆ และ R เป็นริงที่มีเอกลักษณ์การคูณและเป็น $(n + 1)!$ -torsion free ถ้า $F: R \rightarrow R$ และ $D: R \rightarrow R$ เป็นฟังก์ชันการบวก กล่าวคือ $D(a + b) = D(a) + D(b)$ และ $F(a + b) = F(a) + F(b)$ สำหรับทุก a, b ใน R ซึ่งสอดคล้องกับสมการ

$$F(x^{n+1}) = F(x)x^n + xD(x)x^{n-1} + x^2D(x)x^{n-2} + \dots + x^nD(x)$$

สำหรับทุก x ใน R แล้ว D เป็นอนุพันธ์จอร์แดน และ F เป็นอนุพันธ์จอร์แดนทั่วไปบน R

ฟังก์ชัน $*$: $R \rightarrow R$ เรียกว่า involution บนริง R เมื่อ $*(a) = a^*$ ถ้า (1) $(a + b)^* = a^* + b^*$ (2) $(a^*)^* = a$ และ (3) $(ab)^* = b^*a^*$ สำหรับทุก a, b ใน R เรียกริง R ว่า *-ริง (*-ring) ถ้า R เป็นริงพร้อมด้วย involution บน R

ให้ R เป็น *-ริง เรียกฟังก์ชันการบวก $D: R \rightarrow R$ ว่า *-อนุพันธ์จอร์แดน ถ้า $D(a^2) = D(a)a^* + aD(a)$ สำหรับทุก a ใน R และเรียกฟังก์ชันการบวก $F: R \rightarrow R$ ว่า *-อนุพันธ์จอร์แดนทั่วไป ถ้ามี *-อนุพันธ์จอร์แดน $D: R \rightarrow R$ ที่ว่า $F(a^2) = F(a)a^* + aD(a)$ สำหรับทุก a ใน R

ในปี ค.ศ. 2014 Nadeem ur Rehman, Adu Zaid Ansari และ Tarannum Bano ได้ศึกษาเงื่อนไขที่จะทำให้ฟังก์ชันการบวกเป็น *-อนุพันธ์จอร์แดน และ F เป็น *-อนุพันธ์จอร์แดนทั่วไปบน *-ริง ดังนี้

ให้ n เป็นจำนวนนับ และ R เป็น *-ริงที่มีเอกลักษณ์การคูณและเป็น $(n + 1)!$ -torsion free ถ้า $F: R \rightarrow R$ และ $D: R \rightarrow R$ เป็นฟังก์ชันการบวกที่สอดคล้องกับ

$$F(x^{n+1}) = F(x)(x^*)^n + xD(x)(x^*)^{n-1} + x^2D(x)(x^*)^{n-2} + \dots + x^nD(x)$$

สำหรับทุก x ใน R แล้ว D เป็น *-อนุพันธ์จอร์แดน และ F เป็น *-อนุพันธ์จอร์แดนทั่วไปบน R

ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อขยายงานวิจัยของ Nadeem ur Rehman, Adu Zaid Ansari และ Tarannum Bano โดยศึกษาการวางนัยทั่วไปของอนุพันธ์จอร์แดนและอนุพันธ์จอร์แดนทั่วไป กล่าวคือ ให้ f และ g เป็นอันตรัสฐานของริง R ฟังก์ชันการบวก $D: R \rightarrow R$ เรียกว่า (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดน ถ้า $D(a^2) = D(a)f(a) + g(a)D(a)$ สำหรับทุก a ใน R และฟังก์ชันการบวก $F: R \rightarrow R$ เรียกว่า (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดนทั่วไป ถ้ามี (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดน $D: R \rightarrow R$ ที่ว่า $F(a^2) = F(a)f(a) + g(a)D(a)$ สำหรับทุก a ใน R และเพื่อหาเงื่อนไขบางประการที่แสดงว่าฟังก์ชันการบวกของริง

เป็น (f, g) – อนุพันธ์จอร์แดนและ (f, g) – อนุพันธ์จอร์แดนทั่วไป จากผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาฟังก์ชันหรืออนุพันธ์ในรูปแบบอื่น ๆ บนโครงสร้างพีชคณิตต่าง ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาเงื่อนไขบางประการที่ทำให้ฟังก์ชันการบวกบนริงเป็น (f, g) – อนุพันธ์จอร์แดน และ (f, g) – อนุพันธ์จอร์แดนทั่วไป

ระเบียบวิธีวิจัย

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงบทนิยามและทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องกับผลการวิจัย

บทนิยาม 1 กำหนดให้ R เป็นริง f และ g เป็นอันตรสัจฐานของ R จะเรียกฟังก์ชันการบวก $D : R \rightarrow R$ ว่า (f, g) – อนุพันธ์ ((f, g) – derivation) ถ้า $D(ab) = D(a)f(b) + g(a)D(b)$ สำหรับทุก $a, b \in R$

บทนิยาม 2 กำหนดให้ R เป็นริง f และ g เป็นอันตรสัจฐานของ R จะเรียกฟังก์ชันการบวก $D : R \rightarrow R$ ว่า (f, g) – อนุพันธ์จอร์แดน (Jordan (f, g) – derivation) ถ้า $D(a^2) = D(a)f(a) + g(a)D(a)$ สำหรับทุก $a \in R$

บทนิยาม 3 กำหนดให้ R เป็นริง f และ g เป็นอันตรสัจฐานของ R จะเรียกฟังก์ชันการบวก $F : R \rightarrow R$ ว่า (f, g) – อนุพันธ์ทั่วไป (generalized (f, g) – derivation) ถ้ามี $D : R \rightarrow R$ เป็น (f, g) – อนุพันธ์ที่ทำให้ $F(ab) = F(a)f(b) + g(a)D(b)$ สำหรับทุก $a, b \in R$

บทนิยาม 4 กำหนดให้ R เป็นริง f และ g เป็นอันตรสัจฐานของ R จะเรียกฟังก์ชันการบวก $F : R \rightarrow R$ ว่า (f, g) – อนุพันธ์จอร์แดนทั่วไป (generalized Jordan (f, g) – derivation) ถ้ามี $D : R \rightarrow R$ เป็น (f, g) – อนุพันธ์จอร์แดน ที่ทำให้ $F(a^2) = F(a)f(a) + g(a)D(a)$ สำหรับทุก $a \in R$

บทนิยาม 5 กำหนดให้ R เป็นริง และ n เป็นจำนวนนับที่ $n > 1$ จะเรียก R ว่า n – torsion free ถ้า สำหรับ $a \in R$ ที่ $na = 0$ แล้ว $a = 0$

บทนิยาม 6 กำหนดให้ R เป็นริง และ n เป็นจำนวนนับที่ $n > 1$ จะเรียก R ว่า $n!$ – torsion free ถ้า R เป็น k – torsion free สำหรับทุกจำนวนเต็มบวก k ที่ $k|n!$

บทนิยาม 7 กำหนดให้ R เป็นริง จะเรียกฟังก์ชัน $* : R \rightarrow R$ ว่า involution บน R เมื่อ $*(a) = a^*$ ถ้า $*$ สอดคล้องกับสมบัติดังต่อไปนี้

1. $(a + b)^* = a^* + b^*$
2. $(ab)^* = b^*a^*$
3. $(a^*)^* = a$

สำหรับทุก $a, b \in R$ และจะเรียก R พร้อมด้วย involution $*$ ว่า $*$ – ริง ($*$ – ring)

ผลการวิจัย

ทฤษฎีบท กำหนดให้ n เป็นจำนวนนับ และ R ริงที่มีเอกลักษณ์การคูณ 1 และเป็น $(n+1)!$ – torsion free ถ้า $F : R \rightarrow R$ และ $D : R \rightarrow R$ เป็นฟังก์ชันการบวก และ f, g เป็นอันตรสัจฐานของ R ที่สอดคล้องกับ

$$F(x^{n+1}) = F(x)f(x)^n + g(x)D(x)f(x)^{n-1} + g(x)^2D(x)f(x)^{n-2} + \dots + g(x)^nD(x)$$

สำหรับทุก $x \in R$ แล้ว D เป็น (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดนบน R และ F เป็น (f, g) -อนุพันธ์ทั่วไปแบบจอร์แดนบน R

พิสูจน์ ให้ $x \in R$ และ

$$\begin{aligned} F(x^{n+1}) &= F(x)f(x)^n + g(x)D(x)f(x)^{n-1} + g(x)^2D(x)f(x)^{n-2} + \dots + g(x)^nD(x) \\ &= F(x)f(x)^n + \sum_{i=1}^n g(x)^i D(x)f(x)^{n-i} \end{aligned} \quad (1)$$

แทน x ด้วย 1 ใน (1) จะได้ว่า $F(1^{n+1}) = F(1)f(1)^n + \sum_{i=1}^n g(1)^i D(1)f(1)^{n-i}$

จะได้ว่า $nD(1) = 0$

เนื่องจาก R เป็น $(n+1)!$ -torsion free ดังนั้น $D(1) = 0$

แทน x ด้วย $x + k1$ สำหรับจำนวนนับ k ใด ๆ ใน (1) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} F((x + k1)^{n+1}) &= F(x + k1)f(x + k1)^n + \sum_{i=1}^n g(x + k1)^i D(x + k1)f(x + k1)^{n-i} \\ &= (F(x) + F(k1))(f(x) + f(k1))^n \\ &\quad + \sum_{i=1}^n (g(x) + kg(1))^i (D(x) + kD(1))(f(x) + f(k1))^{n-i} \end{aligned}$$

ดังนั้น $F((x + k1)^{n+1}) = (F(x) + kF(1))(f(x) + k1)^n$

$$+ \sum_{i=1}^n (g(x) + kg(1))^i D(x)(f(x) + k1)^{n-i} \quad (2)$$

เมื่อกระจายสมการ (2) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} &F(x^{n+1} + \dots + \binom{n+1}{n} x(k1)^n + (k1)^{n+1}) \\ &= (F(x) + kF(1)) \left(f(x)^n + \dots + \binom{n}{n-1} f(x)(k1)^{n-1} + (k1)^n \right) \\ &\quad + (g(x) + k1)D(x) \left(f(x)^{n-1} + \dots + \binom{n-1}{n-2} f(x)(k1)^{n-2} + (k1)^{n-1} \right) \\ &\quad + (g(x)^2 + 2g(x)(k1) + (k1)^2)D(x) \left(f(x)^{n-2} + \dots + \binom{n-2}{n-1} f(x)(k1)^{n-1} + (k1)^{n-2} \right) \\ &\quad \vdots \\ &\quad + \left(g(x)^{n-1} + \dots + \binom{n-1}{n-2} g(x)(k1)^{n-2} + (k1)^{n-1} \right) D(x)(f(x) + k1) \\ &\quad + \left(g(x)^n + \dots + \binom{n}{n-1} g(x)(k1)^{n-1} + (k1)^n \right) D(x) \end{aligned}$$

เนื่องจาก $(k1)^r = \underbrace{(1 + 1 + \dots + 1)}_r = k^r 1$ สำหรับจำนวนนับ r ใด ๆ และจาก (1) ทำให้ได้ว่า

$$\begin{aligned}
& F\left(\binom{n+1}{1}x^nk_1 + \dots + \binom{n+1}{n-1}x^2k^{n-1}_1 + \binom{n+1}{n}xk^n_1\right) \\
&= F(x)\left(\binom{n}{1}f(x)^{n-1}k_1 + \dots + \binom{n}{n-1}f(x)k^{n-1}_1 + k^n_1\right) \\
&\quad + kF(1)\left(f(x)^n + \dots + \binom{n}{n-2}f(x)^2k^{n-2}_1 + \binom{n}{n-1}f(x)k^{n-1}_1\right) \\
&\quad + g(x)D(x)\left(\binom{n-1}{1}f(x)^{n-2}k_1 + \dots + \binom{n-1}{n-2}f(x)k^{n-2}_1 + k^{n-1}_1\right) \\
&\quad + k_1D(x)\left(f(x)^{n-1} + \dots + \binom{n-1}{n-2}f(x)k^{n-2}_1 + k^{n-1}_1\right) \\
&\quad + g(x)^2D(x)\left(\binom{n-2}{1}f(x)^{n-3}k_1 + \dots + \binom{n-2}{n-3}f(x)k^{n-3}_1 + k^{n-2}_1\right) \\
&\quad + 2g(x)k_1D(x)\left(f(x)^{n-2} + \dots + \binom{n-2}{n-3}f(x)k^{n-3}_1 + k^{n-2}_1\right) \\
&\quad + k^2_1D(x)\left(f(x)^{n-2} + \dots + \binom{n-2}{n-3}f(x)k^{n-3}_1 + k^{n-2}_1\right) \\
&\quad \vdots \\
&\quad + \left(\binom{n-1}{1}g(x)^{n-2}k_1 + \dots + \binom{n-1}{n-2}g(x)k^{n-2}_1 + k^{n-1}_1\right)D(x)f(x) \\
&\quad + \left(g(x)^{n-1} + \dots + \binom{n-1}{n-2}g(x)k^{n-2}_1 + k^{n-1}_1\right)D(x)k_1 \\
&\quad + \left(\binom{n}{1}g(x)^{n-1}k_1 + \dots + \binom{n}{n-1}g(x)k^{n-1}_1 + k^n_1\right)D(x)
\end{aligned}$$

ถ้าให้ $h_j(x, 1)$ แทนสัมประสิทธิ์ของ k^j สำหรับ $j = 1, 2, \dots, n$ จะได้สมการ

$$kh_1(x, 1) + k^2h_2(x, 1) + \dots + k^nh_n(x, 1) = 0$$

เมื่อแทน k ด้วย $1, 2, \dots, n$ จะได้ระบบสมการดังนี้

$$1h_1(x, 1) + 1^2h_2(x, 1) + \dots + 1^nh_n(x, 1) = 0$$

$$2h_1(x, 1) + 2^2h_2(x, 1) + \dots + 2^nh_n(x, 1) = 0$$

⋮

$$nh_1(x, 1) + n^2h_2(x, 1) + \dots + n^nh_n(x, 1) = 0$$

เมื่อนำระบบสมการข้างต้นมาเขียนในรูปของระบบเมทริกซ์ จะได้ว่า

$$\begin{bmatrix} 1 & 1^2 & \dots & 1^n \\ 2 & 2^2 & \dots & 2^n \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ n & n^2 & \dots & n^n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1(x, 1) \\ h_2(x, 1) \\ \vdots \\ h_n(x, 1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

ให้ $A = \begin{bmatrix} 1 & 1^2 & \dots & 1^n \\ 2 & 2^2 & \dots & 2^n \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ n & n^2 & \dots & n^n \end{bmatrix}$, $H = \begin{bmatrix} h_1(x, 1) \\ h_2(x, 1) \\ \vdots \\ h_n(x, 1) \end{bmatrix}$ และ $\bar{0} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$

จะได้ว่า $AH = \bar{0}$

คูณตลอดด้วย $\text{adj}(A)$ จะได้ว่า $\text{adj}(A)AH = \text{adj}(A)\bar{0}$

ทำให้ได้ว่า $\det(A)IH = \bar{0}$ เมื่อ I แทนเมทริกซ์เอกลักษณ์ขนาด $n \times n$

เนื่องจาก $\det(A) = \prod_{i=0}^{n-1} (n-i)!$ ดังนั้น $\prod_{i=0}^{n-1} (n-i)! h_j(x, 1) = 0$ สำหรับทุก $j = 1, 2, \dots, n$

เนื่องจาก R เป็น $(n+1)!$ -torsion free ดังนั้น $h_j(x, 1) = 0$ สำหรับทุก $x \in R$ และ $j = 1, 2, \dots, n$

พิจารณา $h_n(x, 1) = 0$ จะได้ว่า

$$\binom{n+1}{n} F(x) = F(x) + \binom{n}{n-1} F(1)f(x) + nD(x)$$

$$nF(x) + F(x) = F(x) + nF(1)f(x) + nD(x)$$

$$nF(x) = nF(1)f(x) + nD(x)$$

เนื่องจาก R เป็น $(n+1)!$ -torsion free จะได้ว่า $F(x) = F(1)f(x) + D(x)$ สำหรับทุก $x \in R$

พิจารณา $h_{n-1}(x, 1) = 0$ จะได้ว่า

$$\begin{aligned} \binom{n+1}{n-1} F(x^2) &= \binom{n}{n-1} F(x)f(x) + \binom{n}{n-2} F(1)f(x)^2 + (1+2+\dots+(n-1)+n)g(x)D(x) \\ &\quad + ((n-1) + (n-2) + \dots + 1)D(x)f(x) \end{aligned}$$

$$n(n+1)F(x^2) = 2nF(x)f(x) + n(n-1)F(1)f(x)^2 + n(n+1)g(x)D(x) + n(n-1)D(x)f(x)$$

เนื่องจาก R เป็น $(n+1)!$ -torsion free จะได้ว่า

$$\begin{aligned} (n+1)F(x^2) &= 2F(x)f(x) + (n-1)F(1)f(x)^2 + (n+1)g(x)D(x) + (n-1)D(x)f(x) \\ &= 2(F(1)f(x) + D(x))f(x) + (n-1)F(1)f(x)^2 + (n+1)g(x)D(x) \\ &\quad + (n-1)D(x)f(x) \\ &= (n+1)F(1)f(x)^2 + (n+1)g(x)D(x) + (n+1)D(x)f(x) \end{aligned}$$

เนื่องจาก R เป็น $(n+1)!$ -torsion free จะได้ว่า

$$F(x^2) = F(1)f(x)^2 + g(x)D(x) + D(x)f(x) \tag{3}$$

สำหรับทุก $x \in R$

$$\text{จาก } F(x) = F(1)f(x) + D(x) \text{ แทน } x \text{ ด้วย } x^2 \text{ จะได้ว่า } F(x^2) = F(1)f(x^2) + D(x^2) \tag{4}$$

จาก (3) และ (4) จะได้ว่า $D(x^2) = D(x)f(x) + g(x)D(x)$ สำหรับทุก $x \in R$ (5)

จาก (4) และ (5) จะได้ว่า $F(x^2) = F(1)f(x^2) + D(x)f(x) + g(x)D(x)$ สำหรับทุก $x \in R$

จะได้ว่า $F(x^2) = [F(1)f(x) + D(x)]f(x) + g(x)D(x) = F(x)f(x) + g(x)D(x)$ สำหรับทุก $x \in R$

ดังนั้น D เป็น (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดนและ F เป็น (f, g) -อนุพันธ์ทั่วไปแบบจอร์แดนบน R \square

จากบทนิยามของ (f, g) -อนุพันธ์, (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดน, (f, g) -อนุพันธ์ และ (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดนทั่วไป ถ้าให้ R เป็น $*$ -ริงและแทนฟังก์ชัน f ซึ่งเป็นอันตรสัณฐานของริงด้วย involution $*$ จะทำให้ได้ $(*, g)$ -อนุพันธ์, $(*, g)$ -อนุพันธ์จอร์แดน, $(*, g)$ -อนุพันธ์ และ $(*, g)$ -อนุพันธ์จอร์แดนทั่วไปตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้ได้บทแทรกดังนี้

บทแทรก กำหนดให้ n เป็นจำนวนนับและ R เป็น $*$ -ริงที่มี 1 เป็นเอกลักษณ์การคูณ และเป็น $(n+1)$ -torsion free ถ้า $F : R \rightarrow R$ และ $D : R \rightarrow R$ เป็นฟังก์ชันการบวก และ $g : R \rightarrow R$ เป็นสาคติสัณฐานที่สอดคล้องกับ

$$F(x^{n+1}) = F(x)(x^*)^n + g(x)D(x)(x^*)^{n-1} + g(x)^2D(x)(x^*)^{n-2} + \dots + g(x)^nD(x)$$

สำหรับทุก $x \in R$ แล้ว D เป็น $(*, g)$ -อนุพันธ์จอร์แดนและ F เป็น $(*, g)$ -อนุพันธ์ทั่วไปแบบจอร์แดนบน R สรุปและอภิปรายผล

จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้ เพื่อหาเงื่อนไขบางประการที่แสดงว่าฟังก์ชันการบวกบนริงเป็น (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดนและ (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดนทั่วไป เมื่อ f และ g เป็นอันตรสัณฐานของริง จากผลการศึกษาข้างต้นทำให้ได้ข้อสรุปว่า ฟังก์ชันการบวก F และ D ที่สอดคล้องกับเงื่อนไข

$$F(x^{n+1}) = F(x)f(x)^n + g(x)D(x)f(x)^{n-1} + g(x)^2D(x)f(x)^{n-2} + \dots + g(x)^nD(x)$$

จะเป็น (f, g) -อนุพันธ์ทั่วไปแบบจอร์แดนและ (f, g) -อนุพันธ์จอร์แดน ตามลำดับ ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขบางประการจะส่งผลให้ผลลัพธ์ของฟังก์ชันการบวกที่ได้เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

- Ashraf, M., Ali, S., & Haetinger, C. (2006). On derivations in rings and their applications. *Aligarh Bull. Math.*, 25(2), 79-107.
- Brešar, M. (1988). Jordan derivations on semiprime rings. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 104(4), 1003-1006.
- Bresar, M., & Vukman, J. (1991). Jordan (θ, ϕ) -derivations. *Glas. Mat., III. Ser.*, 26, 13-17.
- Cusack, J. (1975). Jordan derivations on rings. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 53(2), 321-324.
- Dhara, B., & Sharma, R. (2009). On additive mappings in rings with identity element. *International Mathematical Forum*, 4(15), 727-732.
- Kalman, D. (1984). The generalized Vandermonde matrix. *Mathematics Magazine*, 57(1), 15-21.
- Rehman, N. ur, Ansari, A. Z., & Bano, T. (2014). On generalized Jordan $*$ -derivation in rings. *Journal of the Egyptian Mathematical Society*, 22(1), 11-13. doi:10.1016/j.joems.2013.04.011
- Vukman, J. (2006). On derivations of algebras with involution. *Acta Mathematica Hungarica*, 112(3), 181-186.

Vukman, J. (2007). A note on generalized derivations of semiprime rings. *Taiwanese Journal of Mathematics*, 367-370.

Vukman, J. (2011). Some remarks on derivations in semiprime rings and standard operator algebras. *Glasnik matematički*, 46(1), 43-48.

General Solution of the n -D Pompeiu Functional Equation

Yaowaluk Srimuang, Tippaporn Eungrasamee

Department of Mathematics, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand

E-mail: yao.srimuang12@gmail.com, tippaporn.e@gmail.com

Abstract.

The functional equations have been studied for decades. The functional equations can be applied in mathematical modeling for various problems on physics, engineering or even economics. In this paper, we study the pompeiu functional equation of the form

$$f(x + y + xy) = f(x) + f(y) + f(x)f(y) \quad \text{for all } x, y \in X$$

where X is a real Banach space. Next, we generalize the pompeiu functional equation to n -dimensional functional equation which is in the form

$$f\left(\prod_{i=1}^n (x_i + 1) - 1\right) = \prod_{i=1}^n (f(x_i) + 1) - 1$$

for all $x_i \in X$ as $i=1,2,3,\dots,n$. We then solve this equation for its general solution. We can prove that a general solution obtained from n -D functional equation is $f(x) = M(x+1) - 1$ for all $x \in X$, where $M(x)$ is a multiplicative function. This solution is also a solution of the classical pompeiu functional equation.

Keyword : pompeiu functional equation, general solution.

1. Introduction

A functional equation is an equation where its unknowns are function. The solution of the functional equation is all functions satisfying that functional equation. Solution of the equation can be found by various techniques such as substitution or changing of variables. For example, one of the most well-known functional equation is the additive functional equation of the form $f(x + y) = f(x) + f(y)$. This functional equation is sometimes called Cauchy functional equation and has the solution to be $f(x) = cx$ for all $x \in \mathbb{R}$ and $c \in \mathbb{R}$ (Nakmahachalasint, 2013, pp. 31-32). Many functional equations have been studied. One of them is the functional equation that arises from the operator on the abelian group. More precisely, let $G = \mathbb{R} \setminus \{-1\}$. Then (G, \circ) is an abelian group with the operator which is defined by $x \circ y = x + y + xy$. This leads us to the functional equation of the form $f(x + y + xy) = f(x) + f(y) + f(x)f(y)$. The solution of such functional equation is a characterization of the homomorphisms of the group (G, \circ) . This functional equation is called the *pompeiu functional equation*. Kannapan and Sahoo (1998, pp. 117-124) proved that if

$f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ satisfies of the pompeiu functional equation, then its solution of the functional equation is $f(x) = M(x+1) - 1$ for all $x \in \mathbb{R}$, where $M(x)$ is a multiplicative function. Later, this functional equation is studied in pexider form, which is

$f(x+y+xy) + g(x+y-xy) = h(x) + k(y)$. This functional equation is called *Pompeiu and Hosszú* functional equation (Vasile, 2014, pp. 193-198). Its solution is $f(x) = A(x) + a$, $g(x) = A(x) + b$, $h(x) = 2A(x) + c$, and $k(x) = 2A(x) + d$ for all $x \in \mathbb{R}$, where $A(x)$ is an additive function and a, b, c, d are some constants. In this paper, we generalize the pompeiu functional equation to n -dimensional functional equation which is in the form

$$f\left(\prod_{i=1}^n (x_i + 1) - 1\right) = \prod_{i=1}^n (f(x_i) + 1) - 1$$

for all $x_i \in X$ as $i=1, 2, 3, \dots, n$. This functional equation is then solved for a general solution.

2. Basic definitions

In this section, we provide some basic definitions related to our work. First, we begin with the definition of a vector space which is defined as follows,

Definition 2.1 (Cherney et al., 2013, pp. 101-102) Let \mathbb{R} be a set of real numbers. A vector space $(V, +, \cdot, \mathbb{R})$ is a set V with two operations $+$ and \cdot satisfying the following properties for all $u, v \in V$ and $c, d \in \mathbb{R}$:

- (i) (Additive Closure) $u + v \in V$.
- (ii) (Additive Commutativity) $u + v = v + u$.
- (iii) (Additive Associativity) $(u + v) + w = u + (v + w)$.
- (iv) (Zero) There is a vector $0_v \in V$, such that $u + 0_v = u$ for all u in V .
- (v) (Additive Inverse) For every $u \in V$, there exists $w \in V$ such that $u + w = 0_v$.
- (vi) (Multiplicative Closure) $c \cdot v \in V$.
- (vii) (Distributivity) $(c + d) \cdot v = c \cdot v + d \cdot v$.
- (viii) (Distributivity) $c \cdot (u + v) = c \cdot u + c \cdot v$.
- (ix) (Associativity) $(cd) \cdot v = c \cdot (d \cdot v)$.
- (x) (Unity) $1 \cdot v = v$ for all $v \in V$.

Next, we will talk about the definition of Banach space.

Definition 2.2 Let V be a vector space. A vector space V is *complete* if every Cauchy sequences in the space always converge. A complete vector space V is a *Banach space*. Moreover, a *real Banach space* is a complete vector space that operates under real vector addition and scalar multiplication.

In this paper, we talk about finding solution of to n -dimensional pompeiu functional equation. Next, we bring the definition of dimensional number of functional equation which is defined as follows,

Definition 2.3 The *dimensional number of a functional equation* is the number of independent variables in the functional equation.

Example 1. Let $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ satisfy the functional equation $f(x+1) = 1-x$ for $x \in \mathbb{R}$. We can see that this functional equation contains only one independent variable, x . So this equation is one-dimensional functional equation.

Example 2. Let $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ satisfy the functional equation $f(x+y) = f(x) + f(y)$ for $x, y \in \mathbb{R}$. We can see that this functional equation contains only two independent variables, x and y . So this equation is 2-dimensional functional equation.

Later, we present the definition of multiplicative function.

Definition 2.4 Let X be a real Banach space. $f : X \rightarrow X$ is called a *multiplicative function* if and only if $f(xy) = f(x)f(y)$ for all $x, y \in X$.

3. Main Results

In this section, the general solution of the modified pompeiu functional equation is proposed. First, we begin with the three dimensional pompeiu functional equation. The method used to find the solution of such functional equation is based on the method of Kannapan and Sahoo(1998, pp. 117-124).

Theorem 3.1 Let X be a real Banach space. $f : X \rightarrow X$ satisfies the 3-D pompeiu functional equation,

$$\begin{aligned} f(x+y+z+xy+xz+yz+xyz) \\ = f(x)+f(y)+f(z)+f(x)f(y)+f(x)f(z)+f(y)f(z)+f(x)f(y)f(z) \end{aligned}$$

for all $x, y, z \in X$ if and only if $f(x) = M(x+1) - 1$ for all $x \in X$ and $M : X \rightarrow X$ is a multiplicative function.

Proof. Let X be a real Banach space.

Assume that $f : X \rightarrow X$ satisfies the 3-D pompeiu functional equation,

$$\begin{aligned} f(x+y+z+xy+xz+yz+xyz) \\ = f(x)+f(y)+f(z)+f(x)f(y)+f(x)f(z)+f(y)f(z)+f(x)f(y)f(z) \quad (1) \end{aligned}$$

for all $x, y, z \in X$.

By adding 1 on both sides of (1) and rewriting the terms on the right hand side, we get

$$1 + f(x + y + z + xy + xz + yz + xyz) = (1 + f(x))(1 + f(y))(1 + f(z)) \quad (2)$$

for all $x, y, z \in X$.

Define $F : X \rightarrow X$ as,

$$F(x) = 1 + f(x), \quad \text{for all } x \in X. \quad (3)$$

By substituting (3) into (2), we have

$$F(x + y + z + xy + xz + yz + xyz) = (F(x))(F(y))(F(z)) \quad (4)$$

for all $x, y, z \in X$.

Putting x by $x-1$, y by $y-1$ and z by $z-1$ in (4) and then simplifying the equation yields

$$F(xyz - 1) = (F(x-1))(F(y-1))(F(z-1)) \quad (5)$$

for all $x, y, z \in X$.

Next, define $M : X \rightarrow X$ as,

$$M(x) = F(x-1), \quad \text{for all } x \in X. \quad (6)$$

Substituting (6) into (5), we have

$$M(xyz) = (M(x))(M(y))(M(z)) \quad (7)$$

for all $x, y, z \in X$.

Finally, by using (3) and (6), we have

$$f(x) = M(x+1) - 1 \quad \text{for all } x \in X.$$

Conversely, we assume that $f(x) = M(x+1) - 1$ for all $x \in X$ and $M : X \rightarrow X$ is a multiplicative function.

We then substitute x by $x + y + z + xy + xz + yz + xyz$ to have

$$f(x + y + z + xy + xz + yz + xyz) = M(x + y + z + xy + xz + yz + xyz + 1) - 1.$$

We rewrite the above equation to be

$$f(x + y + z + xy + xz + yz + xyz) = M((x+1)(y+1)(z+1)) - 1$$

for all $x, y, z \in X$.

Since M is a multiplicative function,

$$f(x + y + z + xy + xz + yz + xyz) = M(x+1)M(y+1)M(z+1) - 1$$

for all $x, y, z \in X$.

From assumption, we have $M(x) = f(x-1) + 1$ for all $x \in X$,

$$f(x + y + z + xy + xz + yz + xyz) = (1 + f(x))(1 + f(y))(1 + f(z)) - 1$$

$$f(x + y + z + xy + xz + yz + xyz)$$

$$= f(x) + f(y) + f(z) + f(x)f(y) + f(x)f(z) + f(y)f(z) + f(x)f(y)f(z)$$

for all $x, y, z \in X$.

So that, $f(x) = M(x+1) - 1$ for all $x \in X$ is solution of the 3-D pompeiu functional equation. ■

Next, we expand our problem to the n -D pompeiu functional equation. The solution of such functional equation is stated in the following theorem.

Theorem 3.2 Let X be real Banach space. $f: X \rightarrow X$ satisfies the n -D pompeiu functional equation,

$$f\left(\prod_{i=1}^n (x_i + 1) - 1\right) = \prod_{i=1}^n (f(x_i) + 1) - 1$$

for all $x_i \in X$ as $i=1,2,3,\dots,n$ if and only if $f(x) = M(x+1) - 1$ is solution for all $x_i \in X$ as $i=1,2,3,\dots,n$ and $M: X \rightarrow X$ is a multiplicative function.

Proof. Let X be a real Banach space.

Suppose that $f: X \rightarrow X$ satisfies the n -D pompeiu functional equation,

$$f\left(\prod_{i=1}^n (x_i + 1) - 1\right) = \prod_{i=1}^n (f(x_i) + 1) - 1 \quad (8)$$

for all $x_i \in X$ as $i=1,2,3,\dots,n$.

First, we add 1 to both sides of the equation (8),

$$1 + f\left(\prod_{i=1}^n (x_i + 1) - 1\right) = \prod_{i=1}^n (1 + f(x_i)) \quad (9)$$

for all $x_i \in X$ as $i=1,2,3,\dots,n$.

Define $F: X \rightarrow X$ as,

$$F(x) = 1 + f(x), \quad \text{for all } x \in X \quad (10)$$

Then we have

$$F\left(\prod_{i=1}^n (x_i + 1) - 1\right) = \prod_{i=1}^n (F(x_i)) \quad (11)$$

for all $x_i \in X$ as $i=1,2,3,\dots,n$.

Later, we change x_i to $x_i - 1$ as $i=1,2,3,\dots,n$ in (11), we get

$$F\left(\prod_{i=1}^n (x_i) - 1\right) = \prod_{i=1}^n (F(x_i - 1)) \quad (12)$$

for all $x_i \in X$ as $i=1,2,3,\dots,n$.

Define $M: X \rightarrow X$ as,

$$M(x) = F(x - 1), \quad \text{for all } x \in X \quad (13)$$

Then we can rewrite (12) as

$$M\left(\prod_{i=1}^n (x_i) - 1\right) = \prod_{i=1}^n (M(x_i)) \quad (14)$$

for all $x_i \in X$ as $i=1,2,3,\dots,n$.

Finally, by applying (10) and (13), we get

$$f(x) = M(x+1) - 1 \quad \text{for all } x \in X .$$

Conversely, we assume that $f(x) = M(x+1) - 1$ for all $x \in X$ and $M : X \rightarrow X$ is a multiplicative function.

We then change x by $\prod_{i=1}^n (x_i + 1) - 1$ for all $x_i \in X$ as $i = 1, 2, 3, \dots, n$ to have

$$f\left(\prod_{i=1}^n (x_i + 1) - 1\right) = M\left(\prod_{i=1}^n (x_i + 1) - 1 + 1\right) - 1 .$$

From above equation, we rewrite

$$f\left(\prod_{i=1}^n (x_i + 1) - 1\right) = M\left(\prod_{i=1}^n (x_i + 1)\right) - 1$$

for all $x_i \in X$ as $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Since M is a multiplicative function,

$$f\left(\prod_{i=1}^n (x_i + 1) - 1\right) = \prod_{i=1}^n M(x_i + 1) - 1$$

for all $x_i \in X$ as $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

From assumption, we have $M(x) = f(x-1) + 1$ for all $x \in X$,

$$f\left(\prod_{i=1}^n (x_i + 1) - 1\right) = \prod_{i=1}^n (f(x_i) + 1) - 1$$

for all $x_i \in X$ as $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Therefore, $f(x) = M(x+1) - 1$ for all $x \in X$ be the solution of the n -D pompeiu functional equation.

■

4. Discussion and Further study

In this work, our objectives are to generalize the pompeiu functional equation and to find the solution of such functional equation. We begin with the 3-D pompeiu functional equation. Its solution is found to be $f(x) = M(x+1) - 1$ for all $x \in X$, where X is a real Banach space and $M(x)$ is a multiplicative function. Later, we enlarge the problem to a general form, which is the n -D pompeiu functional equation. The solution of the functional equation is the same solution as 3-D pompeiu functional equation. In the future, we will study how to prove the stability of the functional equation and expand the search to superstability of such functional equation.

References

Cherney, D., Denton, T., Thomas, R., & Waldron, A. (2013). Linear Algebra. Davis California, 101-109.

- Kannappan, P.L., & Sahoo, P.K. (1998). On Generalizations of the Pompeiu Functional Equation. *Internat. J. Math. & Math. Sci.* 21(1), 117-124.
- Nakmahachalasint, P. (2013). The Cauchy functional equation. *Theory of Functional Equations*. Bangkok: Danex Inter Corporation Co., Ltd.
- Vasile, P. (2014). The Pexider Version of a functional equation related to Pompeiu's and Hosszu equations. *Journal of Science and Arts*. 3(28), 193-198.

กิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนทองบนร่างกายมนุษย์

ธัญญาลักษณ์ เทพสุวรรณ

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

email: thunya_aom2426@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาเกี่ยวกับ อัตราส่วนทองและจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง อัตราส่วนทองบนร่างกายมนุษย์ (2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเรียนรู้เรื่องอัตราส่วนทองบนร่างกายมนุษย์ ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และ (3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่อง อัตราส่วนทองบนร่างกายมนุษย์ กลุ่มที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนวังทองพิทยาคม อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย (1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมเรียนการสอนจำนวน 9 ชั่วโมง (2) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (3) ใบกิจกรรมการเรียนรู้ และ (4) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง อัตราส่วนทองบนร่างกายมนุษย์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง อัตราส่วนทองบนร่างกายมนุษย์ นักเรียนมี (1) พัฒนาการในการเรียนรู้หลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรม โดยรวมอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: การเรียนรู้อัตราส่วนทอง , กิจกรรมอัตราส่วนทอง , อัตราส่วนทองบนร่างกายมนุษย์

Learning Activity About the Golden Ratio on Human Body

Tunyaluk Thepsuwan

Master of Science Program, Teaching Mathematics, Chiang Mai University

email: thunya_aom2426@hotmail.com

Abstract

The purpose of this study were to study about the Golden Ratio and create an learning activity about Golden Ratio in human bodies. We would like to (1) compare students' ability before and after learning the activity about Golden Ratio in human bodies, and (2) find students' satisfaction on this learning activity.

The target group included 25 grade 10 students enrolled in the first semester of 2019 academic year at Wangthong Pittayakhom school, Wangthong district, Pitsanulok province. The instruments were (1) 6 mathematics learning plans for 9 teaching hours (2) pretest and posttest, (3) learning activity worksheets (4) satisfaction form for learning this activity. Data was analyzed in terms of average, percentage, standard deviation and t-test.

The study results were the following: (1) The students' achievement from posttest was higher than pretest with the statistical significance at .05 level. (2) The average of students' satisfaction on this learning activity is at high level.

Keywords: Learning Golden Ratio , The golden ratio on the human body
Activity golden ratio, The golden ratio on the human body

บทนำ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 มุ่งเน้นการปรับปรุงเนื้อหาให้มีความทันสมัยทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการต่างๆ คำนึงถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นสำคัญ เตรียมผู้เรียนให้มีความพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งต่างๆ พร้อมทั้งประกอบอาชีพเมื่อจบการศึกษาหรือสามารถศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560: 2)

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุมีผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบ และถี่ถ้วน ช่วยให้การคาดการณ์ วางแผนตัดสินใจ แก้ปัญหา ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560: 10) ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 นั้น หากครูผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีทักษะสำคัญดังกล่าวย่อมส่งผลดีต่อผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่คิดเป็น เพราะได้รับการฝึกทักษะการคิดในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งในด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ ทักษะการแก้ปัญหา ผู้เรียนสามารถนำมาใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน ส่งผลให้การตัดสินใจในการทำกิจการต่างๆ เป็นไปอย่างมีเหตุผลถูกต้องเหมาะสม เมื่อมีปัญหาใดเกิดขึ้นก็สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง ไม่กระทำพลาดพลั้งโดยขาดความยับยั้งหรือคิดไม่เป็น (สุคนธ์ ลิ้นจันทน์, 2558: 9) ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์นั้น ครูผู้สอนจำเป็นต้องเลือกวิธีการสอนที่หลากหลายและสอดคล้องกับเนื้อหา มีความเหมาะสมกับสภาพของผู้เรียน รู้จักอธิบาย มีลำดับขั้นตอนและมีเหตุมีผล (ยุพิน พิพิธกุล, 2530: 1) สอดคล้องกับ Ausubel (1968) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้ที่ดีนั้นครูต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายโดยให้ความสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความเข้าใจและมีความหมาย เนื่องจากการเรียนรู้ จะเกิดขึ้นได้เมื่อผู้เรียนได้เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่ผนึกไว้ในโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) หรือความรู้เดิมที่อยู่ใต้อารมณ์ของผู้เรียน ซึ่งแสดงว่าการเรียนรู้สิ่งใหม่นั้นมีความหมาย และผู้เรียนเกิดความเข้าใจโดยเรียกทฤษฎีนี้ว่า ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Theory of Meaningful Verbal Learning) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 นี้ว่ามีความสำคัญมาก หากครูยังใช้วิธีการแบบเดิมที่ถ่ายทอดผ่านตัวครูไปสู่เด็กเป็นสำคัญแล้ว ผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 จะไม่มีคุณลักษณะตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่กำหนดไว้แน่นอน ซึ่งครูต้องมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะการทำงาน ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี รวมทั้งทักษะชีวิตที่ใช้ได้จริงกับครอบครัว โรงเรียน ชุมชน และประเทศชาติ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2558: 7) จากงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วน ของแคทลียา ใจมูล (2549, บทคัดย่อ) ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนห้วยสำราญวิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเชียงราย เขต 2 แผนการจัดการเรียนรู้โดยภาพรวมมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้เทคนิค STAD จากการทดลอง พบว่า การทดสอบหลังเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 24.90 คิดเป็นร้อยละ 83.00 เจตคติของนักเรียนต่อการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เรียนโดยใช้เทคนิค STAD เรื่องอัตราส่วนและร้อยละพบว่าโดยภาพรวมแล้วอยู่ในระดับมาก นอกจากนี้งานวิจัยสิทธิชัย ผ่องใส(2556, ง-จ) เรื่องการพัฒนาความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ โดยใช้การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนฝางขลุ่ยถ้ำ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ทำให้ผลการพัฒนาความคิดรวบยอดอยู่ในระดับดีมาก ผลการประเมินการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี ซึ่งค่าดัชนีประสิทธิผลของทั้ง 5 หน่วยการเรียนรู้และแบบทดสอบประจำบทมีค่าตั้งแต่ 0.59 ถึง 0.79 แปลผลการประเมินจากการทำแบบฝึกทักษะอยู่ในระดับพอใช้ถึงดีมาก นอกจากนี้นักเรียนสามารถยกตัวอย่างในสถานการณ์ประจำวัน มีการเรียนรู้จากประสบการณ์เดิม การพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ และการเชื่อมโยงชีวิตประจำวันกับความรู้ทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งปัญหาที่ครูกำหนดให้และปัญหาที่นักเรียนแต่งขึ้นเองได้ด้วย และจากงานวิจัยของ เรียมพร แสนซึ้ง (2557, บทคัดย่อ) เรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความเหมาะสมในระดับมาก และมีประสิทธิภาพ 78.98/79.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 5) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประกอบกับประสบการณ์การสอนของผู้วิจัย พบว่า ในการจัดเรียนการสอนในห้องเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 นั้น นักเรียนจะไม่ได้ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้ลงมือปฏิบัติและทำงานแบบกลุ่ม ส่วนใหญ่จะเป็นการเรียนแบบบรรยายและอภิปรายโดยครูผู้สอน แล้วให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการทำแบบฝึกหัดเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ถามตอบปัญหาเพียงเท่านั้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์เข้ามาปรับใช้ในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ซึ่งในเรื่องอัตราส่วนนั้นเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่มีผู้คนค้นพบและนำมาประยุกต์ใช้ในเรื่องต่างๆ มากมายในชีวิตมนุษย์ เช่น ค้นพบเกี่ยวกับอัตราส่วนบนใบหน้าของโมนาลิซา ที่วาดขึ้นโดย เลโอนาร์โด ดา วินชี เมื่อพิจารณาอัตราส่วนบนใบหน้าหลายๆ อัตราส่วนจะเป็นอัตราส่วนของ วิหารพาร์ธีนอนในกรุงเอเธนส์ที่มีสี่เหลี่ยมผืนผ้าทองคำซ่อนอยู่ ซึ่งส่งผลให้หาวิหารแห่งนี้มีลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่มีความสมมาตรและสวยงามมาก และยังมีการนำความรู้ในเรื่องอัตราส่วนทองไปประยุกต์ใช้ในเรื่องการทำศิลปะกรรมบนใบหน้าเพื่อจะให้มีใบหน้าสวยงาม การออกแบบสิ่งต่างๆ มากมาย ที่ใช้เรื่องอัตราส่วนทองมาออกแบบ เช่น การออกแบบโลโก้ การออกแบบสิ่งก่อสร้างต่างๆ ส่วนในเรื่องการศึกษามีการนำเรื่องอัตราส่วนทองมาทำเป็นโครงงานโดยใช้โปรแกรม GSP ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ในเรื่องอัตราส่วนทองน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในเรื่องอัตราส่วนของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่องนี้เป็นอีกวิธีหนึ่งสร้างความสนใจของนักเรียน เพราะเป็นเรื่องที่นักเรียนไม่ได้เรียนมาก่อน และกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม มีการลงปฏิบัติด้วยตนเอง ฝึกกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม ช่วยกันคิดวิเคราะห์และวางแผนการทำงานอย่างมีระบบ และอภิปรายร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจสร้างแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องอัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์ เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนมีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านกลุ่มที่ใช้ในการศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนวังทองพิทยาคม อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 25 คน

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา คือ กิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์ จำนวน 2 กิจกรรม คือ กิจกรรมที่ 1 อัตราส่วนของบนใบหน้า กิจกรรมที่ 2 อัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์ ซึ่งจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบว่างของนักเรียน จำนวน 3 คาบต่อสัปดาห์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนของและจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเรียนรู้เรื่องอัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่อง อัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวังทองพิทยาคม อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 5 ห้องเรียน จำนวน 171 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ห้อง 5 โรงเรียนวังทองพิทยาคม อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 25 คน

วิธีการดำเนินการ

1. การจัดทำเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย (1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจำนวน 9 ชั่วโมง (2) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (3) ใบกิจกรรมการเรียนรู้ และ (4) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง อัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

(1) ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนในกลุ่มที่ใช้ในการวิจัยตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้จนครบทุกแผนและได้มีการสังเกตพฤติกรรมไปพร้อมกับการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะได้รับการสังเกตและประเมินพฤติกรรม โดยใช้แบบสังเกตการกิจกรรมและประเมินคุณลักษณะ ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้อันครบ 9 ชั่วโมง และบันทึกการสอนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

(2) หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง อัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์ ได้มีการตรวจในกิจกรรมทุกๆ ใบกิจกรรมและบันทึกคะแนน เพื่อวัดความรู้และความเข้าใจของนักเรียน

(3) ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้มีการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนในเรื่อง อัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์

(4) หลังจากการสอบหลังเรียนแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนในกลุ่มที่ใช้ในการวิจัยได้ทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง อัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) ศึกษาและสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง อัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์

2) นำคะแนนที่ได้จากการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง อัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์ มาหาร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3) วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางเรียน เรื่อง อัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติค่าทดสอบ T-Test แบบทางเดียว มีกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว

4) วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง อัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์ แล้วนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมิน โดยได้ใช้หลักเกณฑ์ของ บุญชม ศรีสะอาด (2545: 99 – 100) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 - 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 - 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 - 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 25 คน โดยการทดสอบก่อนเรียน จากนั้นก็ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ และได้ทำงานในใบกิจกรรมการเรียนรู้ พร้อมทั้งมีการเก็บคะแนนในใบกิจกรรม เมื่อมีการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้จนครบแล้ว ได้มีการทดสอบหลังเรียน หลังจากสอบเสร็จได้นำคะแนนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมาคิดคำนวณในการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ปรากฏผลดังตาราง 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนนสอบ	N	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	S.D.
ก่อนเรียน	25	20	7.08	2.12
หลังเรียน	25	20	14.12	2.51

จากตารางที่ 1 คะแนนเฉลี่ยจากการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน แสดงว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับอัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์ได้ เมื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของก่อนเรียนและหลังเรียน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนเรียน เท่ากับ 2.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังเรียน เท่ากับ 2.51 จะเห็นได้ว่า ส่วนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน แสดงว่า คะแนนหลังเรียน มีการกระจายจากค่าเฉลี่ยเลขคณิตของหลังเรียนมากกว่าคะแนนก่อนเรียน แต่ค่าการกระจายของคะแนนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าใกล้เคียงกัน สรุปได้ว่าผลการทดสอบหลังเรียนดีกว่าก่อนเรียน

2. ผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการวิเคราะห์สถิติค่าทดสอบ T-Test แบบทางเดียว เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์สถิติค่าทดสอบแบบทางเดียว (One-tailed test) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จากผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ปรากฏผลดังตาราง 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนนสอบ	N	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	t
ก่อนเรียน	25	20	7.08	2.12	15.55*
หลังเรียน	25	20	14.12	2.51	

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์สูงขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 25 คน เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่อง อัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์เสร็จเรียบร้อยแล้ว หลังจากทดสอบหลังเรียน ให้นักเรียนทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์ ปรากฏผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบนร่างกายมนุษย์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ข้อ	รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	เนื้อหาที่ทำการศึกษามีความน่าสนใจ และมีประโยชน์	4.24	0.66	มาก
2	เนื้อหาที่เรียนสามารถนำไปในชีวิตประจำวันได้	4.08	0.70	มาก
3	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้การเรียนรู้คณิตศาสตร์มีความสนุกสนาน	4.28	0.68	มาก
4	ครูมีความตั้งใจทำการเรียนเป็นอย่างดี	4.64	0.49	มากที่สุด
5	ครูมีความพร้อมที่ดีในการทำการเรียนรู้อย่างดี	4.48	0.65	มาก
6	ฉันมีความสุขกับการทำการเรียนรู้อย่างดีเกี่ยวกับคณิตศาสตร์	4.00	0.65	มาก
7	ฉันรู้สึกสดชื่นเมื่อได้ทำการเรียนรู้อย่างดีเกี่ยวกับคณิตศาสตร์	3.80	0.71	มาก
8	กิจกรรมการเรียนรู้ของครูทำให้ฉันเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์มากขึ้น	4.40	0.58	มาก
9	กิจกรรมนี้ทำให้ฉันได้ฝึกทักษะในการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ	4.12	0.67	มาก
10	ขณะที่ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ฉันจะตั้งใจทำการเรียน และให้ความ	4.04	0.61	มาก

	ร่วมมือโดยไม่รู้สึغبื่อหน่าย			
11	กิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมที่ทำให้ฉันทำงานอย่างมีระบบ มีความรอบคอบ	3.96	0.68	มาก
12	กิจกรรมนี้ทำให้ฉันรู้ถึงประโยชน์ของคณิตศาสตร์และสามารถนำความรู้คณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม	4.32	0.69	มาก
	รวม	4.20	0.65	มาก

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบรูว์ร่างกายมนุษย์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า รายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดสามลำดับแรก คือ ครูมีความตั้งใจทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเป็น 4.64 รองลงมา คือ ครูมีความพร้อมที่ดีในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.48 กิจกรรมและการเรียนรู้ของครูทำให้ฉันเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์มากขึ้น มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.40 สรุป นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบรูว์ร่างกายมนุษย์ อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.20 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.65

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏผลสรุปการวิจัยได้ดังนี้

1. ได้แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบรูว์ร่างกายมนุษย์ ซึ่งมีการนำไปจัดทำเป็นแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อจัดการเรียนการสอนในเรื่อง อัตราส่วนของบรูว์ร่างกายมนุษย์และมีใบกิจกรรมให้นักเรียนได้ทำร่วมกับการจัดการเรียนการสอนจำนวน 3 กิจกรรม
2. การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบรูว์ร่างกายมนุษย์ นักเรียนมีพัฒนาการหลังเรียนดีขึ้นซึ่งคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 7.04 และร้อยละเพิ่มขึ้น 35.2
3. การทดสอบหลังเรียน ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบรูว์ร่างกายมนุษย์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. ค่าเฉลี่ยของการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบรูว์ร่างกายมนุษย์ มีค่าเฉลี่ย 4.20 อยู่ในระดับมาก

อภิปรายผล

จากการวิจัยที่ได้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของบรูว์ร่างกายมนุษย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวังทองพิทยาคม ผู้วิจัยเห็นว่าประเด็นที่น่าสนใจมีดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่องอัตราส่วนของและสร้างแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องอัตราส่วนของบรูว์ร่างกายมนุษย์ โดยการทบทวนวรรณกรรมและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วได้รับการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญแล้วว่า เป็นแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ ครบตามองค์ประกอบ ถูกต้องตามหลักวิชา สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องอัตราส่วนของบรูว์ร่างกายมนุษย์ได้ จากนั้นได้ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 25 คน โดยการทดสอบก่อนเรียน จากนั้นก็ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ และได้ทำงานในใบกิจกรรมการเรียนรู้ พร้อมทั้งมีการเก็บคะแนนในใบกิจกรรม เมื่อมีการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้จนครบแล้ว ได้มีการทดสอบหลังเรียน หลังจากสอบเสร็จได้นำคะแนนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมาคิดคำนวณในการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมีแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องอัตราส่วนของบรูว์ร่างกายมนุษย์ ทำให้นักเรียนพัฒนาการหลังเรียนดีขึ้นคะแนนร้อยละเพิ่มขึ้น 35.2 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิผลดีต่่อนักเรียน ซึ่งทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และเข้าใจในเรื่องอัตราส่วนของบรูว์ร่างกายมนุษย์ จึงส่งผลให้สามารถหาค่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง อัตราส่วนของบรูว์ร่างกายมนุษย์ โดยการทบทวนวรรณกรรมและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้รับการตรวจสอบยืนยันจากผู้เชี่ยวชาญแล้วว่า เป็นแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ ครบตามองค์ประกอบ ถูกต้องตามหลักวิชา สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องอัตราส่วนของบรูว์ร่างกายมนุษย์ได้ มีแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถนำไปใช้ใน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องอัตราส่วนของบรูว์กายมนุษย์ ทำให้นักเรียนพัฒนาการหลังเรียนดีขึ้นคะแนนร้อยละเพิ่มขึ้น 35.2 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งนักเรียนจะสามารถเรียนรู้ได้ดีผ่านการจัดกิจกรรมซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ จีรพร กองฉาย (2560) เรื่อง กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์กับย่นต์ล้านนา ผลการทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์ต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ย่นต์ล้านนาและจัดวัสดุกับการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเวียงป่าเป้าวิทยาคม พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง โดยใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนแก้ปัญหาด้วยตนเองและสามารถอธิบายเหตุผลได้ และสอดคล้องกับงานวิจัย ของสุกัญญา แยมกลีบ (2558) เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD ร่วมกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน เพื่อส่งเสริม ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงขึ้นเมื่อมีการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ควบคู่กับการเรียนการสอนในเรื่องอัตราส่วน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เรียมพร แสนซุง (2557) เรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม แนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และงานวิจัยของประภัสสร เบ้าขารี (2554) เรื่อง การปรับปรุงการเรียนการสอน เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ โดยใช้การสอนแบบปฏิบัติการ สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนหล่มเก่าพิทยาคม จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นและให้ความร่วมมือใน การปฏิบัติกิจกรรม เมื่อปฏิบัติกิจกรรมแล้วนักเรียนได้ค้นพบและสรุปความคิดรวบยอดด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนได้เรียนรู้ และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ส่งเสริมกระบวนการทำงานกลุ่ม มีความกระตือรือร้นและมีความสุขสนทนและได้เรียนรู้สิ่งใหม่ สามารถวิเคราะห์และอธิบายผลการวิเคราะห์ได้ ดังนั้น เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการกลุ่มและได้ลง ปฏิบัติด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้นและมีความสุขสนทนในการทำกิจกรรมส่งผลให้ผลการทดสอบหลังเรียนดีกว่าก่อน เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องอัตราส่วนของบรูว์กายมนุษย์ โดยรวมอยู่ใน ระดับมาก เนื่องมาจากในการจัดกิจกรรมในครั้งนี้ให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม ได้ลงมือปฏิบัติและค้นหาคำตอบด้วย ตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของทศพร มณีศรีขำ (2539) ที่กล่าวว่า กิจกรรมกลุ่มหรือกระบวนการทำงานกลุ่ม เป็นวิธีการ ให้นักเรียนได้รับประสบการณ์และการปฏิบัติงานจริง โดยนักเรียนทุกคนจะได้มีส่วนร่วมในการทำงานและการทำกิจกรรมกลุ่ม ได้ท้าทายความคิด ได้แสดงความสามารถที่ตนเองถนัด ทำให้การทำกิจกรรมในห้องเรียนมีความสุขสนทนและมีชีวิตชีวา สอดคล้องกับทศนา แคมมณี (2553) ที่กล่าวว่าในการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการกลุ่ม คือ การดำเนินการเรียน การสอนโดยที่ผู้สอนให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่ม/กิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม พร้อมทั้งสอน/ฝึก/แนะนำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เกี่ยวกับกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มที่ตีความไปกับการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เนื้อหาสาระตามวัตถุประสงค์ ดังนั้น เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มและได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จริง มีความ สนุกสนทนในการทำกิจกรรมส่งผลให้การทำกิจกรรมสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่องอัตราส่วนของบรูว์กายมนุษย์นั้น ผู้ที่จะนำวิจัยไปใช้ต้องศึกษาข้อมูล เกี่ยวกับอัตราส่วนของและทำความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วนก่อนที่จะนำไปกิจกรรมไปใช้เพื่อผลประโยชน์อันสูงสุด
2. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่องอัตราส่วน จะต้องศึกษาข้อมูลมาอย่างดี มีการเตรียมความพร้อมโดยทดลอง ในการทำกิจกรรมก่อนนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
3. จำนวนเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมมีผลต่อการจัดกิจกรรม เนื่องจากเวลาที่มากขึ้นจะช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสใน การฝึกและใช้เวลาในการลงมือทำและปฏิบัติด้วยตนเอง ผู้ที่จะนำวิจัยไปใช้สามารถปรับเปลี่ยนเวลาให้เหมาะสมกับบริบทของ แต่ละโรงเรียนได้
4. ผู้จะวิจัยไปใช้ควรมีการเตรียมสื่อการสอน และอุปกรณ์ให้กับนักเรียนในการทำกิจกรรมจึงจะประสบความสำเร็จ ด้วยดี

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้างต่อไป

1. ควรมีกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ปฏิบัติให้มากกว่านี้เพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้ในเรื่องอัตราส่วนทองไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

2. ควรมีการวิจัยที่นำความรู้ทางคณิตศาสตร์ในเรื่องนี้ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ เพื่อให้เกิดทักษะการปฏิบัติและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้อย่างสร้างสรรค์จนทำให้เกิดการสร้างรายได้หรือการประกอบอาชีพต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

แคทรียา ไจมลู. (2549). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคSTADในกลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนห้วยสำราญวิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเชียงรายเขต 2. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

จิรพร กองฉาย. (2560). กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์กับย่นต์ล้านนา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2558). 80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. พิษณุโลก: ซีดีไอแอนด์แอนพริ้นติ้ง.

ทศนา แคมมณี. (2553). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทศพร มณีศรีขำ. (2539). กลุ่มสัมพันธ์เพื่อพัฒนาสำหรับครู ม.ป.ท.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. สุวีริยาสาส์น.

ประภัสสร เป้าขารี. (2554). การปรับปรุงการเรียนการสอน เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ โดยใช้การสอนแบบปฏิบัติการสำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนหล่มเก่าพิทยาคม จังหวัดเพชรบูรณ์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยุพิน พิพิธกุล. (2558). การนิเทศการสอนคณิตศาสตร์. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เรียมพร แสนซึ้ง. (2557). การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สิทธิชัย ผ่องใส. (2556). การพัฒนาความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ โดยใช้การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนฝางชนูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุกัญญา แยมกลีบ. (2558). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD ร่วมกับกลวิธีเมตาคognitionชั้น เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุนทร สิ้นพานนท์. (2558). การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่...เพื่อพัฒนาทักษะผู้เรียนในศตวรรษที่ 2. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไอทีลภายในรัฟและควอซี-ไอทีลรัฟในปริภูมิการประมาณของกึ่งกลุ่มภายใต้ความสัมพันธ์ พรีออเดอร์และคอมแพทิเบิล

รักษาทิ ประเสริฐพงษ์¹ , ศศิโสพิต บัวดา²

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

email: ¹rukchart.p@nsru.ac.th, ²sasi3bua@gmail.com

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการนิยามไอทีลภายในรัฟและควอซี-ไอทีลรัฟในปริภูมิการประมาณของกึ่งกลุ่มภายใต้ความสัมพันธ์พรีออเดอร์และคอมแพทิเบิล พร้อมทั้งนำเสนอตัวอย่างที่สอดคล้องกับการกำหนดดังกล่าว โดยผู้วิจัยจะทำการพิสูจน์ทฤษฎีเพื่อหาเงื่อนไขเพียงพอสำหรับไอทีลภายในรัฟและควอซี-ไอทีลรัฟ และทำการพิสูจน์ทฤษฎีเพื่อหาเงื่อนไขจำเป็นและเพียงพอสำหรับภาพสชาติสฐานของไอทีลภายในรัฟและควอซี-ไอทีลรัฟ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ไอทีลภายในรัฟ, ควอซี-ไอทีลรัฟ, ปริภูมิการประมาณ, กึ่งกลุ่ม, ความสัมพันธ์พรีออเดอร์และคอมแพทิเบิล

Rough Interior Ideals and Rough Quasi-Ideals in Approximation Spaces of Semigroups under Preorder and Compatible Relations

Rukchart Prasertpong^a and Sasisophit Buada^b

Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan, Thailand

email: ^arukchart.p@nsru.ac.th, ^bsasi3bua@gmail.com

Abstract

In this paper, a rough interior Ideal and a rough quasi-Ideal in an approximation space of a semigroup under a preorder and compatible relation are proposed. As introduced above, corresponding examples are presented. Next, we provide a sufficient condition for the rough interior Ideal (resp., rough quasi-Ideal). Finally, we give a necessary and sufficient condition for a homomorphic image of the rough interior Ideal (resp., rough quasi-Ideal).

Keywords: rough interior Ideal; rough quasi-Ideal; approximation space; semigroup; preorder and compatible relation

1. Introduction

In 1982, Pawlak (Pawlak, 1982) introduced Pawlak's rough set theory. Mathematically, this is a classical tool for assessing problems and decision problems in many fields with respect to set theory. Pawlak's rough set theory has been regarded as an approximation processing model of sets induced by equivalence relations. Based on a Pawlak's approximation space induced by an equivalence relation (a pair of a non-empty universal set with an equivalence relation), a non-empty subset of the given universe is approximated by the following sets.

The Pawlak's upper approximation set is the union of equivalent classes which have a non-empty intersection with the given non-empty subset (The set of all possibly elements with respect to a property of the given non-empty subset).

The Pawlak's lower approximation set is the union of equivalent classes which are subsets of the given non-empty subset (The set of all certainly elements with respect to a property of the given non-empty subset).

The Pawlak's boundary region is a difference of the upper approximation and the lower approximation (The set of all uncertain elements with respect to a property of the given non-empty subset).

The Pawlak's rough set of the given non-empty subset is defined by meaning of a pair of upper and lower approximations, where the difference of upper and lower approximations is a non-empty set. Otherwise, the given non-empty subset is said to be a Pawlak's definable set. The combination of semigroup theory and Pawlak's rough set theory is one of the most interesting varieties. In 1997, Kuroki (Kuroki, 1997) proposed the concepts of rough semigroups (resp. ideals) in approximation spaces of semigroups induced by congruence relations, and provided sufficient conditions of rough semigroups (resp. ideals). In 2006, Xiao and Zhang (Xiao, 2006) introduced the concepts of rough completely prime ideals in approximation spaces of semigroups induced by congruence relations, and provided sufficient conditions of rough completely prime ideals. They verified the relationship between rough completely prime ideals (resp. ideals) and the homomorphic image of rough completely prime ideals (resp. ideals) under homomorphism problems. In 2012, Naveed, Muhammad and Ronnason (Naveed, Muhammad and Ronnason, 2012) proposed the notions of rough prime bi-ideals in approximation spaces of semigroups induced by congruence relations, and provided sufficient conditions of rough prime bi-ideals. Based on a binary relation between two universes, Rukchart and Manoj (Rukchart and Manoj, 2019) introduced a generalized rough set in 2019. Especially, they defined rough semigroups, rough ideals, and rough completely prime ideals in semigroups under approximation spaces induced by preorder and compatible relations, including provided sufficient conditions for them, and proved necessary and sufficient conditions of their homomorphic images.

In this research, after providing some fundamentals of semigroups, binary relations and generalized rough sets in Section 2, we firstly introduce rough interior ideals and rough quasi-ideals in semigroups under approximation spaces induced by preorder and compatible relations in Section 3. Then, we provide sufficient conditions for them. In the end, the relationships between rough interior ideals (resp., rough quasi-ideals) and their homomorphic images are investigate.

2. Preliminaries

2.1 Some basic attributes in semigroups

Definition 2.1.1. (Clifford and Preston, 1961) A *semigroup* (S, \cdot) is defined as an algebraic system, where S is a non-empty set and " \cdot " is an associative binary operation on S . Throughout this paper, S stands for a semigroup.

Definition 2.1.2. (Clifford and Preston, 1961) Let S be a semigroup. An element s in S is called an *idempotent element* if $s^2 = s$. For any $X \subseteq S$, the set of all idempotents in X is denoted by $E(X)$.

Definition 2.1.3. (Clifford and Preston, 1961) Let S be a semigroup and let X be a non-empty subset of S . X is called a *right ideal* (resp., a *left ideal*) of S if $XS \subseteq X$ (resp., $SX \subseteq X$). X is called an *ideal* of S if it is a right ideal and a left ideal of S .

Definition 2.1.4. (Clifford and Preston, 1961) Let S be a semigroup. S is called a *semisimple semigroup* if $X = E(X)$ for every ideal X of S .

Definition 2.1.5. (Howie, 1976) Let S be a semigroup. S is called a *commutative semigroup* if $s_1 s_2 = s_2 s_1$ for all $s_1, s_2 \in S$.

Definition 2.1.6. (Mordeson, Malik and Kuroki, 2010) Let S be a semigroup and let X be a non-empty subset of S . X is called an *interior ideal* of S if $SXS \subseteq X$.

Theorem 2.1.7. (Mordeson, Malik and Kuroki, 2010) Let S be a semigroup. S is a semisimple semigroup if and only if $X \cap Y = XY$ for every interior ideal X and every ideal Y of S .

Definition 2.1.8. (Mordeson, Malik and Kuroki, 2010) Let S be a semigroup and let X be a non-empty subset of S . X is called a *quasi-ideal* of S if $XS \cap SX \subseteq X$.

2.2 Some basic definitions of binary relations

Throughout this paper, U and V denote two non-empty universal sets.

Definition 2.2.1. (Zach, 2017) Let $P(U \times V)$ be a collection of all subsets of $U \times V$. An element in $P(U \times V)$ is called a *binary relation from U to V* . An element in $P(U \times V)$ is called a *binary relation on U* if $U = V$.

Definition 2.2.2. (Zach, 2017) Let θ be a binary relation on U .

- (1) θ is called *reflexive* if for all $u \in U$, $(u, u) \in \theta$.
- (2) θ is called *transitive* if for all $u_1, u_2, u_3 \in U$, $(u_1, u_2) \in \theta$ and $(u_2, u_3) \in \theta$ imply $(u_1, u_3) \in \theta$.
- (3) θ is called *symmetric* if for all $u_1, u_2 \in U$, $(u_1, u_2) \in \theta$ implies $(u_2, u_1) \in \theta$.
- (4) If θ is reflexive and transitive, then θ is called a *preorder relation*.
- (5) If θ is reflexive, transitive and symmetric, then θ is called an *equivalence relation*.

Definition 2.2.3. (Zach, 2017) Let θ be an equivalence relation on U . For an element $u \in U$, the set

$$[u]_{\theta} := \{v \in V : (u, v) \in \theta\} \quad (2.2.1)$$

is called an *equivalence class of u induced by θ* .

Definition 2.2.4. (Howie, 1976) Let θ be a binary relation on S . θ is called *compatible (with the operation on S)* if for all $s_1, s_2, s_3 \in S$, $(s_1, s_2) \in \theta$ implies $(s_1 s_3, s_2 s_3) \in \theta$ and $(s_3 s_1, s_3 s_2) \in \theta$. If θ is an equivalence relation with compatible, then it is called a congruence.

2.3 Fundamentals of generalized rough sets in semigroups

Definition 2.3.1. (Rukchart and Manoj, 2019) Let θ be a binary relation from U to V . For an element $u \in U$, the set

$$S_{\theta}(u) := \{v \in V : (u, v) \in \theta\} \quad (2.3.1)$$

is called a *successor class of u induced by θ* .

Definition 2.3.2. (Rukchart and Manoj, 2019) Let θ be a binary relation from U to V . For an element $u \in U$, the set

$$PS_{\theta}(u) := \{u_2 \in U : S_{\theta}(u_2) \subseteq S_{\theta}(u)\} \quad (2.3.2)$$

is called a *portion of the successor class of u_1 induced by θ* . $\mathcal{PS}_{\theta}(U)$ is denoted as a collection of $PS_{\theta}(u)$ for all $u \in U$.

Definition 2.3.3. (Rukchart and Manoj, 2019) Let θ be a binary relation from U to V . The triple $(U, V, \mathcal{PS}_{\theta}(U))$ is called a $\mathcal{PS}_{\theta}(U)$ -*approximation space*. If $U = V$, then $(U, V, \mathcal{PS}_{\theta}(U))$ is replaced by a pair $(U, \mathcal{PS}_{\theta}(U))$.

Definition 2.3.4. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(U, V, \mathcal{PS}_{\theta}(U))$ be a $\mathcal{PS}_{\theta}(U)$ -approximation space and let X be a non-empty subset of U . The set

$$\bar{\theta}(X) := \{u \in U : PS_{\theta}(u) \cap X \neq \emptyset\} \quad (2.3.3)$$

is called a $\mathcal{PS}_{\theta}(U)$ -*upper approximation of X* (The set of all possibly elements with respect to a property of the given non-empty subset). The set

$$\underline{\theta}(X) := \{u \in U : PS_{\theta}(u) \subseteq X\} \quad (2.3.4)$$

is called a $\mathcal{PS}_{\theta}(U)$ -*lower approximation of X* (The set of all certainly elements with respect to a property of the given non-empty subset). The set

$$\theta_{bnd}(X) := \bar{\theta}(X) - \underline{\theta}(X) \quad (2.3.5)$$

is called a $\mathcal{PS}_{\theta}(U)$ -*boundary region of X* (The set of all uncertain elements with respect to a property of the given non-empty subset). If $\theta_{bnd}(X) \neq \emptyset$, then $\theta(X) := (\bar{\theta}(X), \underline{\theta}(X))$ is called a $\mathcal{PS}_{\theta}(U)$ -*rough set of X* . In this way, we say that X is a $\mathcal{PS}_{\theta}(U)$ -*rough set*. If $\theta_{bnd}(X) = \emptyset$, then X is called a $\mathcal{PS}_{\theta}(U)$ -*definable set*.

Remark 2.3.5. Based on Definition 2.3.4, note that every Pawlak's rough set is a $\mathcal{PS}_\theta(U)$ -rough set. Conversely, it is not true in general. Indeed, a $\mathcal{PS}_\theta(U)$ -rough set is a generalization of a Pawlak's rough set whenever a binary relation is an equivalence relation, that is, Equation (2.2.1) and Equation (2.3.2) are identical. As proposed above, a corresponding example is considered as Example 1 in (Rukchart and Manoj, 2019).

Proposition 2.3.6. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(U, V, \mathcal{PS}_\theta(U))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(U)$ -approximation space. If X and Y are non-empty subsets of U , then the following statements hold.

- (1) $\overline{\theta}(U) = U$ and $\underline{\theta}(U) = U$.
- (2) $X \subseteq \overline{\theta}(X)$ and $\underline{\theta}(X) \subseteq X$.
- (3) $\underline{\theta}(X \cap Y) = \underline{\theta}(X) \cap \underline{\theta}(Y)$.
- (4) If $X \subseteq Y$, then $\overline{\theta}(X) \subseteq \overline{\theta}(Y)$ and $\underline{\theta}(X) \subseteq \underline{\theta}(Y)$.

Definition 2.3.7. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(U, V, \mathcal{PS}_\theta(U))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(U)$ -approximation space and let X be a non-empty subset of U . If $\underline{\theta}(U)$ is a non-empty proper subset of X , then X is called a *set over a non-empty interior set*.

Remark 2.3.8. Using the similar method in the proof of Proposition 4 in (Rukchart and Manoj, 2019), it is easy to see that if X is a non-empty subset of U over a non-empty interior set, then it is a $\mathcal{PS}_\theta(U)$ -rough set.

Definition 2.3.9. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space. $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ is called a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *PCR* if θ is a preorder and compatible relation.

Definition 2.3.10. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *PCR*. θ is called a *complete relation* if for all $s_1, s_2 \in S$, $(\mathcal{PS}_\theta(s_1))(\mathcal{PS}_\theta(s_2)) = \mathcal{PS}_\theta(s_1 s_2)$. $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ is called a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *CR* if θ is a complete relation.

Remark 2.3.11. According to Definitions 2.3.9 and 2.3.10, every $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *CR* is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *PCR*.

Proposition 2.3.12. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space. Then the following statements hold.

- (1) If $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *PCR*, then $(\overline{\theta}(X))(\overline{\theta}(Y)) \subseteq \overline{\theta}(XY)$ for every non-empty subsets X and Y of S .
- (2) If $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *CR*, then $(\underline{\theta}(X))(\underline{\theta}(Y)) \subseteq \underline{\theta}(XY)$ for every non-empty subsets X and Y of S .

Theorem 2.3.13. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space and let X be a non-empty subset of S . If X is an ideal of S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type PCR , then $\bar{\theta}(X)$ is an ideal of S .

Proposition 2.3.14. (Rukchart and Manoj, 2019) Let f be an epimorphism from S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ to T in $(T, \mathcal{PS}_\theta(T))$, where the binary relation θ is defined by

$$\theta := \{(s, s_2) \in S \times S : (f(s), f(s_2)) \in \vartheta\}. \quad (2.3.6)$$

Then the following statements hold.

- (1) $f(\bar{\theta}(X)) = \bar{\vartheta}(f(X))$ for every non-empty subset X of S .
- (2) If f is injective, then $f(\underline{\theta}(X)) = \underline{\vartheta}(f(X))$ for every non-empty subset X of S .

3. Main Results

In this section, we introduce a rough interior ideal and a rough quasi-ideal in a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type PCR . Then we provide sufficient conditions for them. Based on homomorphism problem in semigroup, we give a necessary and sufficient condition for a homomorphic image of the rough interior ideal (resp., rough quasi-ideal).

Definition 3.1. Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type PCR and let X be a non-empty subset of S . X is called a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough interior ideal if $\bar{\theta}(X)$ is an interior ideal of S . X is called a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -lower rough interior ideal if $\underline{\theta}(X)$ is an interior ideal of S . X is called a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough interior ideal if it is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough interior ideal, a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -lower rough interior ideal and a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough set.

Similarly, we can define a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough quasi-ideal. We consider the following example.

Example 3.2. Based on Example 3 in (Rukchart and Manoj, 2019), let $S = \{s, s_2, s_3, s_4, s_5\}$ be a semigroup with multiplication rules defined by Table 1.

Table 1 The multiplication table on S

	s	s_2	s_3	s_4	s_5
s	s	s	s_3	s	s_5
s_2	s	s_2	s_3	s	s_5
s_3	s_3	s_3	s_3	s_3	s_3
s_4	s	s	s_3	s_4	s_5
s_5	s_5	s_5	s_3	s_5	s_5

Let $\theta = \{(s, s), (s, s_2), (s, s_4), (s_2, s), (s_2, s_2), (s_2, s_4), (s_3, s_3), (s_3, s_5), (s_4, s), (s_4, s_2), (s_4, s_4), (s_5, s_5)\}$.

Then, it is easily seen that θ is a preorder and compatible relation. According to Equation (2.3.1) in Definition 2.3.1, we get

$$\begin{aligned} S_\theta(s) &= \{s, s_2, s_4\}, \\ S_\theta(s_2) &= \{s, s_2, s_4\}, \\ S_\theta(s_3) &= \{s_3, s_5\}, \\ S_\theta(s_4) &= \{s, s_2, s_4\}, \\ S_\theta(s_5) &= \{s_5\}. \end{aligned}$$

According to Equation (2.3.2) in Definition 2.3.2, we get

$$\begin{aligned} \mathcal{PS}_\theta(s) &= S_\theta(s), \\ \mathcal{PS}_\theta(s_2) &= S_\theta(s_2), \\ \mathcal{PS}_\theta(s_3) &= S_\theta(s_3), \\ \mathcal{PS}_\theta(s_4) &= S_\theta(s_4), \\ \mathcal{PS}_\theta(s_5) &= S_\theta(s_5). \end{aligned}$$

Suppose that $X = \{s_2, s_3, s_5\}$ is a non-empty subset of S , which is a set for an approximation in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type PCR. Then, by Equations (2.3.3) and (2.3.4) in Definition 2.3.4, we see that $\overline{\theta}(X) = S$ and $\underline{\theta}(X) = \{s_3, s_5\}$, respectively. Hence $\theta_{bnd}(X) \neq \emptyset$, and so X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough set. Moreover, it is easily verified that $\overline{\theta}(X)$ and $\underline{\theta}(X)$ are interior ideals and quasi-ideals. It follows that X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -(resp., upper, lower) rough interior ideal and X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -(resp., upper, lower) rough quasi-ideal.

Theorem 3.3. Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space and let X be a non-empty subset of S . Then we have the following statements.

- (1) If X is an interior ideal of S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type PCR, then it is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough interior ideal.
- (2) If X is an interior ideal of S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type CR with respect to a non-empty $\underline{\theta}(X)$, then it is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -lower rough interior ideal.
- (3) If X is an interior ideal of S over a non-empty interior set in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type CR, then it is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough interior ideal.

Proof. (1) Suppose that X is an interior ideal of S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type PCR. Then $SXS \subseteq X$. By Proposition 2.3.6 (2), we get $X \subseteq \overline{\theta}(X)$. Thus $\overline{\theta}(X) \neq \emptyset$. By Proposition 2.3.6 (4), we obtain $\overline{\theta}(SXS) \subseteq \overline{\theta}(X)$. By Proposition 2.3.6 (1), we have $\overline{\theta}(S) = S$. From Proposition 2.3.12 (1), it follows that

$$S(\overline{\theta}(X))S = (\overline{\theta}(S))(\overline{\theta}(X))(\overline{\theta}(S)) \subseteq \overline{\theta}(SXS) \subseteq \overline{\theta}(X).$$

Hence $\overline{\theta}(X)$ is an interior ideal of S . Therefore, X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough interior ideal.

(2) From Propositions 2.3.6 (1) and (4), 2.3.12 (2) and using the similar method in the proof of argument (1), we can prove that the statement is true under $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type CR.

(3) From Remark 2.3.8 and arguments (1) and (2), we can prove that the statement is true.

Theorem 3.4. Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space and let X be a non-empty subset of S . Then we have the following statements.

- (1) If X is a quasi-ideal of S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type PCR, where S is semisimple and commutative, then it is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough quasi-ideal.
- (2) If X is a quasi-ideal of S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type CR with respect to a non-empty $\underline{\theta}(X)$, then it is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -lower rough quasi-ideal.
- (3) If X is a quasi-ideal of S over a non-empty interior set in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type CR, where S is semisimple and commutative, then it is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough quasi-ideal.

Proof. (1) Suppose that X is a quasi-ideal of S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type PCR , where S is semisimple and commutative. Then $XS \cap SX \subseteq X$. By Proposition 2.3.6 (4), we get that $\bar{\theta}(XS \cap SX) \subseteq \bar{\theta}(X)$. Note that XS is a right ideal and SX is a left ideal of S . Since S is commutative, XS and SX are ideals of S . Then, by Theorem 2.3.13, we obtain that $\bar{\theta}(XS)$ and $\bar{\theta}(SX)$ are ideals of S . Note that XS is an interior ideal of S . Then, by Theorem 3.3 (1), we obtain $\bar{\theta}(XS)$ is an interior ideal of S . Since S is semisimple, by Theorem 2.1.7, we get $XS \cap SX = (XS)(SX)$ and $\bar{\theta}(XS) \cap \bar{\theta}(SX) = (\bar{\theta}(XS))(\bar{\theta}(SX))$. From Propositions 2.3.6 (1) and 2.3.12 (1), it follows that

$$\begin{aligned} (\bar{\theta}(X))S \cap S(\bar{\theta}(X)) &= (\bar{\theta}(X))(\bar{\theta}(S)) \cap (\bar{\theta}(S))(\bar{\theta}(X)) \\ &\subseteq \bar{\theta}(XS) \cap \bar{\theta}(SX) \\ &= (\bar{\theta}(XS))(\bar{\theta}(SX)) \\ &\subseteq \bar{\theta}((XS)(SX)) \\ &= \bar{\theta}(XS \cap SX) \\ &\subseteq \bar{\theta}(X). \end{aligned}$$

Thus $\bar{\theta}(X)$ is a quasi-ideal of S . This means that X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough quasi-ideal.

(2) Suppose that X is a quasi-ideal of S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type CR with respect to a non-empty $\underline{\theta}(X)$.

Then $XS \cap SX \subseteq X$. From Proposition 2.3.6 (1) and (3) and Proposition 2.3.12 (2), it follows that

$$\begin{aligned} (\underline{\theta}(X))S \cap S(\underline{\theta}(X)) &= (\underline{\theta}(X))(\underline{\theta}(S)) \cap (\underline{\theta}(S))(\underline{\theta}(X)) \\ &\subseteq \underline{\theta}(XS) \cap \underline{\theta}(SX) \\ &= \underline{\theta}((XS) \cap (SX)) \\ &\subseteq \underline{\theta}(X). \end{aligned}$$

Hence $\underline{\theta}(X)$ is a quasi-ideal of S . It follows that X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -lower rough quasi-ideal.

(3) From Remark 2.3.8 and arguments (1) and (2), we can prove that the statement is true.

Theorem 3.5. Let f be an epimorphism from S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ to T in $(T, \mathcal{PS}_\theta(T))$ type PCR , where θ is defined as Equation (2.3.6) in Proposition 2.3.14. If X is a non-empty subset of S and f is injective, then we have the following statements.

(1) $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -upper rough interior ideal if and only if X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough interior ideal.

(2) $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -lower rough interior ideal if and only if X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -lower rough interior ideal.

(3) $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -rough interior ideal if and only if X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough interior ideal.

Proof. (1) Suppose that $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -upper rough interior ideal. Then $T(\bar{\vartheta}(f(X)))T \subseteq \bar{\vartheta}(f(X))$. Let $s_1 \in S(\bar{\theta}(X))S$. By Proposition 2.3.14 (1), we obtain

$$f(s_1) \in f(S(\bar{\theta}(X))S) = T(\bar{\vartheta}(f(X)))T \subseteq \bar{\vartheta}(f(X)) = f(\bar{\theta}(X)).$$

Thus there exists $s_2 \in \bar{\theta}(X)$ such that $f(s_1) = f(s_2)$. Hence $PS_\theta(s_2) \cap X \neq \emptyset$. Since f is injective, we have $s_1 = s_2$. Thus $PS_\theta(s_1) \cap X \neq \emptyset$. Hence $s_1 \in \bar{\theta}(X)$. Whence $S(\bar{\theta}(X))S \subseteq \bar{\theta}(X)$. Hence $\bar{\theta}(X)$ is an interior ideal of S . Therefore, X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough interior ideal.

Conversely, assume that X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough interior ideal. Then $S(\overline{\theta}(X))S \subseteq \overline{\theta}(X)$. Thus $f(S(\overline{\theta}(X))S) \subseteq f(\overline{\theta}(X))$. By Proposition 2.3.14 (1), we have

$$T(\overline{\vartheta}(f(X)))T = f(S(\overline{\theta}(X))S) \subseteq f(\overline{\theta}(X)) = \overline{\vartheta}(f(X)).$$

Hence $\overline{\vartheta}(f(X))$ is an interior ideal of T . Therefore, $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -upper rough interior ideal.

(2) By Proposition 2.3.14 (2) and using the similar method in the proof of argument (1), we can prove that the statement is true.

(3) Under the injective mapping f , the proof is obvious from arguments (1) and (2).

Theorem 3.6. Let f be an epimorphism from S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ to T in $(T, \mathcal{PS}_\theta(T))$ type PCR, where θ is defined as Equation (2.3.6) in Proposition 2.3.14. If X is a non-empty subset of S and f is injective, then we have the following statements.

- (1) $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -upper rough quasi-ideal if and only if X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough quasi-ideal.
- (2) $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -lower rough quasi-ideal if and only if X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -lower rough quasi-ideal.
- (3) $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -rough quasi-ideal if and only if X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough quasi-ideal.

Proof. (1) Suppose that $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -upper rough quasi-ideal. Then $\overline{\vartheta}(f(X))$ is a quasi-ideal of T . Thus $(\overline{\vartheta}(f(X)))T \cap T(\overline{\vartheta}(f(X))) \subseteq \overline{\vartheta}(f(X))$. Let $s_1 \in (\overline{\theta}(X))S \cap S(\overline{\theta}(X))$. Then we have $s_1 \in (\overline{\theta}(X))S$ and $s_1 \in S(\overline{\theta}(X))$. Hence $f(s_1) \in f((\overline{\theta}(X))S)$ and $f(s_1) \in f(S(\overline{\theta}(X)))$. By Proposition 2.3.14 (1), we get that $f(s_1) \in (\overline{\vartheta}(f(X)))T \cap T(\overline{\vartheta}(f(X)))$. Thus

$$f(s_1) \in (\overline{\vartheta}(f(X)))T \cap T(\overline{\vartheta}(f(X))) \subseteq \overline{\vartheta}(f(X)) = f(\overline{\theta}(X)).$$

Thus there exists $s_2 \in \overline{\theta}(X)$ such that $f(s_1) = f(s_2)$. Hence $PS_\theta(s_2) \cap X \neq \emptyset$. Since f is injective, we have $s_1 = s_2$. Thus $PS_\theta(s_1) \cap X \neq \emptyset$. Hence $s_1 \in \overline{\theta}(X)$. Whence $(\overline{\theta}(X))S \cap S(\overline{\theta}(X)) \subseteq \overline{\theta}(X)$, which yields $\overline{\theta}(X)$ is a quasi-ideal of S . It follows that X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough quasi-ideal.

Conversely, suppose X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough quasi-ideal. Then $\overline{\theta}(X)$ is a quasi-ideal of S . Thus $(\overline{\theta}(X))S \cap S(\overline{\theta}(X)) \subseteq \overline{\theta}(X)$. Hence $f((\overline{\theta}(X))S \cap S(\overline{\theta}(X))) \subseteq f(\overline{\theta}(X))$. Since f is injective, it is easy to prove that $f((\overline{\theta}(X))S) \cap f(S(\overline{\theta}(X))) = f((\overline{\theta}(X))S \cap S(\overline{\theta}(X)))$. By Proposition 2.3.14 (1), we obtain

$$(\overline{\vartheta}(f(X)))T \cap T(\overline{\vartheta}(f(X))) = f((\overline{\theta}(X))S) \cap f(S(\overline{\theta}(X))) \subseteq f(\overline{\theta}(X)) = \overline{\vartheta}(f(X)).$$

Thus $\overline{\vartheta}(f(X))$ is a quasi-ideal of T . Consequently, $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -upper rough quasi-ideal.

(2) By Proposition 2.3.14 (2) and using the similar method in the proof of argument (1), we can prove that the statement is true.

(3) Under the injective mapping f , the proof is obvious from arguments (1) and (2).

References

- Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Information and Computer Security*, 11, 341-356.
- Kuroki, N. (1997). Rough ideals in semigroup. *Information Sciences*, 100, 139-163.
- Xiao, Q. M., & Zhang, Z. L. (2006). Rough prime ideals and rough fuzzy prime ideals in Semigroups. *Information Sciences*, 176, 725-733.
- Naveed, Y., Muhammad, A., & Ronnason, C. (2012). Rough prime bi-ideals and rough fuzzy prime bi-ideals in semigroups. *Annals of Fuzzy Mathematics and Informatics*, 3(2), 203-211.
- Rukchart, P., & Manoj, S. (2019). Applying generalized rough set concepts to approximation spaces of semigroups. *IAENG International Journal of Applied Mathematics*, 49(1), 51-60.
- Clifford, A. H., & Preton, G. B. (1961). The algebraic theory of semigroups. I, II. *American Mathematical Society*.
- Howie, J. M., (1976). *An Introduction to semigroup theory*. Academic Press.
- Mordeson, J. N., Malik, D. S., & Kuroki N. (2010). *Fuzzy semigroups*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. New York.
- Zach, R. (2017). *Sets, logic and computation*. University of Calgary.

ไบ-ไอติลรัฟและไบ-ไอติลเฉพาะรัฟในปฏิกิริยาการประมาณของกึ่งกลุ่มภายใต้ความสัมพันธ์ พรีออเดอร์และคอมแพทิเบิล

ธัญวรัตน์ ชัชรรัตน์¹ ธนพรรณ พินพัสสา² รักชาติ ประเสริฐพงษ์³

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

email: ¹thanwarat.c@nsru.ac.th, ²thanapan.p@nsru.ac.th, ³rukchart.p@nsru.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการนิยามไบ-ไอติลรัฟและไบ-ไอติลเฉพาะรัฟในปฏิกิริยาการประมาณของกึ่งกลุ่มภายใต้ความสัมพันธ์พรีออเดอร์และคอมแพทิเบิล พร้อมทั้งนำเสนอตัวอย่างที่สอดคล้องกับการกำหนดดังกล่าว โดยผู้วิจัยจะทำการพิสูจน์ทฤษฎีเพื่อหาเงื่อนไขเพียงพอสำหรับไบ-ไอติลรัฟและไบ-ไอติลเฉพาะรัฟ และทำการพิสูจน์ทฤษฎีเพื่อหาเงื่อนไขจำเป็นและเพียงพอสำหรับภาพสาคิสฐานฐานของไบ-ไอติลรัฟและไบ-ไอติลเฉพาะรัฟ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ไบ-ไอติลรัฟ ไบ-ไอติลเฉพาะรัฟ ปฏิกิริยาการประมาณ กึ่งกลุ่ม ความสัมพันธ์พรีออเดอร์และคอมแพทิเบิล

Rough Bi-Ideals and Rough Prime Bi-Ideals in Approximation Spaces of Semigroups under Preorder and Compatible Relations

Thanwarat Chatcharat^a, Thanapan Pinpassa^b, Rukchart Prasertpong^c

Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan, Thailand
email: ^athanwarat.c@nsru.ac.th, ^bthanapan.p@nsru.ac.th, ^crukchart.p@nsru.ac.th

Abstract

In this work, we introduce a rough bi-ideal and a rough prime bi-ideal in an approximation space of a semigroup under a preorder and compatible relation, with corresponding examples. Then, we provide sufficient conditions for them. In the end, we give a necessary and sufficient condition for a homomorphic image of the rough bi-ideal (resp., rough prime bi-ideal).

Keywords: rough bi-ideal; rough prime bi-ideal; approximation space; semigroup; preorder and compatible relation

1. Introduction

Pawlak's rough set theory, introduced by Pawlak (Pawlak, 1982) in 1982, offers an alternative toolset to deal with incomplete information. This tool is defined as an approximation model of sets induced by equivalence relations. Under a Pawlak's approximation space induced by an equivalence relation (a pair of a non-empty universal set with an equivalence relation), a non-empty subset of the given universe is approximated by the following sets.

The Pawlak's upper approximation set is the union of equivalent classes which have a non-empty intersection with the given non-empty subset (The set of all possibly elements with respect to a property of the given non-empty subset).

The Pawlak's lower approximation set is the union of equivalent classes which are subsets of the given non-empty subset (The set of all certainly elements with respect to a property of the given non-empty subset).

The Pawlak's boundary region is a difference of the upper approximation and the lower approximation (The set of all uncertain elements with respect to a property of the given non-empty subset).

The Pawlak's rough set of the given non-empty subset is defined by meaning of a pair of upper and lower approximations, where the difference of upper and lower approximations is a non-empty set. Otherwise, the given non-empty subset is said to be a Pawlak's definable set.

Because of new thinking with respect to trend, Pawlak's rough set theory has been becoming an attractive intelligent information processing tool in approximation spaces of semigroups. In 1997, Kuroki (Kuroki, 1997) introduced the notions of rough semigroups (resp. ideals) in approximation spaces of semigroups induced by congruence relations, and provided sufficient conditions of rough semigroups (resp. ideals). In 2006, Xiao and Zhang (Xiao, 2006) proposed the notions of rough completely prime ideals in approximation spaces of semigroups induced by congruence relations, and provided sufficient conditions of rough completely prime ideals. Also, they studied the relationship between rough completely prime ideals (resp. ideals) and the homomorphic image of rough completely prime ideals (resp. ideals) under homomorphism problems. In 2012, Naveed, Muhammad and Ronnason (Naveed, Muhammad and Ronnason, 2012) proposed the notions of rough prime bi-ideals in approximation spaces of semigroups induced by congruence relations, and provided sufficient conditions of rough prime bi-ideals.

In 2019, Rukchart and Manoj (Rukchart and Manoj, 2019) introduced a generalized rough set under an approximation space induced by a binary relation between two universes. Moreover, they proposed rough semigroups, rough ideals, and rough completely prime ideals in semigroups under approximation spaces induced by preorder and compatible relations, including provided sufficient conditions for them, and provided necessary and sufficient conditions of their homomorphic images.

In this paper, we propose rough bi-ideals and rough prime bi-ideals in semigroups under approximation spaces induced by preorder and compatible relations. Then, we provide sufficient conditions for them. Finally, we give necessary and sufficient conditions of their homomorphic images.

2. Preliminaries

In this section, we recall some important definitions and results of semigroups, relations and generalized rough sets in semigroups. Such definitions and results are used in the following section for references.

2.1 Some basic definitions in semigroups

Definition 2.1.1. (Clifford and Preston, 1961) A *semigroup* (S, \cdot) is defined as an algebraic system, where S is a non-empty set and " \cdot " is an associative binary operation on S . Throughout this paper, S denotes a semigroup.

Definition 2.1.2. (Clifford and Preston, 1961) Let S be a semigroup and let X be a non-empty subset of S . X is called a *subsemigroup* of S if $X^2 \subseteq X$.

Definition 2.1.3. (Good and Hughes, 1952) Let S be a semigroup and let X be a subsemigroup of S . X is called a *bi-ideal* of S if $XSX \subseteq X$.

Definition 2.1.4. (Naveed, Muhammad and Ronnason, 2012) Let S be a semigroup and let X be a bi-ideal of S . X is called a *prime bi-ideal* of S if for all $s_1, s_2, s_3 \in S$, $s_1s_2s_3 \in X$ implies $s_1 \in X$ or $s_3 \in X$.

2.2 Some basic definitions of binary relations

Throughout this paper, U and V denote two non-empty universal sets.

Definition 2.2.1. (Zach, 2017) Let $P(U \times V)$ be a collection of all subsets of $U \times V$. An element in $P(U \times V)$ is called a *binary relation from U to V* . An element in $P(U \times V)$ is called a *binary relation on U* if $U = V$.

Definition 2.2.2. (Zach, 2017) Let θ be a binary relation on U .

- (1) θ is called *reflexive* if for all $u \in U$, $(u, u) \in \theta$.
- (2) θ is called *transitive* if for all $u_1, u_2, u_3 \in U$, $(u_1, u_2) \in \theta$ and $(u_2, u_3) \in \theta$ imply $(u_1, u_3) \in \theta$.
- (3) θ is called *symmetric* if for all $u_1, u_2 \in U$, $(u_1, u_2) \in \theta$ implies $(u_2, u_1) \in \theta$.
- (4) If θ is reflexive and transitive, then θ is called a *preorder relation*.
- (5) If θ is reflexive, transitive and symmetric, then θ is called an *equivalence relation*.

Definition 2.2.3. (Zach, 2017) Let θ be an equivalence relation on U . For an element $u \in U$, the set

$$[u]_{\theta} := \{v \in V : (u, v) \in \theta\} \quad (2.2.1)$$

is called an *equivalence class of u induced by θ* .

Definition 2.2.4. (Howie, 1976) Let θ be a binary relation on S . θ is called *compatible (with the operation on S)* if for all $s_1, s_2, s_3 \in S$, $(s_1, s_2) \in \theta$ implies $(s_1s_3, s_2s_3) \in \theta$ and $(s_3s_1, s_3s_2) \in \theta$. If θ is an equivalence relation with compatible, then it is called a *congruence*.

2.3 Fundamentals of generalized rough sets in semigroups

Definition 2.3.1. (Rukchart and Manoj, 2019) Let θ be a binary relation from U to V . For an element $u \in U$, the set

$$S_\theta(u) := \{v \in V : (u, v) \in \theta\} \quad (2.3.1)$$

is called a *successor class of u induced by θ* .

Definition 2.3.2. (Rukchart and Manoj, 2019) Let θ be a binary relation from U to V . For an element $u_1 \in U$, the set

$$PS_\theta(u_1) := \{u_2 \in U : S_\theta(u_2) \subseteq S_\theta(u_1)\} \quad (2.3.2)$$

is called a *portion of the successor class of u_1 induced by θ* . $PS_\theta(U)$ is denoted as a collection of $PS_\theta(u)$ for all $u \in U$.

Proposition 2.3.3. (Rukchart and Manoj, 2019) Let θ be a binary relation from U to V . Then $u \in PS_\theta(u)$ for all $u \in U$.

Definition 2.3.4. (Rukchart and Manoj, 2019) Let θ be a binary relation from U to V . The triple $(U, V, PS_\theta(U))$ is called a $PS_\theta(U)$ -*approximation space*. If $U = V$, then $(U, V, PS_\theta(U))$ is replaced by a pair $(U, PS_\theta(U))$.

Definition 2.3.5. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(U, V, PS_\theta(U))$ be a $PS_\theta(U)$ -approximation space and let X be a non-empty subset of U . The set

$$\bar{\theta}(X) := \{u \in U : PS_\theta(u) \cap X \neq \emptyset\} \quad (2.3.3)$$

is called a $PS_\theta(U)$ -*upper approximation of X* (The set of all possibly elements with respect to a property of the given non-empty subset). The set

$$\underline{\theta}(X) := \{u \in U : PS_\theta(u) \subseteq X\} \quad (2.3.4)$$

is called a $PS_\theta(U)$ -*lower approximation of X* (The set of all certainly elements with respect to a property of the given non-empty subset). The set

$$\theta_{bnd}(X) := \bar{\theta}(X) - \underline{\theta}(X) \quad (2.3.5)$$

is called a $PS_\theta(U)$ -*boundary region of X* (The set of all uncertain elements with respect to a property of the given non-empty subset). If $\theta_{bnd}(X) \neq \emptyset$, then $\theta(X) := (\bar{\theta}(X), \underline{\theta}(X))$ is called a $PS_\theta(U)$ -*rough set of X* . In this way, we say that X is a $PS_\theta(U)$ -*rough set*. If $\theta_{bnd}(X) = \emptyset$, then X is called a $PS_\theta(U)$ -*definable set*.

Remark 2.3.6. According to Definition 2.3.5, note that every Pawlak's rough set is a $PS_\theta(U)$ -rough set. Conversely, it is not true in general. In fact, a $PS_\theta(U)$ -rough set is a generalization of a Pawlak's rough set whenever a binary relation is an equivalence relation, that is, Equation (2.2.1) and Equation (2.3.2) are same sets. As mentioned above, a corresponding example is considered as Example 1 in (Rukchart and Manoj, 2019).

Proposition 2.3.7. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(U, V, \mathcal{PS}_\theta(U))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(U)$ -approximation space. If X and Y are non-empty subsets of U , then the following statements hold.

- (1) $\bar{\theta}(U) = U$ and $\underline{\theta}(U) = U$.
- (2) If $X \subseteq Y$, then $\bar{\theta}(X) \subseteq \bar{\theta}(Y)$ and $\underline{\theta}(X) \subseteq \underline{\theta}(Y)$.

Definition 2.3.8. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(U, V, \mathcal{PS}_\theta(U))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(U)$ -approximation space and let X be a non-empty subset of U . If $\underline{\theta}(U)$ is a non-empty proper subset of X , then X is called a *set over a non-empty interior set*.

Remark 2.3.9. Using the similar method in the proof of Proposition 4 in (Rukchart and Manoj, 2019), it is easy to see that if X is a non-empty subset of U over a non-empty interior set, then it is a $\mathcal{PS}_\theta(U)$ -rough set.

Definition 2.3.10. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space. $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ is called a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *PCR* if θ is a preorder and compatible relation.

Proposition 2.3.11. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *PCR*. Then $(\mathcal{PS}_\theta(s_1))(\mathcal{PS}_\theta(s_2)) \subseteq \mathcal{PS}_\theta(s_1s_2)$ for all $s_1, s_2 \in S$.

Definition 2.3.12. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *PCR*. θ is called a *complete relation* if for all $s_1, s_2 \in S$, $(\mathcal{PS}_\theta(s_1))(\mathcal{PS}_\theta(s_2)) = \mathcal{PS}_\theta(s_1s_2)$. $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ is called a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *CR* if θ is a complete relation.

Remark 2.3.13. According to Definitions 2.3.10 and 2.3.12, it is easy to see that every $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *CR* is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *PCR*.

Proposition 2.3.14. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space. Then the following statements hold.

- (1) If $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *PCR*, then $(\bar{\theta}(X))(\bar{\theta}(Y)) \subseteq \bar{\theta}(XY)$ for every non-empty subsets X and Y of S .
- (2) If $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *CR*, then $(\underline{\theta}(X))(\underline{\theta}(Y)) \subseteq \underline{\theta}(XY)$ for every non-empty subsets X and Y of S .

Theorem 2.3.15. (Rukchart and Manoj, 2019) Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space and let X be a non-empty subset of S . Then the following statements hold.

- (1) If X is a subsemigroup of S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type *PCR*, then $\bar{\theta}(X)$ is a subsemigroup of S .
- (2) If X is a subsemigroup of S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type *CR* with respect to a non-empty $\underline{\theta}(X)$, then $\underline{\theta}(X)$ is a subsemigroup of S .

Proposition 2.3.16. (Rukchart and Manoj, 2019) Let f be an epimorphism from S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ to T in $(T, \mathcal{PS}_\theta(T))$, where the binary relation θ is defined by

$$\theta := \{(s_1, s_2) \in S \times S : (f(s_1), f(s_2)) \in \vartheta\}. \quad (2.3.6)$$

Then the following statements hold.

- (1) If $s_1, s_2 \in S$, then $s_1 \in PS_\theta(s_2)$ if and only if $f(s_1) \in PS_\vartheta(f(s_2))$.
- (2) $f(\overline{\theta}(X)) = \overline{\vartheta}(f(X))$ for every non-empty subset X of S .
- (3) If f is injective, then $f(\underline{\theta}(X)) = \underline{\vartheta}(f(X))$ for every non-empty subset X of S .
- (4) If ϑ is a preorder and compatible relation, then θ is a preorder and compatible relation.

Theorem 2.3.17. Let f be an epimorphism from S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ to T in $(T, \mathcal{PS}_\theta(T))$ type *PCR*, where θ is defined as Equation (2.3.6) in Proposition 2.3.16. If X is a non-empty subset of S and f is injective, then we have the following statements.

- (1) $\overline{\vartheta}(f(X))$ is a subsemigroup of T if and only if $\overline{\theta}(X)$ is a subsemigroup of S .
- (2) $\underline{\vartheta}(f(X))$ is a subsemigroup of T if and only if $\underline{\theta}(X)$ is a subsemigroup of S .

3. Main Results

In this section, we introduce a rough bi-ideal and a rough prime bi-ideal in a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *PCR*. Then we provide sufficient conditions for them. Under homomorphism problem in semigroup, we give a necessary and sufficient condition for a homomorphic image of the rough bi-ideal (resp., rough prime bi-ideal).

Definition 3.1. Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type *PCR* and let X be a non-empty subset of S . X is called a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough bi-ideal if $\overline{\theta}(X)$ is a bi-ideal of S . X is called a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -lower rough bi-ideal if $\underline{\theta}(X)$ is a bi-ideal of S . X is called a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough bi-ideal if it is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough bi-ideal, a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -lower rough bi-ideal and a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough set.

Similarly, we can define a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough prime bi-ideal. Now, we consider the following example.

Example 3.2. Let $S = \{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5\}$ be a semigroup with multiplication rules defined by Table 1.

Table 1 The multiplication table on S

	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5
s_1	s_1	s_1	s_1	s_1	s_1
s_2	s_1	s_2	s_2	s_2	s_5
s_3	s_1	s_2	s_2	s_3	s_5
s_4	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5
s_5	s_1	s_5	s_5	s_5	s_5

Let $\theta = \{(s_1, s_1), (s_1, s_5), (s_2, s_2), (s_2, s_3), (s_2, s_4), (s_3, s_2), (s_3, s_3), (s_3, s_4), (s_4, s_2), (s_4, s_3), (s_4, s_4), (s_5, s_5)\}$.

Then, it is easily seen that θ is a preorder and compatible relation. According to Equation (2.3.1) in Definition 2.3.1, we get

$$\begin{aligned} S_\theta(s_1) &= \{s_1, s_5\}, \\ S_\theta(s_2) &= \{s_2, s_3, s_4\}, \\ S_\theta(s_3) &= \{s_2, s_3, s_4\}, \\ S_\theta(s_4) &= \{s_2, s_3, s_4\}, \\ S_\theta(s_5) &= \{s_5\}. \end{aligned}$$

According to Equation (2.3.2) in Definition 2.3.2, we get

$$\begin{aligned} PS_\theta(s_1) &= S_\theta(s_1), \\ PS_\theta(s_2) &= S_\theta(s_2), \\ PS_\theta(s_3) &= S_\theta(s_3), \\ PS_\theta(s_4) &= S_\theta(s_4), \\ PS_\theta(s_5) &= S_\theta(s_5). \end{aligned}$$

We suppose that $X = \{s_1, s_2, s_5\}$ is a non-empty subset of S , which is a set for an approximation in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type PCR. Then, by Equations (2.3.3) and (2.3.4) in Definition 2.3.5, we get $\bar{\theta}(X) = S$ and $\underline{\theta}(X) = \{s_1, s_5\}$, respectively. It follows that $\theta_{bnd}(X) \neq \emptyset$, and so X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough set. Furthermore, it is easily seen that $\bar{\theta}(X)$ and $\underline{\theta}(X)$ are bi-ideals and prime bi-ideals. It follows that X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -(resp., upper, lower) rough bi-ideal and X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -(resp., upper, lower) rough prime bi-ideal.

Remark 3.3. According to Definition 3.1, we see that every rough bi-ideal in (Kuroki, 1997) is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough bi-ideal and every rough prime bi-ideal in (Naveed, Muhammad & Ronnason, 2012) is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough prime bi-ideal. Conversely, it is not true in general. Consequently, new rough sets in Definition 3.1 are considered as a generalization of two rough sets in (Kuroki, 1997) and (Naveed, Muhammad & Ronnason, 2012) if a binary relation in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type PCR is a symmetric relation.

Theorem 3.4. Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space and let X be a non-empty subset of S . Then we have the following statements.

- (1) If X is a bi-ideal of S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type PCR, then it is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough bi-ideal.
- (2) If X is a bi-ideal of S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type CR with respect to a non-empty $\underline{\theta}(X)$, then it is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -lower rough bi-ideal.
- (3) If X is a bi-ideal of S over a non-empty interior set in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type CR, then it is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough bi-ideal.

Proof. (1) Suppose that X is a bi-ideal of S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type PCR. Then X is a subsemigroup of S and $XSX \subseteq X$. From Theorem 2.3.15 (1), we get that $\bar{\theta}(X)$ is a subsemigroup of S . By Proposition 2.3.7 (1), we have $\bar{\theta}(S) = S$. By Proposition 2.3.7 (2), we obtain $\bar{\theta}(XSX) \subseteq \bar{\theta}(X)$. From Proposition 2.3.14 (1), we get $(\bar{\theta}(X))s(\bar{\theta}(X)) = (\bar{\theta}(X))(\bar{\theta}(S))(\bar{\theta}(X)) \subseteq \bar{\theta}(XSX) \subseteq \bar{\theta}(X)$. Hence $\bar{\theta}(X)$ is a bi-ideal of S . Therefore, X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough bi-ideal.

(2) By Propositions 2.3.7, 2.3.14 (2), Theorem 2.3.15 (2) and using the similar method in the proof of item (1), we can prove that the statement is true under $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ type CR .

(3) From Remark 2.3.9 and items (1) and (2), we can prove that the statement is true.

Theorem 3.5. Let $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ be a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -approximation space type CR and let X be a non-empty subset of S . Then we have the following statements.

(1) If X is a prime bi-ideal of S , then it is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough prime bi-ideal.

(2) If X is a prime bi-ideal of S with respect to a non-empty $\underline{\theta}(X)$, then it is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -lower rough prime bi-ideal.

(3) If X is a prime bi-ideal of S over a non-empty interior set, then it is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough prime bi-ideal.

Proof. (1) Suppose that X is a prime bi-ideal of S . Then X is a bi-ideal of S . Thus, by Theorem 3.4 (1), we obtain $\bar{\theta}(X)$ is a bi-ideal of S . Let $s_1, s_2, s_3 \in S$ such that $s_1 s_2 s_3 \in \bar{\theta}(X)$. Then $PS_\theta(s_1 s_2 s_3) \cap X \neq \emptyset$. Since θ is complete, we have $(PS_\theta(s_1))(PS_\theta(s_2))(PS_\theta(s_3)) \cap X = PS_\theta(s_1 s_2 s_3) \cap X \neq \emptyset$. Thus there exist $s_4 \in PS_\theta(s_1)$, $s_5 \in PS_\theta(s_2)$ and $s_6 \in PS_\theta(s_3)$ such that $s_4 s_5 s_6 \in X$. Since X is a prime bi-ideal of S , we have $s_4 \in X$ or $s_6 \in X$. Hence $PS_\theta(s_1) \cap X \neq \emptyset$ or $PS_\theta(s_3) \cap X \neq \emptyset$. Whence $s_1 \in \bar{\theta}(X)$ or $s_3 \in \bar{\theta}(X)$. It follows that $\bar{\theta}(X)$ is a prime bi-ideal of S . Consequently, X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough prime bi-ideal.

(2) Suppose that X is a prime bi-ideal of S with respect to a non-empty $\underline{\theta}(X)$. Then X is a bi-ideal of S . Thus, by Theorem 3.4 (2), we get that $\underline{\theta}(X)$ is a bi-ideal of S . Let $s_1, s_2, s_3 \in S$ such that $s_1 s_2 s_3 \in \underline{\theta}(X)$. Then we have that $(PS_\theta(s_1))(PS_\theta(s_2))(PS_\theta(s_3)) = PS_\theta(s_1 s_2 s_3) \subseteq X$. Suppose that $s_1 \notin \underline{\theta}(X)$. Then $PS_\theta(s_1) \not\subseteq X$. Thus there exists $s_4 \in S$ such that $s_4 \in PS_\theta(s_1)$ but $s_4 \notin X$. By Proposition 2.3.3, we get that $s_2 \in (PS_\theta(s_2))$. Hence, for each $s_5 \in PS_\theta(s_3)$,

$$s_4 s_2 s_5 \in (PS_\theta(s_1))(PS_\theta(s_2))(PS_\theta(s_3)) = PS_\theta(s_1 s_2 s_3) \subseteq X,$$

and so $s_5 \in X$. Thus $PS_\theta(s_3) \subseteq X$. Hence $s_3 \in \underline{\theta}(X)$. Whence $\underline{\theta}(X)$ is a prime bi-ideal, Therefore, X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -lower rough prime bi-ideal.

(3) From Remark 2.3.9 and items (1) and (2), we can prove that the statement is true.

Theorem 3.6. Let f be an epimorphism from S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ to T in $(T, \mathcal{PS}_\theta(T))$ type PCR , where θ is defined as Equation (2.3.6) in Proposition 2.3.16. If X is a non-empty subset of S and f is injective, then we have the following statements.

(1) $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -upper rough bi-ideal if and only if X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough bi-ideal.

(2) $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -lower rough bi-ideal if and only if X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -lower rough bi-ideal.

(3) $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -rough bi-ideal if and only if X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough bi-ideal.

Proof. (1) Suppose that $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -upper rough bi-ideal. Then, by Theorem 2.3.17 (1), we obtain that $\bar{\theta}(X)$ is a subsemigroup of S and $(\bar{\vartheta}(f(X)))T(\bar{\vartheta}(f(X))) \subseteq \bar{\vartheta}(f(X))$. Suppose $s_1 \in (\bar{\theta}(X))S(\bar{\theta}(X))$. By Proposition 2.3.16 (2), we obtain

$$f(s_1) \in f\left((\bar{\theta}(X))S(\bar{\theta}(X))\right) = (\bar{\vartheta}(f(X)))T(\bar{\vartheta}(f(X))) \subseteq \bar{\vartheta}(f(X)) = f(\bar{\theta}(X)).$$

Thus there exists $s_2 \in \bar{\theta}(X)$ such that $f(s_1) = f(s_2)$. Hence $PS_\theta(s_2) \cap X \neq \emptyset$. By assumption, we have $s_1 = s_2$. Thus $PS_\theta(s_1) \cap X \neq \emptyset$. Hence $s_1 \in \bar{\theta}(X)$. Whence $(\bar{\theta}(X))S(\bar{\theta}(X)) \subseteq \bar{\theta}(X)$. Hence we get $\bar{\theta}(X)$ is a bi-ideal of S . Therefore, X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough bi-ideal.

Conversely, assume that X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough bi-ideal. Then, by Theorem 2.3.17 (1), we get that $\bar{\vartheta}(f(X))$ is a subsemigroup of T and $(\bar{\theta}(X))S(\bar{\theta}(X)) \subseteq \bar{\theta}(X)$. Thus $f\left((\bar{\theta}(X))S(\bar{\theta}(X))\right) \subseteq f(\bar{\theta}(X))$. By Proposition 2.3.16 (2), we have

$$(\bar{\vartheta}(f(X)))T(\bar{\vartheta}(f(X))) = f\left((\bar{\theta}(X))S(\bar{\theta}(X))\right) \subseteq f(\bar{\theta}(X)) = \bar{\vartheta}(f(X)).$$

Hence $\bar{\vartheta}(f(X))$ is a bi-ideal of T . Therefore, $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -upper rough bi-ideal.

(2) By Proposition 2.3.16 (3), Theorem 2.3.17 (2) and using the similar method in the proof of item (1), we can prove that the statement is true.

(3) Based on the injective mapping f , the proof is clear from items (1) and (2).

Theorem 3.7. Let f be an epimorphism from S in $(S, \mathcal{PS}_\theta(S))$ to T in $(T, \mathcal{PS}_\theta(T))$ type CR , where θ is defined as Equation (2.3.6) in Proposition 2.3.16. If X is a non-empty subset of S and f is injective, then we have the following statements.

(1) $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -upper rough prime bi-ideal iff X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough prime bi-ideal.

(2) $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -lower rough prime bi-ideal iff X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -lower rough prime bi-ideal.

(3) $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -rough prime bi-ideal if and only if X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -rough prime bi-ideal.

Proof. (1) Suppose that $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_\theta(T)$ -upper rough prime bi-ideal. Then $\bar{\vartheta}(f(X))$ is a prime bi-ideal of T . By Theorem 3.6 (1), we obtain $\bar{\theta}(X)$ is a bi-ideal of S . Let $s_1, s_2, s_3 \in S$ such that $s_1s_2s_3 \in \bar{\theta}(X)$. Then $f(s_1s_2s_3) \in f(\bar{\theta}(X))$. By Proposition 2.3.16 (2), we get

$$f(s_1)f(s_2)f(s_3) = f(s_1s_2s_3) \in f(\bar{\theta}(X)) = \bar{\vartheta}(f(X)).$$

Thus $f(s_1) \in \bar{\vartheta}(f(X))$ or $f(s_3) \in \bar{\vartheta}(f(X))$. Now, if $f(s_1) \in \bar{\vartheta}(f(X))$, then $f(s_1) \in f(\bar{\theta}(X))$. Thus there exists $s_4 \in \bar{\theta}(X)$ such that $f(s_1) = f(s_4)$. Hence $PS_\theta(s_4) \cap X \neq \emptyset$. Since f is injective, we have that $PS_\theta(s_1) \cap X \neq \emptyset$. Hence $s_1 \in \bar{\theta}(X)$. Similarly, if $f(s_3) \in \bar{\vartheta}(f(X))$, then $s_3 \in \bar{\theta}(X)$. Hence $\bar{\theta}(X)$ is a prime bi-ideal of S . Therefore, X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough prime bi-ideal.

Conversely, suppose X is a $\mathcal{PS}_\theta(S)$ -upper rough prime bi-ideal. Then $\bar{\theta}(X)$ is a prime bi-ideal of S . By Theorem 3.6 (1), we obtain $\bar{\vartheta}(f(X))$ is a bi-ideal of T . Suppose $t_1, t_2, t_3 \in T$ such that $t_1t_2t_3 \in \bar{\vartheta}(f(X))$.

Then there exist $s_1, s_2, s_3 \in S$ such that $t_1 = f(s_1)$, $t_2 = f(s_2)$ and $t_3 = f(s_3)$. Thus we have that $PS_{\vartheta}(f(s_1)f(s_2)f(s_3)) \cap f(X) \neq \emptyset$. Since ϑ is complete, we get

$$\left(PS_{\vartheta}(f(s_1))\right)\left(PS_{\vartheta}(f(s_2))\right)\left(PS_{\vartheta}(f(s_3))\right) \cap f(X) \neq \emptyset.$$

Thus there exist $f(s_4) \in PS_{\vartheta}(f(s_1))$, $f(s_5) \in PS_{\vartheta}(f(s_2))$ and $f(s_6) \in PS_{\vartheta}(f(s_3))$ such that $f(s_4)f(s_5)f(s_6) \in f(X)$. Thus $f(s_4s_5s_6) \in f(X)$. Hence there exists $s_7 \in X$ such that $f(s_4s_5s_6) = f(s_7)$. By Proposition 2.3.16 (1), we obtain that $s_4 \in PS_{\theta}(s_1)$, $s_5 \in PS_{\theta}(s_2)$ and $s_6 \in PS_{\theta}(s_3)$. From Propositions 2.3.11 and 2.3.16 (4), it follows that $s_4s_5s_6 \in PS_{\theta}(s_1s_2s_3)$. Since f is injective, we have that $s_7 = s_4s_5s_6 \in PS_{\theta}(s_1s_2s_3)$. Hence $PS_{\theta}(s_1s_2s_3) \cap X \neq \emptyset$. Whence $s_1s_2s_3 \in \overline{\theta}(X)$. Thus we get $s_1 \in \overline{\theta}(X)$ or $s_3 \in \overline{\theta}(X)$. Hence $f(s_1) \in f(\overline{\theta}(X))$ or $f(s_3) \in f(\overline{\theta}(X))$. By Proposition 2.3.16 (2), $t_1 \in \overline{\vartheta}(f(X))$ or $t_3 \in \overline{\vartheta}(f(X))$. Thus $\overline{\vartheta}(f(X))$ is a prime bi-ideal of T . Consequently, $f(X)$ is a $\mathcal{PS}_{\vartheta}(T)$ -upper rough prime bi-ideal.

(2) By Proposition 2.3.16 (3), Theorem 3.6 (2) and using the similar method in the proof of item (1), we can prove that the statement is true.

(3) Based on the injective mapping f , the proof is clear from items (1) and (2).

References

- Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Information and Computer Security*, 11, 341-356.
- Kuroki, N. (1997). Rough ideals in semigroup. *Information Sciences*, 100, 139-163.
- Xiao, Q. M., & Zhang, Z. L. (2006). Rough prime ideals and rough fuzzy prime ideals in Semigroups. *Information Sciences*, 176, 725-733.
- Naveed, Y., Muhammad, A., & Ronnason, C. (2012). Rough prime bi-ideals and rough fuzzy prime bi-ideals in semigroups. *Annals of Fuzzy Mathematics and Informatics*, 3(2), 203-211.
- Rukchart, P., & Manoj, S. (2019). Applying generalized rough set concepts to approximation spaces of semigroups. *IAENG International Journal of Applied Mathematics*, 49(1), 51-60.
- Clifford, A. H., & Preton, G. B. (1961). The algebraic theory of semigroups. I, II. *American Mathematical Society*.
- Good, R. A., & Hughes, D. R. (1952). Associated groups for a semigroup. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 58, 624-625.
- Zach, R. (2017). *Sets, logic and computation*. University of Calgary.
- Howie, J. M., (1976). *An Introduction to semigroup theory*. Academic Press.

Stratified Unified Ranked Set Sampling for Asymmetric Distributions

Chainarong Peanpaylun^{1,a}, Chanankarn Saengprasan¹, Suwivat Witchakool¹

¹Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology,
Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon, Thailand
E-mail; ^atankku555@gmail.com

Abstract

The purposes of this study are to propose a modified ranked set sampling, which is called stratified unified ranked set sampling (SURSS), for estimating the population mean and compare the efficiency of the empirical mean estimator based on SURSS with their counterparts in simple random sampling (SRS), stratified simple random sampling (SSRS), and stratified ranked set sampling (SRSS) via a simulation. We simulate the data from three asymmetric distributions: Exponential(1), Geometric(0.5), and Gamma(1, 2). It is found that the estimator in SURSS provide more efficient than their counterparts in SRS, SSRS, and SRSS for three parent asymmetric distributions with a small sample size.

Keywords: simple random sampling; ranked set sampling; unified ranked set sampling; stratified unified ranked set sampling

1. Introduction

In 1952, McIntyre (1952, pp. 385-390) proposed a ranked set sampling (RSS) method to estimate the population mean of average yields. Later, RSS was developed and modified by many authors to estimate the population parameters. In 1968, Takahasi and Wakimoto (1968, pp. 1-31) provided the mathematical proof for RSS. They proved that the sample mean based on RSS is an unbiased estimator of the population mean which gave smaller variance than the sample mean based on a simple random sample (SRS) with the same sample size. In 1972, Dell and Clutter (1972, pp. 545-555) demonstrated that the variance of the sample mean based on RSS is less than or equal to that of the SRS, whether or not there are errors in ranking. In 1996, Samawi (1996, pp. 9-16) suggested a stratified ranked set sampling (SRSS). In 2011, Mustafa, Al-Nasser, and Aslam (2011, pp. 147-153) introduced a folded ranked set sampling for asymmetric distributions. In 2017, Matthews and Wolfe suggested a unified ranked sampling (URSS).

2. Objectives

The aim of this study are to propose the stratified unified ranked set sampling (SURSS) for estimating the population mean of asymmetric distributions and to study the efficiency of the empirical mean estimator based on SURSS via a simulation.

3. Methodology

3.1. Simple Random Sampling (SRS)

SRS is a method of selecting n units out of N units such that every one of the ${}_N C_n$ distinct samples has an equal chance of being drawn.

3.2. Stratified Sampling Method

In stratified sampling method, the population of N units is divided into L non overlapping sub-groups known as strata each stratum has N_1, N_2, \dots, N_L units, respectively, such that $N_1 + N_2 + \dots + N_L = N$. For full benefit from stratification, the size of the h^{th} strata, denoted by N_h for

$h=1,2,\dots,L$, must be known. Then the samples are drawn independently from each stratum, producing samples sizes denoted by n_1, n_2, \dots, n_L , such that the total sample size is $n = \sum_{h=1}^L n_h$. If a simple random sample is taken from each stratum, the whole procedure is known as a stratified simple random sampling (SSRS).

3.3. Ranked Set Sampling (RSS)

RSS technique can be described as follows:

- Step 1: Use a SRS method to select m^2 units from the population of interest.
 - Step 2: Allocate the m^2 selected units randomly into m sets, each of size m .
 - Step 3: Rank the m units in each set with respect to the variable of interest.
 - Step 4: Choose a sample by taking the smallest ranked unit in the first set, the second smallest ranked unit in the second set, continue the process until the largest ranked unit is selected from the last set. Then the taken samples are measured the variable of interest.
 - Step 5: Repeat step 1 through step 4 for r cycles to draw the RSS sample of size $n = mr$.
- (Al-Omari & Bouza, 2014, pp. 215-235)

3.4. Unified Ranked Set Sampling (URSS)

URSS technique can be described as follows:

- Step 1: Use a SRS method to select m^2 units from the population of interest and rank them with respect to the variable of interest.
- Step 2: Select the sample units for measurement as follow

If m is an odd number, the ranked $\left(\frac{m+1}{2} + (i-1)m\right)^{th}$ units will be selected for $i = 1, 2, \dots, m$. On the other hands, if m is an even number, the ranked $\left(\frac{m}{2} + (i-1)m\right)^{th}$ units will be selected, for $i = 1, 2, \dots, m$.

- Step 3: Repeat steps 1 and 2 for r cycles (for $j = 1, 2, \dots, r$) to draw the URSS of size $n = mr$.

Define $X_{[i]j}$ be the URSS sampled unit of the i^{th} rank from the j^{th} cycle, where $i = 1, 2, \dots, m$ and $j = 1, 2, \dots, r$.

(Zamanzade, 2014)

3.5. Stratified Unified Ranked Set Sampling (SURSS)

The population of N units is divided into L non overlapping sub-groups known as strata each stratum have N_1, N_2, \dots, N_L units, respectively, such that $N_1 + N_2 + \dots + N_L = N$. The size of the h^{th} strata denotes by N_h for $h = 1, 2, \dots, L$. Then the samples are drawn independently from each stratum, producing samples sizes denoted by n_1, n_2, \dots, n_L , such that the total sample size is $n = \sum_{h=1}^L n_h$. If the

URSS technique is applied for each stratum then the whole procedure is called a SURSS. Define $X_{[i]j}^h$ be the SURSS sampled unit of the i^{th} rank, the j^{th} cycle in the h^{th} stratum, where $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, r$; and $h = 1, 2, \dots, L$. The mean of selected units is used as an population mean estimator.

4. Results and discussion

4.1. Estimation of Population Mean

Let x_1, x_2, \dots, x_n be n independent random variables from a probability density function $f(x)$, with mean (μ) and variance (σ^2) . The empirical mean estimator of URSS is given by

$$\bar{X}_{URSS} = \frac{1}{mr} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^r X_{[l+(i-1)m]j}$$

where $l = \frac{m}{2}$ if i is an even number and $l = \frac{m+1}{2}$ if i is an odd number (for $i = 1, 2, \dots, m$).

The URSS variance can be estimated by

$$S_{URSS}^2 = \frac{1}{mr-1} \left\{ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^r \left(X_{[l+(i-1)m]j} - \bar{X}_{URSS} \right)^2 \right\}.$$

The SURSS estimator of the population mean is given by

$$\bar{X}_{SURSS} = \sum_{h=1}^L W_h \left(\bar{X}_{URSS}^h \right)$$

where $W_h = \frac{N_h}{N}$ and \bar{X}_{URSS}^h is the URSS mean estimator in the h^{th} stratum.

The variance of SURSS is given by

$$\begin{aligned} Var(\bar{X}_{SURSS}) &= Var \left[\sum_{h=1}^L \frac{W_h}{m_h r} \left(\sum_{i=1}^{m_h} \sum_{j=1}^r X_{[l+(i-1)m_h]j} \right) \right] \\ &= \sum_{h=1}^L \frac{W_h^2}{m_h^2 r^2} \left(\sum_{i=1}^{m_h} \sum_{j=1}^r Var \left(X_{[l+(i-1)m_h]j} \right) \right) \\ &= \sum_{h=1}^L \frac{W_h^2}{m_h^2 r^2} \left(\sum_{i=1}^{m_h} \sum_{j=1}^r \sigma_{[l+(i-1)m_h]j,h}^2 \right) \\ &= \sum_{h=1}^L \frac{W_h^2}{m_h^2 r^2} \sigma_{[l+(i-1)m_h]j,h}^2. \end{aligned}$$

4.2. Simulation Study

The simulation study is designed to investigate the performance of SURSS for estimating the population mean compared to their counterparts in SRS, SSRS, and SRSS under asymmetric distributions: Exponential(1), Geometric(0.5), and Gamma(1, 2). The simulations are done based on the population of 100,000 units is divided into two strata each stratum has 50,000 units, which are conducted for the numbers of set in each stratum $m = 2, 5, 10$ and the number of cycles $r = 2, 5, 10$ on 5,000 replications. If the underlying distribution is asymmetric, the efficiencies of SURSS relative to SRS, SSRS, and SRSS, respectively are given by

$$\begin{aligned} eff(\bar{X}_{SURSS}, \bar{X}_{SRS}) &= \frac{MSE(\bar{X}_{SRS})}{MSE(\bar{X}_{SURSS})}, \\ eff(\bar{X}_{SURSS}, \bar{X}_{SSRS}) &= \frac{MSE(\bar{X}_{SSRS})}{MSE(\bar{X}_{SURSS})}, \\ eff(\bar{X}_{SURSS}, \bar{X}_{SRSS}) &= \frac{MSE(\bar{X}_{SRSS})}{MSE(\bar{X}_{SURSS})}, \end{aligned}$$

where MSE is the mean square error (MSE).

The simulation results are shown in Tables 1-3.

Table 1: The efficiency of SURSS relative to SRS, SSRS, and SRSS for estimating the population mean with $m = 2$ and $r = 2, 5, 10$

Distribution	r	$eff(\bar{X}_{SURSS}, \bar{X}_{SRS})$	$eff(\bar{X}_{SURSS}, \bar{X}_{SSRS})$	$eff(\bar{X}_{SURSS}, \bar{X}_{SRSS})$
Exponential(1)	2	4.5738	2.3453	1.1372
	5	2.4891	1.2585	0.3571
	10	1.0906	0.5499	0.0990
Geometric(0.5)	2	4.6105	2.3540	1.1868
	5	2.4206	1.2129	0.3565
	10	1.0614	0.5784	0.0998
Gamma(1,2)	2	4.5327	2.2916	1.2159
	5	2.2539	1.2350	0.3530
	10	1.0749	0.5506	0.1024

Table 2: The efficiency of SURSS relative to SRS, SSRS, and SRSS for estimating the population mean with $m = 5$ and $r = 2, 5, 10$

Distribution	r	$eff(\bar{X}_{SURSS}, \bar{X}_{SRS})$	$eff(\bar{X}_{SURSS}, \bar{X}_{SSRS})$	$eff(\bar{X}_{SURSS}, \bar{X}_{SRSS})$
Exponential(1)	2	2.3324	1.2083	0.3523
	5	0.8265	0.4251	0.0641
	10	0.3998	0.2073	0.0185
Geometric(0.5)	2	2.2595	1.2333	0.3529
	5	0.8600	0.4372	0.0658
	10	0.3966	0.2112	0.0186
Gamma(1,2)	2	2.4353	1.2216	0.3608
	5	0.8246	0.4408	0.0661
	10	0.3973	0.2066	0.0185

Table 3: The efficiency of SURSS relative to SRS, SSRS, and SRSS for estimating the population mean with $m = 10$ and $r = 2, 5, 10$

Distribution	r	$eff(\bar{X}_{SURSS}, \bar{X}_{SRS})$	$eff(\bar{X}_{SURSS}, \bar{X}_{SSRS})$	$eff(\bar{X}_{SURSS}, \bar{X}_{SRSS})$
Exponential(1)	2	1.0782	0.5517	0.1029
	5	0.3957	0.2094	0.0187
	10	0.1987	0.0976	0.0049
Geometric(0.5)	2	1.0620	0.5499	0.1002
	5	0.3882	0.2150	0.0188
	10	0.1927	0.1036	0.0047
Gamma(1,2)	2	1.0815	0.5694	0.0953
	5	0.3985	0.2110	0.0178
	10	0.2034	0.1031	0.0049

Based on Table 1, the numbers of set in each stratum $m = 2$, it indicates that the SURSS estimator is more efficient than SRS estimator for all numbers of cycle $r = 2, 5, 10$ based on all three asymmetric distributions. In addition, the SURSS estimator is more efficient compared to SSRS for $r = 2, 5$ based on all three asymmetric distributions. Moreover, the SURSS estimator is more efficient than SRSS estimator for $r = 2$ based on all three asymmetric distributions.

Based on Table 2, the numbers of set in each stratum $m = 5$, we can conclude that the SURSS estimator is more efficient compared to SRS and SSRS estimators for the numbers of cycle $r = 2$ based on all three asymmetric distributions.

Based on Table 3, the numbers of set in each stratum $m=10$, it implies that the SURSS estimator is more efficient than SRS estimators for the numbers of cycle $r=2$ based on all three asymmetric distributions.

In conclusion, the proposed estimator in SURSS provide more efficient than their counterparts in SRS, SSRS, and SRSS for three parent asymmetric distributions with a small sample size.

References

- Al-Omari, A.I., & Bouza, C.N. (2014). Review of Ranked Set Sampling: Modifications and Applications. *Revista Investigacion Operacional*, 35(3), 215-235.
- Dell, T.R., & Clutter, J.L. (1972). Ranked Set Sampling Theory with Order Statistics Background. *Biometrics*, 28, 545–555.
- Matthews, M.J. & Wolfe, D.A. (2017). Unified Ranked Sampling. *Statistics & Probability Letters*, 112(C), 173–178.
- McIntype, G.A. (1952). A Method of Unbiased Selective Sampling Using Ranked Sets. *Australian Journal of Agricultural Research*, 3(4), 385-390.
- Mustafa, A.B., Al-Nasser, A.D., & Aslam, M. (2011). Folded Ranked Set Sampling for Asymmetric Distributions. *Communications of the Korean Statistical Society*, 18(1), 147–153.
- Samawi, H. M. (1996). Stratified ranked set sample, *Pakistan Journal of Statistics*, 12(1), 9-16.
- Takahasi, K., & Wakimoto, K. (1968). On Unbiased Estimates of the Population Mean Based on the Sample Stratified by Means of Ordering. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 20, 1-31.
- Zamanzade, E. (2014). Retrieved August 1, 2019, from <https://arxiv.org/vc/arxiv/papers/1411/1411.1351v1.pdf>

ความสัมพันธ์ระหว่างลำดับจาโคบีสทอลและลำดับฟีโบนัชชีที่ดัดแปลง
ณัฐฉิณี คงนวล¹ นริศรา มะเย็ง² รัตติยา ฤทธิช่วย³ และ อรุมา รักษาชล⁴

¹ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช email: jeatlala@hotmail.co.th

² สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช email: narisra.nstru@gmail.com

³ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช email: yay_phung@hotmail.com

⁴ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช email: on.alongchon@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลำดับจาโคบีสทอลและลำดับฟีโบนัชชีที่ดัดแปลง โดยใช้สูตรไบเนตในการพิสูจน์ความสัมพันธ์ ซึ่งนิยามสูตรไบเนตสำหรับลำดับจาโคบีสทอล คือ $J_n = \frac{2^n - (-1)^n}{3}$ และนิยามสูตรไบเนตสำหรับลำดับฟีโบนัชชีที่ดัดแปลง คือ $V_n = 2 \left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right)$ ผลการศึกษาพบว่าลำดับจาโคบีสทอลและลำดับฟีโบนัชชีที่ดัดแปลงมีความสัมพันธ์กันในหลากหลายรูปแบบและจากรูปแบบความสัมพันธ์ที่ได้จะช่วยให้การคำนวณเกี่ยวกับลำดับจาโคบีสทอลและลำดับฟีโบนัชชีที่ดัดแปลงง่ายขึ้น

คำสำคัญ: ลำดับจาโคบีสทอล, ลำดับฟีโบนัชชี

Relation between Jacobsthal Sequence and Generalized Fibonacci Sequence

Nattinee Khongnual¹ Narisra Mayeng² Rattiya Rittichuai³ and Onuma Ruksachol⁴ 1
Faculty of Science and Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat University ;
jeatlala@hotmail.co.th ² Faculty of Science and Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat
University ; narisra.nstru@gmail.com

³ Faculty of Science and Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat University ;
yay_phung@hotmail.com ⁴ Faculty of Science and Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat
University ; on.alongchong@gmail.com

Abstract

In this paper we present the relation between Jacobsthal Sequence and Generalized Fibonacci Sequence. The proof of these relation can be obtained by Binet's fomula such that Jacobsthal Sequence

defined by $J_n = \frac{2^n - (-1)^n}{3}$ and Generalized Fibonacci Sequence defined by $V_n = 2 \left\lfloor \left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right) \right\rfloor$.

The results find that both sequence has various and we can compute about Jacobsthal Sequence and Generalized Fibonacci Sequence easier.

Keywords: Jacobsthal Sequence, Generalized Fibonacci Sequence

บทนำ

ลำดับฟีโบนัชชี เป็นความสัมพันธ์เวียนเกิดที่มีชื่อเสียงและเป็นที่ยอมรับในการศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย ลำดับฟีโบนัชชี ถูกค้นพบโดย “เลโอนาร์โด ปิซาโน บิเกลโล” นักคณิตศาสตร์ชาวอิตาลี โดยเขาได้ตีพิมพ์หนังสือการคำนวณ ชื่อ “Liber abaci” ในปี ค.ศ. 1202 จุดเริ่มต้นของการค้นพบลำดับฟีโบนัชชีเป็นเพียงโจทย์ที่กล่าวถึง “ปัญหาครอบครัว กระจาย” ในหนังสือเล่มนี้เท่านั้น ซึ่งลำดับฟีโบนัชชีคือลำดับของจำนวนเต็มดังต่อไปนี้ โดยมีนิยามความสัมพันธ์ว่า จำนวนถัดไปเท่ากับผลบวกของจำนวนสองจำนวนก่อนหน้า และสองจำนวนแรกก็คือ 1 และ 1 ตามลำดับ หากเขียนให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ นิยามในความสัมพันธ์เวียนเกิดคือ

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2} \quad (1)$$

เมื่อ $n \geq 2$ โดยกำหนดค่าเริ่มต้น $F_0 = 0$ และ $F_1 = 1$ (ศักดิ์ชัย สมดัง, 2557)

ลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง คือ ลำดับที่นิยามในรูปความสัมพันธ์เวียนเกิดโดย

$$F_n = pF_{n-1} + qF_{n-2} \quad (2)$$

กำหนดค่าเริ่มต้น $F_0 = a$ และ $F_1 = b$ เมื่อ $n \geq 2$ และ p, q, a และ b เป็นจำนวนเต็มบวก (Yashwant K. Panwar, Bijendra Singh and V.K. Gupta, 2014) ซึ่งในบทความนี้เราจะศึกษากรณีที่ $p=1, q=a=b=2$ และเขียนลำดับดังกล่าวให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ V_n จากสมการที่ (2) ได้นิยามของลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง V_n ในรูปความสัมพันธ์เวียนเกิดคือ

$$V_n = V_{n-1} + 2V_{n-2} \quad (3)$$

กำหนดค่าเริ่มต้น $V_0 = 2$ และ $V_1 = 2$ เมื่อ $n \geq 2$ สามารถเขียนในรูปลำดับของจำนวนเต็ม คือ 2, 2, 6, 10, 22, 42, ... (Yashwant K. Panwar, Bijendra Singh and V. K. Gupta, 2014)

ลำดับจาโคปส์ทอล เป็นลำดับที่มีการประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ หากเขียนให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ J_n นิยามในรูปความสัมพันธ์เวียนเกิดคือ

$$J_n = J_{n-1} + 2J_{n-2} \quad (4)$$

โดยกำหนดค่าเริ่มต้น $J_0 = 0$ และ $J_1 = 1$ เมื่อ $n \geq 2$ สามารถเขียนในรูปลำดับของจำนวนเต็ม คือ 0, 1, 1, 3, 5, 11, 21, ... (นนธिया มากะเต, 2561)

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลำดับจาโคปส์ทอลและลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง 4 ทฤษฎี

สูตรไบเนต (Binet's formular)

ในศตวรรษที่ 19 นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ Jacques Philippe Marie Binet ได้ค้นพบข้อสังเกตเกี่ยวกับลำดับฟีโบนัชชี โดยเป็นการเขียนลำดับฟีโบนัชชีในรูปแบบของความสัมพันธ์ที่อยู่ในพจน์ของ R_1 และ R_2 เมื่อ R_1 และ R_2 เป็นรากของสมการ $x^2 - x - 2 = 0$ บทความนี้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลำดับจาโคปส์ทอลและลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง โดยผู้วิจัยใช้สูตรไบเนตของลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง และสูตรไบเนตของลำดับจาโคปส์ทอลในการพิสูจน์ ซึ่งสูตรไบเนตของลำดับทั้งสองนิยามดังต่อไปนี้

1. สูตรไบเนตสำหรับลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง

กำหนด V_n เป็นลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง นิยามโดย (Yashwant K. Panwar, Bijendra Singh and V. K. Gupta, 2014)

$$V_n = 2 \left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right) \quad (5)$$

2. สูตรไบเนตสำหรับลำดับจาโคปส์ทอล

กำหนด J_n เป็นลำดับจาโคปส์ทอล นิยามโดย (นนธिया มากะเต, 2561)

$$J_n = \frac{2^n - (-1)^n}{3} \quad (6)$$

ผลการวิจัย

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลำดับจาโคปส์ทอลและลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง ผู้วิจัยได้ค้นพบความสัมพันธ์ของลำดับทั้งสองในหลากหลายรูปแบบ ซึ่งสามารถสรุปเป็นทฤษฎีบทและบทแทรกได้ดังต่อไปนี้

ทฤษฎีบทที่ 1 กำหนด J_n เป็นลำดับจาโคบส์ทอล และ V_n เป็นลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง จะได้

$$J_n + V_n = \frac{5 \cdot 2^n + (-1)^n}{3} \quad (7)$$

เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก

พิสูจน์ กำหนด J_n เป็นลำดับจาโคบส์ทอล และ V_n เป็นลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง จากสมการที่ (5) และ (6) ได้

$$J_n = \left(\frac{2^n - (-1)^n}{3} \right)$$

และ

$$V_n = 2 \left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right)$$

พิจารณา $J_n + V_n = \left(\frac{2^n - (-1)^n}{3} \right) + 2 \left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right)$

$$= \frac{1}{3} \left((2^n - (-1)^n) + (2 \cdot 2^{n+1} - 2(-1)^{n+1}) \right)$$

$$= \frac{1}{3} \left(2^n - (-1)^n + 4 \cdot 2^n - 2(-1)^{n+1} \right)$$

$$= \frac{1}{3} \left[5 \cdot 2^n + (-1)^n \right]$$

$$= \frac{5 \cdot 2^n + (-1)^n}{3}$$

ดังนั้น $J_n + V_n = \frac{5 \cdot 2^n + (-1)^n}{3}$

บทแทรก 1 สำหรับจำนวนเต็มบวก k ได้ว่า

$$J_{2k} + V_{2k} = \frac{5 \cdot 4^k + 1}{3} \quad (8)$$

ทฤษฎีบทที่ 2 กำหนด J_n เป็นลำดับจาโคบส์ทอล และ V_n เป็นลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง จะได้

$$J_n^2 + V_n^2 = \frac{1}{9} [17 \cdot 2^{2n} + 14(-2)^n + 5] \quad (9)$$

เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก

พิสูจน์ กำหนด J_n เป็นลำดับจาโคบส์ทอล และ V_n เป็นลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง จากสมการที่ (5) และ (6) ได้

$$J_n = \left(\frac{2^n - (-1)^n}{3} \right)$$

และ

$$V_n = 2 \left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right)$$

พิจารณา

$$\begin{aligned} J_n^2 + V_n^2 &= \left(\frac{2^n - (-1)^n}{3} \right)^2 + 4 \left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right)^2 \\ &= \frac{1}{3^2} \left[(2^n - (-1)^n)^2 + 4(2^{n+1} - (-1)^{n+1})^2 \right] \\ &= \frac{1}{3^2} \left[(2^n)^2 - 2(2^n)(-1)^n + ((-1)^n)^2 + 4 \left[(2^{n+1})^2 - 2(2^{n+1})(-1)^{n+1} + ((-1)^{n+1})^2 \right] \right] \\ &= \frac{1}{3^2} \left[(2^{2n}) - 2^{n+1}(-1)^n + (-1)^{2n} + 4(2^{2n+2} - 2^{n+2}(-1)^{n+1} + (-1)^{2n+2}) \right] \\ &= \frac{1}{3^2} \left[(2^{2n}) - 2^{n+1}(-1)^n + 1 + 2^{2n+4} - 2^{n+4}(-1)^{n+1} + 4 \right] \\ &= \frac{1}{3^2} \left[(2^{2n} + 2^{2n+4}) - (2^{n+1}(-1)^n + 2^{n+4}(-1)^{n+1}) + 1 + 4 \right] \\ &= \frac{1}{3^2} \left[2^{2n}(1 + 2^4) - 2^{n+1}(-1)^n(1 + 2^3(-1)) + 5 \right] \\ &= \frac{1}{3^2} \left[2^{2n}(17) - 2^{n+1}(-1)^n(-7) + 5 \right] \\ &= \frac{1}{3^2} \left[(17)(2^{2n}) + 7(2^{n+1})(-1)^n + 5 \right] \end{aligned}$$

ดังนั้น $J_n^2 + V_n^2 = \frac{1}{9} [17 \cdot 2^{2n} + 14(-2)^n + 5]$

ทฤษฎีบทที่ 3 กำหนด J_n เป็นลำดับจากคอปส์ทอล และ V_n เป็นลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง จะได้

$$J_{n+1}^2 + V_n^2 = \frac{5}{9} [2^{2n+2} + (-2)^{n+2} + 1] \quad (10)$$

เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก

พิสูจน์ กำหนด J_n เป็นลำดับจากคอปส์ทอล และ V_n เป็นลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง จากสมการที่ (5) และ (6) ได้

$$J_{n+1} = \left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right)$$

และ

$$V_n = 2 \left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right)$$

พิจารณา

$$\begin{aligned}
J_{n+1}^2 + V_n^2 &= \left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right)^2 + 4 \left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right)^2 \\
&= \frac{1}{3^2} \left[(2^{n+1} - (-1)^{n+1})^2 + 4(2^{n+1} - (-1)^{n+1})^2 \right] \\
&= \frac{1}{3^2} \left[(2^{n+1})^2 - 2(2^{n+1})(-1)^{n+1} + ((-1)^{n+1})^2 + 4((2^{n+1})^2 - 2(2^{n+1})(-1)^{n+1} + ((-1)^{n+1})^2) \right] \\
&= \frac{1}{3^2} \left[(2^{2n+2}) - 2^{n+2}(-1)^{n+1} + (-1)^{2n+2} + 4(2^{2n+2} - 2^{n+2}(-1)^{n+1} + (-1)^{2n+2}) \right] \\
&= \frac{1}{3^2} \left[(2^{2n+2}) - 2^{n+2}(-1)^{n+1} + 1 + 2^{2n+4} - 2^{n+4}(-1)^{n+1} + 4 \right] \\
&= \frac{1}{3^2} \left[(2^{2n+2} + 2^{2n+4}) - (2^{n+2}(-1)^{n+1} + 2^{n+4}(-1)^{n+1}) + 1 + 4 \right] \\
&= \frac{1}{3^2} \left[2^{2n+2}(1 + 2^2) - 2^{n+2}(-1)^{n+1}(1 + 2^2) + 5 \right] \\
&= \frac{1}{3^2} \left[2^{2n+2}(5) - 2^{n+2}(-1)^{n+1}(5) + 5 \right] \\
&= \frac{1}{3^2} \left[(5)(2^{2n+2}) - 5(2^{n+2})(-1)^{n+1} + 5 \right] \\
&= \frac{5}{9} \left[(2^{2n+2}) - (2^{n+2})(-1)^{n+1} + 1 \right]
\end{aligned}$$

ดังนั้น $J_{n+1}^2 + V_n^2 = \frac{5}{9} [2^{2n+2} + (-2)^{n+2} + 1]$

ทฤษฎีบทที่ 4 กำหนด J_n เป็นลำดับจาโคบีสทอล และ V_n เป็นลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง จะได้

$$J_{n+1}V_n + J_nV_{n+1} = \frac{2}{9} [2^{2n+3} - (-2)^n + 2] \quad (11)$$

เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก

พิสูจน์ กำหนด J_n เป็นลำดับจาโคบีสทอล และ V_n เป็นลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลง จากสมการที่ (5) และ (6)

ได้

$$J_{n+1} = \left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right), \quad J_n = \left(\frac{2^n - (-1)^n}{3} \right)$$

และ

$$V_{n+1} = 2 \left(\frac{2^{n+2} - (-1)^{n+2}}{3} \right), \quad V_n = 2 \left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right)$$

พิจารณา

$$\begin{aligned}
 J_{n+1}V_n + J_nV_{n+1} &= \left[\left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right) 2 \left(\frac{2^{n+1} - (-1)^{n+1}}{3} \right) \right] + \left[\left(\frac{2^n - (-1)^n}{3} \right) 2 \left(\frac{2^{n+2} - (-1)^{n+2}}{3} \right) \right] \\
 &= \frac{2}{9} \left[(2^{n+1} - (-1)^{n+1})(2^{n+1} - (-1)^{n+1}) \right] + \frac{2}{9} \left[(2^n - (-1)^n)(2^{n+2} - (-1)^{n+2}) \right] \\
 &= \frac{2}{9} \left[2^{2n+2} - 2^{n+1}(-1)^{n+1} - (-1)^{n+1}2^{n+1} + (-1)^{2n+2} + 2^{2n+2} - 2^n(-1)^{n+2} - (-1)^n2^{n+2} + (-1)^{2n+2} \right] \\
 &= \frac{2}{9} \left[2 \cdot 2^{2n+2} - 2^{n+1}(-1)^{n+1} - (-1)^{n+1}2^{n+1} + 2 - 2^n(-1)^{n+2} - (-1)^n2^{n+2} \right] \\
 &= \frac{2}{9} \left[2^{2n+3} - 2^{n+1}(-1)^{n+1} - (-1)^{n+1}2^{n+1} + 2 - 2^n(-1)^{n+2} - (-1)^n2^{n+2} \right] \\
 &= \frac{2}{9} \left[2^{2n+3} + 2^{n+1}(-1)^n + (-1)^n2^{n+1} + 2 - 2^n(-1)^n - (-1)^n2^{n+2} \right] \\
 &= \frac{2}{9} \left[2^{2n+3} + 2^n(-1)^n(2 + 2 - 1 - 2^2) + 2 \right] \\
 &= \frac{2}{9} \left[2^{2n+3} - 2^n(-1)^n + 2 \right]
 \end{aligned}$$

ดังนั้น $J_{n+1}V_n + J_nV_{n+1} = \frac{2}{9} \left[2^{2n+3} - (-2)^n + 2 \right]$

สรุป

ผลการศึกษาพบว่า ลำดับจาโคปส์ทอลและลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลงมีความสัมพันธ์กันในหลากหลายรูปแบบ โดยความสัมพันธ์ในรูปแบบต่าง ๆ สามารถพิสูจน์ได้โดยใช้สูตรของไบเนต ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้จะช่วยในการคำนวณเกี่ยวกับ ลำดับจาโคปส์ทอลและลำดับฟีโบนัชชีดัดแปลงให้ง่ายและสะดวกมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ศักดิ์ชัย สมตั้ง. (2557). ลำดับฟีโบนัชชี. สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2562, จาก

<http://khroonoi.blogspot.com/2014/10/blog-post.html>

Bijiendra Singh, V. K. Gupta and Yashwant K. (2014). **Generalized Fibonacci Sequences and Its Properties.** Palestine Journal of Mathematics, 141-147

นนธิยา มากะตา. (2561). ลำดับจาโคปส์ทอล. สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2562, จาก

<http://www.sci.mutt.ac.th/wp-content/uploads/2018/03/เอกลักษณ์สำหรับจาโคปส์ทอลควอเทอร์เนียนและจาโคปส์ทอลลู่คัสควอเทอร์เนียน.pdf>

ผลกระทบของปริมาณน้ำฝนที่มีผลต่อตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับโรคมือ เท้า ปาก

อรอมา รักษาชล¹ รัตติยา ฤทธิช่วย² ณัฐฐิณีย์ คงนวล³ และ กิตติภัทร พลเดช⁴

¹ สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช email: on.alongchong@gmail.com

² สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช email: yay_phung@hotmail.com

³ สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช email: jeatlala@hotmail.co.th

⁴ สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช email: wvtza_102_tong@hotmail.com

บทคัดย่อ

การทำวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาและวิเคราะห์เสถียรภาพผลกระทบของปริมาณน้ำฝนที่มีผลต่อตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมือ เท้า ปาก ในภาคใต้ ประเทศไทย ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้มาจากกรมควบคุมโรค และสำนักบริหารการทะเบียน มีการพัฒนาตัวแบบจากงานวิจัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการระบาดของโรคมือ เท้า ปาก ในภาคใต้ ประเทศไทย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการมาตรฐานในการวิเคราะห์ตัวแบบ ทำการหาจุดสมดุลที่ทำให้เกิดเสถียรภาพ ซึ่งมี 2 จุด คือ จุดสมดุลที่ไม่มีโรคและจุดสมดุลที่มีโรค ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าระดับการติดเชื้อ (R_0) ถ้า $R_0 < 1$ แล้วจุดสมดุลที่ไม่มีโรคจะเสถียร แต่ถ้า $R_0 > 1$ แล้วจุดสมดุลที่มีโรคจะเสถียร ผลการวิเคราะห์พบว่า ณ จุดสมดุลที่ไม่มีโรค เมื่อปริมาณน้ำฝน $g(T) = 0.01$ มีค่าระดับการติดเชื้อ $R_0 = 0.04823$ และ ณ จุดสมดุลที่มีโรค เมื่อปริมาณน้ำฝน $g(T) = 0.33$ มีค่าระดับการติดเชื้อ $R_0 = 1.59183$ สรุปได้ว่าปริมาณน้ำฝนมีผลต่อการแพร่ระบาดของโรคมือ เท้า ปาก ถ้าปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นส่งผลให้การแพร่ระบาดของโรคมือ เท้า ปาก เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : ปริมาณน้ำฝน, ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์, โรคมือ เท้า ปาก

Effect of Rainfall on the Transmission Model of Hand Foot Mouth Disease

Onuma Ruksachol¹ Rattiya Rittichuai² Nattinee khongnual³ and Kittipat Pondach⁴

¹ Faculty of Science and Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat University ; on.alongchong@gmail.com

² Faculty of Science and Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat University ; yay_phung@hotmail.com

³ Faculty of Science and Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat University ; jeatlala@hotmail.co.th

⁴ Faculty of Science and Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat University ; wvtza_102_tong@hotmail.com

Abstract

This research were to develop and evaluate stability of effect of rainfall on the transmission model of Hand Foot Mouth disease in the south of Thailand. The secondary data were collected from the department of disease control and the bureau of registration administration. The model was developed from the Mathematical Model of Hand-Foot-mouth Disease in the south, Thailand. We analyzed the data by using standard method to analyze this model. We found that there were two equilibrium points; disease free equilibrium and endemic equilibrium point where depend on the basic reproductive number (R_0). If $R_0 < 1$, then the disease free equilibrium point is local asymptotically stable, but if $R_0 > 1$, then the endemic equilibrium point, is local asymptotically stable. The results showed that at the disease free equilibrium point, we have the rainfall at $g(T) = 0.01$ and basic reproductive number at $R_0 = 0.04823$ and at the disease equilibrium point we have the rainfall at $g(T) = 0.33$ and basic reproductive number at $R_0 = 1.59183$. We concluded that the rainfall has effect on the transmission model of Hand Foot Mouth Disease. If the amount of rainfall increases, the spread of HFMD will increase.

Keyword : Rainfall, Mathematical model, Hand Foot Mouth Disease

บทนำ

โรคมือ เท้า ปาก เป็นโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสในกลุ่ม enterovirus ซึ่งมักเป็น coxsackievirus A16 และยังสามารถเกิดจากเชื้อไวรัสตัวอื่น ๆ ในกลุ่มนี้ได้ เช่น enterovirus 71 พบบ่อยในเด็กเล็ก จนถึงเด็กอายุ 10 ปี เป็นโรคที่ติดต่อกันได้ง่ายจากการสัมผัส ทำให้เป็นไข้และมีตุ่มพองเกิดขึ้นที่ มือ เท้า และในปาก หลังจากติดเชื้อแล้วจะเกิดภูมิคุ้มกันต่อเชื้อสายพันธุ์นั้น แต่ยังมีโอกาสเป็นได้อีกจากเชื้อไวรัสสายพันธุ์อื่นในกลุ่มเดียวกัน เชื้อไวรัสพบในอุจจาระ สารคัดหลั่ง รวมทั้งในตุ่มพองของผู้ป่วย และหลังจากสัมผัสเชื้อ 3 – 6 วัน เด็กจะมีไข้ อ่อนเพลีย เจ็บคอ หลังจากนั้น 1 – 2 วัน เด็กมักจะมีอาการเจ็บในปาก ทำให้ไม่ยอมรับประทานอาหารตามปกติ ทั้งนี้เนื่องจากมีตุ่มพองและแผลเกิดขึ้นในปาก นอกจากนี้ยังพบตุ่มพองที่มือและเท้าด้วย พบมีผู้ป่วยตลอดทั้งปี แต่ช่วงที่พบมีผู้ป่วยโรค มือ เท้า ปาก มากที่สุดคือช่วงฤดูฝน(โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์, 2562 และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2562) ประชาชนทางภาคใต้ของประเทศไทยจึงมีความเสี่ยงที่จะป่วยเป็นโรคนี้นี้มากกว่าภาคอื่น ๆ เนื่องจากลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบร้อนชื้นแถบมรสุม (Am) คือมีฝนตกชุกสลับกับฤดูแล้งสั้น ๆ ภาคใต้ไม่มีฤดูหนาว เนื่องจากภาคใต้อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร และได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทำให้ฝนตกชุกตลอดทั้งปี (กรมอุตุฯ มหาวิทยาลัย, 2562)

ในการศึกษาการระบาดของโรคนี้นี้ เครื่องมือหนึ่งที่ได้ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากคือ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือในการจำลองสถานการณ์ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการควบคุมการแพร่ระบาดของโรค ในปี พ.ศ. 2559 ปิยะมาศ หนูรอด และ วลีษา อิทรภักดิ์ (2559) ได้ศึกษาแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของการระบาดของโรค มือ เท้า ปาก โดยได้ใช้ตัวแบบ *SEIR* พบว่ามีจุดสมดุล 2 จุด คือ จุดสมดุลในสภาวะที่ไม่มีโรคและจุดสมดุลในสภาวะที่มีการระบาดของโรค ซึ่งเสถียรภาพของจุดสมดุลจะถูกควบคุมโดยค่าระดับการติดเชื้อในตัวแบบนี้จุดสมดุลในสภาวะที่ไม่มีโรคจะมีเสถียรภาพเมื่อ $R_0 < 1$ และจุดสมดุลในสภาวะที่มีการระบาดของโรคจะมีเสถียรภาพเมื่อ $R_0 > 1$

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาและวิเคราะห์ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การระบาดของโรคมือ เท้า ปาก โดยเลือกใช้ตัวแบบ *SEIR* และเพิ่มพารามิเตอร์ ที่สนใจคือปริมาณน้ำฝน โดยศึกษาการระบาดของโรคในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย และใช้ข้อมูลการระบาดของโรคมือ เท้า ปาก จากกรมควบคุมโรค ปี พ.ศ.2562 ข้อมูลอัตราการเกิดและอัตราการตายในภาคใต้ของประเทศไทย จากสำนักบริหารการทะเบียน ปี พ.ศ.2562 เพื่อตรวจสอบเสถียรภาพและใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการป้องกันโรคที่เฝ้าระวังของสำนักระบาดวิทยากระทรวงสาธารณสุขต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของผลกระทบต่อปริมาณน้ำฝนที่มีผลต่อตัวแบบของโรคมือ เท้า ปาก ในภาคใต้
2. เพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของการแพร่ระบาดของโรคมือ เท้า ปาก ในภาคใต้

วิธีการและขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

1. พัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้พัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การระบาดของโรคมือ เท้า ปาก โดยแบ่งประชากรออกเป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ (*S*) กลุ่มประชากรที่ติดเชื้อแต่ไม่สามารถแพร่เชื้อได้ (*E*) กลุ่มประชากรที่ติดเชื้อและสามารถแพร่เชื้อได้ (*I*) กลุ่มประชากรที่พ้นจากการติดเชื้อ (*R*) ตามลำดับ

2. วิเคราะห์ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

2.1 จุดสมดุล (*Equilibrium point*) ในการหาจุดสมดุลทำได้โดยจัดสมการเชิงอนุพันธ์ที่ได้จากการแปลงสมการของตัวแบบใหม่ ให้เท่ากับศูนย์ คือ $\frac{dS}{dt} = 0, \frac{dE}{dt} = 0, \frac{dI}{dt} = 0, \frac{dR}{dt} = 0$ โดยจุดสมดุลมี 2 จุด คือ จุดสมดุลไม่มีโรค (*Disease Free Equilibrium point : E₀*) และจุดสมดุลที่มีโรค (*Endemic Free Equilibrium Point : E₁*)

2.2 ค่าระดับการติดเชื้อ (*Basic Re productive number: R₀*) เป็นค่าเฉลี่ยที่ผู้ป่วยหนึ่งคนจะสามารถทำให้คนกลุ่มเสี่ยงป่วยเป็นจำนวนกี่คนในช่วงของเวลาที่เขายังป่วยอยู่โดยใช้วิธีการ Next Generation Method โดยจัดสมการเชิงอนุพันธ์ไม่เชิงเส้นในรูปเพื่อหาค่า R₀ จากเมทริกซ์ $\rho(FV^{-1})$ ซึ่ง F(X) คือเมทริกซ์ของผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้นและ V(X) คือเมทริกซ์ของผู้ป่วยที่เปลี่ยนสถานะจากกลุ่มหนึ่งไปอีกกลุ่มหนึ่ง

2.3 เสถียรภาพ (*Stability*) โดยการหาค่าลักษณะเฉพาะจากสมการลักษณะเฉพาะของจาโคเบียนเมทริกซ์ $\det(J - \lambda I) = 0$ ใช้อธิบายคำตอบของสมการเกี่ยวกับค่าความสมดุล เพื่อตรวจสอบว่ามีความเสถียรภาพเฉพาะที่เชิงเส้นกำกับ โดยค่าลักษณะเฉพาะจะสอดคล้องกับเงื่อนไขของ *Routh – Hurwitz Criteria* ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี ดังนี้

2.3.1 เสถียรภาพของจุดสมดุลที่ไม่มีโรค โดยการตรวจสอบว่าค่าลักษณะเฉพาะของจาโคเบียนเมทริกซ์ ณ สภาวะไม่มีโรค (*E₀*) สอดคล้องกับเงื่อนไขของ *Routh – Hurwitz Criteria* โดยค่าลักษณะเฉพาะทุกค่าต้องมีส่วนจริงเป็นลบจึงสอดคล้องตามเงื่อนไข $R_0 < 1$

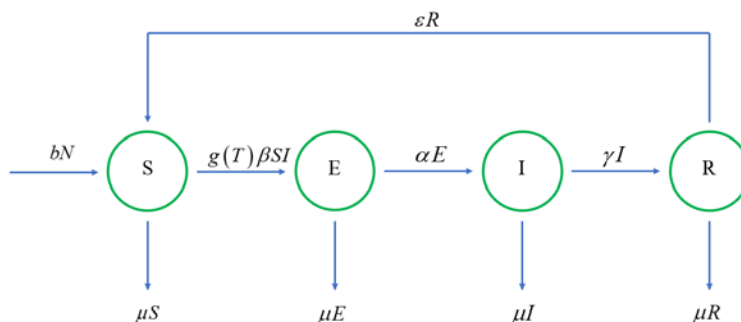
2.3.2 เสถียรภาพของจุดสมดุลที่มีโรค โดยการตรวจสอบว่าค่าลักษณะเฉพาะของจาโคเบียนเมทริกซ์ ณ สภาวะที่มีโรค (*E₁*) สอดคล้องตามเงื่อนไขของ *Routh – Hurwitz Criteria* โดยค่าลักษณะเฉพาะทุกค่าต้องมีส่วนจริงเป็นลบจึงสอดคล้องตามเงื่อนไข $R_0 > 1$

3. การวิเคราะห์เชิงตัวเลข

การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ทำให้จุดสมดุลที่ไม่มีโรค (*Disease Free Equilibrium point : E₀*) และจุดสมดุลที่มีโรค (*Endemic Free Equilibrium Point : E₁*) ซึ่งเป็นการหาค่าลักษณะเฉพาะของเมทริกซ์จาโคเบียน ต้องมีค่าลักษณะเฉพาะทุกค่ามีส่วนจริงเป็นลบซึ่งสอดคล้องกับเงื่อนไขของ *Routh – Hurwitz Criteria* (สุรพล เนาวรัตน์, 2561)

ผลการดำเนินงานของการวิจัย

1. สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของโรคมือ เท้า ปาก โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำฝน ได้ดังนี้



ภาพที่ 1 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมือ เท้า ปาก โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำฝน

เมื่อ

S แทน ประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ	E แทน ประชากรที่ติดเชื้อแต่ไม่สามารถแพร่เชื้อได้
I แทน ประชากรที่ติดเชื้อและแพร่เชื้อได้	R แทน ประชากรที่หายจากการติดเชื้อ
b แทน อัตราการเกิดของประชากร	N แทน จำนวนประชากรทั้งหมด
β แทน อัตราการแพร่เชื้อ	α แทน อัตราการฟักตัวของโรคมือ เท้า ปาก
γ แทน อัตราการฟื้นตัวของประชากร	μ แทน อัตราการตายโดยธรรมชาติของประชากร
ε แทน อัตราการฟื้นตัวของประชากรที่สามารถกลับมาเป็นประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ	
$g(T)$ แทน ปริมาณน้ำฝน	

จากภาพที่ 1 สามารถเขียนเป็นระบบสมการเชิงอนุพันธ์ได้ดังนี้

$$\frac{dS}{dt} = bN - g(T)\beta SI - \mu S + \varepsilon R \quad (1)$$

$$\frac{dE}{dt} = g(T)\beta SI - \mu E - \alpha E \quad (2)$$

$$\frac{dI}{dt} = \alpha E - \mu I - \gamma I \quad (3)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R - \varepsilon R \quad (4)$$

โดยที่ $N = S + E + I + R$

2. วิเคราะห์ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

2.1 วิเคราะห์หาจุดสมดุล สำหรับจุดสมดุล (S, E, I, R) สามารถหาได้จากการจัดสมการ (1)–(4) ให้เท่ากับศูนย์ จะได้

$$S = \frac{bN + \varepsilon R}{g(T)\beta I + \mu}, \quad E = \frac{g(T)\beta I(bN + \varepsilon R)}{(\mu + \alpha)(g(T)\beta I + \mu)}, \quad I = \left(\frac{1}{g(T)\beta} \right) \left(\frac{\alpha g(T)\beta(bN + \varepsilon R)}{(\mu + \alpha)(\mu + \gamma)} - \mu \right), \quad R = \frac{\gamma I}{\mu + \varepsilon}$$

2.1.1 ณ จุดสมดุลที่ไม่มีโรคจะเป็นกรณีที่ไม่มีโรค นั่นคือ $E = 0$ และ $I = 0$ จะได้ $E_0(N, 0, 0, 0)$

2.1.2 ณ จุดสมดุลที่มีโรคจะเป็นกรณีที่มีโรค นั่นคือ $E \neq 0$ และ $I \neq 0$ จะได้ $E_1(S^*, E^*, I^*, R^*)$ เมื่อ

$$S^* = \frac{bN(\mu + \varepsilon) + \varepsilon \gamma I^*}{(g(T)\beta I^* + \mu)(\mu + \varepsilon)} \quad E^* = \frac{g(T)\beta I^* (bN(\mu + \varepsilon) + \varepsilon \gamma I^*)}{(\mu + \alpha)(g(T)\beta I^* + \mu)(\mu + \varepsilon)}$$

$$I^* = \left(\frac{1}{g(T)\beta} \right) \left(\frac{\alpha g(T)\beta (bN(\mu + \varepsilon) + \varepsilon \gamma I^*)}{(\mu + \alpha)(\mu + \gamma)(\mu + \varepsilon)} - \mu \right) \quad R^* = \frac{\gamma I^*}{\mu + \varepsilon}$$

2.2 หาค่าระดับการติดเชื้อ โดยใช้วิธี next generation โดยการเขียนสมการ (1) – (4) ในรูปเมทริกซ์ จะได้

$$\frac{dX}{dt} = F(X) - V(X)$$

นั่นคือ $\frac{dX}{dt} = \begin{bmatrix} S \\ E \\ I \\ R \end{bmatrix}$, $F(X) = \begin{bmatrix} 0 \\ g(T)\beta SI \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$, $V(X) = \begin{bmatrix} -bN + g(T)\beta SI + \mu S - \varepsilon R \\ \mu E + \alpha E \\ -\alpha E + \mu I + \gamma I \\ -\gamma I + \mu R + \varepsilon R \end{bmatrix}$

หาค่า $F(E_0)$ และ $V(E_0)$ จาก $E_0(S, E, I, R) = E_0(N, 0, 0, 0)$ จะได้

$$F(E_0) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & g(T)\beta N & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad V(E_0) = \begin{bmatrix} \mu & 0 & g(T)\beta N & -\varepsilon \\ 0 & \mu + \alpha & 0 & 0 \\ 0 & -\alpha & \mu + \gamma & 0 \\ 0 & 0 & -\gamma & \mu + \varepsilon \end{bmatrix}$$

หาค่าลักษณะเฉพาะจากสมการลักษณะเฉพาะ คือ $\det((FV^{-1}(E_0)) - \lambda I) = 0$

จะได้
$$-\frac{\lambda^3(g(T)\beta N\alpha - \lambda\alpha\gamma - \gamma\lambda\mu - \alpha\lambda\mu - \lambda\mu^2)}{(\alpha + \mu)(\gamma + \mu)} = 0$$

ซึ่งมีค่าลักษณะเฉพาะ คือ $\lambda_1 = 0, \lambda_2 = 0, \lambda_3 = 0, \lambda_4 = \frac{g(T)N\beta\alpha}{\mu^2 + \gamma\mu + \alpha\mu + \alpha\gamma}$

พิจารณา $\rho(FV^{-1}(E_0)) = \max\{|\lambda_1|, |\lambda_2|, |\lambda_3|, |\lambda_4|\}$

จะได้ $\rho(FV^{-1}(E_0)) = R_0 = \frac{g(T)N\beta\alpha}{\mu^2 + \gamma\mu + \alpha\mu + \alpha\gamma}$ เป็นค่าระดับการติดเชื้อ

2.3 วิเคราะห์เสถียรภาพของจุดสมดุล

2.3.1 เสถียรภาพของระบบที่จุดสมดุลไม่มีโรค $E_0(N, 0, 0, 0)$ โดยพิจารณาค่าลักษณะเฉพาะของเมทริกซ์จาโคเบียนจากระบบสมการ (1) - (4) จะได้

$$J_0(E_0) = \begin{bmatrix} -\mu & 0 & -g(T)\beta N & \varepsilon \\ 0 & -\mu - \alpha & g(T)\beta N & 0 \\ 0 & \alpha & -\mu - \gamma & 0 \\ 0 & 0 & \gamma & -\mu - \varepsilon \end{bmatrix}$$

หาค่าลักษณะเฉพาะจากสมการลักษณะเฉพาะ $\det(J_0(E_0) - \lambda I) = 0$ จะได้

$$\lambda_1 = -\mu, \lambda_2 = -\varepsilon - \mu, \lambda_3 = -\frac{1}{2}\alpha - \frac{1}{2}\gamma - \mu + \frac{1}{2}\sqrt{4N\alpha\beta g(T) + 4N\alpha\beta + \alpha^2 - 2\alpha\gamma + \gamma^2},$$

$$\lambda_4 = -\frac{1}{2}\alpha - \frac{1}{2}\gamma - \mu - \frac{1}{2}\sqrt{4N\alpha\beta g(T) + 4N\alpha\beta + \alpha^2 - 2\alpha\gamma + \gamma^2}$$

ดังนั้นค่าลักษณะเฉพาะทั้งหมดที่ได้มาจากระบบสมการ (1) - (4) จะมีส่วนจริงเป็นลบทั้งหมด

2.3.2 ความเสถียรภาพของระบบที่จุดสมดุลมีโรค $E_1(S^*, E^*, I^*, R^*)$ โดยพิจารณาค่าลักษณะเฉพาะของเมทริกซ์จาโคเบียนจากระบบสมการ (1)–(4) จะได้

$$J_1(E_1) = \begin{bmatrix} -g(T)\beta I^* - \mu & 0 & -g(T)\beta S^* & \varepsilon \\ g(T)\beta I^* & -\mu - \alpha & g(T)\beta S^* & 0 \\ 0 & \alpha & -\mu - \gamma & 0 \\ 0 & 0 & \gamma & -\mu - \varepsilon \end{bmatrix}$$

หาค่าลักษณะเฉพาะจากสมการลักษณะเฉพาะ $\det(J_1(E_1) - \lambda I) = 0$ จะได้ $\lambda^4 + a\lambda^3 + b\lambda^2 + c\lambda + d = 0$ เมื่อ

$$a = \alpha + \varepsilon + \gamma + 4\mu + g(T)\beta I^*$$

$$b = 6\mu^2 + \alpha\varepsilon + \alpha\gamma + 3\alpha\mu + \varepsilon\gamma + 3\varepsilon\mu + 3\gamma\mu + (\alpha + \varepsilon + \gamma + 3\mu)g(T)\beta I^* - g(T)\beta\alpha S^*$$

$$c = 4\mu^3 + 3\alpha\mu^2 + 3\varepsilon\mu^2 + 3\gamma\mu^2 + 2\alpha\varepsilon\mu + 2\alpha\gamma\mu + 2\varepsilon\gamma\mu + \alpha\varepsilon\gamma + (3\mu^2 + \varepsilon\gamma + 2\varepsilon\mu + 2\gamma\mu + \alpha\varepsilon + \alpha\gamma + 2\alpha\mu)g(T)\beta I^* - (\varepsilon + 2\mu)g(T)\alpha\beta S^*$$

$$d = (\mu^3 + \alpha\mu^2 + \varepsilon\mu^2 + \gamma\mu^2 + \alpha\varepsilon\mu + \alpha\gamma\mu + \varepsilon\gamma\mu)g(T)\beta I^* - (\varepsilon\mu + \mu^2)g(T)\alpha\beta S^* + \mu^4 + \alpha\mu^3 + \varepsilon\mu^3 + \gamma\mu^3 + \alpha\varepsilon\mu^2 + \alpha\gamma\mu^2 + \varepsilon\gamma\mu^2 + \alpha\varepsilon\gamma\mu$$

ซึ่งค่าลักษณะเฉพาะจะมีส่วนจริงเป็นค่าลบเมื่อสัมประสิทธิ์ a, b, c, d สอดคล้อง *Routh – Hurwitz Criteria* นั่นคือ

$$1) a > 0 \quad 2) b > 0 \quad 3) a(bc + ad) - c^2 > 0 \quad \text{และ} \quad 4) d(-c^2 + abc - a^2d) > 0$$

2.4 การวิเคราะห์เชิงตัวเลข

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงตัวเลข

พารามิเตอร์	คำอธิบาย	ค่าพารามิเตอร์	อ้างอิง
b	อัตราการเกิดของประชากรมนุษย์	$\frac{1}{365 \times 12.0613}$ ต่อวัน	สำนักบริหารการทะเบียน (2562)
N	จำนวนประชากรทั้งหมด	1,000	
β	อัตราการแพร่เชื้อ	$\frac{1}{365 \times 0.9827}$ ต่อวัน	กรมควบคุมโรค (2562)
α	อัตราการพักตัวของโรคมือ เท้า ปาก	$\frac{1}{4}$ ต่อวัน	กรมควบคุมโรค (2562)
γ	อัตราการฟื้นตัวของประชากร	0.1 ต่อวัน	กรมควบคุมโรค (2562)
ε	อัตราการเปลี่ยนแปลงจากกลุ่มที่ฟื้นจากการติดเชื้อเป็นกลุ่มเสี่ยงต่อการติดเชื้อ	0.07 ต่อวัน	Piyada Wongwiwat, et al (2015)
μ	อัตราการตายโดยธรรมชาติ	$\mu = b$	สำนักบริหารการทะเบียน (2562)
$g(T)$	ปริมาณน้ำฝน	0.01 ต่อวัน	กรมอุตุนิยมวิทยา (2562)

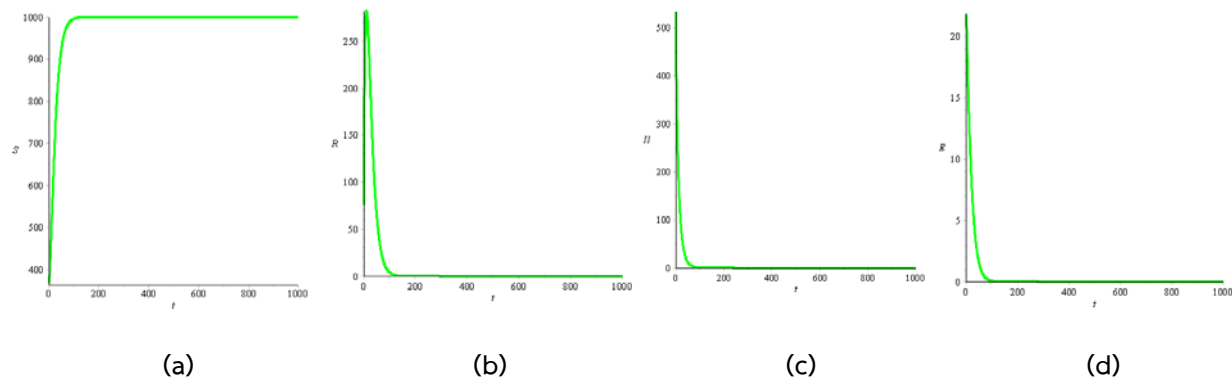
จากตารางที่ 1 สามารถนำค่าพารามิเตอร์หาความเสถียรภาพเชิงเส้นกำกับเฉพาะที่ได้ดังนี้

2.4.1 เสถียรภาพ ณ จุดสมดุลที่ไม่มีโรค สามารถหาค่าลักษณะเฉพาะได้จากสมการ

$$(-\mu - \lambda) \left[-\lambda^3 - (3\mu + \gamma + \varepsilon + \alpha)\lambda^2 - (2\gamma\mu + 2\varepsilon\mu + 2\alpha\mu + \varepsilon\gamma - \alpha g(T)\beta N + \alpha\varepsilon + \alpha\gamma)\lambda - (\mu^3 + 3\lambda\mu^2 + \varepsilon\mu^2 + \gamma\mu^2 + \alpha\mu^2 + \alpha\varepsilon\mu + \alpha\gamma\mu + \varepsilon\gamma\mu + \alpha\varepsilon\gamma - (\varepsilon + \mu)\alpha g(T)\beta N) \right] = 0$$

ซึ่งจะได้ $\lambda_1 = -0.22715$, $\lambda_2 = -0.63000$, $\lambda_3 = -0.70227$, $\lambda_4 = -0.28745$ และสามารถหาค่าระดับการติดเชื้อ $R_0 = 0.04823 < 1$

เนื่องจากค่าลักษณะเฉพาะมีค่าเป็นลบและค่าระดับการติดเชื้อมีค่าน้อยกว่า 1 ดังนั้นจุดสมดุลที่ไม่มีโรค (E_0) มีความเสถียรภาพเชิงเส้นกำกับเฉพาะที่ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ค่าตอบเชิงตัวเลขแสดงความสัมพันธ์ของ (a) กลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ (b) กลุ่มประชากรที่ติดเชื้อแต่ไม่สามารถแพร่เชื้อได้ (c) ประชากรที่ติดเชื้อและสามารถแพร่เชื้อได้ (d) กลุ่มประชากรที่หายจากการติดเชื้อ เทียบกับเวลา (t) ในสภาวะที่ไม่มีโรค

2.4.2 เสถียรภาพ ณ จุดสมดุลที่มีโรค

จากค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 1 จะมีการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์โดยให้ปริมาณน้ำฝน $g(T) = 0.33$

ส่วนค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ จะเหมือนดังตาราง 1 ซึ่งสามารถหาค่าลักษณะเฉพาะได้จากสมการ $\lambda^4 + a\lambda^3 + b\lambda^2 + c\lambda + d = 0$

เมื่อ

$$a = \alpha + \varepsilon + \gamma + 4\mu + g(T)\beta I^* = 0.71109$$

$$b = 6\mu^2 + \alpha\varepsilon + \alpha\gamma + 3\alpha\mu + \varepsilon\gamma + 3\varepsilon\mu + 3\gamma\mu + (\alpha + \varepsilon + \gamma + 3\mu)g(T)\beta I^* - g(T)\beta\alpha S^* = 0.14678$$

$$c = 4\mu^3 + 3\alpha\mu^2 + 3\varepsilon\mu^2 + 3\gamma\mu^2 + 2\alpha\varepsilon\mu + 2\alpha\gamma\mu + 2\varepsilon\gamma\mu + \alpha\varepsilon\gamma + (3\mu^2 + \varepsilon\gamma + 2\varepsilon\mu + 2\gamma\mu + \alpha\varepsilon + \alpha\gamma + 2\alpha\mu)g(T)\beta I^* - (\varepsilon + 2\mu)g(T)\alpha\beta S^* = 0.01442$$

$$d = (\mu^3 + \alpha\mu^2 + \varepsilon\mu^2 + \gamma\mu^2 + \alpha\varepsilon\mu + \alpha\gamma\mu + \varepsilon\gamma\mu)g(T)\beta I^* - (\varepsilon\mu + \mu^2)g(T)\alpha\beta S^* + \mu^4 + \alpha\mu^3 + \varepsilon\mu^3 + \gamma\mu^3 + \alpha\varepsilon\mu^2 + \alpha\gamma\mu^2 + \varepsilon\gamma\mu^2 + \alpha\varepsilon\gamma\mu = 0.32690 \times 10^{-5}$$

พิจารณา $\lambda^4 + a\lambda^3 + b\lambda^2 + c\lambda + d = 0$

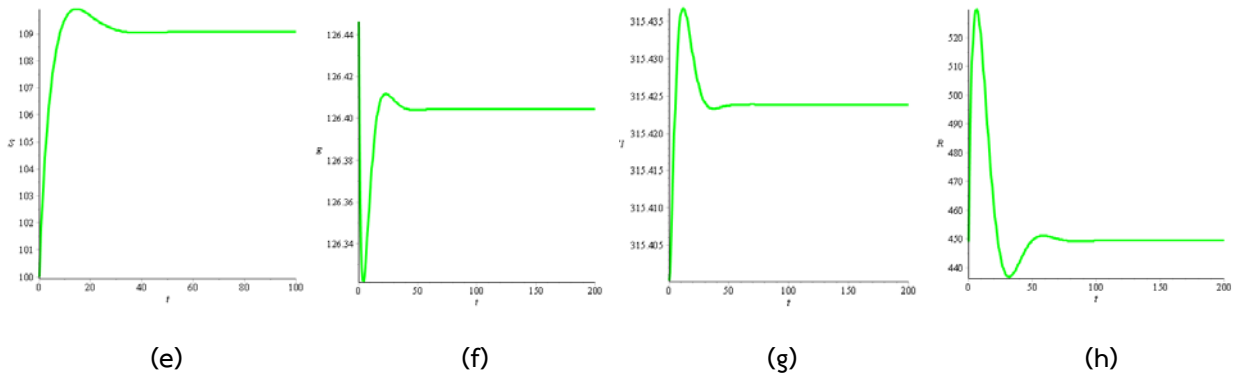
$$\lambda^4 + (0.71109)\lambda^3 + (0.14678)\lambda^2 + (0.01442)\lambda + (0.32690 \times 10^{-5}) = 0$$

ซึ่งจะได้ $\lambda_1 = -0.12532 + 0.12477i$, $\lambda_2 = -0.00023$, $\lambda_3 = -0.46023$, $\lambda_4 = -0.12532 - 0.12477i$

และค่าระดับการติดเชื้อ คือ $R_0 = 1.59183 > 1$

เนื่องจากค่าลักษณะเฉพาะมีเป็นลบและค่าระดับการติดเชื้อมีค่ามากกว่า 1 ดังนั้นจุดสมดุลที่มีโรค (E_1)

มีความเสถียรภาพเชิงเส้นกำกับ เฉพาะที่ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ค่าตอบเชิงตัวเลขแสดงความสัมพันธ์ของ (e) กลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ (f) กลุ่มประชากรที่ติดเชื้อแต่ไม่สามารถแพร่เชื้อได้ (g) ประชากรที่ติดเชื้อและสามารถแพร่เชื้อได้ (h) กลุ่มประชากรที่หายจากการติดเชื้อ เทียบกับเวลา (t) ในสถานะที่ไม่มีโรค ดังกราฟ จะเห็นได้ว่าค่าตอบเชิงตัวเลขของระบบจะเข้าสู่จุดสมดุลที่ไม่มีโรค

E_1 (109.03845, 126.40370, 315.42533, 449.11452) ดังปรากฏ

สรุปและอภิปรายผลของวิจัย

จากการศึกษาผลกระทบของปริมาณน้ำฝนที่มีผลต่อตัวแบบสำหรับโรคมือ เท้า ปาก ในภาคใต้ นั้น มีค่าระดับการติดเชื้อ (R_0) เป็น $\frac{g(T)N\beta\alpha}{\mu^2 + \gamma\mu + \alpha\mu + \alpha\gamma}$ ซึ่งเป็นค่าสำหรับการตรวจสอบความเสถียรภาพของตัวแบบ ถ้า $R_0 < 1$ แล้วจุดสมดุลที่ไม่มีโรคจะเสถียร (ไม่มีการแพร่ระบาดของโรค) แต่ถ้า $R_0 > 1$ แล้วจุดสมดุลที่มีโรคจะเสถียร (มีการแพร่ระบาดของโรค) และพบว่าเมื่อมีปริมาณน้ำฝนเป็น 0.01, 0.16, 0.21 และ 0.33 ค่าระดับการติดเชื้อจะมีค่าเป็น 0.04823, 0.77179, 1.01298 และ 1.59183 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย จะเกิดการแพร่ระบาดของโรคมือ เท้า ปาก เมื่อมีปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 0.21 ขึ้นไป ดังนั้นหากเราทราบค่าปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ณ สถานที่ใด ๆ ก็จะสามารถพยากรณ์หาจำนวนผู้ป่วยโรคมือ เท้า ปาก ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผน การป้องกันและควบคุมโรคเพื่อลดจำนวนผู้ป่วยก่อนที่เหตุการณ์จะเกิดขึ้นจริงในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมโรค (ออนไลน์). (2562). สืบค้นจาก https://ddc.moph.go.th/th/site/office_newsview/view/9134. [20 สิงหาคม 2562].
- กรมอุตุนิยมวิทยา (ออนไลน์). (2562). สืบค้นจาก. https://www.tmd.go.th/3month_forecast.php. [15 สิงหาคม 2562].
- ปิยะมาศ หุอรอด และ วลีษา อิทรรักดิ์. (2559). แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของการระบาดของโรคมือ เท้า ปาก. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์ อินเตอร์เนชั่นแนล (ออนไลน์). (2562). สืบค้นจาก <https://www.bumrungrad.com/th/conditions/hand-foot-mouth>. [25 กรกฎาคม 2562].
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (ออนไลน์). (2556). สืบค้นจาก thaihealth.or.th [25 กรกฎาคม 2562].
- สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง (ออนไลน์). (2562). สืบค้นจาก <http://stat.bora.dopa.go.th>. [10 สิงหาคม 2562].
- สุรพล เนาวรัตน์. (2561). ตัวแบบคณิตศาสตร์กับการระบาดของโรค. มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.
- เอมอร สิทธิรักษ์. (2549). พีชคณิตเชิงเส้น. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- Jantraporn Suksawat and Surapol Naowarat. (2014). Effect of Rainfall on the Transmission Model of Conjunctivitis. *Advances in Environmental Biology*, 99-104.
- Piyada Wongwiwat and Surapol Naowarat Chutima Karaket. (2015). Dynamics Model of Hand-Foot-Mouth Disease with Effect of Hand Washing Campaign . *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*.
- Thanyada Phutthichayanon and Surapol Naowarat. (2015). Effects of Hand Washing Campaign on Dynamical Model of Hand Foot Mouth Disease . *International Journal of Modeling and Optimization*.

Two New Iterative Methods for Solving Nonlinear Equations without Derivative

Jirawat Kantalo^{1,a}, Sa-at Muangchan^{1,b}, Supunnee Sompong^{1,c}

¹ Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon, Thailand

E-mail; ^ajirawatkantalo@gmail.com, ^bmsaat@hotmail.com, ^cs_sanpinij@yahoo.com

Abstract

In this paper, we propose two new iterative methods for solving nonlinear equations with one variable without derivative. In convergence theory, the two new iterative methods have second and third order convergence. Some numerical experiments show that the two new derivative free iterative methods outperform the several other existing methods

Keywords: Non-linear Equations; Order of Convergence; Derivative Free Method

1. Introduction

Solving a nonlinear equation $f(x)=0$ is the most important problems in Numerical analysis. Since it is not always possible to find the exactly solution by the direct method, the numerical iterative methods are useful to obtain an approximate solution of equations. There are many different iterative methods for solving nonlinear equations. One of the classical standard numerical iterative methods is a Newton's method, it given by

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}, \quad n \in \mathbb{N} \tag{1}$$

where x_0 is an initial value that we might guess the initial value which near a solution of equations. This method has second order of convergence (Argyros, 2008). However, the Newton's method has a disadvantage, one has to calculate the derivative of $f(x)$. Sometimes, the first derivative function of $f(x)$ is more difficult to calculate or $f(x)$ is not differentiable at a certain point, the Newton's method is not applicable to solve nonlinear equation. Therefore, the Newton's method was modified by many researchers who considered the first derivative function by approximation of derivatives. (Jain, 2007; Hafiz, 2014; Singh, 2017)

Steffensen's method is one of the iterative methods which is based on the Newton's method (Conte & Boor, 1981). The method was modified by substitute the derivative function of function in the Newton's method by using a forward difference approximation, it given by

$$f'(x_n) \approx \frac{f(x_n + f(x_n)) - f(x_n)}{f(x_n)} \tag{2}$$

Therefore, the Steffensen's method becomes

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)^2}{f(x_n + f(x_n)) - f(x_n)}, \quad n \in \mathbb{N} \tag{3}$$

The method still has second order convergence. In 2005, the new iterative method formed by the composition of the Newton's method and the Steffensen's method, namely Newton-Steffensen's method was introduced by Sharma (Sharma, 2005). It given by

$$y_n = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}, \tag{4}$$

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)^2}{f'(x_n)(f(x_n) - f(y_n))}, \quad n \in \mathbb{N} \tag{5}$$

which has third order of convergence.

In this paper, we introduce two new derivative free iterative methods for solving nonlinear equations which replaced the derivative function $f'(x)$ by using the half forward difference and an average between forward and central difference approximation.

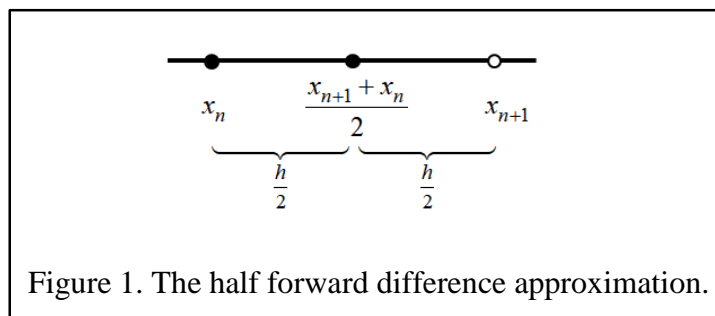
The remainder of this paper is organized as follow. In section 2, the two new derivative free iterative methods are provided and order of convergence for iterative methods are established. In section 3, numerical examples show that both methods are better performance than of each of the existing methods described. Finally, conclusion is given in section 4.

2. Description of the methods and convergence analysis

In this section, we shall describe derivative free iterative methods which by using different approximation of derivatives. Moreover, we show that convergence analysis of our methods. Letting $x^* \in I$ be a simple zero of a sufficiently differentiable function $f : I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ in an open interval I .

2.1 A two order of convergence derivative free iterative method (Method 1)

To construct the second order convergence derivative free iterative method, we consider the approximation of derivative in the Steffensen's method as form (3) and modify this method by using the half forward difference approximation as figure 1.



By approximation of the derivative, we have

$$f'(x_n) \approx \frac{f\left(\frac{x_{n+1} + x_n}{2}\right) - f(x_n)}{\frac{h}{2}} \tag{6}$$

$$\approx \frac{2\left(f\left(\frac{2x_n + h}{2}\right) - f(x_n)\right)}{h}, \tag{7}$$

where h is a very small value. As n is a large number and x_0 is close enough to the root x^* , we will estimate value of h by $f(x_n)$. So, we have

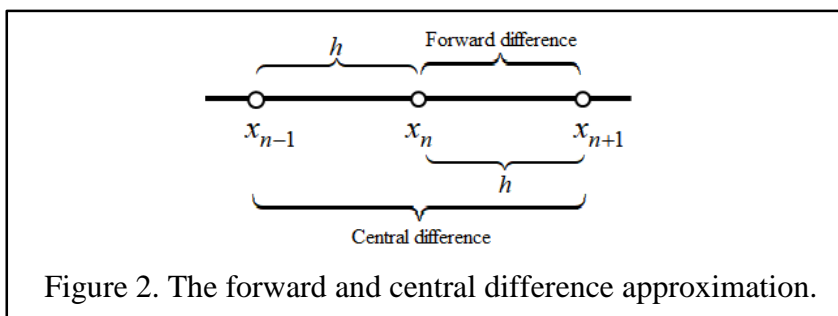
$$f'(x_n) \approx \frac{2\left(f\left(\frac{2x_n + f(x_n)}{2}\right) - f(x_n)\right)}{f(x_n)}. \tag{8}$$

Then we obtain the new derivative free iterative method as form

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)^2}{2\left(f\left(\frac{2x_n + f(x_n)}{2}\right) - f(x_n)\right)}, \quad n \in \mathbb{N}. \quad (9)$$

2.2 A three order of convergence derivative free iterative method (Method II)

To construct the third order convergence derivative free iterative method, we consider the Newton-Steffensen's method as form (4),(5) and use the average of forward and central different as figure 2 to approximate the derivative of function at the n^{th} iteration.



So, the average of forward and central difference approximation is given by

$$f'(x_n) \approx \frac{1}{2} \left(\frac{f(x_n + h) - f(x_n)}{h} + \frac{f(x_n + h) - f(x_n - h)}{2h} \right) \quad (10)$$

$$\approx \frac{1}{2} \left(\frac{2f(x_n + h) - 2f(x_n) + f(x_n + h) - f(x_n - h)}{2h} \right) \quad (11)$$

$$\approx \frac{1}{2} \left(\frac{3f(x_n + h) - 2f(x_n) - f(x_n - h)}{2h} \right) \quad (12)$$

$$\approx \left(\frac{3f(x_n + h) - 2f(x_n) - f(x_n - h)}{4h} \right), \quad (13)$$

where h is a very small value. Then we substitute the value of h by $f(x_n)$. So, we have

$$f'(x_n) \approx \frac{3f(x_n + f(x_n)) - 2f(x_n) - f(x_n - f(x_n))}{4f(x_n)}. \quad (14)$$

Therefore, the derivative function in Newton-Steffensen's method as form (4),(5) was replaced by the above approximating the derivative. The new derivative free iterative method becomes

$$y_n = x_n - \frac{4f(x_n)^2}{3f(x_n + f(x_n)) - 2f(x_n) - f(x_n - f(x_n))}, \quad (15)$$

$$x_{n+1} = x_n - \frac{4f(x_n)^2}{(3f(x_n + f(x_n)) - 2f(x_n) - f(x_n - f(x_n)))(f(x_n) - f(y_n))}, \quad n \in \mathbb{N}. \quad (16)$$

In the following theorems, we are going to prove that the our iterative methods have orders of convergence 2 and 3, respectively.

Theorem 2.1 If x_0 is sufficiently close to x^* , then the derivative free iterative method (Method I) has second order of convergence.

Proof. Let x^* be the simple root of $f(x)$, i.e. $f(x^*)=0, f'(x^*) \neq 0$, and the error equation is $e_n = x_n - x^*$. Using Taylor series of $f(x_n)$ about x^* , we have

$$f(x_n) = c_1e_n + c_2e_n^2 + c_3e_n^3 + c_4e_n^4 + c_5e_n^5 + c_6e_n^6 + O(e_n^7), \tag{17}$$

where $c_k = \frac{f^k(x^*)}{k!}$, $k=1,2,3,\dots$. Computing $f(x_n)^2$, it is given as following

$$f(x_n)^2 = c_1^2e_n^2 + 2c_1c_2e_n^3 + (2c_1c_3 + c_2^2)e_n^4 + (2c_1c_4 + 2c_2c_3)e_n^5 + O(e_n^6). \tag{18}$$

Using equation (17) to compute $2\left(f\left(\frac{2x_n + f(x_n)}{2}\right) - f(x_n)\right)$. Then this term can be obtained after simplifying follows :

$$\begin{aligned} 2\left(f\left(\frac{2x_n + f(x_n)}{2}\right) - f(x_n)\right) &= c_1^2e_n + \left(3c_1c_2 + \frac{c_1^2c_2}{2}\right)e_n^2 + \left(4c_1c_3 + 2c_2^2 + c_1c_2^2 + \frac{3c_1^2c_3}{2} + \frac{c_1^3c_3}{4}\right)e_n^3 \\ &+ \left(5c_1c_4 + 5c_2c_3 + 4c_1c_2c_3 + \frac{c_2^3}{2} + \frac{3c_1^2c_2c_3}{4} + 3c_1^2c_4 + c_1^3c_4 + \frac{c_1^4c_4}{8}\right)e_n^4 \\ &+ O(e_n^5). \end{aligned} \tag{19}$$

Substituting (18) and (19) in the equation (9), we have

$$e_{n+1} = \left(\frac{c_2}{c_1} + \frac{c_2}{2}\right)e_n^2 + O(e_n^{2+1}). \tag{20}$$

Hence, it follows that the derivative free iterative method which is of the form (9) has second order of convergence.

Theorem 2.2 If x_0 is sufficiently close to x^* , then the derivative free iterative method (Method II) has third order of convergence.

Proof. Let x^* be the simple root of $f(x)$, i.e. $f(x^*)=0, f'(x^*) \neq 0$, and the error equation is $e_n = x_n - x^*$. Using Taylor series of $f(x_n)$ about x^* , we have

$$f(x_n) = c_1e_n + c_2e_n^2 + c_3e_n^3 + c_4e_n^4 + c_5e_n^5 + c_6e_n^6 + O(e_n^7), \tag{21}$$

where $c_k = \frac{f^k(x^*)}{k!}$, $k=1,2,3,\dots$. Computing $f(x_n)^2$, it is given as following

$$f(x_n)^2 = c_1^2e_n^2 + 2c_1c_2e_n^3 + (2c_1c_3 + c_2^2)e_n^4 + (2c_1c_4 + 2c_2c_3)e_n^5 + O(e_n^6). \tag{22}$$

Computing $f(x_n + f(x_n))$ and $f(x_n - f(x_n))$, can be obtained after simplifying as following

$$\begin{aligned} f(x_n + f(x_n)) &= (c_1^2 + c_1)e_n + (c_2c_1^2 + 3c_2c_1 + c_2)e_n^2 + (c_3c_1^3 + 3c_3c_1^2 + 2c_1c_2^2 + 4c_3c_1 + 2c_2^2 + c_3)e_n^3 \\ &+ (c_4 + c_2(c_2^2 + 2c_1c_3) + 5c_1c_4 + 5c_2c_3 + 6c_1^3c_4 + 4c_1^3c_4 + c_1^4c_4 + 6c_1c_2c_3) \\ &+ 3c_1^2c_2c_3)e_n^4 + O(e_n^5) \end{aligned} \tag{23}$$

and

$$\begin{aligned} f(x_n - f(x_n)) &= (-c_1^2 + c_1)e_n + (c_2c_1^2 - 3c_2c_1 + c_2)e_n^2 + (-c_3c_1^3 + 3c_3c_1^2 + 2c_1c_2^2 - 4c_3c_1 - 2c_2^2 + c_3)e_n^3 \\ &+ (c_4 + c_2(c_2^2 + 2c_1c_3) - 5c_1c_4 - 5c_2c_3 + 6c_1^2c_4 - 4c_1^3c_4 + c_1^4c_4 + 6c_1c_2c_3) \\ &- 3c_1^2c_2c_3)e_n^4 + O(e_n^5). \end{aligned} \tag{24}$$

Using equation (21),(22),(23) and (24) to compute $\frac{4f(x_n)^2}{3f(x_n + f(x_n)) - 2f(x_n) - f(x_n - f(x_n))}$. Then we have

$$\begin{aligned} \frac{4f(x_n)^2}{3f(x_n + f(x_n)) - 2f(x_n) - f(x_n - f(x_n))} &= e_n + \left(-\frac{c_2}{c_1} - \frac{c_2}{2}\right)e_n^2 + \left(-\frac{2c_3}{c_1} + \frac{2c_2^2}{c_1^2} + \frac{c_2^2}{c_1} + \frac{3c_3}{2} - c_1c_3 + \frac{c_2^2}{4}\right)e_n^3 \\ &+ \left(-\frac{3c_4}{c_1} + \frac{7c_2c_3}{c_1^2} + \frac{5c_2c_3}{c_1} - \frac{11c_2^3}{2c_1^2} + \frac{5c_2c_3}{2} - 3c_4 - 4c_1c_4 - \frac{c_1^2c_4}{2} \right. \\ &\left. - \frac{4c_2^3}{c_1^3} - \frac{3c_2^3}{4c_1} + \frac{6c_3}{c_1} - \frac{c_2^3}{8}\right)e_n^4 + O(e_n^5). \end{aligned} \tag{25}$$

By considering y_n in the equation (15), we have

$$\begin{aligned} y_n &= x^* + \left(\frac{c_2}{c_1} + \frac{c_2}{2}\right)e_n^2 + \left(\frac{2c_3}{c_1} - \frac{2c_2^2}{c_1^2} - \frac{c_2^2}{c_1} - \frac{3c_3}{2} + c_1c_3 - \frac{c_2^2}{4}\right)e_n^3 \\ &+ \left(\frac{3c_4}{c_1} - \frac{7c_2c_3}{c_1^2} - \frac{5c_2c_3}{c_1} + \frac{11c_2^3}{2c_1^2} - \frac{5c_2c_3}{2} + 3c_4 + 4c_1c_4 + \frac{c_1^2c_4}{2} + \frac{4c_2^3}{c_1^3} + \frac{3c_2^3}{4c_1} - \frac{6c_3}{c_1} + \frac{c_2^3}{8}\right)e_n^4 + O(e_n^5). \end{aligned} \tag{26}$$

Now, substituting (26) in Taylor series of $f(y_n)$, we have

$$\begin{aligned} f(y_n) &= \left(c_2 + \frac{c_1c_2}{2}\right)e_n^2 + \left(2c_3 - \frac{2c_2^2}{c_1} - c_2^2 - \frac{3c_1c_3}{2} + c_1^2c_3 - \frac{c_1c_2^2}{4}\right)e_n^3 \\ &+ \left(3c_4 - \frac{7c_2c_3}{c_1} - 5c_2c_3 + \frac{11c_2^3}{2c_1} + \frac{5c_1c_2c_3}{2} + 3c_1c_4 + 4c_1^2c_4 + \frac{c_1^3c_4}{2} + \frac{5c_2^3}{c_1^2} + c_2^3 - 6c_3 + \frac{c_1c_2^2}{8} + \frac{c_2^3}{c_1}\right)e_n^4 \\ &+ O(e_n^5). \end{aligned} \tag{27}$$

Using equation (25) and (27) in the equation (16), we have

$$e_{n+1} = \left(\frac{c_2^2}{c_1^2} + \frac{c_2^2}{2c_1} + 3c_3\right)e_n^3 + O(e_n^{3+1}). \tag{28}$$

Hence, it follows that the derivative free iterative method which is form of (15), (16) has the third order convergence.

3. Numerical examples

In this section, we will present some problems of nonlinear equations from the tested function of Jaiswal (Jaiswal, 2013) and Dehghan and Hajarian (Dehghan & Hajarian, 2010) to compare the proposed methods with existing methods which are as follows: the Newton’s method is of the form (1), the Steffensen’s method is of the form (2), the Newton-Steffensen’s method is of the form (4),(5) and the two Deghan’s methods, namely the Deghan I’s and the Deghan II’s method proposed by Deghan (Dehghan & Hajarian, 2010). In these comparisons, we consider the following functions

Table 1. Test functions and their roots.

Functions	Root
$f_1(x) = \sin^2(x) - x^2 + 1$	$x^* = 1.404492$
$f_2(x) = \cos(x) - x$	$x^* = 0.739085$
$f_3(x) = \cos(x) - xe^x + x^2$	$x^* = 0.639154$
$f_4(x) = e^x - 1.5 - \arctan(x)$	$x^* = 0.767653$
$f_5(x) = \ln(x^2 + x + 2) - x + 1$	$x^* = 4.152590$
$f_6(x) = x^2 - e^x - 3x + 2$	$x^* = 0.257530$

In order to compare of the numerical iterative methods, the numerical experiments have been implemented on GNU Octave, version 5.1.0 with different initial value x_0 . Then we choose initial value x_0 that will be a suitable test for these functions. We consider the number of iterations n and the absolute value of function $|f(x_n)|$ when $|f(x_n)| \leq 10^{-12}$. The algorithm for the our iterative methods are as follows:

Numerical Algorithm of Method I

Input: The nonlinear function $f(x)$, tolerance TOL and initial value of x_0 .

Step 1 Set $n = 0$.

Step 2 While $|f(x_0)| > TOL$ do Step 3-4.

Step 3 Calculate
$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)^2}{2 \left(f \left(\frac{2x_n + f(x_n)}{2} \right) - f(x_n) \right)}$$

Calculate $|f(x_{n+1})|$.

Set $n = n + 1$.

Step 4 If $|f(x_{n+1})| \leq TOL$, then we stop the iteration and print the output of the root of function x_{n+1} , the absolute value of function $|f(x_{n+1})|$ and the number of iterations n .

Numerical Algorithm of Method II

Input: The nonlinear function $f(x)$, tolerance TOL and initial value of x_0 .

Step 1 Set $n = 0$.

Step 2 While $|f(x_0)| > TOL$ do Step 3-4.

Step 3 Calculate
$$y_n = x_n - \frac{4f(x_n)^2}{3f(x_n + f(x_n)) - 2f(x_n) - f(x_n - f(x_n))}$$
 and

$$x_{n+1} = x_n - \frac{4f(x_n)^2}{(3f(x_n + f(x_n)) - 2f(x_n) - f(x_n - f(x_n)))(f(x_n) - f(y_n))}$$

Calculate $|f(x_{n+1})|$.

Set $n = n + 1$.

Step 4 If $|f(x_{n+1})| \leq TOL$, then we stop the iteration and print the output of the root of function x_{n+1} , the absolute value of function $|f(x_{n+1})|$ and the number of iterations n .

In general, the method with minimum for the number of iteration could be chosen as the best method to find solution of function. Moreover, the method gives the absolute value of function which is closer to zero than the other, is will be the best method.

Table 2. Numerical results of $f_1(x) = \sin^2(x) - x^2 + 1$ with $x_0 = 1$.

Function	Methods	Number of iterations n	$ f(x_n) $
$f_1(x) = \sin^2(x) - x^2 + 1$	Newton's method	5	7.593925e-13
	Steffensen's method	5	9.992007e-16
	Newton-Steffensen's method	5	1.323386e-13

Deghan I 's method	4	4.440892e-16
Deghan II 's method	4	6.302736e-13
Method I	4	3.330669e-16
Method II	3	3.330669e-16

Table 3. Numerical results of $f_2(x) = \cos(x) - x$ with $x_0 = 0$.

Function	Methods	Number of iterations n	$ f(x_n) $
$f_2(x) = \cos(x) - x$	Newton's method	5	0.000000e+00
	Steffensen's method	4	1.110223e-16
	Newton-Steffensen's method	5	0.000000e+00
	Deghan I 's method	4	0.000000e+00
	Deghan II 's method	3	2.109424e-15
	Method I	4	1.110223e-16
	Method II	3	0.000000e+00

Table 4. Numerical results of $f_3(x) = \cos(x) - xe^x + x^2$ with $x_0 = -2$.

Function	Methods	Number of iterations n	$ f(x_n) $
$f_3(x) = \cos(x) - xe^x + x^2$	Newton's method	7	1.110223e-16
	Steffensen's method	7	1.110223e-16
	Newton-Steffensen's method	7	1.110223e-16
	Deghan I 's method	5	1.110223e-16
	Deghan II 's method	8	1.110223e-15
	Method I	4	1.110223e-16
	Method II	4	1.221245e-15

Table 5. Numerical results of $f_4(x) = e^x - 1.5 - \arctan(x)$ with $x_0 = 1$.

Function	Methods	Number of iterations n	$ f(x_n) $
$f_4(x) = e^x - 1.5 - \arctan(x)$	Newton's method	12	1.465494e-13
	Steffensen's method	6	2.220446e-16
	Newton-Steffensen's method	4	2.220446e-16
	Deghan I 's method	3	1.110223e-16
	Deghan II 's method	3	5.073719e-14
	Method I	5	4.440892e-16
	Method II	3	0.000000e+00

Table 6. Numerical results of $f_5(x) = \ln(x^2 + x + 2) - x + 1$ with $x_0 = 0$.

Function	Methods	Number of iterations n	$ f(x_n) $
$f_5(x) = \ln(x^2 + x + 2) - x + 1$	Newton's method	5	4.440892e-16

Steffensen's method	5	4.440892e-16
Newton-Steffensen's method	5	0.000000e+00
Deghan I 's method	4	4.440892e-16
Deghan II 's method	4	4.440892e-16
Method I	5	0.000000e+00
Method II	3	8.171241e-14

Table 7. Numerical results of $f_6(x) = x^2 - e^x - 3x + 2$ with $x_0 = 2$.

Function	Methods	Number of iterations n	$ f(x_n) $
$f_6(x) = x^2 - e^x - 3x + 2$	Newton's method	4	3.728129e-13
	Steffensen's method	6	0.000000e+00
	Newton-Steffensen's method	14	0.000000e+00
	Deghan I 's method	17	0.000000e+00
	Deghan II 's method	1330	0.000000e+00
	Method I	4	2.392082e-14
	Method II	4	0.000000e+00

From Table 2-7 of numerical results, we can see that the Method II is better than the other iterative methods. However, the Method I is as good as the Method II for $f_3(x) = \cos(x) - xe^x + x^2$ with initial $x_0 = -2$ and $f_6(x) = x^2 - e^x - 3x + 2$ with initial $x_0 = 2$. So for the different nonlinear functions, the proposed iterative methods outperform the other iterative methods.

4. Conclusion

In this paper, the new numerical iterative methods for solving nonlinear equations with one variable without derivative, namely Method I and Method II are presented. Moreover, the convergence analysis of our methods have been established to show that the Method I and Method II have second and third order convergence, respectively. The six nonlinear functions are considered to illustrate that our methods are better than some other methods. For the future work, one may consider to modify the approximating of derivative of function or extended the method to find all solutions of nonlinear equations which contain one or more than one variables.

References

Conte, S.D., & Boor Carl de. (1981). An Algorithmic Approach. *Elementary Numerical Analysis*. McGraw-Hill.

Argyros, I.K. (2008). *Convergence and Application of Newton-Type Iteration*. Newyork: Springer.

Dehghan, M., & Hajarian, M. (2010). Some derivative free quadratic and cubic convergence iterative formulars for solving nonlinear equations. *Computational and Applied Mathematics*, 29, 19-30.

Hafiz, M.A. (2014). Solving Nonlinear Equations Using Steffensen-Type Methods With Optimal Order of Convergence. *Palestine Journal of Mathematics*, 3(1), 113-119.

Jain, P. (2007). Steffensen type methods for solving non-linear equations. *Appl. Math. Comput.*, 194, 527-533.

Jaiswal, J.P. (2013). A New Third-Order Derivative Free method for Solving Nonlinear Equations.

Universal Journal of Applied Mathematics, 1(2), 131-135.

Qian, Y.H., & Guo, Q.W. (2016). A new derivative-free iterative method for solving nonlinear equations. *Nonlinear Sci.Lett. A*, 7 (2), 32-40.

Sharma, J.R. (2005). A composite third order Newton Steffensen method for solving nonlinear equations. *Appl. Math. Comput.*, 169 (1), 242-246.

Singh, B. (2017). Fourth-order Steffensen type methods for nonlinear equations. *International Journal of Statistics and Applied Mathematics*, 2(4), 11-15.

Thai Political Opinion Classification on Facebook Comments

Mongkol Saensuk^{1, a}, Suwiwat Witchakool^{1, b}, Somchit Rattanaudomchok¹, Chanankarn Saengprasan¹,
Chainarong Peanpaylun¹

¹Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon, Thailand
E-mail; ^amongkolsaensuk@gmail.com, ^bsuwiwat@gmail.com

Abstract

The 2019 Thai general election was held in Thailand in 2019. Social network websites, especially facebook, shared various political opinions. These opinions reflected the writers' opinions toward parties and be useful for the parties. The conceptual idea for this study was to Thai political opinion classification for positive, negative, and neutral polarity. The methodology consisted of (i) data collection from news pages in facebook, (ii) data pre-processing which were data cleaning removing all question sentences, numbers and special characters; word segmentation by using LongLexTo and LEXiTRON dictionary by NECTEC; and feature extraction using Bag of Words (BOW) technique, (iii) classification compared between Naïve Bayes and K-nearest neighbors (KNN), and (iv) performance measurement. The experimental results found that Naïve Bayes gave precision mean, recall mean, F-measure and accuracy, which are 65.46%, 61.00%, 63.15% and 70.43% on data A and 55.87%, 48.61%, 51.99% and 71.33% on data B while KNN gave 65.45%, 52.77%, 58.43%, and 68.45% on data A and 54.67%, 42.77%, 47.99% and 68.81% on data B, respectively. Hence, Naïve Bayes provided the better performance than KNN approach.

Keywords: Thai political opinion; opinion mining; opinion classification; facebook comments.

1. Introduction

In the past news was reported via television, radio, newspaper and websites in a one-way conversation pattern that audiences could not share their opinions to reporters. In present many communication channels are developed in order to allow audience to be able to interact with publishers. Social network websites are a communication channel that viewers can express their opinions or comments promptly, especially Facebook (www.facebook.com) is the most popular social networking website (Songram & Jareanpon, 2015, pp.240-245). Opinions or comments are able to express in many forms, such as sound, texts, pictures and emoticons, especially texts which people can write their opinions boundlessly. These opinions reflect the writers' emotions and sentiments on their interest topic news. The 2019 Thai general election was held in Thailand on March 2019 which resulted in many political news were mentioned on facebook widespreadly and so many Thai people wrote their political opinions about political party policy. When each party launched their policy, they would like to know feedback from facebook users. The numbers of positive and negative opinions could be used in order to check feedback. The challenging of opinion analysis is to the increasing of opinion comments and various user levels.

Sukhum, Nitsuwat, and Haruechaiyasak (2011, pp. 32-37) proposed the opinion classification in sentence level. There were three major frameworks which is data collection, annotation, and classification. First, data were collected for 117 political news columns written by 8 columnists and published in well-known Thai online newspapers. Unrelated data, such as images, html tags, writer's names, newspaper titles, etc. were removed, and the rest were kept. Second, 177 documents were divided into 2,539 sentences and 1,380 subjective sentences were selected. In word segmentation and POS tagging, LexToPlusI and LEXiTRON dictionary², by NECTEC were used. Third, in features selection only adjective, adverb, negation words, quotation symbols were used. Then stopping words were removed. Naïve Bayes Multinomial classifier was implemented. The experimental results showed that grouping clues, NEs feature selection gave the highest F-measure comparing to other feature selections.

Songram and Jareanpon (2015, pp. 240-245) proposed opinion mining of Thai politics on facebook status updates. Facebook status updates used for analyze were written in Thai. There were five steps for research methodology. First, facebook status updates about Thai politics were collected 467 status during May 22, 2014 until July 17, 2014 by using graph API in facebook. Second, those status were identified by human into two classes, which were 259 positive status and 208 negative status. Then 102 positive words and 101 negative words from facebook status were

collected. Third, incorrect data were cleaned by human. Fourth, in feature extraction process unstructured data were transformed into structured data by using the vector space model. Last, the study used five feature selections to compare accuracy as the following table. Decision trees, Naïve Bayes, KNN, and SVM classifier were implemented. The experimental results showed that KNN gave the best accuracy for 63.58% in data2-8, which were extracted feature from lexicon and selected feature with threshold values 8. However, Naïve Bayes gave the best accuracy for 55.59% in data1, which used pre-process steps of text mining.

Meduru, Mahimkar, Subramanian, Padiya, and Gunjgur (2017, pp.116-123) proposed the system of twitter platform for collecting data in order to sentiment analyze of common public toward policy. In the study, there are four steps for proposed methodology. First, data were collected from the Streaming API of Twitter using hashtag based on user location. Second, stopping words, slang words, url, hashtag, emoji, and special characters were removed in pre-processing step. Third, sentiment analysis step was to identify the sentiment with VADER lexicon in sentence level and calculate the overall sentiment then identify those sentences into positive, negative, and neutral polarity. Fourth, the results were shown graphically based on regions.

From the opinion mining of Thai politics on facebook status updates, the study found that Naïve Bayes and KNN provided the better performance on pre-process steps of text mining (Songram & Jareanpon, 2015, pp. 240-245). Therefore, Thai political opinion classification on facebook comments which used BOW feature extraction technique should use the same classifiers.

In this study, researchers used opinion classification to classify positive, negative and neutral comments. The methodology consisted of (i) Thai political comments were collected from news pages in facebook by www.exportcomments.com, (ii) in the data pre-processing, all question sentences, numbers and special characters were removed. Each comment was segmented into words using LongLexTo and LEXiTRON dictionary by NECTEC. The feature extraction used BOW technique, (iii) comment classification used Naïve Bayes and KNN approach, (iv) the classifier performances compared based on precision, recall, F-measure and accuracy. The result advantages were to if there are many positive comments on their party, it will imply that this party is in favor. In contrast, if there are many negative comments, it will imply that the party should change their policies in order to meet most people desire.

2. Objectives

The objective of the study is to classify political opinions in Thai language into positive, negative and neutral class.

3. Methodology (Materials and Methods)

Opinion classification of Thai politics on facebook website process shows as follows:

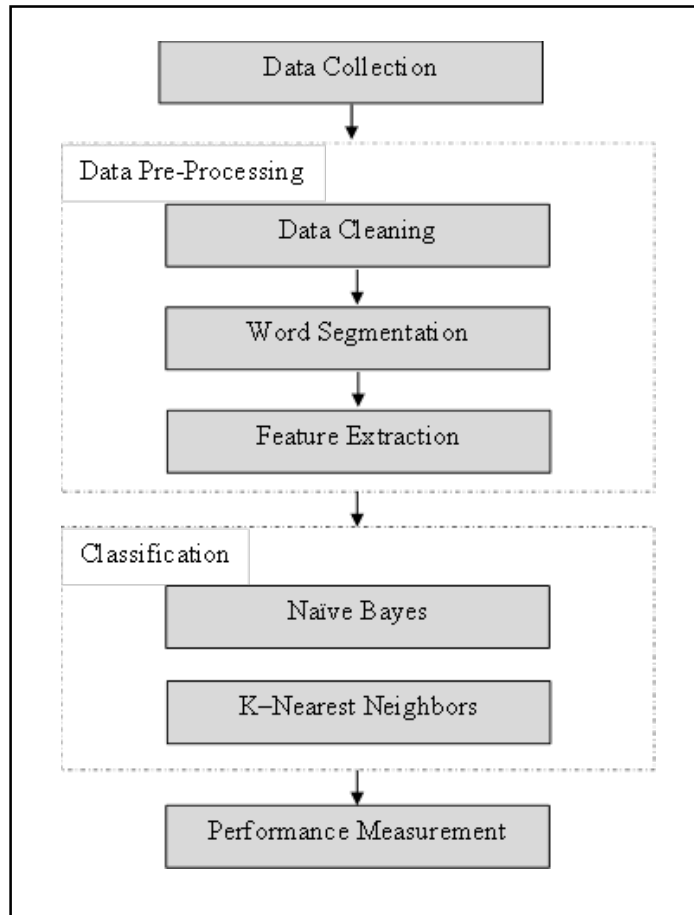


Figure 1. Opinion classification process

3.1 Data Collection

Thai Political comments were collected from news pages in facebook. There were 8,246 comments on A party and 3,469 comments on B party. The www.exportcomments.com was used for collecting data.

3.2 Data Pre-processing

3.2.1 Data Cleaning

Question sentences were removed from the data since they were not expressed any sentiment by using question key words from question sentence construction websites and from inspection. There are ten key words and one symbol, which are “ใคร”, “อะไร”, “ที่ไหน”, “เมื่อไหร่”, “อย่างไร”, “อย่างไร้”, “ไหม”, “หรือไม่”, “หรือ”, “ทำไม” and “?”. In addition, numbers and special characters were removed. The 3,464 and 1,052 comments were removed on A and B party, respectively. Therefore, there were 4,782 comments on A party and 2,417 comments on B party to be analyzed.

3.2.2 Word Segmentation

Data A and data B were segmented into 42,221 words by using LongLexTo and LEXiTRON dictionary by NECTEC (Jiamthaphaksin, Aung, & Ratanasawadwat, 2016, pp.1169-1177).

3.2.3 Feature Extraction

Bag of Word (BOW) technique was implemented for features extraction (Keerthika & Nalini, 2017, pp. 29-36). Each datum was represented as a vector (Swarnalekha &

Suresh, 2016, pp. 65-69). Then data matrix was constructed by the vector space model with Boolean weighting as shown in the following equation:

$$w_{ki} = \begin{cases} 1 & \text{if } f_i > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

where f_i is the i^{th} feature and k is the k^{th} data.

3.3 Classification

Matrix of data A and B were divided into training set and testing set by using 10- fold cross validation based on two classification models: Naïve Bayes and KNN.

3.4 Performance Measurement

The classifiers were evaluated on the testing set. The predicted results for both models were measured the performance on precision, recall, F-measure and accuracy (Charalabidis, Maragoudakis, & Loukis, 2015, pp. 147-160).

$$\text{Precision}_{ck} = \frac{\text{true}_{ck}}{\text{false}_{ck} + \text{true}_{ck}}$$

$$\text{Recall}_{ck} = \frac{\text{true}_{ck}}{\sum \text{actual}_{ck}}$$

$$\text{F-measure} = \frac{2 \times \text{Precision}_{\text{mean}} \times \text{Recall}_{\text{mean}}}{\text{Precision}_{\text{mean}} + \text{Recall}_{\text{mean}}}$$

$$\text{Accuracy} = \frac{\sum \text{true}_{ck}}{\sum \text{predict}_{ck}}$$

where ck is the k^{th} class.

4. Experimental results

In polarity identification for modeling, three experts have read Thai comments and then identified into three classes, which are positive, negative, and neutral. If all three experts identified into different class, this comment would not be used for analysis. There were xx and xx comments for data A and B, respectively. Data were divided by using 10-fold cross validation. Result of experiment is shown in Table 1.

Table 1. Opinion classification efficiency of Naïve Bayes and KNN classifier

Performance Measurement	DataA		DataB	
	NaïveBayes	KNN	NaïveBayes	KNN
Precision _{c1}	60.36%	62.50%	33.67%	40.19%
Precision _{c2}	74.92%	69.64%	77.25%	71.56%
Precision _{c3}	61.09%	64.22%	56.68%	52.26%
Precision Mean	65.46%	65.45%	55.87%	54.67%
Recall _{c1}	48.42%	41.36%	9.23%	16.10%
Recall _{c2}	82.33%	91.08%	83.43%	92.20%
Recall _{c3}	52.26%	25.87%	53.17%	20.01%
Recall Mean	61.00%	52.77%	48.61%	42.77%
F-measure	63.15%	58.43%	51.99%	47.99%
Accuracy	70.43%	68.45%	71.33%	68.81%

Naïve Bayes and KNN classifier gave the high accuracy (Songram & Jareanpon, 2015, pp.240-245). Hence, in this paper Naïve Bayes and KNN classifier were used to compare the performance. Table 1 shows that Naïve Bayes classifier gave higher precision, recall, F-measure, and accuracy than KNN classifier for both data A and B since comments written with natural language which extracted features with BOW technique were the suitable features for Naïve Bayes classifier.

5. Conclusion and Discussion

Opinion mining of Thai political comments on facebook consisted many processes such as data cleaning, word segmentation, and opinion classification. In data cleaning process, collected comments which are questions, symbols, and numbers were removed. In segmentation process, the longest matching algorithm was used in order to divide comments into words and BOW technique was used for feature extraction. From the experimental results showed that Naïve Bayes provided the better performance than KNN corresponding to the study of Songram and Jareanpon which found that the Naïve Bayes provided the better performance than KNN on pre-process steps of text mining (Songram & Jareanpon, 2015, pp.240-245).

For future work, feature extraction should be used frequency criteria for feature selection. In addition, feature words can be tagged with path of speech tagging (POS) then selected only path of speech with adjective, adverb, and negation for modeling.

References

- Charalabidis, Y., Maragoudakis, M., & Loukis, E. (2015). Opinion Mining and Sentiment Analysis in Policy Formulation Initiatives: The EU-Community Approach. In: Tambouris E. et al. (eds), *International Conference on Electronic Participation* (pp. 147-160). Cham: Springer.
- Jiamthapthaksin, R., Aung, T.H., & Ratanasawadwat, N. (2016). A Framework of Incorporating Thai Social Networking Data in Online Marketing Survey. In: Kim K., Joukov N. (eds), *Information Science and Applications (ICISA) 2016* (pp. 1169-1177). Singapore: Springer.
- Keerthika, R., & Nalini, C. (2017). Selecting Optimal Feature Subset in Patient Care Opinion Mining Using Extended Bag of Words. *Research Journal of Biotechnology*, 12(2), 29-36.
- Meduru, M., Mahimkar, A., Subramanian, K., Padiya, P.Y., & Gunjgur, P.N. (2017). Opinion Mining Using Twitter Feeds for Political Analysis. *International Journal of Computer*, 25(1), 116-123.
- Swarnalekha, V.S., & Suresh, V.M. (2016). Sentiment Analysis For Two Sides of Review Using Dual Prediction. *International Journal of Technology and Engineering System*, 8(1), 65-69.
- Songram, P., & Jareanpon, C. (2015). Opinion Mining of Thai Politics on Facebook Status Updates. *Proceedings of the 3rd IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2015* (pp. 240-245). Fukuoka: Fukuoka University.
- Sukhum, K., Nitsuwat, S., & Haruechaiyasak, C. (2011). Opinion Detection in Thai Political News Columns Based on Subjectivity Analysis. *Information Technology Journal*, 7(14), 32-37.