



Volume 38 Number 2 March - April 2019

ISSN (Print Edition) : 1686-9664

ISSN (Online Edition) : 2586-9795

Journal of

SCIENCE and **TECHNOLOGY**

MAHASARAKHAM UNIVERSITY

www.journal.msu.ac.th

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 38 ฉบับที่ 2 มีนาคม - เมษายน 2562

Journal of SCIENCE and TECHNOLOGY MAHASARAKHAM UNIVERSITY Volume 38 Number 2 March - April 2019



ปีที่ 38 ฉบับที่ 2 มีนาคม - เมษายน 2562

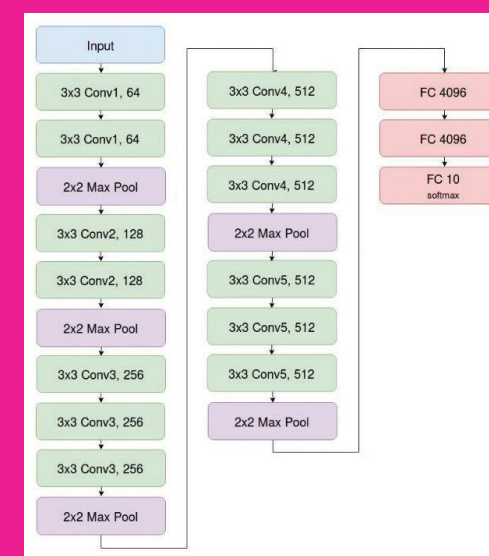
ISSN (Print Edition) : 1686-9664

ISSN (Online Edition) : 2586-9795

วารสาร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

www.journal.msu.ac.th



Journal of Science and Technology Maharakham University

We are listed in the Thai-Journal Citation Index Centre. (Tier 1)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 1

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการและผลงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีเนื้อหาครอบคลุมงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพและวิศวกรรมศาสตร์ บทความและบทความวิจัยที่จะนำมาตีพิมพ์ในวารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จะต้องได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิ (peer review) ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากล

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
สำนักงานกองบรรณาธิการ
กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
โทรศัพท์ภายใน 1754 โทรศัพท์/โทรสาร 0-4375-4416

ที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ ไบไม้
ศาสตราจารย์ ดร.วิชัย บุญแสง

บรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วรพล เองวานิช
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.วิลยา สุทธิชา
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ บุญเกิด
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.ละอองศรี เสนาะเมือง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณิณี พรหมเทศ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อานเป็รื่อง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์ เสนาะเมือง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สายกระสุน
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณมา บุญยสิทธิ์พรรณ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญใจ กนกเมธากุล
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา อารมณดี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญจง ขาวสิทธิวงษ์
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ถนอมแก้ว
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แสงประดับ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ คำเหม็ง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ยืน ภู่วรรณ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.บังอร กุมพล
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ศิริเกษม ศิริลักษณ์
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
รองศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต บุญปก
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ พุทธกาล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา เพียรชนะ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุขะเสนา
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิญา วงศ์พิริโยธา
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ ละม่อม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.อดตพร รุ่งสิทธิชัย
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อาจารย์ ดร.รักษ์จินดา วัฒนาลัย
มหาวิทยาลัยสยาม
อาจารย์ ดร.สมนึก พ่วงพรพิทักษ์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Mr.Paul Alexander Dulfer
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
นางฉวีวรรณ อรรถะเศรษฐ์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เลขานุการ

นางพักตร์วิไล รุ่งวิสัย

ผู้ช่วยเลขานุการ

นางจิรรัตน์ ภูสิทธ์

กำหนดออกและตีพิมพ์เผยแพร่

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

Aim and Scope:

The MSU Journal of Science and Technology is published quarterly and dedicated to the promotion and dissemination of scientific knowledge in the disciplines of Bioscience, Physical Science and Engineering Articles and research papers to be published in the Journal of Science and Technology Maharakham University will be subject to verification of academic luminaries both from within and outside the University to assure journal quality standards.

Ownership

Maharakham University
Editorial Office
Division of Research Support and Development,
Khamriang Sub-distict, Kantharawichai District,
Maha Sarakham Province 44150
Tel & Fax: 0 4375 4238 ext. 1754

Advisors

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

Editor-in-Chief

Professor Dr.Preecha Prathepha

Assistant Editors

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

Editorial Board

Professor Dr.Thaweesakdi Boonkerd
Chulalongkorn University
Professor Dr.La-orsri Sanoamuang
Khon Kaen University
Professor Dr.Supanee Promthet
Khon Kaen University
Professor Dr.Pranee Anprung
Chulalongkorn University
Professor Dr.Niwat Sonoamuang
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Sunan Saikrasun
Maharakham University
Associate Professor Dr.Suwanna Boonyaleepun
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Kwanjai Kanokmedhakul
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Chantana Aromdee
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Boonchong Chawsithiwong
National Institute of Development Administration

Associate Professor Dr.Porntep Tanonkeo
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Narumon Sangpradub
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Terdsak Khammeng
Khon Kaen University
Associate Professor Yuen Poovarawan
Kasetsart University
Associate Professor Dr.Bungon Kumphon
Maharakham University
Associate Professor Dr.Sirikasem Sirilak
Naresuan University
Associate Professor Dr.Anongrit Kangrang
Maharakham University
Assistant Professor Dr.Chawalit Boonpok
Maharakham University
Assistant Professor Dr.Napparat Buddhakala
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Assistant Professor Dr.Anucha Pranchana
Ubon Ratchathani Rajabhat University
Assistant Professor Dr.Seckson Sukhasena
Naresuan University
Assistant Professor Dr.Apinya Wongpiriyayothar
Maharakham University
Assistant Professor Dr.Alongkorn Lamom
Maharakham University
Assistant Professor Dr.Atthaporn Roongsitthichai
Maharakham University
Dr.Rakjinda Wattanalai
Siam University
Dr.Somnuk Puangpronpitag
Maharakham University
Mr.Paul Alexander Dulfer
Maharakham University
Chaweewan Akkasesthang
Maharakham University

Secretary

Phakwilai Rungwisai

Assistant secretary

Jirarat Puseerit

Six issues per year

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

บทความและความคิดเห็นในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนกองบรรณาธิการ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไปและบทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สงวนสิทธิ์ตามกฎหมายไทยการจะนำไปเผยแพร่ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากกองบรรณาธิการเท่านั้น

บทบรรณาธิการ

สวัสดีค่ะท่านผู้อ่านวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 38 (ฉบับที่ 2) มีนาคม-เมษายน พ.ศ.2562 ฉบับนี้ มีการออกเผยแพร่บทความวิจัยรวม 12 เรื่อง ซึ่งเป็นบทความที่มาจากหลากหลายสาขาอาทิเช่น คอมพิวเตอร์ ชีววิทยา เกษตร สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์สุขภาพ และวิศวกรรม เป็นต้น จึงใคร่ขอเชิญชวน ท่านที่สนใจส่งบทความวิจัยหรือบทความวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ วิทยาศาสตร์สุขภาพ (ทุกสาขา) มาเข้ารับการพิจารณากลับกรองคุณภาพ และเผยแพร่ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สำหรับสถานะของวารสารฯ ในปัจจุบันอยู่บนฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 1 ซึ่งทางวารสารฯ จะรักษาคุณภาพให้มีมาตรฐานซึ่งเป็นภารกิจที่ทำมาสำหรับวารสารฯ ทำนี้ในฐานะตัวแทนของกองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ดิฉันใคร่ขอขอบพระคุณกรรมการ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้ความอนุเคราะห์อ่านประเมินบทความอย่างดีเสมอมา รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานของวารสารฯ เป็นอย่างดีเสมอมา

รองศาสตราจารย์ ดร.บังอร กุมพล
กองบรรณาธิการ

คำอธิบายภาพปก : โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึกสำหรับการจำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ

ภาพปก : จักรินทร์ สุนุกแสน และคณะ. 2562, 113-124

สารบัญ

Computer Science

โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึกสำหรับการจำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ 113

Deep Convolutional Neural Networks for Plant Recognition in the Natural Environment

จักรินทร์ สนุกแสน, โอลาริก สุรินตะ
Jakkarin Sanuksan, Olarik Surinta

เอฟ-เลิร์นนิง: โปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊คเพื่อสนับสนุนระบบจัดการการเรียนรู้ 125

F-learning: a Facebook Application for Supporting Learning Management System

ชาคริช สมัตตภาพงศ์, จิติมนต์ อังสกุล, ธรา อังสกุล
Chachrist Smarttapong, Jitimon Angskun, Thara Angskun

ต้นไม้วิวัฒนาการและกฎสำหรับการระบุต้นตอของการลอกเลียนซอร์สโค้ด 135

Phylogenetic Trees And A Rule For Identifying Original Source Codes

ณัฐนันท์ ลีลาตระกูล, สุณิสา รีมเจริญ
Nutthanon Leelathakul, Sunisa Rimcharoen

Biological Science

คุณภาพทางแบคทีเรียของน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสที่จำหน่ายในเมืองท่องเที่ยว
สาธารณรัฐสหภาพเมียนมาร์ 143

Bacteriological Quality of Clear Plastic Bottled Drinking Water Distributed in Tourist Cities, Republic of the Union of Myanmar

สุบัตติต นิมรัตน์, วีรพงษ์ วุฒิพันธ์ชัย
Subuntith Nimrat, Verapong Vuthiphandchai

ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายสุนัขกับค่าทางโลหิตวิทยา 151

The relationship between canine body condition score and hematologic profile

ธนพร อัสวพัฒน์กุล
Thanaporn Asawapattanakul

Health Science

ปัจจัยทำนายการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษา 158

The Predictive Factors for Alcohol Consumption Among Students in the Higher Education

สันติสิทธ์ เขียวเขิน, วิทยา อยู่สุข, วิศิษฐ์ ทองคำ, ภาชนี เมืองเก่า, สุพิชญา หอมทอง
Santisith Khiewkhern, Wittaya Yoosook, Wisit Thongkum, Phachinee Mueangkao, Supitchaya Homthong

ผลของโปรแกรมการพัฒนาความสามารถตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด
ของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในเขตพื้นที่รับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลัญญา
อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ 168

Effects of Self-Efficacy Enhancement Program for Control of Blood Sugar Level among Patients with Type 2 Diabetes in Thanya Health Promoting Hospital, Kamalasai District, Kalasin Province

สิริกานต์ บรรพบุตร, นิรุวรรณ เทรินโบล, พิทยา ศรีเมือง
Sirikan Bunpaboot, Niruwan Ternblow, Phitthaya Srimuang

สารบัญ

Agricultural

ศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ต่างประเทศในจังหวัดมหาสารคาม 179

Yield potential of exotic maize varieties in Maha Sarakham Province

สกุลกานต์ สิมลา, ศรีณย์ โพธิ์ดอกไม้ สุรศักดิ์ บุญแต่ง

Sakunkan Simla, Saran Potidokmai, Surasak Boontang

ระบบควบคุมการจัดการน้ำแบบน้ำหยดสำหรับการปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนโดยการอ้างอิงฐานเวลาและปริมาณการใช้น้ำของพืช 187

Irrigation Control System for Drip Irrigated Tomato in Greenhouse using

Timer-based Control Method and Crop Water Requirement

สัญญา ควรรคิด, ก้องภพ ชาอามาตย์, วาริณีญ์ แสนยศ

Sanya Kuankid, Kongphope Chaarmart, Vatinee Sanyod

Environmental

การถ่ายเทมวลคาร์บอนในกระบวนการผลิตปลาที่บ่มที่เลี้ยงในบ่อดิน โดยการประเมิน วัฏจักรชีวิตกรณีศึกษาอำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 197

Carbon Massflow in Red Tilapia Cultured in Earthen bond by Using Life Cycle Assessment :

A Case Study in Sena district, Phranakhon Si Ayutthaya Province

วัชรภรณ์ ตันติพานาทิพย์

Watcharaporn Tantipanatip

การตรวจติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมในช่วงเปิดนมัสการรอยพระพุทธรูปบาทเขาคิชฌกูฏจังหวัดจันทบุรีประจำปี พ.ศ. 2560 205

The Investigation of Environmental Quality During the Opening Worship

at the Buddha Footprint Area of Khao Khitchakut, Chanthaburi Province in 2017

จักรพันธ์ โพธิพัฒน์, หิรัญ หิรัญรัตนพงศ์, ชวัลรัตน์ สมนึก

Jakkapan Potipat, Hirun Hirunrattanaphong, Chawanrat Somnuek

Engineering

การวางแผนงานก่อสร้างที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากร ร่วมกับวิธีการแบ่งส่วนเวลาของกิจกรรม 217

Construction Planning Optimization under Limited Resources with Critical Part Segment

ธานิน คำทิพย์, ชีวินทร์ ลิ้มศิริ

Thanin Kumtip, Cheevin Limsiri

โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึกสำหรับการจำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ

Deep Convolutional Neural Networks for Plant Recognition in the Natural Environment

จักรินทร์ สนุกแสน¹, โอลาริก สุรินตะ²

Jakkarin Sanuksan¹, Olarik Surinta²

Received: 15 May 2018 ; Revised : 20 August 2018 ; Accepted: 5 November 2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึก (Deep Convolutional Neural Network: Deep CNN) เพื่อใช้จำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ โดยมีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน จำนวน 4 โครงสร้าง ประกอบด้วย LeNet-5, AlexNet, GoogLeNet และ VGGNet ข้อมูลพรรณไม้ที่นำมาใช้ในการทดสอบ มีจำนวนทั้งสิ้น 3 ชุดข้อมูลคือ PNE, 102 Flower และ Folio ทั้งนี้ชุดข้อมูล PNE และ 102 Flower เป็นรูปภาพที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติทำให้มีพื้นหลังที่ซับซ้อน สำหรับข้อมูลชุด Folio เป็นรูปภาพใบไม้ที่ถ่ายในห้องทดลองโดยกำหนดให้พื้นหลังของภาพเป็นสีขาว จากผลเปรียบเทียบระหว่างโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึกโดยใช้โครงสร้าง GoogLeNet และ VGGNet พบว่าโครงสร้างแบบ GoogLeNet มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในชุดข้อมูล PNE และ 102 Flower และยังใช้เวลาในการเรียนรู้ที่เร็วกว่าเมื่อเทียบกับโครงสร้างแบบ VGGNet โดยใช้จำนวนรอบในการเรียนรู้ 10,000 รอบ แต่ทั้งนี้โครงสร้างแบบ VGGNet มีอัตราความถูกต้องสูงที่สุดในชุดข้อมูล Folio ซึ่งเป็นรูปภาพที่ถ่ายในห้องทดลองที่มีพื้นหลังเป็นสีขาว และใช้จำนวนรอบในการเรียนรู้เพียง 1,000 รอบ จึงสรุปได้ว่าหากต้องการที่จะสร้างโมเดลเพื่อนำไปใช้ในการจำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติควรจะใช้โครงสร้างแบบ GoogLeNet

คำสำคัญ: การรู้จำพรรณไม้ การเรียนรู้เชิงลึก โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึก โครงสร้างแบบ AlexNet โครงสร้างแบบ GoogLeNet โครงสร้างแบบ VGGNet

Abstract

This paper examines a deep convolutional neural network (Deep CNN) for plant recognition in the natural environment. The primary objective was to compare 4 CNN architectures including LeNet-5, AlexNet, GoogLeNet, and VGGNet on three plant datasets; PNE, 102 Flower, and Folio. The images in the PNE and 102 Flower dataset include a complicated background because they were taken in a natural environment. On the other hand, the images in the Folio dataset are only leaf images that were taken in a laboratory environment using a white background. The comparison of deep CNN using GoogLeNet and VGGNet Architecture show that GoogLeNet outperformed while working on the PNE and 102 Flower dataset when using a training time with iterations of 10,000 epochs. GoogLeNet

¹ นิสิตปริญญาโท ห้องปฏิบัติการมัลติเอเจนต์ ระบบอัจฉริยะ และการจำลองสถานการณ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150

² อาจารย์ ห้องปฏิบัติการมัลติเอเจนต์ ระบบอัจฉริยะ และการจำลองสถานการณ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150

¹ Master Student, Multi-agent Intelligent Simulation Laboratory (MISL), Department of Information Technology Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44150, Thailand. E-mail: jakkarin.san@msu.ac.th

² Lecturer, Multi-agent Intelligent Simulation Laboratory (MISL), Department of Information Technology Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44150, Thailand. E-mail: olarik.s@msu.ac.th

also faster than the VGGNet architecture. However, the experiment showed that the VGGNet architecture outperforms the other CNN architectures on the Folio dataset and used only 1,000 epochs for training. In our experiment, we can create a model from the deep CNN using GoogLeNet architecture, and this is because it showed better results with the plant images that were taken in the natural environment.

Keywords: Plant Recognition, Deep Learning, Deep Convolutional Neural Network, AlexNet Architecture, GoogLeNet Architecture, VGGNet Architecture

บทนำ

โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) เป็นโครงข่ายที่จำลองหลักการการทำงานของโครงข่ายประสาทที่อยู่ในสมองของมนุษย์ โดยมีการแบ่งลักษณะของโครงสร้างการทำงานออกเป็นชั้น (Layer) การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย ชั้นนำเข้า (Input Layer) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และชั้นแสดงผลลัพธ์ (Output Layer) ซึ่งจำนวนหน่วย (Unit หรือ Node) ของชั้นแสดงผลลัพธ์ขึ้นอยู่กับจำนวนหมวดหมู่ (Category) ที่ทำการจำแนกประเภท (Classification) เช่น หากต้องการจำแนกประเภทข้อมูลตัวเลขอารบิก จำนวนของหมวดหมู่จะมีค่าเป็น 10 หมวด ซึ่งหมายถึงค่าความน่าจะเป็น (Probability) ที่จะเป็นคำตอบของตัวเลข 0-9 ดังนั้น หากค่าความน่าจะเป็นที่สูงที่สุดอยู่ในหน่วยใดก็ถือว่าเป็นคำตอบที่ได้จากการคาดการณ์หรือการพยากรณ์ (Predict)

นักวิจัยได้ปรับปรุงโครงข่ายให้มีจำนวนชั้นซ่อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากจะช่วยในการคำนวณให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ในทางกลับกัน จะส่งผลให้กระบวนการในการเรียนรู้ยาวนานขึ้น ซึ่งวิธีนี้เรียกว่า การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)¹⁻³ โดย LeCun et al.^{1,2} ได้นำเสนอโครงข่ายที่มีลักษณะการทำงานแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Networks) โครงข่ายลักษณะนี้จึงถูกเรียกว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) โครงสร้าง (Architecture) ถูกกำหนดไว้ 5 ชั้น โครงสร้างนี้มีชื่อเรียกว่า LeNet-5 โดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน จะตัดขั้นตอนในส่วนของการหาคุณลักษณะพิเศษ (Feature Extraction) ทำให้นักวิจัยไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการหาคุณลักษณะพิเศษแบบเดิม เช่นการใช้รูปแบบ (Pattern) การใช้รูปร่าง (Shape) และการใช้สี (Colour) แต่ทั้งนี้จะใช้ขั้นตอนในการคอนโวลูชันเป็นขั้นตอนหนึ่งในการคำนวณหาคุณลักษณะพิเศษ การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันจะทำงานควบคู่กับชั้นพหุคูณเพื่อช่วยลดขนาดของเมทริกซ์ (Matrix) ที่ใช้ในการคำนวณลงดังนั้น การเรียนรู้เชิงลึกที่ใช้โครงสร้างแบบ CNN จึงเหมาะสมกับข้อมูลประเภทรูปภาพ ทำให้นักวิจัยสามารถนำการเรียนรู้เชิงลึกไปประยุกต์ใช้ในงานด้านการค้นหา

(Detection)⁴ we propose a Spatially Constrained Convolutional Neural Network (SC-CNN การจำแนกประเภท⁵ contribute to a better understanding of the relationship between environmental factors and healthy crops, reduce the labor costs for farmers and increase the operation speed and accuracy. Implementing machine learning methods such as deep neural networks on agricultural data has gained immense attention in recent years. One of the most important problems is automatic classification of plant species based on their types. Automatic plant type identification process could offer a great help for application of pesticides, fertilization and harvesting of different species on-time in order to improve the production processes of food and drug industries. In this paper, we propose a Convolutional Neural Network (CNN และการจัดกลุ่ม (Clustering)⁶ รูปภาพ

จากงานวิจัยของ Liu et al.⁷ ได้นำเสนอวิธีการจำแนกประเภทดอกไม้ (Flower Classification) โดยใช้วิธี CNN ที่ปรับเปลี่ยนโครงสร้างให้มีจำนวน 8 ชั้น (Layer) ซึ่งมีชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional Layer) จำนวน 5 ชั้น และ ชั้นเชื่อมโยงแบบสมบูรณ์ (Fully-Connected Layer) จำนวน 3 ชั้น และใช้ฟังก์ชันซอฟต์แวร์แมกซ์ (Softmax Function) ในการคำนวณหาผลลัพธ์ โดยได้ทดสอบกับชุดข้อมูลดอกไม้ที่มีจำนวนทั้งสิ้น 63,442 รูปภาพ แบ่งออกเป็นดอกไม้ 79 สายพันธุ์ และยังได้ทดสอบกับข้อมูลชุด Oxford 103 Flower Species ที่มีจำนวนทั้งสิ้น 103 สายพันธุ์ ประกอบด้วยรูปภาพดอกไม้ทั้งสิ้น 8,189 รูปภาพ แต่ละสายพันธุ์จะมีรูปภาพของดอกไม้ตั้งแต่ 40 ถึง 200 รูปภาพ จากการทดลองพบว่าวิธีการ CNN โดยกำหนดให้มีจำนวนชั้นทั้งสิ้น 8 ชั้น มีอัตราความถูกต้อง 84.02% จากนั้นจึงได้ทดสอบกับข้อมูลชุด Large-scale 79 Flower Species ซึ่งมีดอกไม้ทั้งสิ้น 79 สายพันธุ์ มีจำนวนรูปภาพทั้งสิ้น 52,775 รูปภาพ ในการทดสอบได้แบ่งรูปภาพจำนวน 47,500 เป็นข้อมูลชุดเรียนรู้ และ 5,275 รูปภาพเป็นข้อมูลชุดทดสอบ พบว่าวิธี CNN ที่นำเสนอมีอัตราความถูกต้อง 76.54% เมื่อเทียบ

กับวิธี CNN แบบ LeNet-5 ที่มีอัตราความถูกต้อง 70.12% ซึ่งมีความแม่นยำเพิ่มขึ้นถึง 6%

Pawara *et al.*⁸ ได้เปรียบเทียบวิธีการหาคุณลักษณะพิเศษแบบเฉพาะพื้นที่ (Local Descriptor) และวิธี Bag of Word (BOW) กับวิธี Deep CNNs สำหรับจำแนกพรรณไม้ (Plant Recognition) โดยชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย AgrilPlant (10 สายพันธุ์ 3,000 รูปภาพ) LeafSnap (184 สายพันธุ์ 7,719 รูปภาพ) และ Folio (32 สายพันธุ์ 640 รูปภาพ) โดยรูปภาพที่ใช้ในการทดลองถูกปรับให้มีขนาด 256x256 พิกเซล วิธี Cross Validation ถูกนำมาใช้ในการแบ่งชุดข้อมูล โดยกำหนดให้ k มีค่าเท่ากับ 5 เพื่อแบ่งข้อมูลเป็น 80% สำหรับเรียนรู้ และ 20% สำหรับทดสอบ โดยทดสอบด้วยวิธี Histogram of Oriented Gradients (HOG) และ HOG-BOW เพื่อสร้างคุณลักษณะพิเศษ จากนั้นจึงนำคุณลักษณะพิเศษที่ได้ไปทำการเรียนรู้ด้วยวิธีการคำนวณเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด k ตำแหน่ง (k-Nearest Neighbors: KNN), ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine: SVM) และเพอร์เซปตรอนแบบหลายชั้น (Multi Layer Perceptron: MLP) จากการทดลองวิธี HOG-BOW ร่วมกับ MLP ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในข้อมูลชุด LeafSnap และวิธี HOG-BOW ร่วมกับ SVM ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในข้อมูลชุด AgrilPlant และ Folio นอกจากนี้ยังได้ทดสอบวิธี Deep CNNs โดยใช้โครงสร้างแบบ AlexNet และ GoogLeNet จากการทดลองพบว่า โครงสร้างแบบ AlexNet มีอัตราความถูกต้องสูงสุด 97.67% สำหรับข้อมูลชุด Folio และ GoogLeNet มีอัตราความถูกต้องสูงสุดในข้อมูลชุด AgrilPlant และ LeafSnap โดยมีความถูกต้องที่ 98.33% และ 97.66% ตามลำดับ

Reyes *et al.*⁹ นำเสนอวิธี Deep CNNs เพื่อจำแนกประเภทของพืช โดยใช้ชุดข้อมูล LifeCLEF 2015 ในการทดสอบ งานวิจัยนี้ใช้วิธีการถ่ายโอนความรู้ (Transfer Learning) ซึ่งใช้ชุดข้อมูล ILSVRC2012 ซึ่งประกอบด้วยรูปภาพ 1.2 ล้านรูป และมีหมวดหมู่มากถึง 1,000 หมวดในการเรียนรู้เพื่อสร้างโมเดล จากนั้นจึงนำค่าน้ำหนัก (Weight) ที่ได้มาเรียนรู้อีกครั้งกับข้อมูล LifeCLEF 2015 วิธีนี้ทำให้ลดระยะเวลาในการเรียนรู้ ชุดข้อมูล LifeCLEF 2015 ที่ใช้ในการเรียนรู้มีจำนวน 91,759 รูปภาพ โดยเป็นพันธุ์ไม้จำนวน 1,000 สายพันธุ์ ภายในชุดข้อมูลได้แบ่งแยกรูปภาพของพืช โดยแบ่งออกเป็น 7 มุมมอง ประกอบด้วย ภาพถ่ายกิ่ง ดอก ก้านดอก ผล ใบไม้ กลุ่มของใบไม้ และภาพรวมของต้นไม้ โดยได้นำมุมมองทั้ง 7 มุมไปทดสอบ ผลการทดสอบพบว่ากลุ่มภาพถ่ายดอกมีอัตราความแม่นยำสูงที่สุดประมาณ 65% โดยรวมแล้วมีความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 48.6%

ในงานวิจัย^{10,11} โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก (Deep Neural Networks) ถูกนำมาใช้เพื่อจำแนกพืชที่เป็นโรค (Plant Disease Recognition) โดย Sladojevic *et al.*¹⁰ ได้นำรูปภาพใบไม้ (Leaf) มาเพื่อทดลอง โดยมีรูปตัวอย่างใบไม้ที่เป็นโรคจำนวน 13 ประเภท และรวมกับใบไม้ที่อยู่ในสภาพปกติอีก 2 ประเภท รวมเป็น 15 ประเภท ในการทดลองใช้เทคนิคในการเพิ่มข้อมูลในการเรียนรู้ (Augmented Data) ด้วยวิธีการประมวลผลภาพ (Image Processing) ประกอบด้วย การนำภาพไปบิดให้ผิดรูป (Distortion) และการหมุนภาพ (Rotation) เป็นต้น ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบมีจำนวนทั้งสิ้น 4,483 รูปภาพ และเมื่อนำไปผ่านวิธี Augmented จะได้รูปภาพเพิ่มขึ้นเป็น 30,880 รูปภาพ จากการทดลองพบว่า มีอัตราความถูกต้อง 96.3%

งานวิจัย¹¹ วิธีการเรียนรู้เชิงลึกถูกนำมาช่วยในการวินิจฉัยโรคพืชจากภาพถ่าย ซึ่งในการทดลองใช้ชุดข้อมูล PlantVillage ที่มีจำนวน 54,306 รูปภาพจากพืชทั้งสิ้น 14 ชนิด โดยระบุชนิดของโรคไว้ทั้งสิ้น 26 โรค โดยรูปภาพได้ถูกปรับให้มีขนาด 256x256 พิกเซล และใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึกที่มีโครงสร้างแบบ AlexNet และ GoogLeNet โดยทำการทดสอบในสองรูปแบบประกอบด้วย เริ่มต้นเรียนรู้จากศูนย์ (Training from Scratch) และเรียนรู้แบบวิธีการถ่ายโอนความรู้ในการทดสอบประสิทธิภาพของการเรียนรู้เชิงลึกใช้วิธี Cross Validation เพื่อแบ่งข้อมูลออกเป็นข้อมูลชุดเรียนรู้ 80, 60, 50, 40 และ 20% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าเมื่อแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดเรียนรู้จำนวน 80% และชุดทดสอบจำนวน 20% โครงสร้างแบบ GoogLeNet ที่ใช้การเรียนรู้แบบ วิธีการถ่ายโอนความรู้มีอัตราความถูกต้องสูงที่สุดคือ 99.34%

งานวิจัยของ Sun *et al.*¹² นำเสนอวิธีการจำแนกพรรณพืช (Plant Identification) ที่เป็นรูปถ่ายที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติโดยเป็นพันธุ์ไม้โดยข้อมูลชุด BJFU100 ประกอบไปด้วยพันธุ์ไม้จำนวน 100 ชนิด ซึ่งเป็นรูปภาพดอกไม้ทั้งสิ้น 10,000 รูปภาพ โดยใช้วิธี CNN ที่มีโครงสร้างแบบ ResNet โดยทดลองจำนวนชั้นตั้งแต่ 18, 26, 34 และ 50 ชั้น ในการทดลองได้แบ่งข้อมูลชุดเรียนรู้จำนวน 80% และชุดทดสอบ 20% จากการทดลองปรากฏว่าโครงสร้างแบบ ResNet ที่มีจำนวน 26 ชั้น มีความถูกต้อง 91.78% และเมื่อนำไปทดสอบกับชุดข้อมูล Flavia มีอัตราความถูกต้อง 99.65%

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถนำวิธีการเรียนรู้เชิงลึกไปใช้เพื่อจำแนกรูปภาพพรรณไม้ ทั้งที่จำแนกจากดอกไม้ (Flower) ใบไม้ (Leaf) และภาพถ่ายดอกไม้ที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติ และยังสามารถนำไป

ช่วยในการวินิจฉัยโรคที่เกิดขึ้นกับพรรณไม้ได้

งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึกซึ่งเปรียบเทียบกับโครงสร้างที่มีความแตกต่างกันจำนวน 3 รูปแบบ ประกอบด้วย AlexNet, GoogLeNet และ VGGNet^{2,13-15} เพื่อนำมาใช้สำหรับจำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ (Plant Classification in Natural Environment) อีกทั้งยังได้นำเสนอชุดข้อมูล PNE ที่เก็บรวบรวมพรรณไม้ทั้งสิ้น 10 ชนิด โดยทุกรูปเป็นภาพถ่ายดอกไม้ที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติซึ่งยากต่อการจำแนก เนื่องจากในรูปภาพอาจมีทั้งรูปดอกไม้ ใบไม้ และอาจรวมถึงรูปองค์ประกอบอื่นเช่น ก้าน หรือพื้นหลังที่เป็นวัตถุอื่น เป็นต้น

โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN)

โดยทั่วไปแล้ว โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย ชั้นนำเข้า (Input Layer), ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และชั้นแสดงผลลัพธ์ (Output Layer) หรือเรียกว่า Multi-Layer Perceptron (MLP) แต่งานวิจัยที่นำเสนอโดย LeCun et al.² ได้เพิ่มการคำนวณที่มีลักษณะแบบคอนโวลูชัน (Convolutional) เข้าไปในโครงข่าย จึงเรียกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) โดยโครงข่าย CNN ประกอบด้วยชั้นคอนโวลูชันชั้นพูลลิ่ง และชั้นเชื่อมโยงแบบสมบรูณ์ ซึ่งชั้นเชื่อมโยงแบบสมบรูณ์ ก็คือชั้นซ่อน และชั้นแสดงผลลัพธ์ที่ปรากฏในโครงข่ายประสาทเทียม

ทั้งนี้ โครงข่าย CNN สามารถทำได้ทั้งการสกัดคุณลักษณะพิเศษของรูปภาพ และการจำแนกประเภท² ทำให้เป็นจุดเด่นของการเรียนรู้ด้วยของโครงข่าย CNN ซึ่งมีความแตกต่างกับวิธีการเรียนรู้เครื่องจักร (Machine Learning) ทั่วไปที่จะทำหน้าที่เพียงจำแนกประเภทข้อมูลหรือจัดกลุ่มข้อมูลเพียงเท่านั้น

ชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional Layer)

คอนโวลูชันเป็นการคำนวณเพื่อหาผลลัพธ์ของ นิวรอน (Neuron) ที่เชื่อมต่อ (Connected) มาจากพื้นที่ส่วนย่อย (Local Region) ของรูปภาพ โดยรูปภาพจะถูกกำหนดให้เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด $W \times W \times M$ โดยที่ W คือความสูงและความกว้างของรูปภาพ และ M คือมิติของรูปภาพ เช่น ภาพสี RGB จะถูกกำหนดให้ $M = 3$

การคำนวณในชั้นคอนโวลูชัน พื้นที่ส่วนย่อยจะถูกนำมาคำนวณแบบ dot product กับเคอร์เนล (Kernel) ที่มี

ขนาด $H \times H \times K$ โดยเคอร์เนลต้องมีขนาดเล็กกว่าขนาดของรูปภาพ และ K คือจำนวนของเคอร์เนลที่ต้องการคำนวณผลลัพธ์ที่ได้จากการคอนโวลูชัน เรียกว่า Feature Map การคำนวณ คอนโวลูชัน เพื่อหา Feature Map แสดงดัง Equation (1)

$$u_{ijm} = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{p=0}^{H-1} \sum_{q=0}^{H-1} x_{i+p,j+q,k} h_{pqkm} + b_{ijm} \tag{1}$$

โดยที่ x คือ รูปภาพที่ใช้ในการคำนวณ
 h คือ เคอร์เนลขนาด $H \times H$
 b คือ Bias

Figure 1 แสดงให้เห็นถึงวิธีการคอนโวลูชัน ระหว่าง Local Region และเคอร์เนล

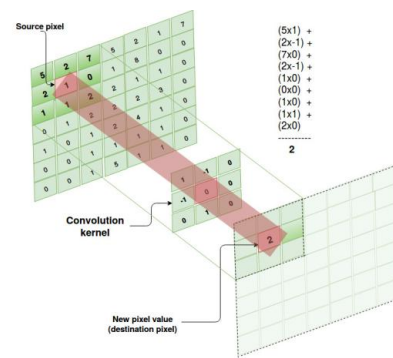


Figure 1 The illustration of the convolutional Layer. The dot production calculation between sub-region of the image and convolution kernel.

ชั้นพูลลิ่ง (Pooling Layer)

โดยทั่วไปแล้วชั้นพูลลิ่ง เป็นชั้นที่คั่นกลางระหว่างชั้นคอนโวลูชัน โดยมีไว้เพื่อลดขนาด (Downsample) ของ Feature Map ให้เล็กลง โดยใช้ฟังก์ชันค่าเฉลี่ย ฟังก์ชันค่าต่ำสุด และฟังก์ชันค่าสูงสุดในการคำนวณ หากเลือกใช้ฟังก์ชันค่าสูงสุดในการคำนวณ ดังนั้น ชั้นนี้เรียกว่า Max Pooling นั้นหมายถึง Feature Map จะถูกแบ่งออกเป็น Local Region จากนั้น Local Region จะถูกแบ่งออกเป็น $p \times p$ ส่วน p โดยจะกำหนดให้อยู่ในช่วงระหว่าง 2 และ 5 ดังนั้น ค่าที่มากที่สุดในแต่ละ Pool จะถูกเลือกเพื่อนำมาเป็นตัวแทน จากนั้นระบบจะเลื่อน (Stride) ไปยัง Local Region ต่อไปโดยจะเลื่อนไปเรื่อย ๆ เช่น ครึ่งละ 2 พิกเซล ไปจนกระทั่งจุดสุดท้ายของ Feature Map การคำนวณ Max Pooling แสดงดัง Figure 2

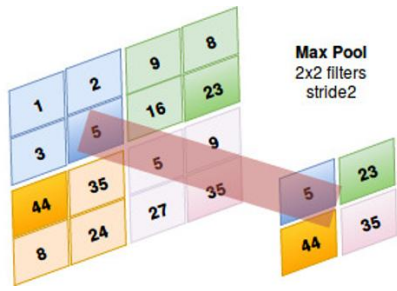


Figure 2 The illustration of max pooling with 2 x 2 kernel and stride 2.

ชั้นเชื่อมต่อแบบสมบูรณ์ (Fully-Connected Layer)

ชั้นเชื่อมต่อแบบสมบูรณ์ เป็นชั้นที่ทำหน้าที่ในการจำแนกประเภทของวัตถุ (Object) ซึ่งทุก Neuron ที่อยู่ในชั้นเชื่อมต่อแบบสมบูรณ์จะถูกเชื่อมโยงกับชั้นคอนโวลูชัน และชั้นพูลลิ่ง อย่างสมบูรณ์ ซึ่งก็คือโครงสร้างของนิวรอลเน็ตเวิร์ก (Neural Network) โดยจำนวนผลลัพธ์คือจำนวนของกลุ่มที่ต้องการจำแนก ซึ่งคำนวณด้วยการหาค่าความน่าจะเป็น (Probability) ด้วยฟังก์ชันซอฟต์แมกซ์ แสดงดังสมการ 2

$$f_i(x) = \frac{\exp(x_i)}{\sum_j^n \exp(x_j)} \quad (2)$$

โดยที่คือผลลัพธ์ของแต่ละโหนด

โครงสร้างแบบ LeNet-5 (LeNet-5 Architecture)

ปี ค.ศ. 1989 นักวิจัย LeCun *et al.*¹ ได้นำเสนอโครงข่าย CNN โดยมีจุดประสงค์เพื่อการรู้จำตัวเลขรหัสไปรษณีย์ ในการทดลอง รูปภาพของตัวเลขจะถูกปรับให้มีขนาด 16x16 พิกเซล (256 Input Unit) โครงสร้างถูกกำหนดให้มีชั้นซ่อนจำนวน 3 ชั้น (H1-H3) โดยชั้น H1 ประกอบด้วยเคอร์เนลขนาด 5x5 จำนวน 12 เคอร์เนล เมื่อผ่านการคำนวณจำนวนของ Hidden Unit จะมีขนาด 768 (12x64) และในชั้น H2 มีจำนวนทั้งสิ้น 12 เคอร์เนล แต่ละเคอร์เนล มีขนาด 5x5x8 และเมื่อผ่านการคำนวณชั้น H2 จะมีชั้นซ่อนขนาด 192 (12x16) โหนด จากนั้นโหนดในชั้นซ่อน ทั้งหมดจะถูกส่งไปยังชั้น H3 ซึ่งเป็นชั้นของการเชื่อมต่อแบบสมบูรณ์ที่กำหนดให้ชั้นซ่อนมีจำนวน 30 โหนด และสุดท้ายส่งออกไปยังชั้นแสดงผลลัพธ์ที่กำหนดให้เป็น 10 โหนด เพื่อให้สอดคล้องกับตัวเลข 0-9 โดยในชั้นเชื่อมต่อแบบสมบูรณ์เป็นการทำงานแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Back-propagation Neural Network)

ปี ค.ศ. 1998 ในงานวิจัย² ได้นำเสนอโครงข่าย CNN ที่กำหนดโครงสร้างแบบ LeNet-5 โดยโครงสร้างประกอบไปด้วยชั้นคอนโวลูชันจำนวน 2 ชั้น และชั้นพูลลิ่ง จำนวน 2 ชั้น และชั้นสุดท้ายคือชั้นเชื่อมต่อแบบสมบูรณ์ เพื่อใช้สำหรับการจำแนกวัตถุ ดังนั้น โครงสร้าง LeNet-5² จึงมีความแตกต่างกับโครงสร้างที่นำเสนอในงานวิจัย¹ คือการเพิ่มชั้นพูลลิ่งลงไปเพื่อเป็นการลดขนาดของ Feature Map โครงสร้างแบบ LeNet-5 แสดงดัง Figure 3

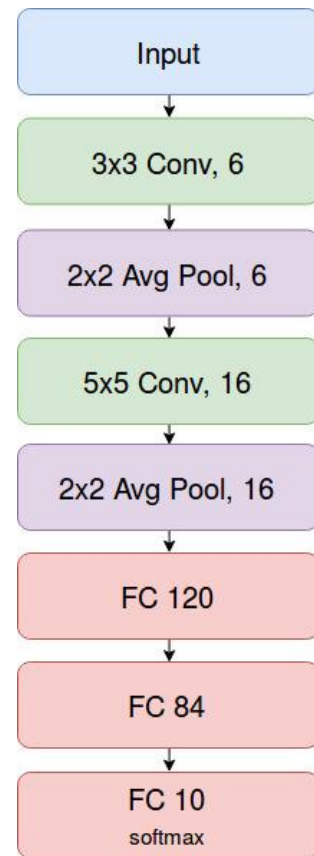


Figure 3 The architecture of LeNet-5.

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึก (Architecture of the Deep Convolutional Neural Networks)

โครงสร้างของโครงข่ายแบบ CNN สามารถเพิ่มจำนวนของชั้นคอนโวลูชัน ได้ไม่จำกัดจึงทำให้เกิดโครงสร้างลักษณะใหม่เกิดขึ้น เช่น AlexNet, GoogLeNet และ VGGNet เป็นต้น

โครงสร้างแบบ AlexNet (AlexNet Architecture)

ปี ค.ศ. 2012 นักวิจัย Krizhevsky *et al.*¹³ นำเสนอ Deep CNN ที่มีจำนวนทั้งสิ้น 8 ชั้น โดยโครงสร้างนี้เรียกว่า AlexNet ประกอบไปด้วยชั้นคอนโวลูชัน และชั้นเชื่อมต่อแบบ

สมบูรณ์ จำนวน 5 และ 3 ชั้น ตามลำดับ โดยผลลัพธ์ของชั้นเชื่อมโยงแบบสมบูรณ์ ถูกกำหนดให้มีจำนวน 100 โหนด เนื่องจากในงานวิจัยได้ใช้ชุดข้อมูล ImageNet LSVRC-2010 ในการทดสอบ ข้อมูลมีจำนวนทั้งสิ้น 1.2 ล้านรูปภาพ และแบ่งออกเป็น 1,000 กลุ่ม ในขั้นสุดท้ายของชั้นเชื่อมโยงแบบสมบูรณ์ ใช้วิธีซอร์ฟแมกซ์เพื่อคำนวณหาผลลัพธ์

รูปภาพที่ใช้ในการทดลองจะถูกเปลี่ยนให้มีขนาด 224x224x3 พิกเซล ดังนั้น ชั้นคอนโวลูชัน (Conv{1}) ในชั้นแรกถูกกำหนดให้มี 96 เคอร์เนลโดยที่แต่ละเคอร์เนลมีขนาด 11x11x3 ในการคำนวณจะเลื่อน (Stride) เคอร์เนลครั้งละ 4 พิกเซล ผลลัพธ์จากการคอนโวลูชันจะมีขนาด 55x55x96 ชั้นที่สองของ ชั้นคอนโวลูชัน (Conv{2}) ถูกกำหนดให้มี 256 เคอร์เนลโดยที่แต่ละเคอร์เนลมีขนาด 5x5x48 ผลลัพธ์จากการคอนโวลูชันจะมีขนาด 27x27x256หลังจากการคำนวณ Conv{1, 2} ข้อมูลจะถูกส่งไปชั้นพูลลิ่งเพื่อทำการ Normalized และหาค่าสูงสุดในแต่ละ Pool (Max Pooling) โดยที่แต่ละ Pool จะถูกแบ่งเป็น 2x2 ส่วน

ในคอนโวลูชันชั้นที่สาม จำนวนของเคอร์เนลถูกกำหนดให้มี 384 เคอร์เนล โดยที่แต่ละเคอร์เนลมีขนาด 3x3x256 ผลลัพธ์จากการคอนโวลูชันจะมีขนาด 13x13x256 โดยชั้นที่สี่ ถูกกำหนดให้มี 384 เคอร์เนล โดยที่แต่ละเคอร์เนล มีขนาด 3x3x192 ผลลัพธ์จากการคอนโวลูชัน จะมีขนาด 13x13x384 ชั้นที่ห้า มีจำนวน 256 เคอร์เนล โดยแต่ละเคอร์เนลมีขนาด 3x3x192 สุดท้ายผลลัพธ์จากการคอนโวลูชัน มีขนาด 13x13x256 โดยที่ Conv{1-5} ใช้ฟังก์ชัน Rectified Linear Units (ReLU) เป็นฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function)

สุดท้ายแล้ว ชั้นเชื่อมโยงแบบสมบูรณ์ถูกแบ่งออกเป็น 2 ชั้น และกำหนดให้มีจำนวนชั้นละ 4,096 โหนด (Node) โครงสร้าง AlexNet แสดงดัง Figure 4

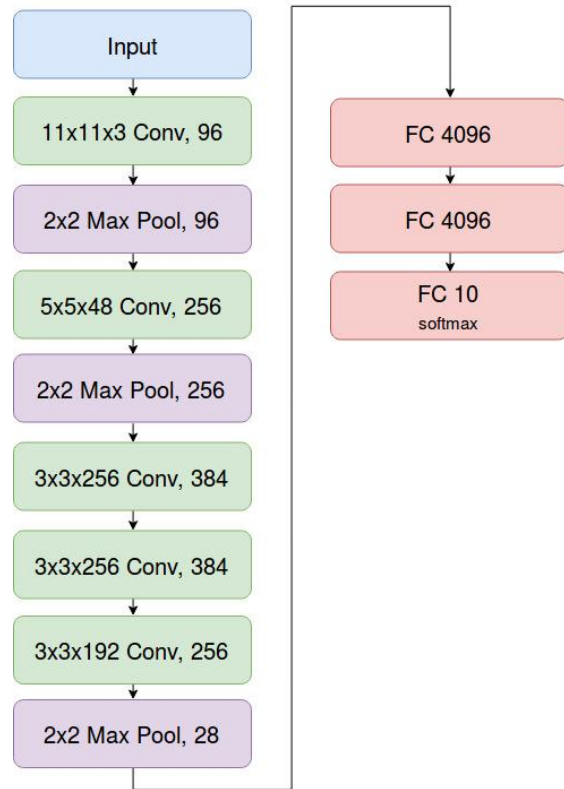


Figure 4 The AlexNet architecture.

โครงสร้างแบบ GoogLeNet (GoogLeNet Architecture)

โครงสร้างแบบ GoogLeNet¹⁴ ถูกนำเสนอในปี ค.ศ. 2014 โดยใช้โครงสร้าง Inception (Inception Architecture) เพื่อให้ CNN มีความลึกและกว้าง อีกทั้งยังไม่ทำให้การประมวลผลช้าลง ในแต่ละ Inception ประกอบไปด้วยการคำนวณคอนโวลูชันที่ใช้เคอร์เนล ขนาด 1x1, 3x3 และ 5x5 ซึ่งเป็นการประมวลผลแบบขนาน (Parallel) อีกทั้งยังทำให้จำนวนมิติของข้อมูลลดลง (Dimension Reduction) (แสดงดัง Figure 5) โครงสร้างแบบ GoogLeNet ถูกออกแบบให้มีโครงสร้างแบบ Inception จำนวน 9 ชั้น จากจำนวนทั้งสิ้น 22 ชั้น และใช้ฟังก์ชัน ReLU เพื่อเป็นฟังก์ชันกระตุ้น และชั้นเชื่อมโยงแบบสมบูรณ์กำหนดให้มีจำนวน 1024 โหนด ก่อนจะส่งต่อไปยังชั้นแสดงผล โครงสร้างแบบ GoogLeNet แสดงดัง Figure 6

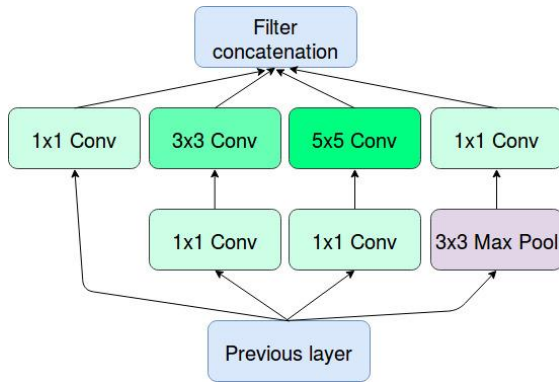


Figure 5 Inception Structure

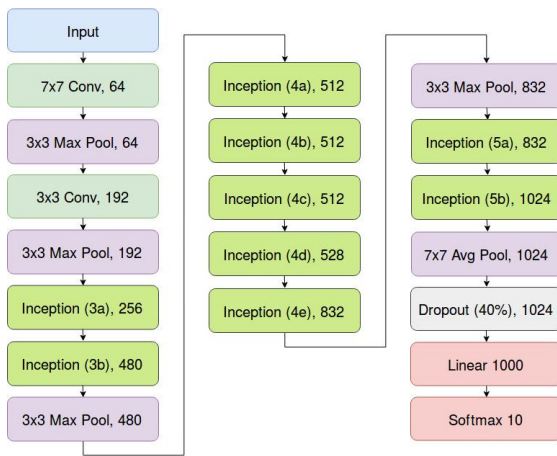


Figure 6 The googLeNet architecture.

โครงสร้างแบบ VGGNet (VGGNet Architecture)

ในปี ค.ศ. 2015 งานวิจัย¹⁵ ได้นำเสนอโครงสร้างแบบ VGGNet ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบ Deep CNN เนื่องจากมีความลึกของชั้นจำนวน 16 โดยใช้ Kernel ขนาด 3x3 ในการ Convolution

โครงสร้างของ VGGNet-16 ประกอบด้วย ชั้นคอนโวลูชัน (Conv) จำนวน 5 กลุ่ม โดย Conv กลุ่มที่ 1 หรือ Conv1 ประกอบด้วย Conv1 {1, 2} และมีจำนวน เคอร์เนล ชั้นละ 64 เคอร์เนล ใน Conv2 ประกอบด้วย Conv2{1, 2} มีจำนวนเคอร์เนลชั้นละ 128 เคอร์เนล ใน Conv3 ประกอบด้วย Conv3 {1, 2, 3} และมีจำนวน Kernel ชั้นละ 256 เคอร์เนล ใน Conv4 ประกอบด้วย Conv4{1, 2, 3} และมีจำนวน เคอร์เนล ชั้นละ 512 เคอร์เนล และชั้น Conv5 ประกอบด้วย Conv5{1, 2, 3} ในแต่ละชั้นมีจำนวน เคอร์เนล ชั้นละ 512 เคอร์เนล โดยที่ใน Conv1-5 จะตามด้วยชั้นแมกซ์พูลลิ่ง (Max Pooling) จากนั้นข้อมูลจะส่งไปยัง ชั้นเชื่อมโยงแบบสมบรูณ์ ที่มีจำนวนโหนด 4,096 และ 4,096 โหนด และในชั้นสุดท้ายของชั้นเชื่อมโยงแบบสมบรูณ์ ถูกกำหนดให้มีจำนวน 1,000 โหนด โดยคำนวณหา

ผลลัพธ์ด้วยวิธีซอฟต์แวร์ โครงสร้างแบบ VGGNet-16 แสดงดัง Figure 7

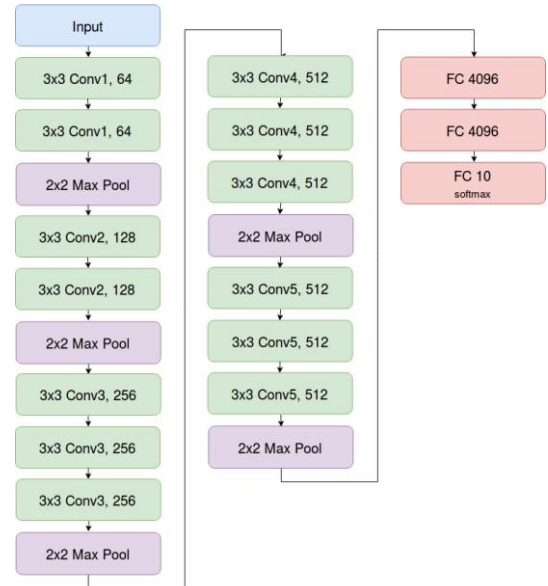


Figure 7 Architecture of VGGNet16.

ข้อมูลพรรณไม้ (Plant Datasets)

ข้อมูลพรรณไม้ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีทั้งสิ้น 3 ชุดข้อมูล ประกอบด้วยชุดข้อมูล Plants in Natural Environment (PNE), Folio และ 102 Flower

ชุดข้อมูลพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ (Plants in Natural Environment Dataset: PNE Dataset)

ชุดข้อมูล PNE ที่นำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้ประกอบด้วยพรรณไม้จำนวน 10 ชนิด ชนิดละ 300 รูปภาพ ชนิดของพรรณไม้ที่อยู่ในชุดข้อมูล PNE แสดงดัง Table 1 และตัวอย่างของพรรณไม้แสดงดัง Figure 8 รูปภาพพรรณไม้เป็นรูปภาพที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติที่เก็บรวบรวมจากสวนไม้หอมและบริเวณรอบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีวิทยาเขตสุรินทร์¹⁶ โดยรูปภาพบางส่วนก็รวบรวมมาจากอินเทอร์เน็ต สุดท้ายแล้ว รูปภาพพรรณไม้ทุกรูปถูกนำมาคัดกรองและยืนยันความถูกต้องของสายพันธุ์ (Specie)

ความท้าทายในการจำแนกประเภทรูปภาพพรรณไม้ในชุดข้อมูล PNE ได้แก่ ความแตกต่างของพรรณไม้ชนิดเดียวกัน แต่มีสี (Color) ที่แตกต่างกัน เช่น ดอกกุหลาบหิน มีทั้งดอกสีชมพูอ่อน ชมพู และแดง (Figure 8 แถวที่ 1) ทั้งนี้มีดอกไม้จำนวน 5 ประเภทที่เป็นดอกไม้สีขาว ประกอบด้วยดอกนางแย้ม พุทธรักษา มะลิลา โมกพวง สีสาวดี (Figure 8 แถวที่ 2, 4-7) ดอกพุทธรักษาและมะลิลา (Figure แถวที่ 4, 5)

ที่รูปของดอกไม้ไม่ได้เป็นจุดเด่นของภาพ และดอกสำหล้า บัตตานี ที่แสดงใน Figure 8 แถวที่ 10 แสดงถึงรูปร่าง (Shape) ที่มีความแตกต่างกัน โดยมีทั้งดอกตูม และดอกที่กำลังบาน

Table 1 List of Thai Plants in the PNE Dataset.

Class No.	Plant Name	Thai Plant Name
1	Fairy Rose	กุหลาบหนู
2	Glory Tree	นางแย้ม
3	Antigonía	พวงชมพู
4	Jasminum Auriculatum	พุทธรชาด
5	Arabian Jasmine	มะลิลา
6	Wild Water Plum	โมกพวง
7	Plumeria	ลีลาวดี
8	Rangoon Creeper	เล็บมือนาง
9	Cape of Good Hope	วาสนา
10	Dwarf Ylang-Ylang Shrub	สำหล้าบัตตานี

ชุดข้อมูล 102 Flower (102 Flower Dataset)

ชุดข้อมูล 102 Flower¹⁷ เป็นรูปภาพของจำนวน 102 สายพันธุ์ โดยแต่ละสายพันธุ์ถูกเก็บรวบรวมตั้งแต่ 40-250 รูปภาพ รวมทั้งสิ้น 8,189 รูปภาพ โดย 102 Flower Dataset เป็นรูปภาพดอกไม้ที่พบทั่วไปในประเทศอังกฤษ (แสดงดัง Figure 9) และถูกนำไปใช้ในการจำแนกประเภทดอกไม้ (Flower Classification) โดยการจำแนกประเภทนั้น ใช้วิธีการ SIFT, HOG และ HSV Color Space เพื่อหาคุณลักษณะพิเศษ และใช้วิธี SVM ในการจำแนกประเภทดอกไม้



Figure 8 Images from the PNE dataset. Each row shows 3 images from the same category.



Figure 9 Sample images from 102 Flower dataset.

ชุดข้อมูลFolio (Folio Dataset)

Folio Dataset¹⁸ ประกอบด้วยใบไม้ทั้งสิ้น 32 ชนิด ซึ่งเก็บรวบรวมชนิดละ 20 ใบ รวมแล้วมีรูปภาพใบไม้ทั้งสิ้น 640 รูปภาพ ที่เก็บรวบรวมจากบริเวณ University of Mauritius รูปภาพใบไม้ถูกถ่ายโดยกำหนดให้มีพื้นหลังเป็นฉากสีขาว โดย Folio Dataset ถูกเก็บรวบรวมเพื่อนำรูปภาพใบไม้ไปหาคุณลักษณะพิเศษ โดยใช้ลักษณะรูปร่างของใบ (Shape Feature) และ ฮิสโตแกรมสี (Color Histogram) และใช้ kNN เพื่อจำประเภทใบไม้ (Plant Leaf Recognition) ตัวอย่างของ Folio Dataset แสดงใน Figure 10

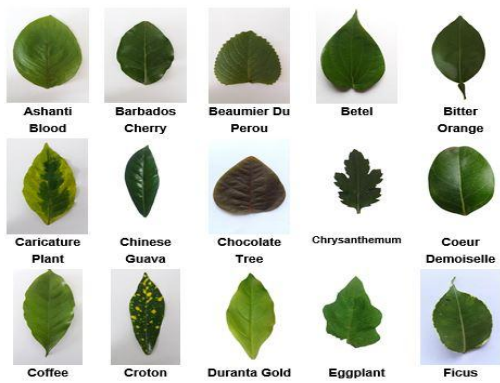


Figure 10 Sample images from Folio dataset.

ผลการทดลองและอภิปรายผล (Result and Discussion)

งานวิจัยฉบับนี้ รูปภาพที่ใช้ในการวิจัยถูกปรับให้มีขนาด 256x256 พิกเซล โดยชุดข้อมูลถูกแบ่งด้วยสัดส่วน 80:20 เพื่อใช้เป็นข้อมูลชุดเรียนรู้ (Training Set) และข้อมูลชุดทดสอบ (Test Set) ตามลำดับ ใช้วิธี Stratified Cross-Validation¹⁹ กำหนดให้มีจำนวน 5-fold โดยใช้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) สำหรับการประเมินประสิทธิภาพการทดลอง โดยใช้อัตราความถูกต้องแบบ Top-1 (Top-1 Accuracy) และใช้ GPU รุ่น GeForce GTX 1060 แรม 6GB ในการทดลอง

ชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดลองจำนวน 3 ชุด ประกอบด้วย ชุดข้อมูล PNE, 102 Flower และ Folio (รายละเอียดของชุดข้อมูลแสดงดัง Table 2) ถูกนำมาใช้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ

คอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) โดยโครงสร้าง (Architecture) ที่นำมาเพื่อเปรียบเทียบประกอบด้วย LeNet-5, AlexNet, GoogLeNet และ VGGNet^{2,13-15}

Table 2 Overview of plant datasets.

Dataset	Category	Image	Training	Test
PNE	10	3,000	2400	600
Folio	32	637	510	127
102 Flower	102	8,189	6,564	1,625

การประเมินผลการทดลองในชุดข้อมูล PNE (PNE Dataset Evaluation)

สำหรับการทดสอบกับชุดข้อมูล PNE ที่ประกอบไปด้วยสมุนไพรมะนาว 10 ชนิด และมีรูปภาพสมุนไพรมะนาวทั้งสิ้น 3,000 รูปภาพ โดยใช้วิธี Deep CNN พบว่าวิธี CNN ที่ใช้โครงสร้างแบบ GoogLeNet ที่กำหนดให้เรียนรู้จำนวน 10,000 รอบ (Epoch) มีอัตราความถูกต้อง 99.17% ซึ่งสูงที่สุด ตามด้วย VGGNet (เรียนรู้จำนวน 1,000 และ 10,000 รอบ) มีอัตราการเรียนรู้ 97.17 และ 97.33% ตามลำดับ แต่ทั้งนี้หากใช้การเรียนรู้จำนวน 10,000 รอบ พบว่า VGGNet และ AlexNet มีอัตราความถูกต้องเท่ากันที่ 97.33% แต่ VGGNet มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ต่ำกว่า แสดงว่าจากการทดลองหลายรอบ VGGNet ให้ผลความถูกต้องที่ไม่เกิดการกระจายเมื่อเทียบกับ AlexNet

หากเปรียบเทียบความเร็วในการประมวลผลของ Deep CNN ในการทดสอบด้วยการเรียนรู้จำนวน 10,000 รอบ โครงสร้างแบบ VGGNet ใช้เวลาในการประมวลผลนานที่สุดประมาณ 6 วัน 7 ชั่วโมง (~6.7d) ตามด้วย GoogLeNet, LeNet-5 และ AlexNet เวลาในการประมวลผล ~1.9d, ~14h และ ~6.5h ตามลำดับ ผลการทดลอง PNE Dataset แสดงดัง Table 3

Table 3 Test accuracy comparison of CNN architectures on PNE dataset.

CNN Architectures	Number of Epochs / Training Time			
	1,000	Time	10,000	Time
LeNet-5	88.50±0.14	~1.3h	89.17±2.13	~14h
AlexNet	96.67±0.23	~1.5h	97.33±2.18	~6.5h
GoogLeNet	99.04±0.11	~4.3h	99.17±1.75	~1.9d
VGGNet	97.17±0.64	~20h	97.33±0.85	~6.7d

การประเมินผลการทดลองในชุดข้อมูล 102 Flower (102 Flower Dataset Evaluation)

การเปรียบเทียบระหว่างวิธี Deep CNN และวิธีที่รวมกันระหว่าง HSV+SIFT+HOG¹⁷ โดยนำมาทดสอบกับชุดข้อมูล 102 Flower พบว่าวิธี Deep CNN ที่มีโครงสร้างแบบ GoogLeNet (เรียนรู้จำนวน 10,000 รอบ) มีอัตราความถูกต้องสูงที่สุด โดยมีความถูกต้อง 78.89% ซึ่งสูงกว่าวิธี HSV+SIFT+HOG ที่มีความถูกต้อง 72.8%

หากเปรียบเทียบเฉพาะ Deep CNN พบว่าจำนวนในการเรียนรู้ 10,000 รอบให้ผลการทดลองที่สูงกว่าจำนวน 1,000 รอบ โดยโครงสร้างที่ให้อัตราความถูกต้องสูงสุดเรียงตามลำดับคือ GoogLeNet, AlexNet, VGGNet และ LeNet-5 โดยมีอัตราความ ถูกต้อง 78.89, 66.38, 64.12 และ 31.42% ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแสดงดัง Table 4

Table 4 The accuracy of CNN architectures on 102 Flower dataset.

CNN Architectures	Number of Epochs / Training Time			
	1,000	Time	10,000	Time
LeNet-5	33.19±0.27	~4.4h	31.42±1.12	~1.16d
AlexNet	66.06±1.74	~6.3h	66.38±2.46	~1.6d
GoogLeNet	74.98±1.59	~1.3d	78.89±0.69	~4.4d
VGGNet	62.60±0.87	~1.19d	64.12±2.74	~17d

การประเมินผลการทดลองในชุดข้อมูล Folio (Folio Dataset Evaluation)

ในงานวิจัย¹⁸ ใช้วิธีการหาคุณลักษณะพิเศษจากรูปร่างของใบไม้ (Shape Feature) และใช้ ฮีสโตแกรมของสี (Color Histogram) ร่วมกับ KNN เพื่อรู้จำใบไม้จากชุดข้อมูล Folio จากงานวิจัยระบุว่าวิธีดังกล่าวมีอัตราความถูกต้อง 87.3% ซึ่งมีอัตราความถูกต้องสูงกว่าวิธี CNN ที่ใช้โครงสร้างแบบ LeNet-5 และ AlexNet โดยโครงสร้างแบบ LeNet-5 และ AlexNet มีอัตราความถูกต้อง 84.25 และ 85.04% เมื่อทำการเรียนรู้จำนวน 1,000 รอบ ในทางกลับกัน กรณีที่เรียนรู้ด้วยจำนวนรอบที่เพิ่มขึ้น เมื่อทดสอบที่ 10,000 รอบ อัตราความถูกต้องกลับลดลง โดยโครงสร้างแบบ LeNet-5 มีความถูกต้อง 74.02% และโครงสร้างแบบ AlexNet มีความถูกต้อง 73.23%

เมื่อนำผลการทดลองจากงานวิจัย¹⁸ มาเปรียบเทียบกับโครงสร้างแบบ GoogLeNet กลับพบว่ามีอัตราความถูกต้องที่ใกล้เคียงกัน โดย GoogLeNet มีอัตราความถูกต้อง 87.40% ซึ่งสูงกว่าเพียง 0.1% แต่ทั้งนี้โครงสร้างแบบ VGG-

Net เป็นวิธี Deep CNN ที่มีความถูกต้องสูงที่สุดจากการทดลองทั้งหมด โดยมีความถูกต้องถึง 91.85% แต่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้นานประมาณ 3 ชั่วโมง 50 นาที (~3.5h) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างแบบ VGGNet ให้ผลการทดลองที่ดีกับชุดข้อมูลที่มีจำนวนข้อมูลไม่มาก ชุดข้อมูล Folio มีจำนวนรูปภาพใบไม้เพียง 637 รูป ผลการทดลองแสดงดัง Table 5

Table 5 Test accuracy comparison of CNN architectures on Folio dataset.

CNN Architectures	Number of Epochs / Training Time			
	1,000	Time	10,000	Time
LeNet-5	84.25±0.51	~20m	74.02±0.95	~2.5h
AlexNet	85.04±0.48	~30m	73.23±0.81	~1.4h
GoogLeNet	87.40±1.54	~3.5h	82.68±2.41	~7.2h
VGGNet	91.85±3.31	~3.5h	87.49±1.54	~1.8d

สรุปผลการทดลอง (Conclusions)

งานวิจัยฉบับนี้ นำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks) ซึ่งประกอบไปด้วยโครงสร้างแบบ LeNet-5, AlexNet, GoogLeNet และ VGGNet เพื่อใช้สำหรับการจำแนกพรรณไม้ ซึ่งได้นำไปทดสอบกับชุดข้อมูลพรรณไม้ทั้งสิ้น 3 ชุด ได้แก่ PNE, Folio และ 102 Flower Dataset

งานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกใช้ NVIDIA Deep Learning GPU Training System (DIGITS) เป็นเครื่องมือในการทดสอบการเรียนรู้เชิงลึก ทำให้สามารถประมวลผลได้บนหน่วยประมวลผลด้านกราฟฟิก (Graphics Processing Unit: GPU) และได้เลือกใช้ GPU รุ่น GeForce GTX 1060 ที่มีขนาดหน่วยความจำ 6GB และมีจำนวน NVIDIA CUDA Cores จำนวน 1152 Core

จากผลการทดลองพบว่าโครงสร้างแบบ VGGNet ให้ผลการทดลองสูงที่สุดกับชุดข้อมูล Folio ที่มีข้อมูลขนาดเล็กเพียง 637 ชุดข้อมูล และใช้จำนวนรอบในการเรียนรู้เพียง 1,000 รอบ สำหรับโครงสร้างแบบ GoogLeNet นั้นมีผลการทดลองสูงที่สุดเมื่อทดสอบกับชุดข้อมูล PNE และ 102 Flower ที่มีจำนวนข้อมูลในการเรียนรู้ 3,000 และ 8,189 รูปภาพ ตามลำดับ ซึ่งเป็นข้อมูลจำนวนมาก แต่ต้องใช้จำนวนรอบในการเรียนรู้มากถึง 10,000 รอบ

หากเปรียบเทียบกันระหว่างโครงสร้างแบบ GoogLeNet และ VGGNet ที่มีจำนวนของชั้น (Layer) ที่ใกล้เคียงกันปรากฏว่าโครงสร้างแบบ VGGNet ใช้เวลาในการเรียนรู้นานกว่าโครงสร้างแบบ GoogLeNet แต่ในทางกลับกันเมื่อเปรียบเทียบอัตราความถูกต้องพบว่าโครงสร้างแบบ VGGNet มีอัตราความถูกต้องที่ต่ำกว่าโครงสร้างแบบ GoogLeNet เมื่อทดสอบกับข้อมูลชุด 102 Flower และ PNE ซึ่งข้อมูลทั้งสองชุดนั้นเป็นรูปภาพดอกไม้และพืชสมุนไพร และรูปภาพแต่ละรูปเป็นรูปภาพที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติที่มีพื้นหลังที่ซับซ้อน แต่เมื่อทดสอบกับชุดข้อมูล Folio ที่เป็นรูปภาพใบไม้ที่ถ่ายในห้องทดลองโดยกำหนดให้พื้นหลังเป็นสีขาวปรากฏว่าโครงสร้างแบบ VGGNet มีอัตราความถูกต้องสูงที่สุด

จากผลของการวิจัยสรุปได้ว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึก โดยใช้โครงสร้างแบบ GoogLeNet เหมาะสำหรับนำไปใช้เพื่อจำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ เนื่องจากมีอัตราความถูกต้องที่สูง และยังช่วยลดระยะเวลาในการเรียนรู้

วิธีการเรียนรู้เชิงลึกจำเป็นต้องใช้ชุดข้อมูลรูปภาพจำนวนมากในการเรียนรู้ ทั้งนี้เพื่อทำให้มีอัตราการรู้จำเพิ่มสูงขึ้น งานวิจัยครั้งถัดไป จะนำเทคนิคการเพิ่มจำนวนของข้อมูลชุดเรียนรู้ที่เรียกว่า Data Augmentation ทำให้มีข้อมูลสำหรับการเรียนรู้เพิ่มขึ้น และใช้วิธีการถ่ายโอนความรู้ (Transfer Learning) ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการเรียนรู้และอาจส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น^{8,20}

กิตติกรรมประกาศ

รับทุนสนับสนุนการทำวิจัย และการศึกษาจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์ และขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรภาพรณ แสงโยจารย์ นักพฤกษศาสตร์ ที่ช่วยคัดกรองและยืนยันความถูกต้องของสายพันธุ์จากรูปภาพพรรณไม้ทุกรูป

เอกสารอ้างอิง

1. Le Cun Y, Matan O, Boser B, Denker JS, Henderson D, Howard RE, et al. Handwritten Zip Code Recognition with Multilayer Networks. In: 10th International Conference on Pattern Recognition. 1990. pp. 35–40.
2. LeCun Y, Bottou L, Bengio Y, Haffner P. Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition. In: Proceedings of the IEEE. 1998. pp. 2278–2324.
3. Ciresan D, Meier U, Schmidhuber J. Multi-column Deep Neural Networks for Image Classification. In:

IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2012. pp. 3642–9.

4. Sirinukunwattana K, Raza SEA, Tsang YW, Snead DRJ, Cree IA, Rajpoot NM. Locality Sensitive Deep Learning for Detection and Classification of Nuclei in Routine Colon Cancer Histology Images. IEEE Trans Med Imaging. 2016;35(5):1196–206.
5. Yalcin H, Razavi S. Plant Classification using Convolutional Neural Networks. In: International Conference on Agro-Geoinformatics. 2016. pp. 1–5.
6. Li Y, Hong H, Fang T. Hierarchical Segmentation of Remote Sensing Images by Unsupervised Deep Learning Features. In: International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID). 2017. pp. 448–53.
7. Liu Y, Zhou D, Tang F, Meng Y, Dong W. Flower Classification via Convolutional Neural Network. In: IEEE International Conference on Functional-Structural Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications. 2017. pp. 110–6.
8. Pawara P, Okafor E, Surinta O, Schomaker L, Wiering M. Comparing Local Descriptors and Bags of Visual Words to Deep Convolutional Neural Networks for Plant Recognition. In: 6th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods (ICPRAM). 2017. pp. 479–86.
9. Reyes AK, Caicedo JC, Camargo JE. Fine-tuning deep convolutional networks for plant recognition. In: Conference on Conference and Labs of the Evaluation forum (CLEF). 2015. pp. 1–9.
10. Sladojevic S, Arsenovic M, Anderla A, Culibrk D, Stefanovic D. Deep Neural Networks Based Recognition of Plant Diseases by Leaf Image Classification. Comput Intell Neurosci. 2016:1–11.
11. Mohanty SP, Hughes DP, Salathé M. Using Deep Learning for Image-Based Plant Disease Detection. Front Plant Sci. 2016(7):1–10.
12. Sun Y, Liu Y, Wang G, Zhang H. Deep Learning for Plant Identification in Natural Environment. Comput Intell Neurosci. 2017:1–7.
13. Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton GE. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Net-

- works. In: *Advances In Neural Information Processing Systems*. 2012. pp. 1–9.
14. Szegedy C, Liu W, Jia Y, Sermanet P, Reed S, Anguelov D, et al. Going deeper with convolutions. In: *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. 2015. pp. 1–9.
 15. Simonyan K, Zisserman A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. In: *International Conference on Learning Representations*. 2015. pp. 1–10.
 16. จินตนา รุ่งเรือง และวสา วงศ์สุขแสง. รายงานผลการดำเนินงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เรื่องการดูแลสวนสมุนไพรและสวนไม้หอม. *สุรินทร์*; 2558.
 17. Nilsback ME, Zisserman A. Automated Flower Classification over a Large Number of Classes. In: *Proceedings - 6th Indian Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing (ICVGIP)*. 2008. p. 722–9.
 18. Munisami T, Ramsurn M, Kishnah S, Pudaruth S. Plant Leaf Recognition Using Shape Features and Colour Histogram with K-nearest Neighbour Classifiers. *Procedia Comput Sci*. 2015(58):740–7.
 19. ศักดิ์ เพิ่มพรรษา นิตยา เกิดประสพ และกิตติศักดิ์ เกิดประสพ. การประยุกต์เทคนิคแปลงข้อความแบบเวกเตอร์และการกระจายแบบเบย์ เพื่อทำนายการบุกรุกเครือข่ายคอมพิวเตอร์. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6; 2558. pp. 75–84.
 20. Pawara P, Okafor E, Schomaker L, Wiering MA. Data Augmentation for Plant Classification Data Augmentation for Plant Classification. In: *18th International Conference on Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems (ACIVS)*. 2017. pp. 615–26.

เอฟ-เลิร์นนิ่ง: โปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊คเพื่อสนับสนุนระบบจัดการการเรียนรู้ F-learning: a Facebook Application for Supporting Learning Management System

ชาคริช สมัตตภาพงศ์¹, จิติมนต์ อังสกุล², ธรา อังสกุล³

Chachrist Smarttapong¹, Jitimon Angskun², Thara Angskun²

Received: 10 October 2018 ; Revised : 8 January 2019 ; Accepted: 15 February 2019

บทคัดย่อ

สถาบันการศึกษาต่าง ๆ ได้จัดเตรียมระบบจัดการการเรียนรู้ (อาทิ มูเดิ้ล) เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอน ระบบจัดการการเรียนรู้เหล่านี้ จะมีความสามารถในการเผยแพร่เนื้อหาบทเรียน การแจ้งข่าวประกาศ การพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม นักศึกษาไม่ค่อยให้ความสำคัญกับการใช้งานระบบจัดการการเรียนรู้ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ (อาทิ เฟสบุ๊ค) ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทกับการใช้ชีวิตประจำวันของนักศึกษา บทความนี้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊คชื่อว่า เอฟ-เลิร์นนิ่ง เพื่อสนับสนุนระบบจัดการการเรียนรู้มูเดิ้ล ด้วยการนำทฤษฎีของเกมมิฟิเคชันและการจัดทำค่าเอชอินเด็กซ์ โดยแสดงกิจกรรม เช่น แบบทดสอบ งานมอบหมาย เอกสารในบทเรียน ฯลฯ พร้อมทั้งแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งาน หากผู้สอนมีการเพิ่มหรือแก้ไขกิจกรรมดังกล่าวผ่านเฟสบุ๊ค นอกจากนี้ระบบเอฟ-เลิร์นนิ่งยังมีส่วนของการจัดอันดับคะแนนทดสอบจากค่าดัชนีเอชอินเด็กซ์ เพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียนตามแนวคิดเกมมิฟิเคชัน ผลการประเมินพบว่า เอฟ-เลิร์นนิ่งสามารถเพิ่มแรงจูงใจให้นักศึกษาเข้าใช้ระบบจัดการการเรียนรู้มากขึ้น โดยผลการประเมินแรงจูงใจก่อนใช้งานระบบอยู่ที่ค่าเฉลี่ย 3.39 และการประเมินหลังใช้งานระบบค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.87

คำสำคัญ: ระบบจัดการการเรียนรู้ เกมมิฟิเคชัน เอชอินเด็กซ์ แอปพลิเคชัน แรงจูงใจ

Abstract

Nowadays, most universities provide a learning management system (LMS) to support teaching and learning. These LMS provide an ability to publish learning content, announce news and exchange opinion etc. However, most students may not pay attention to LMS when compared with online social media which play a key role in student's everyday life. This paper presents the development of a Facebook application called F-learning for supporting Moodle LMS by presenting activities such as quiz and assignment files. F-learning will notify students through Facebook when activities have been updated. Moreover, F-learning is also able to rank quiz score by H-index concept, rewarding the top-3 in each course, displaying and sharing overall medal table in accordance with the Gamification concept. The evaluation results reveal that F-learning can motivate students to use the learning manage system.

Keywords: Learning Management System, Gamification, H-index, Application, Motivation

¹ บัณฑิตศึกษา, สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ, สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. E-mail: chachristdelux@gmail.com

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ, สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. E-mail: jitimon@g.sut.ac.th

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ, สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. E-mail: angskun@sut.ac.th

¹ student, School of Information Technology, Institute of Social Technology, Suranaree University of Technology. E-mail: chachristdelux@gmail.com

² Assist. Prof., School of Information Technology, Institute of Social Technology, Suranaree University of Technology. E-mail: Jitimon@g.sut.ac.th

³ Assist. Prof., School of Information Technology, Institute of Social Technology, Suranaree University of Technology. E-mail: angskun@sut.ac.th

บทนำ

ระบบบริหารจัดการเรียนการสอน (Learning Management System: LMS) ได้ถูกนำมาใช้ในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ซึ่งเป็นเสมือนระบบที่รวบรวมเครื่องมือที่ได้ออกแบบไว้เพื่อให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้ในการจัดการการเรียนการสอนแบบออนไลน์ แอลเอ็มเอสที่นิยมใช้คือ มูเดิล (Moodle) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์เปิดเผยแพร่ (Open Source) ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย โดย มูเดิลมีผู้ใช้งานมากที่สุดในอันดับที่ 1 โดยมีจำนวนผู้ใช้งานมากกว่า 89 ล้านคนทั่วโลก⁶ ในการใช้งานมูเดิล² ผู้สอนสามารถเพิ่ม กิจกรรม หรือ ทรัพยากรต่าง ๆ เช่น ช่องทางในการส่งงาน (Assignments) แบบทดสอบ (Quiz) ทรัพยากรประเภทแฟ้มข้อมูล (Files) และกิจกรรมป้ายข้อความ (Label) ภายในบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนเข้ามาทำกิจกรรมที่กำหนดไว้ หรือเข้ามาใช้ทรัพยากรของบทเรียน เช่น การดาวน์โหลด (Download) แฟ้มข้อมูลบทเรียนต่าง ๆ เพื่อนำไปศึกษาด้วยตนเอง สำหรับการทำแบบทดสอบ (Quiz) เกี่ยวกับบทเรียนที่มีอยู่ในบริการของมูเดิล เป็นการประเมิน หรือเก็บคะแนนของผู้เรียนแต่ละคน เมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบเสร็จแล้ว อาจมีความต้องการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นต่าง ๆ เกี่ยวกับเนื้อหาบทเรียน ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนเอง หรือ ผู้เรียนกับผู้สอน มูเดิลมีกิจกรรมในลักษณะเช่นนี้ อาทิ แชท (Chat) ฟอรัม (Forum) ซึ่งการใช้งานดังกล่าวยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก โดยผู้เรียนจะเลือกใช้ช่องทางอื่นในการพูดคุยมากกว่า เช่น อีเมล หรือ พูดคุยกันโดยตรง ผู้เรียนจะใช้บริการมูเดิล เพื่อจุดประสงค์ในเรื่องของการเรียนเท่านั้น เช่น การใช้งานมูเดิลเพื่อการค้นหาบทเรียน บรรจุลงบทเรียน การส่งงาน การทำแบบฝึกหัด และการดูประกาศต่าง ๆ เกี่ยวกับบทเรียน การประกาศข่าวหรือประชาสัมพันธ์บทเรียน ต่าง ๆ ก็จะทราบได้เมื่อผู้เรียนได้เข้าใช้งาน มูเดิลเท่านั้น และหากต้องการพูดคุยปฏิสัมพันธ์กันแบบเวลาจริงก็ทำได้เฉพาะผู้ที่ออนไลน์อยู่ในมูเดิลขณะนั้นเท่านั้น⁷ ถึงแม้ว่ามูเดิลจะมีประโยชน์ในการเรียนการสอน แต่ในการใช้งานมูเดิลของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่ามีแนวโน้มของผู้ใช้งานลดลงทุกปี เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องปฏิสัมพันธ์แบบเวลาจริงของมูเดิล ทำให้ผู้ใช้งานขาดแรงจูงใจในการใช้งาน⁸ และเมื่อก้าวถึงสื่อสังคมออนไลน์ที่เรียกว่าเฟสบุ๊ค (Facebook) ที่มีคุณลักษณะและการทำงานที่ดึงดูดผู้ใช้งานด้วยรูปแบบของภาพ ภาพเคลื่อนไหว ข้อมูลเสียง และข้อความที่น่าสนใจ ที่เกิดจากการแบ่งปันข้อมูลกันของกลุ่มบุคคลที่ต่างยอมรับกันในเรื่องสังคมออนไลน์ และยังสามารมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนในกลุ่มแบบเวลาจริง (Real-time) สถิติการใช้งานเฟสบุ๊คล่าสุดจากบริษัท โทคโซเซียล (Thoth Zocial) รายงานว่า มีผู้ใช้งานเฟสบุ๊คในปี พ.ศ. 2560 จำนวน 1.93 พันล้านบัญชีผู้ใช้งาน²⁰

(Account) ซึ่งประเทศไทยมีบัญชีผู้ใช้งานเฟสบุ๊คมากถึง 47 ล้านคน โดยในจังหวัดนครราชสีมาผู้ใช้งานประมาณ 1 ล้านคน หากพิจารณาในส่วนของผู้เรียนด้วยกันเองกับการใช้งานเฟสบุ๊ค พบว่าผู้เรียนจะใช้เวลาประมาณ 10 ถึง 60 นาทีต่อวันในการพูดคุยเรื่องราวต่าง ๆ กับเพื่อนด้วยตนเอง เช่น การถามไถ่ความเป็นไปต่าง ๆ การพูดคุยที่เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับชีวิตประจำวันทั่วไป และมีแนวโน้มที่จะเปิดเผยเรื่องราวส่วนตัวต่อแอดวองเพื่อน ๆ ที่ใช้งานเฟสบุ๊คด้วยกัน⁹ ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาจำนวนการใช้งานของมูเดิลที่ลดลง บทความนี้จึงได้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊คเรียกว่า เอฟ-เลิร์นนิ่ง (F-Learning) เพื่อสนับสนุนการใช้ประโยชน์ของมูเดิล เอฟ-เลิร์นนิ่ง สามารถแจ้งเตือนกิจกรรมต่าง ๆ ที่สำคัญในเฟสบุ๊คจากรายวิชาในมูเดิลของผู้เรียนแบบอัตโนมัติ นอกจากนั้น เอฟ-เลิร์นนิ่งยังมีมอดูล (Module) ซึ่งอาศัยแนวคิดของเกมิฟิเคชัน (Gamification) โดยการจัดลำดับค่าเอชอินเด็กซ์ (H-index)³ จากคะแนนแบบทดสอบที่นักศึกษาได้ทำไว้ภายในบทเรียน ซึ่งสามารถบ่งบอกถึง คุณภาพ และปริมาณจากคะแนนของแบบทดสอบที่นักศึกษาได้ทำไว้ เอฟ-เลิร์นนิ่ง ยังมีการให้เหรียญรางวัล และสามารถแบ่งปัน ตารางเหรียญรางวัลไปยังเฟสบุ๊คของผู้ใช้งานได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อิสฮาน ชูตริวา อะเบวาเดน่า⁷ ได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊คที่เรียกว่า แฟบบูเดิล (Faboodle) โดยการทำงานของโปรแกรมประยุกต์นี้จะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับข้อมูลของมูเดิลและนำมาแสดงในเฟสบุ๊ค ซึ่งจะมีการแสดงข้อมูลที่สำคัญของมูเดิลคือ การแสดงรายการของวิชาที่เรียน มีรายการฟอรัม (Forum list) มีการทำเครื่องหมายว่าผู้เรียนได้อ่านฟอรัมนั้นแล้ว มีการเข้าถึงอย่างปลอดภัยผ่านเฟสบุ๊ค งานวิจัยนี้ยังขาดในส่วนของการส่งเสริมผู้เรียน การสร้างแรงจูงใจในการเรียนและการเข้าใช้งานมูเดิล ซึ่งงานวิจัยของผู้นี้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊ค ให้มีการแจ้งเตือนกิจกรรมในรายวิชา สร้างแรงจูงใจในการเรียนและให้ความสำคัญกับการเข้ามายังมูเดิล ด้วยหลักการเกมมิฟิเคชัน และยังมีส่วนของการประเมินผู้เรียนผ่านกิจกรรมแบบทดสอบภายในบทเรียนด้วยการประเมินทั้งในแง่ของคุณภาพและปริมาณพร้อม ๆ กัน ด้วยการประยุกต์ใช้ดัชนีค่าเอชอินเด็กซ์ ส่วนงานวิจัยชิ้นอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องจะเป็นการศึกษาการใช้สื่อสังคมออนไลน์และระบบจัดการการเรียนรู้ออนไลน์และข้อเสียระหว่างกัน

เอ็ม ไฮเบิล²⁵ สสำรวจการใช้งานมูเดิลและเฟสบุ๊คของนักศึกษา คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมาริบอ

(University of Maribor) พบว่านักศึกษาจะใช้งานเฟสบุ๊คในการสนทนาเรื่องการเรียนมากกว่าการใช้เครื่องมือในมูเดิ้ล เช่น ฟอรัม หรือ บล็อก

ลิปิง เตง และ นิโคล จูติช ทราเวิส¹⁷ เก็บข้อมูลนักศึกษาจำนวนหนึ่ง ในมหาวิทยาลัยในฮ่องกง ด้วยการสัมภาษณ์เกี่ยวกับการใช้ มูเดิ้ล กับ เฟสบุ๊ค พบว่าถ้าพิจารณาในเรื่องของการพูดคุยเกี่ยวกับการเรียนแล้วนักศึกษานิยมใช้เฟสบุ๊คในการแลกเปลี่ยนพูดคุยความคิดเห็นกันมากกว่าการใช้มูเดิ้ลซึ่งการใช้งานจะยุ่งยากมากกว่าเฟสบุ๊ค

อีวริคเกียร์ โดโกริติ และ เจนี่ เพจ¹⁶ สํารวจนักเรียนสองกลุ่มในการเรียนภาษาอังกฤษผ่านมูเดิ้ลกับการเรียนผ่านเฟสบุ๊ค ผลสำรวจพบว่าการเรียนด้วย มูเดิ้ล นั้นจะมีความยุ่งยากในการใช้ฟังก์ชันต่าง ๆ และไม่เป็นที่นิยมของนักเรียนที่จะทำการพูดคุยหรือปรึกษาเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน แต่ก็มีความเป็นระเบียบเป็นสัดส่วน ส่วนนักเรียนที่เรียนผ่าน เฟสบุ๊ค จะมีความรู้สึกเป็นมิตรมากกว่า มูเดิ้ล ด้วยหน้าตาโปรแกรมที่คุ้นเคย เหมาะสำหรับพูดคุย แลกเปลี่ยนความรู้ได้เป็นอย่างดี แต่ก็มี การควบคุมได้ยาก

สติเว่น บราวสัน¹⁹ ประมวลงานวิจัยต่าง ๆ เกี่ยวกับการใช้ สื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) บทเรียนออนไลน์ (Online Learning Courses) โดยได้บอกถึงข้อดีในแต่ละระบบ เช่น เฟสบุ๊ค ทวิตเตอร์ ซึ่งระบบเหล่านี้จะช่วยเพิ่มการปฏิสัมพันธ์ และช่วยเพิ่มแรงกระตุ้นในการเรียนการสอน ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้สอน และผู้เรียนกับเนื้อหาในการเรียน งานวิจัยนี้ได้ศึกษาข้อมูลการทำงานของระบบที่มีลักษณะใกล้เคียงและเปรียบเทียบกับโปรแกรมประยุกต์ที่นำเสนอ ดังแสดงใน Table 1

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊ค ซึ่งมีเทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารกันกับทางมูเดิ้ลอาศัยสถาปัตยกรรมคล้ายกับ แฟบบูเดิ้ล (Faboodle) ซึ่งมีการนำข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับบทเรียนที่จำเป็นภายในมูเดิ้ล เช่น ผู้สอนได้มีการเพิ่มกิจกรรมภายในบทเรียน ผ่านโมดูลที่อยู่ในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊ค นำมาแสดงให้กับนักศึกษาที่ได้ลงทะเบียนไว้ทั้งเฟสบุ๊คและมูเดิ้ล มีการจัดลำดับคะแนนและกระตุ้นผู้เรียนด้วยของรางวัลหรือ เป็นคะแนนจริง ๆ ของวิชานั้น ที่ผู้เรียนได้เรียนมาแล้ว ด้วยการสร้างโล่รางวัล ที่สามารถดึงดูและกระตุ้นผู้เรียน

Table 1 LMS/Application Features

LMS/Application	Features						
	Course	Latest Activities	Message Tool	User Authentication	Quiz Score	Gamification	Facebook Notification
Faboodle ⁷	/	/	/	/			
Mooscope ²⁶	/	/	/	/			
iLite ²⁷	/	/	/	/	/		
American TESOL ¹¹	/	/	/	/			
Deskera LMS ¹³	/	/	/	/	/		
Q2 Learning System 6 ¹²	/	/	/	/	/		
eFont ¹⁵	/	/	/	/	/		
ProProfs ¹⁸	/	/	/	/	/		
Docebo ¹⁴	/	/	/	/	/		
F-Learning	/	/	/	/	/	/	/

สถาปัตยกรรมของเอฟ-เลิร์นนิ่ง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิเคราะห์การทำงานของมูเดิ้ลที่สำคัญ 4 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมงานมอบหมาย กิจกรรมแบบทดสอบ กิจกรรมข้อความ และกิจกรรมทรัพยากร ซึ่งเป็น

กิจกรรมที่ผู้ใช้งานนิยมใช้กันมาก¹⁰ โดยงานวิจัยนี้ได้ออกแบบสถาปัตยกรรมของเอฟ-เลิร์นนิ่ง ซึ่งเป็นโปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊คเพื่อสนับสนุนการใช้งานมูเดิ้ล ดังแสดงใน Figure 1

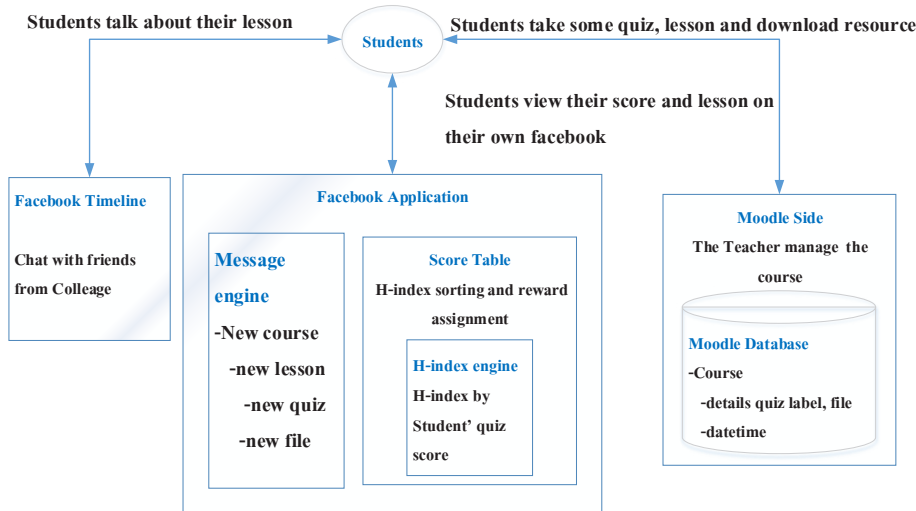


Figure 1 F-Learning Architecture

จาก Figure 1 สามารถแจกแจงการทำงานในแต่ละส่วนดังนี้

- 1) การทำงานฝั่งมูเดิ้ล (Moodle Site) ในส่วนนี้เป็นส่วนที่ผู้ดูแลระบบและผู้สอน สร้างบทเรียน เนื้อหาต่าง ๆ ข้อมูลข่าวสาร แบบทดสอบ และจัดการข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียน โดยข้อมูลจะถูกเก็บใน ฐานข้อมูลมูเดิ้ล (Moodle Database) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL)
- 2) โปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊ค (Facebook Application) เป็นส่วนในการแสดงข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลโปรไฟล์ผู้ใช้เฟสบุ๊ค ที่ประกอบไปด้วยรูปภาพ อีเมล และเวลาที่เข้าใช้โปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊คนี้ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการดึงข้อมูลจากฝั่งมูเดิ้ลมาแสดง โดยจะมีส่วนของการนำหลักการเกมมิฟิเคชัน (Gamification) มาใช้เพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียนและการเข้าใช้งานมูเดิ้ลให้มากขึ้น ภาสกร ไหลสกุล⁴ กล่าวถึงหลักสำคัญเกี่ยวกับการจัดลำดับคะแนนสูงต่ำภายใต้แนวคิด เกมมิฟิเคชัน ที่ส่งผลต่อความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ (Human Desires) ไว้ว่า 1. ความต้องการได้รับรางวัลตอบแทน (Rewards) มนุษย์เราต่างก็ถูกกระตุ้นด้วยของรางวัล ซึ่งจะทำให้เราต้องกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่งทั้งที่จับต้องได้และจับต้องไม่ได้ (เช่น การปรับพฤติกรรม) เพื่อให้ได้มาซึ่งรางวัลก่อนใคร ระบบการให้รางวัลที่ง่ายที่สุดก็คือ การสะสมแต้ม ซึ่งเมื่อสะสมถึงจุดหนึ่งก็จะได้รับรางวัลเป็นผลตอบแทน 2. ความต้องการประสบผลสำเร็จ (Achievement)

คนบางคนถูกกระตุ้นโดยเป้าหมายความสำเร็จที่ตั้งไว้ ไม่ว่าจะงานนั้นจะยากเย็นยาวนานขนาดไหนก็ตาม คนประเภทนี้ก็มักจะมีแนวโน้มชอบสิ่งที่ท้าทาย แต่ก็จะมีเป้าหมายที่สามารถบรรลุได้เป็นลำดับ ๆ ไป ไม่ใช่เพื่อฝันเกินจริง และสิ่งที่คนพวกนี้ภาคภูมิใจที่สุดก็คือการได้รับการยอมรับจากคนอื่นจากผลความสำเร็จในเป้าหมายนั่นเอง 3. ความต้องการได้รับการยอมรับ (Status or Respect) คนเราส่วนใหญ่ ต้องการได้รับการยอมรับจากผู้อื่น ไม่ว่าจะเป็นเรื่องเล็ก ๆ น้อย ๆ อาทิ การได้รับความสนใจ หรือ การยอมรับในสถานภาพ การเป็นที่รู้จัก การมีชื่อเสียง การได้รับเกียรติ หรือในท้ายที่สุดแล้วก็คือการได้รับการเคารพ

จากผู้อื่น คนเราจึงพยายามจะทำกิจกรรมอะไรก็ตามแต่ที่จะให้ได้มาซึ่งสิ่งเหล่านี้ ซึ่งในแง่ของการจัดลำดับคะแนนสอบต่าง ๆ การได้เลื่อนลำดับชั้น และได้โล่รางวัล หรือของขวัญพิเศษ ก็จะทำให้เกิดแรงจูงใจที่จะทำให้เกิดการยอมรับอย่างกว้างขวาง 4. ความต้องการแข่งขันชิงดีชิงเด่น (Competitiveness) คนเราแต่ละคนต่างก็มีแรงจูงใจโดยการแข่งขันกันทั้งนั้น ซึ่งได้ถูกพิสูจน์แล้วว่า การจัดสภาพแวดล้อมให้มีการแข่งขัน และมีการให้รางวัลแก่ผู้ชนะ จะทำให้ประสิทธิภาพทั้งระบบสูงขึ้นชัดเจน ทั้งนี้เพราะมีเกิดการเปรียบเทียบเกิดขึ้น ตัวอย่างการสร้างบรรยากาศการแข่งขัน เช่น การจัดทำตารางคะแนนผู้นำ (Leader board) โดยแสดงรายชื่อผู้ที่ได้แต้มหรือรางวัลสูง ไว้ด้านบนเรียงมาตามลำดับ

5. ตารางคะแนนสูงสุด (Scoreboards or Leaderboards) การเปรียบเทียบกัน ทำให้มนุษย์มีความอยากที่จะชิงเด่นกัน เพื่อจะไปอยู่ในตำแหน่งที่ดีกว่าคนอื่น คนที่ได้ตำแหน่งสูงที่สุดก็จะได้รางวัลสูงสุด คนอื่นที่ได้คะแนนต่ำ ๆ ลงมากก็จะได้รางวัลน้อยลดหลั่นกันลงมา ในโลกของเกม การที่มี “ตารางคะแนนสูงสุด (High-score table)” สามารถทำให้ผู้ได้คะแนนอันดับสูงได้รับชื่อเสียง และได้รับการยอมรับจากเพื่อนที่ร่วมเล่นเกม และยังสร้างแรงผลักดันในการแข่งขันกันได้อย่างดีเยี่ยม 6. ความท้าทาย (Challenges), รางวัล (Trophies), แบริดจ์ (Badges), ความสำเร็จ (Achievements) ความท้าทาย (บางครั้งก็ใช้คำว่า รางวัล, แบริดจ์, หรือ ความสำเร็จ) เป็นการกำหนดเป้าหมายพันธกิจ ที่จะให้คนพยายามทำอะไรบางอย่างเพื่อจะให้ได้ความสำเร็จนั้นมาให้ได้ เป้าหมายเป็นสิ่งสำคัญที่จะให้คนรู้สึกว่ามีหน้าที่และมีคุณค่าที่จะต้องทำอะไรให้สำเร็จสักอย่าง การที่มี รางวัล แบริดจ์ และสายสะพาย (Ribbon) มาล่อใจ ก็จะเป็นสิ่งที่มองเห็นได้ที่จะบ่งบอกว่าผู้เรียนได้ประสบความสำเร็จไปแล้ว ตามความท้าทายที่ถูกกำหนดไว้ ปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่จะช่วยให้คนแสดงถึงผลสำเร็จของตัวเองก็คือการมีเวที (Forum) ให้แสดง เช่น มีหน้าโปรไฟล์ส่วนตัวที่ประดับรางวัลเกียรติยศต่าง ๆ ซึ่งผู้วิจัยจะใช้วิธีการจัดลำดับคะแนนสูงต่ำ และให้รางวัลกับผู้มีลำดับคะแนนที่สูงใน 3 ลำดับแรก (ซึ่งในที่นี้จะแปลงคะแนน เป็นค่าเอชอินเด็กซ์) ดังจะกล่าวถึงการหาค่าเอชอินเด็กซ์ในหัวข้อ 2.2)

2.1) กลไกการแจ้งเตือนข่าวสาร (Message Engine) เป็นส่วนใช้สำหรับแจ้งเตือนข่าวสารต่าง ๆ ภายในโมดูล หากผู้สอนหรือผู้ดูแลระบบมีการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลเกี่ยวกับบทเรียน เพิ่มประกาศหรือช่องทางการเข้าถึงบทเรียนเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงแบบทดสอบ การเปลี่ยนแปลงในโมดูลเหล่านี้จะถูกนำไปแจ้งเตือนในเฟสบุ๊คของนักศึกษา

2.2) ตารางคะแนน (Score Table) เป็นส่วนแสดงการจัดลำดับตามค่าดัชนีเอชอินเด็กซ์ โดย วุฒิพงศ์ เตชะดำรงสิน³ งานบริหารงานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ให้ความหมาย เอชอินเด็กซ์ เป็นดัชนีที่พยายามวัดทั้งผลิตภาพ (Productivity) และผลกระทบ (Impact) ของผลงานของนักวิจัย กล่าวอีกนัยหนึ่ง เอชอินเด็กซ์ จะวัดจำนวนบทความตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ และการอ้างอิง (Citation) บทความเหล่านั้น นักวิจัยที่มีจำนวนบทความมากจะมีค่าเอชอินเด็กซ์สูงได้จะต้องมีบทความที่ได้รับการอ้างอิงสูงควบคู่ไปด้วย ค่าเอชอินเด็กซ์นี้สามารถนำไปใช้วัดผลิตภาพ และผลกระทบของกลุ่มนักวิจัยได้ เช่น อาจคำนวณค่าเอชอินเด็กซ์ของภาควิชา ของมหาวิทยาลัย หรือ

แม้แต่ประเทศได้ ซึ่งวิธีหาค่าดัชนีเอชอินเด็กซ์ในงานวิจัย คือนำข้อมูลมาเก็บในตารางดังแสดงใน Table 2 จัดเรียงลำดับคะแนนที่ทำได้ ให้เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย แล้วกำหนดลำดับที่แบบทดสอบเรียงลำดับจาก เลข 1 ถึง จำนวนแบบทดสอบในตาราง หลังจากนั้นหาค่าในคอลัมน์ซึ่งลำดับที่แบบทดสอบแถวล่าสุดที่มีค่าไม่เกินคะแนนแบบทดสอบ ค่าเอชอินเด็กซ์ก็คือ เลขของลำดับที่แบบทดสอบในแถวนั้น โดยจะแสดงตัวอย่างในการหาค่าเอชอินเด็กซ์ดัง Table 2 ถึง 5 สำหรับคอลัมน์คะแนนที่นักศึกษาทำแบบทดสอบภายในโมดูลได้ ให้เรียงลำดับจากค่ามากไปหาค่าน้อย โดยกลไกเอชอินเด็กซ์ (H-index Engine) เป็นกลไกในการจัดเรียงคะแนนจากแบบทดสอบต่าง ๆ และจำนวนแบบทดสอบที่ได้ทำไปแล้ว จากนั้นนำสองค่านี้มาเข้าสู่เงื่อนไขของเอชอินเด็กซ์ โดยจำนวนบทความที่ถูกอ้างอิงแทนด้วยคะแนนสอบ และลำดับบทความที่ได้ตีพิมพ์แทนด้วยลำดับที่แบบทดสอบ ดังแสดงตัวอย่างใน Table 2

Table 2 An example of score table

Number	Quiz name	Score
1	Quiz 1	1
2	Quiz 2	3
3	Quiz 3	2

เมื่อนักศึกษาทำแบบทดสอบเพิ่มเติม คือ แบบทดสอบที่ 4 (quiz 4) และได้คะแนนแบบทดสอบ 2 คะแนน ระบบจะเก็บข้อมูลลงในตารางข้างต้นดังแสดงใน Table 3

Table 3 An example of adding new quiz score

Number	Quiz name	Score
1	Quiz 1	1
2	Quiz 2	3
3	Quiz 3	2
4	Quiz 4	2

จาก Table 3 ระบบจะทำการจัดเรียงคะแนนใหม่โดยจัดเรียงจากคะแนนมากไปน้อยซึ่งลำดับแบบทดสอบให้คงไว้แบบเดิม จะได้ตารางใหม่ดัง

Table 4

Table 4 Sorted score table

Number	Quiz name	Score
1	Quiz 2	3
2	Quiz 3	2
3	Quiz 4	2
4	Quiz 1	1

จาก Table 4 แสดงการจัดเรียงลำดับคะแนนสอบใหม่ จากนั้นนำมาหาค่าเอชอินเด็กซ์โดยคะแนนสอบต้องมากกว่าหรือเท่ากับลำดับที่ของแบบทดสอบ ดังนั้นเราจะได้อีค่าเอชอินเด็กซ์ของนักศึกษาคนนั้นคือ 2 ดังแสดงใน Table 5

Table 5 H-index calculation

Number	Quiz name	Score
1	Quiz 2	3
2	Quiz 3	2
3	Quiz 4	2
4	Quiz 1	1

3) หน้าจอฟacebook (Facebook Timeline) เป็นช่องทางในการพูดคุยกันระหว่างนักศึกษาเกี่ยวกับบทเรียน และคะแนนสอบที่ทำได้ ด้วยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในข้อคำ

ตอบภายในแบบทดสอบต่าง ๆ ที่ตนเองทำได้และเพื่อนทำได้
 4) นักศึกษา (Students) นักศึกษาเข้าสู่ระบบ Moodle เพื่อติดตามช่องทางในการเข้าถึงเนื้อหาบทเรียน เช่น การบรรจุลงบทเรียน การเข้ามาทำแบบทดสอบที่ผู้สอนได้เพิ่มเข้ามาใหม่หรือเปลี่ยนแปลงแบบทดสอบเดิม จากนั้นเมื่อนักศึกษาได้ทำแบบทดสอบเสร็จแล้วก็สามารถเข้าสู่โปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊คเพื่อดูผลสอบที่ได้ทำใน Moodle และเปรียบเทียบคะแนนตามกลไกการให้ค่าดัชนีเอชอินเด็กซ์ กับเพื่อน ๆ ร่วมชั้นเรียน และมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันผ่านหน้าจอฟacebook ได้โดยตรง

การออกแบบและพัฒนาแอป-เลิร์นนิ่ง

การพัฒนาระบบแอป-เลิร์นนิ่งเป็นการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊ค ซึ่งการทำงานจะเกี่ยวข้องกับฐานข้อมูล Moodle และข้อมูลบัญชีผู้ใช้ใช้งานของเฟสบุ๊ค (Facebook Account) โดยส่วนสำคัญในการเชื่อมโยงกัน คือ ผู้ใช้งานต้องมีข้อมูลอีเมลตรงกันทั้ง บัญชีใช้งาน Moodle และบัญชีใช้งานเฟสบุ๊ค โดยในลำดับแรก ผู้ใช้งาน ต้องเข้าไปลงชื่อเข้าใช้ Moodle ผ่านปลั๊กอินเฟสบุ๊คที่ติดตั้งไว้เพิ่มเติม เมื่อลงทะเบียน Moodle ผ่านปลั๊กอินดังกล่าว ฝั่ง Moodle จะทราบชื่อ อีเมล และภาพโปรไฟล์ที่เป็นข้อมูลทางฝั่งเฟสบุ๊ค ซึ่งจะถูกใช้เป็นข้อมูลโปรไฟล์ทางฝั่ง Moodle ด้วยโดยปริยาย ผู้ใช้งานสามารถใช้งาน Moodle ตามปกติเมื่อผู้ใช้งานต้องการใช้งานแอป-เลิร์นนิ่ง ผู้ใช้สามารถเข้าไปที่กดปุ่ม “เรียกดูข้อมูลจาก moodle” โดยระบบจะแสดงข้อมูลต่าง ๆ ออกมาดังแสดงใน Figure 2

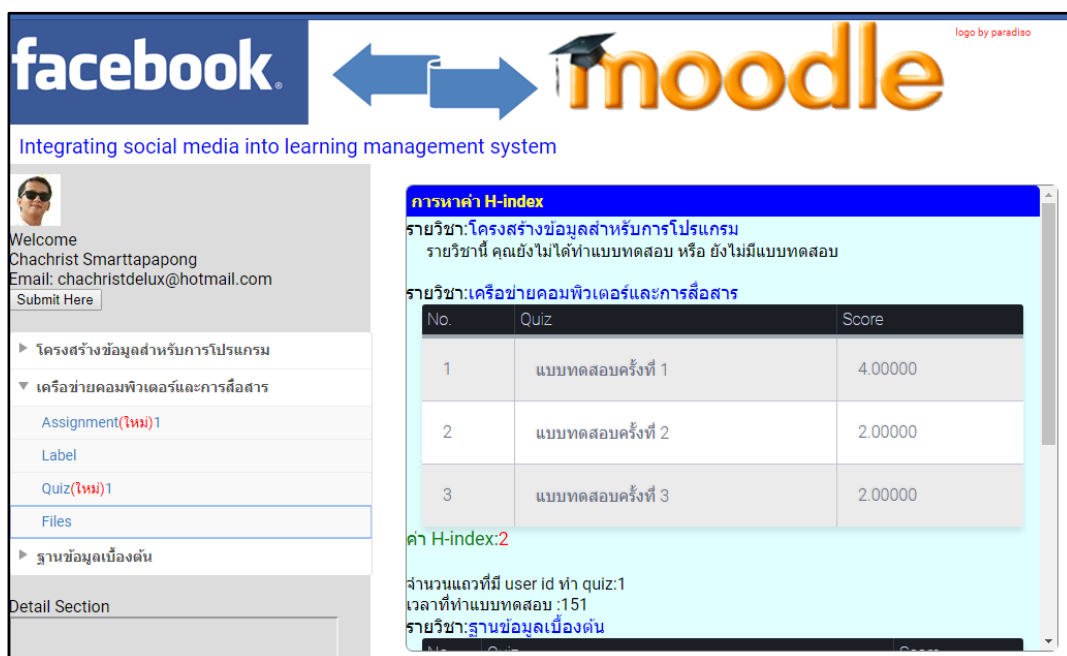


Figure 2 Facebook Application User Interface

จาก Figure 2 หน้าจอเริ่มต้นใช้งานโปรแกรมประยุกต์ ประกอบไปด้วย โปรไฟล์เฟสบุ๊คของผู้เข้าใช้งาน และรายวิชา ที่ผู้ใช้ได้ลงทะเบียนไว้กับมูเดิ้ลซึ่งมีส่วนแสดง รายวิชาที่มีแบบ ทดสอบ (Quiz) แสดงคะแนน เวลาที่ใช้ไปในการทำแบบ ทดสอบ การหาค่าเอชอินเด็กซ์ (H-index) ดังแสดงใน Figure 3 ซึ่งค่าเอชอินเด็กซ์ที่สูงจะบ่งบอกถึงความสามารถในการทำ

แบบทดสอบในแต่ละแบบทดสอบด้วยคะแนนจากแบบทดสอบ แล้วยังวัดในด้านปริมาณในการทำแบบทดสอบว่านักศึกษาทำ คะแนนในแต่ละแบบทดสอบได้สูงเสมอต้นเสมอปลายหรือไม่ ซึ่งใน Figure 3 จะมีการให้รางวัล อีกด้วยเพื่อเป็นการกระตุ้น และทำให้นักศึกษามีแรงจูงใจในการเข้าไปใช้งานมูเดิ้ล ตามหลัก การของเกมมิฟิเคชัน

Rank/Reward	Email	H-index	Total Time
1	chachristdelux@hotmail.com	2	151
2	chachrist.ibot@gmail.com	2	175
3	sujinda2015@outlook.com	2	435
4	chachristdelux@yahoo.com	1	82

Figure 3 Reward in F-learning sorted by H-index scores

Figure 3 แสดงการจัดอันดับผู้ที่ได้ค่า เอชอินเด็กซ์ (H-index) และ เวลาจากการทำข้อสอบ โดยจะ เรียงลำดับค่า เอชอินเด็กซ์ของผู้ใช้ที่มีค่าสูงและเวลาที่ทำแบบทดสอบต่ำ

จะอยู่ในลำดับต้น และ เรียงลดหลั่นกันลงไปตามลำดับ ในส่วน นี้โมดูลจะมีความสามารถในการแชร์ไปยังเฟสบุ๊ค ตามแต่ รายวิชาที่เราเลือก

Rank	Gold	Silver	Bronze	Times	Total
1	1	1	0	343	2
2	1	0	1	284	2
3	1	0	1	560	2
4	0	1	0	212	1

Figure 4 Overall Medals Table

Figure 4 แสดงการจัดลำดับผู้ที่มีเหรียญรวมทั้งหมด และเวลารวมที่น้อยที่สุด จะอยู่ในลำดับต้น และเรียงลำดับลดหลั่นกันลงมา

ผลการประเมินระบบ

ระบบเอฟ-เลิร์นนิ่ง ได้รับการประเมินการใช้งานได้ของระบบด้วยแบบสอบถาม ซุมิ (SUMI: Software Usability Measurement Inventory)²¹ ซึ่งเป็นแบบสอบถามสำเร็จรูปที่ใช้ประเมินระบบซอฟต์แวร์จากมุมมองการใช้งานได้ของผู้ใช้งานซอฟต์แวร์ โดยข้อคำถามจะแบ่งออกเป็น 5 ด้าน และแต่ละข้อคำถาม มีตัวเลือกให้ 3 ตัวเลือกคือ เห็นด้วย ไม่แน่ใจ และไม่เห็นด้วย ในแต่ละด้านประกอบไปด้วยข้อคำถาม 10 ข้อ รวมทั้ง 5 ด้าน มีข้อคำถามทั้งหมด 50 ข้อ และมีวิธีการแปลค่าดังแสดงใน Table 6

Table 6 Value translation

Question Type	Interpretation of Each Question Type		
	Agree	Undecided	Disagree
Positive(+)	3	2	1
Negative(-)	1	2	3

นำข้อคำถามแต่ละข้อมาให้คะแนนแต่ละตัวเลือกตามคำถามเชิงลบหรือเชิงบวกซึ่งมีค่าคะแนนตั้งแต่ 1-3 ในการแปลผลคะแนนพิจารณาได้จากระดับการให้คะแนนเฉลี่ยในแต่ละระดับชั้นจากการคำนวณอันตรภาคชั้นดัง Table 7

Table 7 Usability scale

Value	Interval	Level
3	2.34 – 3.00	Good
2	1.67 – 2.33	Fair
1	1.00 – 1.66	Poor

การประเมินการใช้งานได้ของ เอฟ-เลิร์นนิ่ง ประชากรคือ นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการของ ทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane)²² ที่จำนวนประชากรอนันต์ภาพ (Infinity) ที่ความเชื่อมั่นที่ 90% จะได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 100 คน ซึ่งใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ผลการประเมินได้จากค่าเฉลี่ยแต่ละด้าน และทั้งระบบ ดัง Table 8

Table 8 Usability measurement

Criteria	Mean	Scale
Efficiency	2.43	Good
Affect	2.70	Good
Helpfulness	2.63	Good
Control	2.63	Good
Learnability	2.41	Good
Sum	2.56	Good

ค่าเฉลี่ยที่สูงที่สุดจะอยู่ในด้าน ผลกระทบต่อความรู้สึก (Affect) คือค่าอยู่ที่ 2.70 และอยู่ในเกณฑ์ดี แสดงให้เห็นถึงผลกระทบต่อความรู้สึกของนักศึกษาในด้านดี ในการใช้งานของโปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊คนี้

ระบบเอฟ-เลิร์นนิ่ง ยังได้รับการประเมินแรงจูงใจในการเข้าใช้งานมูเดิ้ล โดยใช้ประชากรกลุ่มเดียวกับการประเมินการใช้งานได้ของระบบ

แบบสอบถามวัดแรงจูงใจนี้ได้นำข้อคำถามจากงานวิจัยที่มีลักษณะการถามที่สอดคล้องกันในการใช้ระบบเพื่อหาแรงจูงใจในการเรียน จากนั้นนำแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบ ว่า ข้อคำถามต่าง ๆ ในแบบสอบถามได้ครอบคลุมประเด็นที่ต้องการวิจัยหรือไม่ หากคำถามข้อใดผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าใช้ได้ด้วยเสียงส่วนใหญ่จะถือว่าใช้ได้ แต่ข้อใดที่เห็นว่าใช้ได้เป็นเสียงส่วนน้อย

ข้อคำถามนั้นจะถูกนำกลับมาปรับปรุงใหม่ และถ้าผู้เชี่ยวชาญให้เพิ่มเติมข้อคำถามประเด็นอื่น ๆ อีก ประเด็นเหล่านั้นจะถูกนำมาพิจารณาเป็นข้อคำถามเพิ่มเติม ถ้าผ่านขั้นตอนนี้แล้วถือว่าแบบสอบถามนั้นมีความตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้วิธีหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาด้วยดัชนี IOC (Index of Congruence)⁵ โดยจะเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า 0.5 มาเป็นข้อคำถามในแบบสอบถาม เมื่อได้ข้อคำถามที่เหมาะสมแล้วผู้วิจัยยังนำแบบสอบถามไปหาความเชื่อมั่นในแบบสอบถามด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach' alpha)²³ โดยใช้ กลุ่มตัวอย่าง 30 คน ทำแบบสอบถาม 24 ข้อ เพื่อหา Try Out ในโปรแกรมการหาข้อมูลทางสถิติ SPSS เวอร์ชัน 17 ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาคเท่ากับ 0.929 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.7 แสดงว่าแบบสอบถามชุดนี้มีความน่าเชื่อถือ (Reliability)

การประเมินแรงจูงใจเป็นการประเมินระหว่างก่อนและหลังใช้ระบบเอฟ-เลิร์นนิ่ง เพื่อวัดแรงจูงใจในการเข้าใช้งานมูเดิ้ล โดยผลที่ได้จะนำไปวิเคราะห์ว่านักศึกษามีแรงจูงใจในการเข้าใช้มูเดิ้ลอยู่ในระดับใด โดยรวมแล้วข้อคำถามจะมี

ทั้งหมด 48 ข้อ ซึ่งกำหนดมาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับความเห็นต่อคำถาม โดยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลของลิเคิร์ต (Likert Scale)²⁴ ดังแสดงใน Table 9

Table 9 motivation scale

Value	Interval	Level
5	4.21 – 5.00	Completely true
4	3.41 – 4.20	Mostly true
3	2.61 – 3.40	Moderately true
2	1.81 – 2.60	Slightly true
1	1.00 – 1.80	Not at all

ผลการประเมินแรงจูงใจในการเข้าใช้งานมูเดิ้ลก่อนการใช้งานแอป-เลิร์นนิ่ง ในภาพรวมพบว่ามามีระดับแรงจูงใจปานกลางที่ค่าเฉลี่ย 3.39 และผลประเมินแรงจูงใจในการเข้าใช้งานมูเดิ้ลหลังการใช้งานแอป-เลิร์นนิ่ง ในภาพรวมพบว่ามามีระดับแรงจูงใจในมากที่ระดับค่าเฉลี่ย 3.87

สรุปและอภิปรายผล

บทความนี้นำเสนอการพัฒนากระบวนการพัฒนาแอป-เลิร์นนิ่ง เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกและเสริมประโยชน์ของมูเดิ้ล ผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊ค โดยแสดง กิจกรรมของผู้สอนจากมูเดิ้ล เช่น กิจกรรมแบบทดสอบ กิจกรรมงานมอบหมาย กิจกรรมเพิ่มเอกสารในบทเรียน หรือ กิจกรรมทรัพยากร และ กิจกรรมข้อความ พร้อมทั้งแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งาน หากผู้สอนมีการเพิ่มหรือแก้ไขกิจกรรมดังกล่าวผ่านโปรแกรมประยุกต์นี้ด้วย ระบบแอป-เลิร์นนิ่งที่พัฒนาขึ้นมีส่วนของการจัดอันดับคะแนนทดสอบจากค่าดัชนีเอชอินเด็กซ์ และเวลาในการทำแบบทดสอบแต่ละครั้ง โดยแอป-เลิร์นนิ่งจะให้รางวัลแก่ผู้ใช้ ที่มีลำดับคะแนนตามดัชนีเอชอินเด็กซ์ และมีเวลาที่น้อยในการทำแบบทดสอบ ใน 3 อันดับแรก คือ เหรียญทอง เหรียญเงิน และเหรียญทองแดง พร้อมทั้งเก็บข้อมูลเหรียญสะสมที่ได้ในแต่ละวิชา โดยนำมาแสดงเป็นตารางรวมเหรียญรางวัล ซึ่งสามารถแชร์ตารางการให้รางวัลแก่ผู้ใช้งานคนอื่นได้

ผู้วิจัยได้นำโปรแกรมประยุกต์ที่เสร็จสมบูรณ์ไปทดลองใช้งานและประเมินในด้านการใช้งานได้ของระบบ กับผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบสารสนเทศจำนวน 15 ท่านและประเมินกับนักศึกษาระดับปริญญาตรีจำนวน 100 คน ที่มีวิชาเรียนอยู่ในมูเดิ้ลได้ผลสรุปการใช้งานได้ในระดับดี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังประเมินแรงจูงใจในการเข้าใช้งานมูเดิ้ลกับนักศึกษาอีกจำนวน 250 คน

ที่เรียนอยู่ในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ และมีวิชาเรียนอยู่ในมูเดิ้ล พบว่าหลังการใช้งานมูเดิ้ลควบคู่กับโปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊คนักศึกษามีความพึงพอใจในระดับมาก โดยค่าความพึงพอใจแตกต่างกันก่อนใช้งานซึ่งจะอยู่ที่ระดับปานกลาง สิ่งที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ พบว่าโปรแกรมประยุกต์บนเฟสบุ๊คได้ช่วยสนับสนุนการเข้าใช้งานมูเดิ้ล โดยนักศึกษามีความพึงพอใจในการใช้งานระบบ และมีแนวโน้มการเข้าใช้งานมูเดิ้ลมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. รักศักดิ์ เลิศคงคาทิพย์. Learning Object: สื่ออิเล็กทรอนิกส์เพื่อการเรียนรู้ e-Learning. บรรณสารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2551;1 (เมษายน-กันยายน): 20-29
2. อาณัติ รัตนธิรกุล. การติดตั้งและบริหาร e-Learning ด้วย moodle. กรุงเทพฯ:ซีเอ็ดดูเคชั่น; 2558.
3. วุฒิพงศ์ เตชะดำรงสิน. ความเป็นมาและนิยามของ H-index. 2559. งานบริหารงานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2559
4. ภาสกร ไหลสกุล. Gamification เปลี่ยนโลกให้เป็นเกม: [1]. สืบค้นจาก URL: <https://sipaedumarket.wordpress.com/2014/05/19/> เมษายน 2559.
5. ประสพชัย พสุนนท์. ความเที่ยงตรงของแบบสอบถามสำหรับงานวิจัยทางสังคมศาสตร์. 2558;18:375-396
6. Capterra.com. The top 20 most popular LMS software. 2017. Available from: URL: <https://www.capterra.com/learning-management-system-software/#infographic> Accessed 2017.
7. Ishan Sudeera Abeywardena. Development of faboodle to Interact on moodle through facebook. School of Science and Technology Wawasan Open University 2011.
8. Google Analytic. SUT e-Learning 2016. Available from: URL: <https://elearning.sut.ac.th> 2016.
9. Khe Foon Hew. Students' and teacher' use of Facebook. National Institute of Education Nanyang Technological University Singapore. 2011.
10. York St John University. Which Moodle Resources and Activities have you used?. 2015. Available from: URL: <https://www.yorks.ac.uk/students/> 2016.
11. American TESOL Institute. American TESOL Institute on Facebook. 2004. Available from: URL: <https://apps.facebook.com/americanesol/> 2015.

12. Bill Bruck, et.al., Q2 Learning System 6. 2014. Available from: URL: <http://www.q2learning.com/> 2015.
13. Deskera North America. Deskera LMS. 2014 Available from: URL: <http://www.deskera.com/> 2016.
14. Docebo NA Inc. Docebo 2014 Available from: URL: <http://www.docebo.com/> 2016.
15. Epignosis LLC Corporation Trust Center. 2014. eFont Available from: URL: <http://www.efrontlearning.net/> 2016.
16. Evriklea Dogoriti and Jenny Pange. The use of social networking and earning management system in English language teaching in higher education. 2014. School of Education University of Ioannina Greece.
17. Liping Deng and Nicole Judith Tavares. From Moodle to Facebook: Exploring students' motivation and experiences in online communities. 2013. Department of Education Studies Hong Kong Baptist University Hong Kong.
18. Sameer Bhatia. ProProfs 2014 Available from: URL: <http://www.proprofs.com/> 2016.
19. Steven Brownson. Embedding Social Media Tools in Online Learning Courses. 2014. College of Liberal Arts Ashford University.
20. Thailandzocialawards. Globalize Facebook World Population. Available from: URL: <https://thailandzocialawards.com> April 30 2017.
21. Kirakowski, J. and Corbett, M., SUMI:The Software Usability Measurement Inventory, British Journal of Education Technology, 24(3), 210-212.
22. Yamane, Taro. Statistics: An Introductory Analysis, 2nd Edition, New York:Harper and Row. 1993.
23. Cronbach, L. J. Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests, Psychometrika. 1951;16(3), 297-334
24. Likert, Rensis. New patterns of management. New York :McGrow-Hill Book Company, 1961
25. M. Holbl, T. Welzer. Student Feedback and Communication Habits using Moodle.Electronics and Electrical Engineering.2010.-No 6(102)-pp. 63-66.
26. Twoscope Project Team. MooScoop – a Moodle Dashboard for Facebook. 2015 Available from:URL: <http://twoscope.com/projects/> 2016.
27. iLite facebook page. iLite. 2005. Available from:URL: <https://web.facebook.com/ilite.za/> 2016.

ต้นไม้วิวัฒนาการและกฎสำหรับการระบุต้นตอของการลอกเลียนซอร์สโค้ด

Phylogenetic Trees And A Rule For Identifying Original Source Codes

ณัฐนันท์ ลีลาตระกูล¹, สุณิสา ริมเจริญ²

Nutthanon Leelathakul¹, Sunisa Rimcharoen²

Received: 25 December 2018 ; Revised : 18 January 2019 ; Accepted: 8 February 2019

บทคัดย่อ

การลอกเลียนวรรณกรรม (Plagiarism) ถือเป็นการทำผิดทางจริยธรรมที่ร้ายแรง หากไม่มีการป้องกันหรือตรวจจับที่ดีแล้ว งานสร้างสรรค์ใหม่ ๆ จะเกิดขึ้นน้อย ทำให้เป็นปัญหาต่อการศึกษและการวิจัยของประเทศ การจัดการเรียนการสอนวิชาการเขียนโปรแกรมก็ประสบปัญหานี้อย่างมาก กล่าวคือ นักเรียนมีแนวโน้มที่จะแก้ปัญหาเฉพาะหน้าด้วยวิธีการที่ง่ายที่สุดคือ การคัดลอกโปรแกรมของเพื่อนแล้วมาส่งอาจารย์ ปัญหานี้จะต้องรีบถูกแก้ไข เพื่อให้ไม่ให้เยาวชนของชาติประพฤติตนไปในทางที่ไม่เหมาะสม ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการระบุต้นตอของการลอกเลียนซอร์สโค้ด เพื่อให้ทราบถึงแหล่งที่มาของการลอกโปรแกรมในกลุ่มนักเรียนนักศึกษา และเมื่ออาจารย์ผู้สอนทราบว่านักเรียนคนใดเป็นต้นฉบับ คนใดที่เป็นคนลอกเพื่อนมาส่ง อาจารย์จะได้วางแนวทางและมาตรการแก้ไข ตักเตือน และแก้ปัญหาได้ตั้งแต่ต้น งานวิจัยนี้ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีในการระบุต้นฉบับของซอร์สโค้ดโดยใช้กฎที่สร้างขึ้นจากขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการแบบ m+1 การหาต้นฉบับเริ่มจากสร้างต้นไม้แสดงวิวัฒนาการของการคัดลอกซอร์สโค้ดด้วยวิธีการหาต้นไม้แผ่ทั่วแบบค่าน้ำหนักรวมมากที่สุด (Maximum spanning tree) แล้วจึงใช้กฎที่นำเสนอเพื่อระบุทิศทางของลูกศรในต้นไม้เพื่อแสดงลำดับการสืบทอด จากการทดลองพบว่ากฎที่ได้จากขั้นตอนวิธีที่นำเสนอมีความถูกต้องในการระบุต้นฉบับ 90.24%

คำสำคัญ: ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการ ต้นไม้แผ่ทั่วแบบค่าน้ำหนักรวมมากที่สุด การลอกเลียนวรรณกรรม ซอร์สโค้ด

Abstract

Plagiarism is deemed a serious ethical offense. Without proper protection and accurate detection algorithms, the number of innovations would significantly dwindle, impeding the advancement of national research and education. Especially in programming courses, plagiarism is extremely common. Most students tend to do their homework in the simplest way: copying the source code of others. Such unpleasant issues must be addressed to preclude this misbehavior before it becomes students' habit, and to promote positive attitudes in our juveniles. In this paper, we propose an algorithm to identify original source codes, helping instructors to pinpoint whom to monitor and be able to set measures or correctly warn each wrong-doing student. This work introduces a rule, derived from a m+1 evolutionary algorithm, for identifying which source codes are original. First, we run the maximum spanning tree algorithm to generate a phylogenetic tree, representing the relationships and sequences of plagiarisms. Then, we apply our proposed rule to identify the source and its copies, whose relations are represented by arrows' directions. The experiment result shows that the proposed rule yields the accuracy of 90.24%.

Keywords: Evolutionary algorithm, Maximum spanning tree, Plagiarism, Source code

^{1,2} ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา, อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

^{1,2} Assistant Professor, Faculty of Informatics, Burapha university, Muang District, Chonburi 20131, Thailand.

Email: nutthanon@buu.ac.th, rsunisa@buu.ac.th

บทนำ

ปัญหาการลอกเลียนวรรณกรรม (Plagiarism) เป็นปัญหาสำคัญระดับชาติ ทรัพยากรมนุษย์จะไม่สามารถพัฒนาแบบก้าวไกลได้เลย หากไม่พยายามอย่างที่สุดที่จะคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมของตนเอง อีกทั้งยังเป็นปัญหาต่อการศึกษาและการวิจัยที่ฝังรากลึกเป็นระยะเวลายาวนาน โดยเยาวชนรุ่นใหม่มีแนวโน้มที่จะแก้ปัญหาเฉพาะหน้าด้วยวิธีการที่ง่ายที่สุด ซึ่งหนึ่งในวิธีเหล่านั้นคือ การคัดลอกผลงานของคนอื่น และนำมาอ้างว่าเป็นของตน ดังตัวอย่างในงานวิจัยของกิตติยา¹ ที่ได้ศึกษาความสำคัญของการป้องกันการโจรกรรมทางวิชาการ ดังนั้น การขโมยความคิดของผู้อื่นมาเป็นของตนเองเป็นปัญหาร้ายแรงที่ส่งผลกระทบต่อความเจริญก้าวหน้าและชื่อเสียงของประเทศในระยะยาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าปัญหานี้เกิดขึ้นกับกำลังสำคัญของชาติในอนาคต นั่นคือ นักเรียนนักศึกษา

การลอกเลียนวรรณกรรมในกลุ่มนักเรียนนักศึกษาจึงเป็นเรื่องเร่งด่วนที่ต้องมีมาตรการมาแก้ไข เพื่อไม่ให้เยาวชนของชาติประพฤตินไปในทางที่ไม่เหมาะสมซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาใหญ่ที่ร้ายแรงตามมาได้ การแก้ปัญหาที่จุดเริ่มต้นในวัยเยาว์ จะเป็นการปลูกฝังทัศนคติที่ถูกต้องให้กับเยาวชนของชาติซึ่งจะเติบโตไปเป็นกำลังสำคัญของประเทศและจะนำไปสู่การพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

การผลิตบัณฑิตทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์เพื่อตอบสนองอุตสาหกรรมการผลิตซอฟต์แวร์เป็นหนึ่งในกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์และนโยบายของชาติในการสร้างนวัตกรรม การจัดการเรียนการสอนวิชาการเขียนโปรแกรมจึงเป็นหัวใจสำคัญของการสร้างบัณฑิตเพื่อให้จบออกไปประกอบอาชีพทางการผลิตซอฟต์แวร์แต่ดังที่ได้กล่าวไปก่อนหน้านี้ ปัญหาของเยาวชนรุ่นใหม่ คือนักเรียนนักศึกษามีแนวโน้มที่จะแก้ปัญหาเฉพาะหน้าด้วยวิธีการที่ง่ายที่สุด โดยการคัดลอกโปรแกรมของคนอื่นมาส่งอาจารย์ ปัญหานี้จะต้องรีบถูกแก้ไข ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการระบุต้นตอของการลอกเลียนซอร์สโค้ด (Source code) เพื่อให้ทราบถึงแหล่งที่มาของการลอกโปรแกรมในกลุ่มนักเรียนนักศึกษา และเมื่ออาจารย์ผู้สอนทราบว่ามีนักเรียนคนใดเป็นต้นฉบับ คนใดที่เป็นคนลอกเพื่อนมาส่ง จะได้ว่าแนวทางและมาตรการแก้ไข ดักเตือน และแก้ปัญหาได้ตั้งแต่ต้น

ในบทความวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการในการระบุว่าซอร์สโค้ดใดเป็นต้นฉบับ และได้สร้างต้นไม้แสดงความสัมพันธ์และลำดับการสืบทอดซอร์สโค้ดที่มีความคล้ายกัน โดยต้นไม้ที่ถูกสร้างขึ้นจากการหาต้นไม้แม่แท้แบบค่าน้ำหนักรวมมากที่สุด และผู้วิจัยได้ระบุทิศทางของลูกศรเพื่อแสดงว่าซอร์สโค้ดใดเป็นต้นฉบับโดยอาศัยกฎที่ได้จากขั้นตอนวิธีเชิง

วิวัฒนาการแบบ $m+1$ ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดต่อไป

การคัดลอกซอร์สโค้ด

ซอร์สโค้ด (Source code) คือ ชุดคำสั่งทางซอฟต์แวร์ที่ถูกเขียนขึ้นเพื่อเรียบเรียงขั้นตอนการแก้ปัญหาให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลตามคำสั่งที่ระบุ วิชาการเขียนโปรแกรมถือเป็นวิชาพื้นฐานที่สอนให้ผู้เรียนเข้าใจวิธีการเขียนชุดคำสั่งเหล่านี้ นิสิตนักศึกษาที่เรียนทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์จะต้องเรียนวิชาการเขียนโปรแกรมเพื่อจบออกไปประกอบอาชีพในอนาคต ในการเรียนการสอนวิชานี้ ผู้เรียนจำเป็นต้องฝึกหัดเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาที่หลากหลาย เป็นการฝึกทักษะกระบวนการคิดแก้ปัญหา การเรียบเรียงคำสั่งสำหรับเขียนโปรแกรมออกมาเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งกระบวนการฝึกฝนนี้เป็นหัวใจสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถในการประกอบอาชีพโปรแกรมเมอร์เมื่อจบการศึกษา

แต่ในปัจจุบัน มีผู้เรียนจำนวนหนึ่งที่ไม่พยายามใช้ความสามารถของตัวเอง แต่จะพยายามหาวิธีที่ง่าย ๆ ที่ไม่ถูกต้องเพื่อที่จะทำให้ตนเองมีงานส่งอาจารย์ นั่นคือการลอกเลียนโปรแกรมของคนอื่นมาส่ง การทำเช่นนี้อาจทำให้ติดเป็นนิสัยและอาจเกิดผลเสียร้ายแรงได้ในระยะยาว ดังนั้น จึงต้องมีมาตรการในการแก้ไขตั้งแต่ในตอนเริ่มแรก เพื่อเป็นการปลูกฝังจิตสำนึกให้กับเยาวชน และเป็นการเสริมสร้างแนวความคิดในการสร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเอง

ที่ผ่านมาได้มีความพยายามในการคิดค้นวิธีการในการตรวจจับความคล้ายกันของซอร์สโค้ด Agrawal และ Sharma² ได้ศึกษาวิธีการตรวจจับการลอกเลียนซอร์สโค้ดจากงานวิจัยต่าง ๆ และได้แบ่งเทคนิคเป็น 5 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ 1) การตรวจจับในระดับข้อความ (String) 2) การตรวจจับในระดับหน่วยคำ (Token) 3) การตรวจจับในระดับต้นไม้ไวยากรณ์ (Parse tree) 4) การตรวจจับในระดับกราฟความสัมพันธ์ (Program dependency graph) และ 5) การตรวจจับโดยใช้ค่าจากมาตรวัดต่าง ๆ (Matrices) เช่น จำนวนลูป จำนวนเงื่อนไขในโปรแกรม

นักวิจัยจำนวนหนึ่งได้พัฒนาขั้นตอนวิธีในการตรวจจับความคล้ายกันของซอร์สโค้ดโดยตรวจจับที่ระดับต่าง ๆ เช่น Castro Campos และ Zaragoza Martinez³ ใช้ขั้นตอนวิธีในการหาลำดับร่วมแบบยาวสุด (LCS: Longest common subsequence) ในการตรวจจับโค้ดที่คล้ายกัน โดยพิจารณาที่ระดับของข้อความหรือตัวอักษรต่าง ๆ ที่ปรากฏในโปรแกรม ซึ่งแม้ว่าวิธี LCS นี้ปกติจะใช้เวลานานในการเปรียบเทียบ แต่บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคในการปรับปรุงวิธีการค้นหาให้เร็วขึ้นด้วยการใช้การค้นหาแบบแนวกว้างโดยเทคนิค

การทำซ้ำ (Iterative breadth-first search) Son *et al.*⁴ นำเสนอการตรวจจับโดยใช้ต้นไม้ไวยากรณ์ (Parse tree kernel) ซึ่งมีความสามารถในการตรวจโครงสร้างของโปรแกรม ซึ่งให้ประสิทธิภาพถึง 93% Zhao *et al.*⁵ ก็นำเสนอการตรวจจับโดยใช้ต้นไม้ไวยากรณ์ (Abstract syntax tree) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โครงสร้างของโปรแกรม แล้วเปรียบเทียบค่าแฮช (Hash value) ของโปรแกรมว่ามีความคล้ายกันหรือไม่ Kamalim⁶ ใช้การตรวจจับในระดับไบนารีโค้ด (Byte code) ซึ่งการตรวจจับแบบนี้มีข้อดีคือ ขั้นตอนวิธีจะพิจารณาจากโค้ดที่คอมไพล์แล้ว ซึ่งจะไม่สนใจเครื่องหมายวรรคตอน (Whitespace) และการตั้งชื่อตัวแปรที่ต่างกันก็จะไม่ส่งผล Qinqin และ Chunhai⁷ ได้รวบรวมนำเสนอมาตรวัดความคล้ายกันของซอร์สโค้ดต่าง ๆ เช่น การนับจำนวนแอททริบิว (Attribute counting method) การวัดโครงสร้างของโปรแกรม (Structural measurement method) การจัดกลุ่ม (Clustering method) เป็นต้น

ล่าสุดในปี 2018 Schneider *et al.*⁸ ได้นำเสนอแนวทางใหม่ในการตรวจจับการคัดลอกซอร์สโค้ดที่แตกต่างจากงานวิจัยที่มีมาก่อนหน้า กล่าวคืองานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาจะตรวจจับจากโปรแกรมที่เขียนเสร็จแล้ว แต่งานวิจัยใหม่นี้จะเก็บข้อมูล (Log) จากการเขียนโปรแกรมของนักเรียนในชั้นเรียน ตลอดจนกระบวนการเขียนโปรแกรม ซึ่งการใช้ข้อมูลจากพฤติกรรมในการเขียนโปรแกรมนี้สามารถตรวจจับการลอกกันของนักเรียนได้แม่นยำประมาณ 90% อย่างไรก็ตามการใช้วิธีการนี้ยังต้องการการปรับปรุง เนื่องจากประสบกับปัญหาข้อมูลปริมาณมาก และข้อมูลพฤติกรรมในการเขียนโปรแกรมมีความซับซ้อนยากต่อการวิเคราะห์

จากขั้นตอนวิธีต่าง ๆ ที่นักวิจัยจำนวนมากได้นำเสนอก็มีผู้นำมาพัฒนาเป็นเครื่องมือสำหรับตรวจจับการคัดลอกซอร์สโค้ด หนึ่งในนั้นคือเครื่องมือที่ชื่อว่า MOSS (Measure Of Software Similarity)⁹ ซึ่งเป็นโปรแกรมตรวจจับการคัดลอกที่ถูกพัฒนาขึ้นที่มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีการให้บริการผ่านเว็บ และรองรับภาษาโปรแกรมหลายภาษา ได้แก่ C, C++, Java, C#, Python, Visual Basic, JavaScript, FORTRAN, ML, Haskell, Lisp, Scheme, Pascal, Modula2, Ada, Perl, TCL, Matlab, VHDL, Verilog, Spice, MIPS assembly, a8086 assembly, HCL2 ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม MOSS ในการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของซอร์สโค้ด ก่อนที่จะใช้ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอในบทความวิจัยนี้มาทำการระบุซอร์สโค้ดที่เป็นต้นฉบับโดยขั้นตอนวิธีที่ MOSS ใช้ในการเปรียบเทียบความคล้ายกันของซอร์สโค้ดจะเป็นการตรวจจับในระดับข้อความ (Token)

กล่าวคือ MOSS จะวิเคราะห์หน่วยคำในโปรแกรมที่นำมาเปรียบเทียบ และระบุคู่ของโปรแกรมที่มีส่วนเหมือนกันมากของซอร์สโค้ด

ขั้นตอนการใช้ MOSS ในการตรวจจับการคัดลอกซอร์สโค้ดทำได้โดยดาวน์โหลดโปรแกรม MOSS มาที่เครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วรันคำสั่งในการตรวจ โดยระบุไฟล์หรือโฟลเดอร์ที่ต้องการเปรียบเทียบ แล้วซอร์สโค้ดที่จะทำการเปรียบเทียบเหล่านี้จะถูกอัปโหลดไปที่เซิร์ฟเวอร์ของ MOSS แล้วผู้ใช้จะได้ URL ในการเปิดดูผลลัพธ์ ซึ่งจะแสดงผลการเปรียบเทียบคู่ของไฟล์ที่มีความคล้ายกัน บอกเปอร์เซ็นต์ความคล้าย และบรรทัดที่คล้ายกัน ดังตัวอย่างใน Figure 1 โดยผู้ใช้สามารถคลิกที่ลิงค์ของแต่ละคู่ไฟล์เพื่อเข้าไปดูรายละเอียดของซอร์สโค้ด ซึ่งจะมีสีแดงส่วนของโค้ดที่คล้ายกันดังตัวอย่างใน Figure 2

File 1	File 2	Lines Matched
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial.java (88%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T2-RenameAll.java (88%)	8
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial.java (88%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-Whitespace.java (88%)	11
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial.java (88%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-Comments.java (88%)	23
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-Whitespace.java (88%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T2-RenameAll.java (88%)	11
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-Comments.java (88%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-Whitespace.java (88%)	23
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-Comments.java (88%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial.java (88%)	8
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-Copy.java (88%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T2-RenameAll.java (88%)	8
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-Copy.java (88%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-Whitespace.java (88%)	23
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-Copy.java (88%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-Comments.java (88%)	8
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial.java (79%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-LoopEndPoint.java (79%)	8
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial.java (79%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-DummyMethod.java (67%)	8
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-DummyMethod.java (67%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-LoopEndPoint.java (79%)	8
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T2-RenameAll.java (79%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-DummyMethod.java (67%)	8
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-Whitespace.java (72%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-LoopEndPoint.java (79%)	8
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-Comments.java (79%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-DummyMethod.java (67%)	21
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-Comments.java (79%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T2-RenameAll.java (79%)	21
./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-Copy.java (79%)	./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T1-LoopEndPoint.java (79%)	8

Figure 1 MOSS results

```

./TestSetPlagiarism/MiniFactorial.java (88%)
public class main {
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println(factorial(10));
    }
    public static int factorial(int n)
    {
        int ret = 1;
        for (int i = 1; i <= n; ++i) ret *= i;
        return ret;
    }
}

./TestSetPlagiarism/MiniFactorial-T2-RenameAll.java (88%)
public class renamed {
    public static void renamed(String[] commandline_parameters) {
        System.out.println(fakustat(10));
    }
    public static int fakustat(int parameter)
    {
        int result = 1;
        for (int current = 1; current <= parameter; ++current) result *= current;
        return result;
    }
}

```

Figure 2 Plagiarized program

ต้นไม้แผ่ทั่วแบบค่าน้ำหนักรวมมากที่สุด

ต้นไม้แผ่ทั่วของกราฟ (Spanning tree) คือ กราฟย่อยที่ทุกโหนดมีการเชื่อมต่อกันและไม่มีความซ้ำซ้อน ซึ่งโดยทั่วไปนักคอมพิวเตอร์จะคุ้นเคยกับต้นไม้แผ่ทั่วแบบค่าน้ำหนักรวมน้อยสุด (Minimum spanning tree) ซึ่งสามารถหาต้นไม้นี้ได้จากขั้นตอนวิธีของพริม (Prim's algorithm) หรือ ขั้นตอนวิธีของครัสคัล (Kruskal's algorithm) รายละเอียดของขั้นตอนวิธีสามารถอ่านได้จากหนังสือเรียนวิชาโครงสร้างข้อมูลและอัล

กอรทิ้มทั่วไป เช่น หนังสืออัลกอรทิ้ม (Sedgewick, 2011)¹⁰ โดยหลักการคร่าว ๆ คือ ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงละโมภ (Greedy algorithm) ในการเลือกเส้นเชื่อมที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดที่ไม่ทำให้เกิดวงวนในกราฟ โดยเลือกเส้นเชื่อมทีละเส้นจนทุกโหนดในกราฟมีเส้นเชื่อมถึงกันทั้งหมด

แต่ในงานวิจัยนี้ต้องการหาความสัมพันธ์เชื่อมโยงของซอร์สโค้ดที่มีความคล้ายกันมากที่สุด จึงจะใช้การหาต้นไม้แผ่ทั่วแบบค่าน้ำหนักรวมมากที่สุดแทน (Maximum spanning tree) ซึ่งวิธีการหาต้นไม้แผ่ทั่วแบบค่าน้ำหนักรวมมากที่สุดสามารถใช้ขั้นตอนวิธีของครัสคัลได้โดยที่กำหนดให้ค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อมแต่ละเส้นเป็นค่าติดลบแทน¹¹

ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการแบบ m+l

ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการ เป็นขั้นตอนวิธีที่ถูกคิดค้นขึ้นโดยได้รับแรงบันดาลใจจากหลักการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ ขั้นตอนวิธีรูปแบบนี้ใช้วิธีการค้นหาคำตอบโดยสร้างตัวเลือกที่อาจจะเป็คำตอบได้ขึ้นมาจำนวนหนึ่ง (เรียกว่าประชากร) ตัวเลือกของคำตอบเหล่านี้จะถูกประเมินว่าคำตอบใดมีความเหมาะสม (Fitness value) ที่ดีกว่ากัน ตัวเลือกที่ดีกว่าจะมีโอกาสอยู่รอด หรือได้เป็นต้นแบบในการสร้างตัวอย่างในรุ่นถัดไป ขั้นตอนวิธีนี้เลียนแบบการคัดสรรทางธรรมชาติ ที่มีกฎว่าสิ่งมีชีวิตที่แข็งแรงกว่าและปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่าจะได้สืบพันธุ์และอยู่รอดต่อไป ทำให้ตัวอย่างคำตอบที่สร้างขึ้นมามีการวิวัฒนาการไปสู่คำตอบที่ดีขึ้น กระบวนการสร้างและปรับปรุงตัวอย่างคำตอบนี้จะถูกดำเนินการไปจนครบจำนวนรอบที่ผู้ใช้กำหนดหรือจนกว่าจะพบคำตอบที่ผู้ใช้พึงพอใจ

งานวิจัยนี้ได้ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการรูปแบบหนึ่ง ที่เรียกว่าขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการแบบ m+l โดยเหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนวิธีดังกล่าวในการสร้างกฎ (แทนที่จะใช้วิธีอื่น ๆ เช่น ต้นไม้ตัดสินใจ, ข่ายงานประสาทเทียม หรือเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องจักรแบบอื่น ๆ) เนื่องจาก ผู้วิจัยต้องการสร้างกฎที่มนุษย์สามารถเข้าใจและอธิบายความหมายได้ แทนที่จะเป็นโมเดลที่เป็นค่าน้ำหนักในการตัดสินใจ และเหตุผลที่ไม่ใช้ต้นไม้ตัดสินใจเนื่องจากผู้วิจัยต้องการสร้างกฎที่ไม่ผูกติดอยู่กับค่าที่เป็นได้ของแอทริบิวต์ต่าง ๆ แต่เป็นกฎที่เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแอทริบิวต์ต่าง ๆ ที่นำมาพิจารณา

หลักการทํางานของขั้นตอนวิธี m+l คือ สร้างประชากรรุ่นแรก (ตัวอย่างคำตอบ) ขึ้นมา m รูปแบบ จากนั้นประเมินค่าความเหมาะสมของประชากรแต่ละตัว แล้วสุ่มเลือกประชากรที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีมาเป็นต้นแบบในการสร้างประชากรรุ่นลูกขึ้นมาอีก l รูปแบบ แล้วจึงคัดเลือกประชากรที่มีค่าความเหมาะสมดีที่สุดโดยพิจารณาจากประชากรทั้งหมด m+l ตัว แล้วเลือก mu ตัวที่ดีที่สุดมาเป็นประชากรตั้งต้นในรุ่นถัดไป ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการแบบ m+l แสดงใน Figure 3 รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการสามารถอ่านได้จาก Mitchell¹², Goldberg¹³ และการวิเคราะห์พฤติกรรมทํางานของขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการแบบ m+l สามารถศึกษาได้จาก Ter-Sarkisov และ Marsland¹⁴

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เสนอวิธีการในการระบุต้นตอของซอร์สโค้ดจากซอร์สโค้ดที่มีความคล้ายคลึงกัน พร้อมทั้งสร้างต้นไม้แสดงความสัมพันธ์และลำดับการสืบทอดซอร์สโค้ดที่มีความคล้ายกัน คณะผู้วิจัยได้นำเสนอกฎที่ใช้ในการระบุต้นตอซึ่งกฎนี้ได้มาจากการวิวัฒนาการคำตอบโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการแบบ m+l ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การเข้ารหัสโครโมโซมและการสร้างประชากร คณะผู้วิจัยได้ออกแบบรูปแบบของกฎ แสดงดัง Figure 4 โดยแต่ละกฎประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่จะถูกวิวัฒนาการ คือ ความยาวของกฎ (จำนวนเงื่อนไขที่ใช้เปรียบเทียบ), ค่าแอทริบิวต์ที่นำมาพิจารณา, ตัวดำเนินการเปรียบเทียบ, ตัวดำเนินการทางตรรกะ

ประชากรแต่ละตัวจะถูกสุ่มสร้างขึ้นตามโครงสร้างโครโมโซมที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยแต่ละ condition จะเป็นเงื่อนไขของกฎ ซึ่งประกอบด้วยแอทริบิวต์ต่าง ๆ ที่ถูกสุ่มขึ้นมาเปรียบเทียบกันด้วยตัวดำเนินการเปรียบเทียบต่าง ๆ ได้แก่ >, <, =, >= และ <= โดยแอทริบิวต์ต่าง ๆ ได้มาจากการเปรียบเทียบความคล้ายกันของซอร์สโค้ดจาก MOSS แอทริบิวต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีดังนี้

1. จำนวนบรรทัดของซอร์สโค้ดไฟล์ที่ 1
2. เปอร์เซนต์ความคล้ายที่ไฟล์ที่ 1 ไปเหมือนกับอีกไฟล์หนึ่ง
3. หมายเลขบรรทัดแรกที่ตรวจจับได้ว่าเหมือนกับอีกไฟล์หนึ่ง

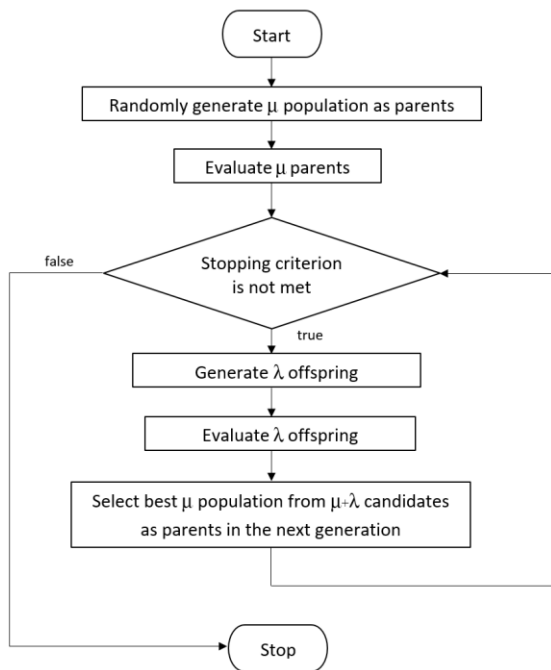


Figure 3 mu+lambda evolutionary algorithm

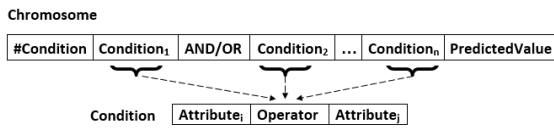


Figure 4 Chromosome encoding

4. หมายเลขบรรทัดสุดท้ายที่ตรวจจับได้ว่าเหมือนกับอีกไฟล์หนึ่ง
5. จำนวนบรรทัดของซอร์สโค้ดไฟล์ที่ 2
6. เปอร์เซ็นต์ความคล้ายที่ไฟล์ที่ 2 ไปเหมือนกับอีกไฟล์หนึ่ง
7. หมายเลขบรรทัดแรกที่ตรวจจับได้ว่าเหมือนกับอีกไฟล์หนึ่ง
8. หมายเลขบรรทัดสุดท้ายที่ตรวจจับได้ว่าเหมือนกับอีกไฟล์หนึ่ง
9. จำนวนบรรทัดที่ทั้งสองไฟล์เหมือนกัน
10. ผลเฉลี่ยที่ระบุว่าเป็นไฟล์ใดคัดลอกมาจากไฟล์ใด หรือ ไม่ได้มีการคัดลอก

2) การประเมินค่าความเหมาะสม

ประชากรหรือกฎในการระบุต้นตอที่ถูกสุ่มสร้างขึ้นแต่ละอัน จะถูกประเมินค่าความเหมาะสมเพื่อจะได้ทราบว่ากฎใดให้ค่าความถูกต้องในการระบุต้นตอของซอร์สโค้ดได้

มากกว่ากัน ในงานวิจัยนี้ให้คะแนนค่าความเหมาะสมโดยการนำกฎที่สร้างขึ้นมาได้ไประบุต้นตอกับข้อมูลทดสอบ (Benchmark data) แล้วดูว่ามีกี่กรณีที่ระบุได้ถูกต้อง ในกรณีที่ระบุได้ถูกต้องจะได้ 1 คะแนนต่อหนึ่งกรณีที่ทดสอบ ส่วนถ้ากฎนั้นระบุผลลัพธ์ผิดคะแนนก็จะถูก -1 ดังนั้นคะแนนรวมจากการทดสอบจะถูกใช้เป็นค่าความเหมาะสมในการคัดเลือกประชากรสำหรับวิวัฒนาการในรุ่นถัดไป

3) การสร้างประชากรรุ่นใหม่

ประชากรที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีกว่าจะมีโอกาสมากกว่าที่จะถูกสุ่มหยิบมาเป็นต้นแบบในการสร้างประชากรรุ่นลูก ในการสร้างประชากรรุ่นใหม่ขึ้นมา จะนำต้นแบบจากประชากรเดิมมาสุ่มเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ในโครโมโซม เช่น เพิ่ม/ลด ความยาวของกฎ, เปลี่ยนตัวดำเนินการทางตรรกะ, เปลี่ยนตัวดำเนินการเปรียบเทียบ, เปลี่ยนค่าของแอมพลิฟายเออร์ที่จะทำการเปรียบเทียบ เมื่อสร้างประชากรรุ่นใหม่เสร็จแล้วก็จะนำกฎที่ปรับปรุงใหม่ขึ้นมาประเมินค่าความเหมาะสมอีกครั้งหนึ่ง เพื่อเปรียบเทียบและคัดลอกประชากรที่ดีที่สุดให้อยู่รอดในรุ่นถัดไป

4) ข้อมูลและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลการลอกเลียนซอร์สโค้ดจากข้อมูลทดสอบ (Benchmark data) ที่เผยแพร่ในอินเทอร์เน็ต¹⁵ ซึ่งชุดข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วยไฟล์ต้นฉบับและซอร์สโค้ดที่มีการลอกเลียนมาจากต้นฉบับจำนวน 21 โปรแกรม โดยผู้สร้างชุดข้อมูลทดสอบนี้ได้แบ่งกลุ่มของชุดข้อมูลการลอกเลียนซอร์สโค้ดเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. ชุดที่ 1 (T1) ชุดคำสั่งในโปรแกรมเหมือนกันทุกประการ มีการเปลี่ยนแปลงแค่การเพิ่มช่องว่าง การเว้นวรรค การขึ้นบรรทัดใหม่ หรือการเพิ่มคอมเมนต์เข้าไปในโปรแกรม
 2. ชุดที่ 2 (T2) ชุดคำสั่งเดิม แต่อาจมีการเปลี่ยนชื่อตัวแปร สัญพจน์ (Literal) รวมถึงอาจมีการจัดรูปแบบโค้ดที่แตกต่างกัน
 3. ชุดที่ 3 (T3) มีการเปลี่ยนแปลงซอร์สโค้ดเล็กน้อย เช่น มีการ เพิ่ม/ลบ บางคำสั่ง อาจมีการประกาศตัวแปรต่างชนิด ใช้รูปแบบระบุรูปแบบ รวมถึงอาจมีการจัดรูปแบบโค้ดที่แตกต่างกัน
 4. ชุดที่ 4 (T4) ซอร์สโค้ดที่ทำงานเหมือนกัน แต่ใช้คนละวิธี คนละเทคนิคในการเขียนโปรแกรม
- ในส่วนของขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการแบบ m+1 คณะผู้วิจัยได้ใช้พารามิเตอร์ต่าง ๆ แสดงใน Table 1

Table 1 Parameter settings

Parameter	Value
The number of parents (mu)	10
The number of childs (lambda)	80
Tournament size	2
The number of generations	50

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองสร้างกฎตามวิธีการที่ได้อธิบายในหัวข้อก่อนหน้า เพื่อระบุต้นตอของซอร์สโค้ดที่มีความคล้ายกัน โดยกฎที่ได้แสดงใน Table 2

Table 2 Experimental result

Rule for identifying the original source code	% correct
IF endMatched_File1 < endMatched_File2 OR percentMatched_File1 > percentMatched_File2 THEN File1 is original ELSE IF endMatched_File1 > endMatched_File2 THEN File2 is original ELSE IF percentMatched_File1 = percentMatched_File2 THEN File1 is original ELSE not a copy	90.24%

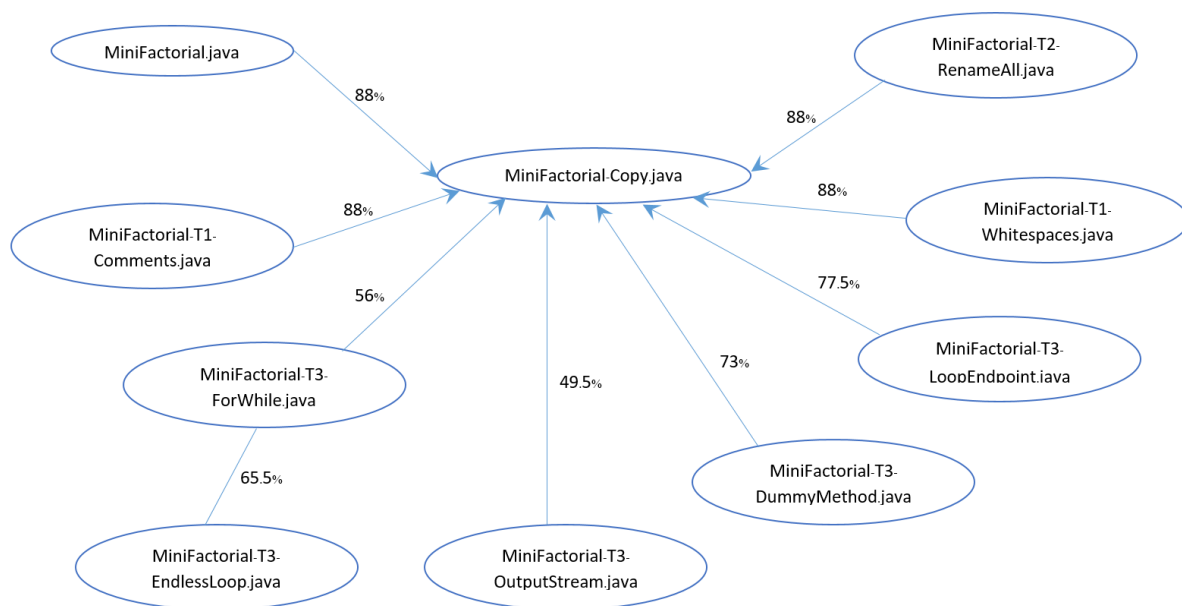


Figure 5 Phylogenetic tree of source code plagiarism

จากเอทริบิวทั้งหมดที่ได้มาจากผลลัพธ์การตรวจความคล้ายกันของซอร์สโค้ดโดยใช้ MOSS นั้น ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการได้คัดเลือกเหลือเพียงการใช้ หมายเลขบรรทัดสุดท้ายที่โค้ดเหมือนกัน และ เปอร์เซ็นต์ความคล้ายกันของซอร์สโค้ด เป็นเงื่อนไขในการระบุว่าไฟล์ใดเป็นต้นฉบับ โดยเริ่มต้นจะพิจารณาว่า ถ้าหมายเลขบรรทัดสุดท้ายที่ไฟล์ที่ 1 เหมือนกับไฟล์ที่ 2 น้อยกว่า หมายเลขบรรทัดที่ไฟล์ที่ 2 เหมือนกับไฟล์ที่ 1 หรือ เปอร์เซ็นต์ความคล้ายของไฟล์ที่หนึ่งมากกว่า เปอร์เซ็นต์ความคล้ายของไฟล์ที่ 2 จะระบุว่า ไฟล์ที่

1 เป็นต้นฉบับ แต่ถ้าไม่เข้าเงื่อนไขดังกล่าว จะพิจารณาต่อว่า ถ้า หมายเลขบรรทัดสุดท้ายที่ไฟล์ที่ 1 เหมือนกับไฟล์ที่ 2 มากกว่า หมายเลขบรรทัดที่ไฟล์ที่ 2 เหมือนกับไฟล์ที่ 1 จะระบุว่าไฟล์ที่ 2 เป็นต้นฉบับ แต่ถ้าไม่เข้าเงื่อนไขก็เปรียบเทียบกับ เปอร์เซ็นต์ความคล้ายของทั้ง 2 ไฟล์เท่ากันหรือไม่ ถ้าเท่ากัน จะระบุว่าไฟล์ที่ 1 เป็นต้นฉบับ แต่ถ้าไม่เข้าเงื่อนไขทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ก็จะระบุว่าทั้ง 2 ไฟล์ไม่ได้ลอกเลียนกัน

จากการใช้กฎดังกล่าวระบุไฟล์ที่มีการคัดลอก พบว่าสามารถระบุไฟล์ต้นฉบับและระบุไฟล์ที่ไม่ได้ลอกเลียนได้ถูก

ต้อง %90.24

เมื่อระบุไฟล์ต้นฉบับได้แล้ว ผู้วิจัยได้สร้างต้นไม้แสดงความสัมพันธ์ และระบุทิศทางของลูกศรเพื่อแสดงลำดับการสืบทอดของซอร์สโค้ดที่มีความคล้ายกัน ซึ่งต้นไม้ที่สร้างได้โดยการหาต้นไม้แบบค่าน้ำหนักรวมมากที่สุด แล้วระบุทิศทางโดยใช้กฎที่นำเสนอข้างต้น สำหรับชุดข้อมูลทดสอบนี้สามารถสร้างต้นไม้แสดงความสัมพันธ์ของการลอกเลียนซอร์สโค้ดได้ดัง Figure 5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าไฟล์ต่าง ๆ ส่วนใหญ่แล้วคัดลอกมาจากต้นฉบับ คือ ไฟล์ชื่อ MiniFactorial-Copy.java อย่างไรก็ตาม ไฟล์ MiniFactorial-Copy.java กับไฟล์ชื่อ MiniFactorial.java ที่จริงแล้วคือไฟล์เดียวกัน ซึ่งไฟล์ที่เหมือนกันทุกประการนี้ กฎที่นำเสนอสามารถบอกได้ว่ามีการลอกกันแต่ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าไฟล์ใดเป็นต้นฉบับ ซึ่งในที่นี้กฎที่ได้ระบุว่าไฟล์ MiniFactorial-Copy.java เป็นต้นฉบับ ทิศทางของลูกศรจึงเป็นดังภาพ นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์ของอีก 1 คู่ไฟล์ คือไฟล์ชื่อ MiniFactorial-T-ForWhile.java กับไฟล์ชื่อ MiniFactorial-T-3EndlessLoop.java ซึ่งจากต้นไม้แบบค่าน้ำหนักรวมมากที่สุด ได้เลือกเส้นเชื่อมระหว่างไฟล์คู่นี้ไว้ ซึ่งทั้งสองไฟล์ก็มีความคล้ายกัน แต่ไม่ได้ลอกกันมาโดยตรง เส้นเชื่อมระหว่างไฟล์คู่นี้จึงไม่มีหัวลูกศรระบุต้นฉบับ

วิจารณ์และสรุปผล

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากฎที่นำเสนอที่ได้มาจากการวิวัฒนาการคำตอบโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการแบบ m+1 ให้ค่าความถูกต้องในการระบุการลอกเลียนซอร์สโค้ด 90.24% ซึ่งได้ทดสอบกับชุดข้อมูลที่มีทั้งการเปลี่ยนแปลงซอร์สโค้ดแบบเล็กน้อย และซอร์สโค้ดที่มีการเปลี่ยนวิธีการในการเขียนโปรแกรม ต้นไม้แสดงความสัมพันธ์และลำดับการสืบทอดการลอกเลียนซอร์สโค้ดที่สร้างขึ้นนี้ จะเป็นเครื่องมือหนึ่งที่จะช่วยให้อาจารย์เห็นภาพรวมของความคล้ายกันของงานเขียนโปรแกรมที่เป็นการบ้านที่นักเรียนส่งมา รวมทั้งได้ข้อสังเกตเกี่ยวกับว่าไฟล์ใดน่าจะเป็นต้นฉบับในการลอกเลียนซอร์สโค้ดมาส่ง เพื่อที่ผู้สอนจะได้ตัดเตือนและให้คำแนะนำที่เหมาะสมกับนักเรียนต่อไป อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ได้นำเสนอผลการทดลองเบื้องต้น ซึ่งใช้ข้อมูลมาตรฐานที่เป็นข้อมูลทดสอบที่เผยแพร่ให้ใช้ในงานวิจัยทั่วไป (Benchmark) ในอนาคตผู้วิจัยวางแผนจะรวบรวมข้อมูลจริงและปรับปรุงขั้นตอนวิธีให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.

2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 14/2561

เอกสารอ้างอิง

1. กิตติยา สุทธิประภา (2560), PLAGIARISM: ความสำคัญของการป้องกันการโจรกรรมทางวิชาการ, อินฟอร์เมชั่น; 24(1):90-97
2. Agrawal M, Sharma, DK. A state of art on source code plagiarism detection. Proceedings of 2nd International Conference on Next Generation Computing Technologies; 2016.
3. Castro Campos RA, Zaragoza Martinez FJ. Batch source-code plagiarism detection using an algorithm for the bounded longest common subsequence problem. Proceedings of 9th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control; 2012.
4. Son, JW, Noh, TG, Song HJ, Park, SB. An application for plagiarized source code detection based on a parse tree kernel, Engineering Applications of Artificial Intelligence 2013;26:1911-1918
5. Zhao, J, Xia K, Fu, Y, Cui B. An AST-based Code Plagiarism Detection Algorithm. Proceedings of 10th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications; 2015.
6. Kamalim, O. Detecting source code plagiarism on introductory programming course assignments using a bytecode approach. Proceedings of International Conference on Information & Communication Technology and Systems; 2016.
7. Qinqin, L, Chunhai, Z. Research on Algorithm of Program Code Similarity Detection. Proceedings of International Conference on Computer Systems, Electronics and Control; 2017.
8. Schneider, J, Bernstein, A, Brocke, JV, Damevski, K, Shepherd, DC. Detecting Plagiarism Based on the Creation Process, IEEE Transactions on Learning Technologies 2018;11(3):348361-
9. MOSS: A System for Detecting Software Similarity [online]. Available from: <https://theory.stanford.edu/~aiken/moss/> Accessed Dec 2018.
10. Sedgewick, R. Algorithms. Massachusetts: Addison-

Wesley; 2011. P. 604636-

11. Pemmaraju, S, Skiena, S. Computational Discrete Mathematics: Combinatorics and Graph Theory with Mathematica. New York: Cambridge University Press, 2003
12. Mitchell, M. An Introduction to Genetic Algorithms. Massachusetts: MIT Press, 1996
13. Goldberg, DE. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Massachusetts: Addison-Wesley, 1989
14. Ter-Sarkisov, A, Marsland, S. Convergence Properties of $(\mu + \lambda)$ Evolutionary Algorithms. Proceedings of the 25th AAAI Conference on Artificial Intelligence; 2011
15. Source Code Plagiarism Test Sets [online]. Available from: <https://github.com/nordicway/SourceCode-Plagiarism-TestSets> Dec 2018.

คุณภาพทางแบคทีเรียของน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสที่จำหน่ายในเมืองท่องเที่ยว สาธารณรัฐสหภาพเมียนมาร์

Bacteriological Quality of Clear Plastic Bottled Drinking Water Distributed in Tourist Cities, Republic of the Union of Myanmar

สุบัตติต นิมรัตน์,^{1*} วีรพงษ์ วุฒิพันธุ์ชัย²

Subuntith Nimrat,^{1*} Verapong Vuthiphandchai²

Received: 6 July 2018 ; Revised : 21 September 2018 ; Accepted: 10 October 2018

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึงคุณภาพทางแบคทีเรียของน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใส จำนวน 28 ตัวอย่าง ที่จำหน่ายในเมืองหงสาวดี ย่างกุ้ง และเมืองไจโท สาธารณรัฐสหภาพเมียนมาร์ โดยทำการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E. coli* ด้วยวิธีเอ็มพีเอ็น (Most Probable Number; MPN) และปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรฟทั้งหมดของน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสด้วยวิธีสเปรดเพลท (spread plate) จากผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสทั้งหมดพบว่ามีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม น้อยกว่า 2.2 MPN/100 mL รวมทั้งตรวจไม่พบ *E. coli* และแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรฟทั้งหมดในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษา ดังนั้นทำให้นับว่าไม่พบแบคทีเรียก่อโรคในตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดทั้งหมด จากการประเมินคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาทางด้านปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มและแบคทีเรียก่อโรคของน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสที่จำหน่ายในเมืองหงสาวดี ย่างกุ้ง และเมืองไจโท สาธารณรัฐสหภาพเมียนมาร์ ในครั้งนี้พบว่ามีความปลอดภัยทางด้านปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม *E. coli* และแบคทีเรียก่อโรคเป็นไปตามมาตรฐานของน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่กำหนดโดยมาตรฐานของน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิทตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524)

คำสำคัญ: น้ำดื่มบรรจุขวด แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม *E. coli*

Abstract

In this study, bacteriological quality of 28 samples of clear plastic bottled drinking water distributed in Hanthawady, Yangon and Kyaikto cities, Republic of the Union of Myanmar was determined. Coliform bacteria, fecal coliform bacteria and *E. coli* were assayed by most probable number (MPN) technique. Number of total heterotrophic bacteria was enumerated by spread plate technique. The results showed that coliform bacteria and fecal coliform bacteria in all of tested clear plastic bottled drinking water samples were less than 2.2 MPN/100 mL. *E. coli* and total heterotrophic bacteria were not found in all tested samples. Therefore, this phenomenon indicated that pathogenic bacteria were not found in all bottled drinking water samples. From assessment of microbiological qualities in terms of coliform quantity and pathogenic bacteria the results indicated that all tested samples met the criteria for drinking water in sealed containers set by Ministry of Public Health Notification, Thailand, no. 61 (1981).

Keywords: Bottled drinking water, Coliform bacteria, Fecal coliform bacteria, *E. coli*

¹ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาจุลชีววิทยาและโครงการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

¹ Assoc. Prof., Department of Microbiology and Environmental Science Program, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri Province 20131

² Assoc. Prof., Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri Province 20131

* Corresponding Author. E-mail Address: subunti@buu.ac.th, Tel.: 038-103120

บทนำ

น้ำดื่มที่ปลอดภัยถือเป็นหนึ่งในความต้องการเบื้องต้นสำหรับสุขภาพและความยั่งยืนของมนุษย์ โดยมนุษย์ทุกคนจะมีการใช้น้ำทุกวัน อย่างไรก็ตามองค์การอนามัยโลก (WHO) รายงานว่า 884 ล้านคนไม่สามารถเข้าถึงน้ำดื่มที่ปลอดภัย และมีการเสียชีวิตถึง 2.2 ล้านคน (ส่วนใหญ่เป็นเด็ก) โดยโรคท้องร่วงที่เกิดจากน้ำที่มีการปนเปื้อนที่มีสุขาภิบาลและสุขอนามัยไม่ดี หนึ่งในภัยคุกคามที่ใหญ่ที่สุดต่อสุขภาพของประชาชนที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียในน้ำดื่ม ซึ่งนำไปสู่การแพร่ระบาดของโรคต่าง ๆ เช่น โรค Giardiasis, Gastroenteritis, อหิวาตกโรค, Cryptosporidiosis ฯลฯ การเข้าถึงน้ำดื่มที่ปลอดภัยถือเป็นสิ่งจำเป็นต่อสุขภาพ ได้มีรายงานว่าแบคทีเรียเจริญได้ในน้ำดื่มบรรจุขวดโดยพบแบคทีเรียประมาณ 10^2 - 10^5 CFU/mL ในน้ำแร่หลังจากบรรจุขวด เช่นเดียวกันพบว่ามีการเจริญของแบคทีเรียในท่อของระบบจ่ายน้ำ และพบว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรปจากก๊อกน้ำประปาในครัวเรือนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,072 CFU/mL และจำนวนแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรปเพิ่มขึ้นอย่างมากจากระบบการจ่ายน้ำไปยังก๊อกน้ำประปาของผู้บริโภค¹ และในปัจจุบันสาธารณรัฐสหภาพเมียนมาร์ หรือประเทศพม่า เป็นประเทศที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวจากทั่วโลกได้มากที่สุดประเทศหนึ่งเนื่องจากในอดีตประเทศพม่าเป็นประเทศปิด ต่อมาในปี พ.ศ. 2535 รัฐบาลพม่าได้เปิดประเทศต้อนรับนักท่องเที่ยวอย่างเป็นทางการ และประกาศในปี พ.ศ. 2539-2540 เป็นปีท่องเที่ยวพม่า จึงทำให้นักท่องเที่ยวหลั่งไหลไปท่องเที่ยวในประเทศพม่า โดยเฉพาะในบริเวณเมืองวัฒนธรรมชั้นใน ได้แก่ เมืองย่างกุ้ง หงสาวดี สิเรียม พุกาม มัณฑะเลย์ ตองยี ทะเลสาบอินเล ซึ่งเป็นบริเวณท่องเที่ยวที่สามารถเดินทางไปเที่ยวได้สะดวก มีความพร้อมทั้งในเรื่องที่พัก อาหาร และยานพาหนะ² แต่อย่างไรก็ตามพบว่ายังไม่มีงานวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำดื่มในประเทศพม่า ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าได้มุ่งเน้นถึงการตรวจสอบถึงคุณภาพทางจุลชีววิทยา คือ ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม *E. coli* และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรปทั้งหมดของน้ำดื่มบรรจุขวดที่ผลิตในเมืองท่องเที่ยวที่สำคัญของสาธารณรัฐสหภาพเมียนมาร์ ได้แก่ เมืองย่างกุ้ง หงสาวดี และใจโท ตามมาตรฐานของประเทศไทยเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นถึงความปลอดภัยของน้ำดื่มบรรจุขวดที่ผลิตในสาธารณรัฐสหภาพเมียนมาร์ และลดความเสี่ยงที่เป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดเหตุการณ์ของโรคระบาดที่มีน้ำดื่มบรรจุขวดเป็นสื่อ

วิธีการศึกษา

2.1 การจัดบันทึก

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดจากสาธารณรัฐสหภาพเมียนมาร์ ในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2555 ถึงมกราคม พ.ศ. 2556 โดยเก็บตัวอย่างน้ำดื่มจากแหล่งท่องเที่ยวในเมืองย่างกุ้ง หงสาวดี และใจโท โดยเก็บ 9 ยี่ห้อ ๆ ละ 3-4 ขวด รวม 28 ตัวอย่าง และบันทึกรายละเอียดบนฉลาก (วันผลิต/หมดอายุ สถานที่ผลิต ปริมาตรสุทธิ กระบวนการบำบัดน้ำ และการผ่านการรับรองคุณภาพ) ลักษณะขวดและลักษณะน้ำ และเก็บรักษาภายใต้ น้ำแข็งอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการทดลองต่อไป

2.2 การทดสอบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E. coli* โดยวิธี Most Probable Number ตามวิธีมาตรฐาน³

2.2.1 การทดสอบขั้นแรก (Presumptive test)

ปิเปตตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตร ลงในอาหาร Lauryl Sulfate Tryptose broth (LST) ที่มีความเข้มข้น 2 เท่า ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จำนวน 5 หลอด และปิเปตตัวอย่างน้ำลงในอาหาร LST ที่มีความเข้มข้น 1 เท่า ปริมาตร 10 มิลลิลิตร หลอดละ 1 และ 0.1 มิลลิลิตร อย่างละ 5 หลอด ตามลำดับ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเลือกหลอด LST ที่ให้ผลบวก คือ ชุ่นและมีก๊าซในหลอดดักก๊าซ (Durham tube) เพื่อนำไปทำการทดลองขั้นยืนยัน (Confirmed test) ของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม

2.2.2 การทดสอบขั้นยืนยัน (Confirmed test)

ถ่ายเชื้อจากหลอด LST ที่ให้ผลบวกจากข้อ 2.2.1 จำนวน 1 หลูป ใส่ลงในอาหาร Brilliant Green Lactose Bile broth (BGLB) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง สำหรับแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม และนำหลอด LST ที่ให้ผลบวกถ่ายเชื้อลงใน *Escherichia coli* (EC) medium นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 45.5 องศาเซลเซียส ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง สำหรับแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม จากนั้นนับจำนวนหลอด BGLB และ EC ที่ให้ผลบวก คือ ชุ่นและมีก๊าซในหลอดดักก๊าซ นำไปเทียบกับตาราง Most Probable Number (MPN) จะได้ค่า MPN Coliform/100 mL และ Fecal coliform/100 mL ตามลำดับ

2.2.3 การทดสอบขั้นสมบูรณ์ (Completed test) ของ *E. coli*

ถ่ายเชื้อจากหลอด BGLB และ/หรือ EC ที่ให้ผลบวกจากข้อ 2.2.2 จำนวน 1 หลบ ชีดเชื้อลงบนอาหาร Eosin Methylene Blue agar (EMB) และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำโคโลนีที่มีลักษณะเฉพาะของ *E. coli* คือ มีสีเขียวสะท้อนเงาโลหะ (Metallic sheen) ไปทดสอบยืนยันโดยใช้ IMViC test

วิธีการตรวจสอบทางชีวเคมี IMViC⁴

ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีของแบคทีเรีย โดยทดสอบสมบัติทางชีวเคมี ได้แก่ Indole production test, Methyl red test (MR test), Voges-proskauer test (VP test) และ Citrate utilization test

1) Indole test

ถ่ายเชื้อที่ต้องการทดสอบลงไป 1 % Tryptone broth นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง หยด Kovac' s reagent ลงไป 0.2-0.3 มิลลิลิตร เขย่าหลอดทดลองเบา ๆ 2-3 ครั้ง สังเกตการเปลี่ยนสีที่ผิวของอาหาร อ่านผลเป็นบวกเมื่อเกิดวงสีแดงที่ผิวอาหาร

2) Methyl red test

ถ่ายเชื้อที่ต้องการทดสอบลงไป MR-VP broth นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง หยด Methyl red ลงไป 5 หยด สังเกตการเปลี่ยนสีของอาหารทันทีหลังจากหยด Indicator อ่านผลเป็นบวก เมื่ออาหารเปลี่ยนเป็นสีแดง

3) Voges-proskauer test

ถ่ายเชื้อที่ต้องการทดสอบลงไป MR-VP broth นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง หยด 5 % naphthol และ Creatine ลงไป 1-2 หยด เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10-15 นาที สังเกตการเปลี่ยนสีของอาหาร อ่านผลเป็นบวกเมื่ออาหารเปลี่ยนเป็นสีแดง

4) Citrate utilization test

ถ่ายเชื้อที่ต้องการทดสอบโดยการเขี่ยลงบนผิวอาหาร Simmons' citrate agar นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง สังเกตการเปลี่ยนสีของอาหาร และการเจริญของแบคทีเรีย อ่านผลเป็นบวกเมื่ออาหารเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำเงิน

2.3 การตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรฟทั้งหมด โดยวิธี Heterotrophic Plate Count⁵

เปิดตัวอย่างน้ำปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร แล้วเกลี่ยเชื้อลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ จากนั้นนำอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24-48 ชั่วโมง และตรวจนับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA เพื่อคำนวณหาปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรฟทั้งหมด (CFU/mL)

ผลการศึกษา

ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดพลาสติกใสที่จำหน่ายในเมืองหงสาวดี ย่างกุ้ง และเมืองไจโท สาธารณรัฐสหภาพเมียนมาร์ โดยทำการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E. coli* ด้วยวิธี เอ็มพีเอ็น (Most Probable Number; MPN) และปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรฟทั้งหมด ด้วยวิธีสเปรด-เพลท จำนวน 28 ตัวอย่าง

ผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดจำนวน 25 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 28 ตัวอย่าง (89.29%) มีการระบุถึงกระบวนการบำบัดน้ำดิบบนผลผลิตภัณฑ์ โดยกระบวนการบำบัดน้ำดิบมีดังต่อไปนี้คือ การกรองและทำให้บริสุทธิ์ (Water filtration and purification) ระบบรีเวอร์สออสโมซิส (RO) และระบบโอโซน (Ozone system) และรองรับโดย GMP, HACCP, ISO 22000 (Table 1) รวมทั้งพบปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มน้อยกว่า 2.2 MPN/100 mL และน้ำดื่มบรรจุขวดทุกตัวอย่างตรวจไม่พบ *E. coli* (Table 2)

โดยมาตรฐานน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 61 (พ.ศ.2524)⁶เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขประเทศไทย ได้กำหนดให้ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มต้องมีค่าน้อยกว่า 2.2 MPN/100 mL และต้องไม่พบ *E. coli* ดังนั้นเมื่อประเมินจากปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกลุ่ม ฟีคัลโคลิฟอร์ม พบว่าตัวอย่างน้ำดื่มบรรจุขวดทั้งหมด (100%) ผ่านมาตรฐานทางด้านจุลชีววิทยาตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย

Table 1 Some quality and physical assessment of clear plastic bottled drinking water distributed in tourist cities, Republic of the Union of Myanmar

Sample	Label information			Drinking water treatment	Approved by
	Net content	Name of manufacturer *	Location of product		
1	600	✓	✓	Water filtration and purification	GMP, HACCP,ISO 22000
2	600	✓	✓	Water filtration and purification	GMP, HACCP,ISO 22000
3	600	✓	✓	Water filtration and purification	GMP, HACCP,ISO 22000
4	600	✓	✓	Water filtration and purification	GMP, HACCP,ISO 22000
5	600	✓	✓	Water filtration and purification	GMP, HACCP,ISO 22000
6	600	✓	✓	Water filtration and purification	GMP, HACCP,ISO 22000
7	500	✓	✓	-	-
8	500	✓	✓	-	-
9	500	✓	✓	-	-
10	300	✓	✓	Water filtration and purification	GMP, HACCP,ISO 22000
11	300	✓	✓	Water filtration and purification	GMP, HACCP,ISO 22000
12	300	✓	✓	Water filtration and purification	GMP, HACCP,ISO 22000
13	300	✓	✓	Water filtration and purification	GMP, HACCP,ISO 22000
14	300	✓	✓	Water filtration and purification	GMP, HACCP,ISO 22000
15	300	✓	✓	Water filtration and purification	GMP, HACCP,ISO 22000
16	550	✓	✓	Water filtration and purification, RO, Ozone system	ISO 9001:2008, HACCP
17	550	✓	✓	Water filtration and purification, RO, Ozone system	ISO 9001:2008, HACCP
18	550	✓	✓	Water filtration and purification, RO, Ozone system	ISO 9001:2008, HACCP
19	550	✓	✓	Water filtration and purification, RO, Ozone system	ISO 9001:2008, HACCP
20	550	✓	✓	Water filtration and purification, RO, Ozone system	ISO 9001:2008, HACCP
21	550	✓	✓	Water filtration and purification, RO, Ozone system	ISO 9001:2008, HACCP
22	550	✓	✓	Water filtration and purification, RO, Ozone system	ISO 9001:2008, HACCP
23	550	✓	✓	Water filtration and purification, RO, Ozone system	ISO 9001:2008, HACCP
24	600	✓	✓	Water filtration and purification	ISO 32000:2005, HACCP,GMP
25	600	✓	✓	Water filtration and purification	ISO 32000:2005, HACCP,GMP
26	600	✓	✓	Water filtration and purification	ISO 32000:2005, HACCP,GMP
27	600	✓	✓	Water filtration and purification	ISO 32000:2005, HACCP,GMP
28	600	✓	✓	Water filtration and purification	ISO 32000:2005, HACCP,GMP

✓ ; Found, - ; Not found

* ; The standard for bottled drinking water in sealed container set by Ministry of Public Health of Thailand is not determined⁶

Table 2 Number of indicator bacteria in clear plastic bottled drinking water distributed in tourist cities, Republic of the Union of Myanmar

Sample	Coliform (MPN/100 mL)	Fecal coliform (MPN/100 mL)	<i>E. coli</i> (MPN/100 mL)	Total heterotrophic bacteria (CFU/mL)	Bottled drinking water quality standard*
				48 hour.	
1	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
2	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
3	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
4	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
5	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
6	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
7	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
8	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
9	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
10	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
11	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
12	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
13	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
14	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
15	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
16	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
17	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
18	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
19	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
20	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
21	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
22	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
23	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
24	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
25	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
26	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
27	<2.2	<2.2	-	<10	Passed
28	<2.2	<2.2	-	<10	Passed

- ; Not found

* ; The standard for bottled drinking water in sealed container set by Ministry of Public Health of Thailand is not determine⁶

กระบวนการในการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดโดยส่วนใหญ่มีการ
ระบุถึงกระบวนการผลิต ได้แก่ การกรองและทำให้บริสุทธิ์
(Water filtration and purification) ระบบรีเวอร์สออสโมซิส
(RO) และระบบโอโซน (Ozone system) นั้นน่าจะจะมี
ประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรียได้ชนิดนี้ คือ แบคทีเรียกลุ่ม
โคลิฟอร์ม และ *E. coli* และแบคทีเรียก่อโรคอื่นๆ ที่ปนเปื้อน
ในน้ำ จึงทำให้น้ำดื่มบรรจุขวดในการศึกษาครั้งนี้จะไม่มีการ
ปนเปื้อนด้วยเชื้อก่อโรคที่มีแหล่งมาจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์
และสัตว์เลือดอุ่น รวมทั้งไม่มีการปนเปื้อนด้วยแบคทีเรียกลุ่ม
เฮเทอโรโทรฟทั้งหมด นอกจากนั้นพบว่ามีการระบุราย
ละเอียดบนฉลาก ได้แก่ ชื่อบริษัทที่ผลิต สถานที่ผลิต และวัน
ผลิตวันหมดอายุครบถ้วน และมีลักษณะของน้ำและกลิ่นตรง
ตามมาตรฐานของน้ำดื่มบรรจุขวดของกระทรวงสาธารณสุข
ของประเทศไทย ซึ่งลักษณะดังกล่าวต้องมีการตรวจสอบภาย
หลังการผลิตน้ำดื่มว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่^{6,17} และจุด
เด่นของตัวอย่างน้ำดื่มในครั้งนี้นี้มีการรับรองจากหลายมาตรฐาน
ที่ทำให้เกิดความมั่นใจของผู้บริโภคในการบริโภคน้ำดื่มด้วย
การรับรองจากหลายมาตรฐาน ได้แก่ GMP, HACCP, ISO
22000, ISO 9001:2008 และ ISO 32000:2005

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่
ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Liu H, Liu Q. Rapid Microbial Growth in Reusable Drinking Water Bottles. *Ann Civil Environ Eng.* 2017;1:055-062.
- ราณี อธิชัยกุล. (2557). การท่องเที่ยวลุ่มแม่น้ำอ่าวหวัดดี หน่วยที่ 13 ชุดวิชาความรู้พื้นฐานของมัคคุเทศก์และการท่องเที่ยวอาเซียน สาขาวิชาวิทยาการจัดการ. <http://sms.stou.ac.th>. วันที่สืบค้น 16 สิงหาคม 2561.
- American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation. *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater.* 21th ed. Washington DC. American Public Health Association : 2005.
- U. S. Food and Drug Administration. *Bacteriological Analytical Manual BAM 1998.* Available from: <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/>
- ucm064948. htm. Accessed February 23, 2018.
- Pavlov DDe, Wet CME, Grabow WOK, Ehlers MM. Potentially pathogenic features of hetero-trophic plate count bacteria isolated from treated and untreated drinking water. *International Journal of Food Microbiology.* 2004; 92: 275 – 287.
- Food and Drug Administration. Notification of Ministry of Health, No. 61 (1981) entitled “The water for consumption in sealed container” 1981. Available from: <http://elib.fda.moph.go.th/elib/cgi-bin/opacexe?lang=1&cat=gen&pat>. Accessed February 23, 2018. (in Thai).
- Banjertjaradlert H, Vuthiphandchai V, Nimrat S. Assessment of the Quality of Bottled Drinking Water Produced in the People’s Republic of China, Republic of Korea and French Republic. *J Sci Technol MSU.* 2014; 33(3): 242-248. (in Thai).
- Nimrat S, Supannapan K, Vuthiphandchai V. Quality assessment of drinking water in sealed bottles sold in Pichit Province, Thailand. *RMUTI journal.* 2016; 9(3): 137-150. (in Thai).
- Nimrat S, Vuthiphandchai V. Monitoring Qualities of bottled drinking water sold in Chashoengsao Province. *RMUTI journal.* 2016; 9(3): 127-136. (in Thai).
- Nimrat S, Vuthiphandchai V. Physical and Microbiological Qualities of Clear and Opaque Bottled Drinking Water Distributed in Ayutthaya Province. *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University.* 2017; 19(3): 193-207. (in Thai).
- Nimrat S, Vuthiphandchai V. Physical and Microbiological Qualities of Clear Bottled Drinking Water Distributed in Nan Province. *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University.* 2014; 16(3): 57-64. (in Thai).
- Nimrat S, Supannapan P, Vuthiphandchai V. Quality of Bottled Drinking Water Distributed in Kanchanaburi Province, Thailand. *J Sci Technol MSU.* 2015; 34(1): 63-73. (in Thai).
- Benito Armas A, Sutherland JP. A survey of the microbiological quality of bottled drinking water sold in UK and changes occurring during storage. *International Journal of Food Microbiology.* 1999; 48: 59-65.

14. Kassenga GR. The health-related microbio-logical quality of bottled drinking water sold in Dares Sa-laam, Tanzania. *Journal of Water and Health*. 2007; 5(1): 179-185.
15. Halage AA, Ssemugabo C, Ssemwanga DK, Musoke D, Mugambe RK, Guwatudde D, & Ssempebwa JC. Bacteriological and Physical Quality of Locally Pack-aged Drinking Water in Kampala, Uganda. *Journal of Environmental and Public Health*. 2005; <https://www.hindawi.com/journals/jep/2015/942928/>:1-6
16. AL-Dulaimi GA, and Younes MK. Assessment of Potable Water Quality in Baghdad City, Iraq. *Air, Soil and Water Research*. 2017;10: 1–5
17. Food and Drug Administration. Notification of Ministry of Health, No. 220 (2001) entitled "The water for consumption in sealed container" (No. 3). 2001. Available from: <http://elib.fda.moph.go.th/elib/cgi-bin/opacexe?lang=1&cat=gen&pat>. Accessed February 23, 2018. (in Thai).

ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายสุนัขกับค่าทางโลหิตวิทยา The relationship between canine body condition score and hematologic profile

ธนพร อัสวพัฒน์กุล^{1*}

Thanaporn Asawapattanakul^{1*}

Received: 20 July 2018 ; Revised : 5 October 2018 ; Accepted: 25 October 2018

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาหาความสัมพันธ์ของค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายและค่าทางโลหิตวิทยาในสุนัขจรจัดในเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม โดยประเมินสุขภาพเบื้องต้นในสุนัขเพื่อช่วยในการคัดกรองสุนัขจรจัดที่มีปัญหาเช่น การขาดสารอาหารหรือมีโรค โดยประเมินคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายของสุนัขจรจัดในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามจำนวน 65 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้ 34 ตัว (ร้อยละ 52.31) เพศเมีย 31 ตัว (ร้อยละ 47.69) และเก็บตัวอย่างเลือดนำไปตรวจค่าทางโลหิตวิทยาด้วยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติจากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายกับค่าทางโลหิตวิทยา โดยพบว่าในสุนัขที่ศึกษามีค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายเฉลี่ยที่ 2.66 ± 0.59 (ต่ำกว่า 3.5) โดยจัดอยู่ในภาวะซูบผอมและพบว่าสุนัขที่ศึกษามีจำนวนเกล็ดเลือดต่ำกว่าค่ามาตรฐาน การศึกษาครั้งนี้พบว่าเพศและคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายไม่มีผลต่อค่าโลหิตวิทยา นอกจากนี้ยังไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายกับค่าโลหิตวิทยา

คำสำคัญ : ค่าโลหิตวิทยา สุนัขจรจัด เกล็ดเลือดต่ำ

Abstract

This study aims to investigate the correlation between the body condition score (BCS) and hematological profiles of stray dogs in Maha Sarakham province. The primary assessment of dog's health was determined for screening their health problems such as the cadaverous condition or diseases. The BCS of 65 stray dogs, which were divided into 34 male dogs (52.31 %) and 31 female dogs (47.69%), were assessed and their blood were collected for determining the hematology profiles by an automated hematological analyzer. The results were analyzed and the correlation between BCS and hematology profiles was investigated. The results showed that the average of BCS in tested canine was 2.66 ± 0.59 (lower than 3.5) which is defined as cadaverous condition. Moreover, all of studied canines exhibited the thrombocytopenia condition. This study showed that sex and BCS did not significantly affect the hematology profiles. Furthermore, there were no significant relationships between the hematology profiles and BCS.

Keywords: hematological profile, stray dog, thrombocytopenia

¹ อาจารย์, หน่วยปฏิบัติการวิจัยภาวะเครียดและภาวะเครียดออกซิเดชันทางสัตว์ สำนักวิชาการ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

¹ Lecturer, Stress and Oxidative Stress in Animals Research Unit, Office of Academic Affairs, Faculty of Veterinary Sciences, Mahasarakham University, Talad Subdistrict, Mueang District, Maha Sarakham 44000, Thailand.

* Corresponding author; Thanaporn Asawapattanakul, Thanaporn.a@msu.ac.th.

บทนำ

สุนัขจรจัดในประเทศไทยมีจำนวนมากโดยเฉพาะในเขตตัวเมือง เช่น ในเขตกรุงเทพมหานครพบมากประมาณร้อยละ 17 เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนสุนัขที่อาศัยอยู่ทั้งหมด¹ สุนัขจรจัดมักจะตรวจพบโรคต่าง ๆ²⁻⁴ และเมื่อป่วยจะส่งผลให้ร่างกายซูบผอมมีภาวะการขาดโภชนาการซึ่งการขาดโภชนาการเกิดจากการที่ร่างกายใช้พลังงานไม่เหมาะสมโดยมีการใช้ไขมันที่สะสมอยู่ในร่างกายมาสร้างเป็นพลังงาน หากมีเมตาโบลิซึมเกิดมากจนเกินไปจนสร้างไม่ทันก็จะเกิดการสลายของ visceral protein และไขมันทำให้ซูบผอมนำไปสู่การเสียชีวิตในที่สุด วิธีการประเมินการขาดโภชนาการในคนสามารถทำได้จากการซักประวัติแต่มีข้อจำกัดในการทำในสุนัขจรจัดซึ่งไม่มีเจ้าของทำให้ต้องอาศัยการประเมินจากการตรวจวัดจากตัวสัตว์ ตรวจวัดทางห้องปฏิบัติการ โดยในคนมีการตรวจวัดจาก visceral proteins หลายตัว เช่น albumin, transferrin, thyroxin-binding, retinal binding protein และ fibronectin⁵ แต่ไม่ได้มีการใช้ตรวจในทางสัตวแพทย์เท่าใดนัก การตรวจในสัตว์มีการตรวจหาโปรตีนในซีรัม เช่น insulin-like growth factor I (IGF-I) และ creatine kinase แต่ยังไม่นิยมอย่างแพร่หลายในทางคลินิก นอกจากการตรวจในห้องปฏิบัติการในการหาภาวะขาดโภชนาการแล้วยังมีการประเมินจากค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกาย โดยแบ่งระดับการให้คะแนนเป็นหลายระบบ เช่น 1-5 คะแนน 6 คะแนนและ 9 คะแนนค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายซึ่งเป็นวิธีที่นิยมในทางสัตวแพทย์นอกจากช่วยประเมินความไม่เหมาะสมของน้ำหนักตัวยังสามารถบ่งชี้ถึงภาวะสุขภาพ (Health status) หรือร้อยละของไขมันในร่างกายได้ โดยทั่วไปการประเมินคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายมีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น อายุ เพศ พันธุ์ พันธุกรรม พฤติกรรม การให้อาหารและที่อยู่อาศัย เป็นต้น อีกทั้งการป่วยหรือการเกิดโรคของสุนัขยังมีผลสัมพันธ์กับระดับคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายอีกด้วยโดยเฉพาะในสุนัขจรจัดที่พบว่ามีค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายที่ต่ำโดยมีรายงานการพบโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่สัมพันธ์กับระดับค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายที่ต่ำ (< 3.5/5) เช่น ภาวะคลอดยาก โรคระบบทางเดินอาหาร โรคหัวใจ โรคระบบสืบพันธุ์ เป็นต้น⁶ ซึ่งภาวะดังที่กล่าวจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าโลหิตวิทยา^{7,8} แต่ทั้งนี้ยังขาดการศึกษาของความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายและค่าทางโลหิตวิทยาดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อประเมินสุขภาพของสุนัขจรจัดในเขตพื้นที่ในเมืองจังหวัดมหาสารคามและหาความสัมพันธ์ระหว่างความสมบูรณ์ของร่างกายกับค่าทางโลหิตวิทยา

วิธีการศึกษา

1. สุนัข

สุนัขจรจัดในเขตพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดมหาสารคาม ไม่จำกัดสายพันธุ์ เพศ อายุและปัญหาทางสุขภาพจำนวน 65 ตัว ที่ถูกกักอยู่บริเวณด่านกักกันสัตว์ จังหวัดมหาสารคามในปี 2558-2559

2. การประเมินจากค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกาย (body condition scores; BCS)

ประเมินภาวะสุขภาพร่างกายและให้ค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายในระดับคะแนน 1-5 โดยใช้การคลำบริเวณกระดูกซี่โครง (rib) สะโพก (hip bone) และส่วนด้านล่างของช่องท้องร่วมกับการสังเกตปฏิกิริยากระดูกและการสะสมของไขมันบริเวณโคนหาง

3. การเก็บตัวอย่างเลือดจากสุนัข (Blood sampling)

เจาะเก็บเลือดจากสุนัขจากหลอดเลือดดำเซฟา ลิก (cephalic vein) ปริมาณตัวละ 3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดเก็บเลือด (vacutainer) ที่มีสารกันเลือดแข็งตัวเอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซิติกแอซิด (ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA) สำหรับการตรวจค่าทางโลหิตวิทยาคลินิกซึ่งถูกนำส่งตรวจภายใน 4 ชั่วโมง

4. การประเมินค่าทางโลหิตวิทยาคลินิก (Hematological analyses)

นำเลือดที่อยู่ในหลอดเก็บเลือดที่มีสารกันเลือดแข็งตัว EDTA ไปตรวจค่าทางโลหิตวิทยาคลินิกด้วยเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ (automated blood cell analyzer) ยี่ห้อ Orphee รุ่น MYTHIC 22 ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ (Mythic™ 22, Orphee, Switzerland) ค่าพารามิเตอร์หรือค่าโลหิตวิทยาที่ประเมิน คือ

1. จำนวนเม็ดเลือดแดง (red blood cell count; RBC)
2. ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน (hemoglobin)
3. ค่าฮีมาโตคริต (hematocrit)
4. ปริมาตรของเม็ดเลือดแดงโดยเฉลี่ย (mean corpuscular volume; MCV)
5. ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (Mean corpuscular hemoglobin; MCH)
6. ความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงที่มีปริมาตรจำเพาะหนึ่ง (mean corpuscular hemoglobin concentration; MCHC)

7. จำนวนเม็ดเลือดขาวทั้งหมด (white blood cell count)
8. จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิล (neutrophil)
9. จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล (eosinophil)
10. จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิล (basophil)
11. จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (lymphocyte)
12. จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ (monocyte)
13. จำนวนเกล็ดเลือด (platelet count)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหรือเพศที่มีผลต่อค่าทางโลหิตวิทยาโดย Student's t test ค่า p ที่น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ข้อมูลถูกนำเสนอในรูปค่าเฉลี่ย (mean \pm SD) และวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายสุนัขกับค่าทางโลหิตวิทยาต่างๆ ที่ประเมินในการวิจัยจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson correlation) และพิจารณาความสัมพันธ์ในเชิงบวกหรือลบจากค่า R Square (R^2) โดยหากค่า R^2 มีค่าบวก บ่งบอกถึงความสัมพันธ์เชิง บวกหรือมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน ในขณะที่หากค่า R^2 มีค่าลบ บ่งบอกถึงความสัมพันธ์เชิงลบหรือมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม

ผลการศึกษา

สุนัขที่ศึกษาจำนวน 65 ตัวได้รับประเมินภาวะสุขภาพร่างกายพบว่าประชากรสุนัขมีค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายเฉลี่ยที่ระดับ 2.66 ± 0.59 (Table 1) ซึ่งมีความสมบูรณ์ของร่างกายอยู่ในระดับผอมถึงได้สัดส่วนมาตรฐานโดยประชากรสุนัขส่วนใหญ่มีค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายอยู่ที่ระดับ 2 หรือผอม (ร้อยละ 61.54) มากที่สุด รองลงมาคือระดับ 3 หรือได้สัดส่วนมาตรฐาน (ร้อยละ 32.31) และค่าทางโลหิตวิทยาแสดงใน Table 1

เมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างของเพศของสุนัขเข้าสู่การวิจัยทั้งสิ้น 65 ตัวพบว่าเป็นเพศผู้จำนวน 34 ตัว (ร้อยละ 52.31) เพศเมียจำนวน 31 ตัว (ร้อยละ 47.69) ซึ่งได้ทำการประเมินเปรียบเทียบสุนัขทั้งสองกลุ่ม คือ เพศผู้และเพศเมียกับค่าทางโลหิตวิทยาทั้ง 13 ค่าพบว่าทั้งสองกลุ่มมีค่าฮีมาโตคริตที่ใกล้เคียงกันคือ 0.39 แต่ค่าเฉลี่ยของจำนวนเม็ดเลือดขาว จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิล จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล จำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของฮีโม

โกลบิน ปริมาตรของเม็ดเลือดแดงโดยเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงในกลุ่มสุนัขเพศผู้สูงกว่าในกลุ่มสุนัขเพศเมีย (Table 2) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดย Student's t-test พบว่าไม่มีนัยสำคัญจากการเปรียบเทียบทั้งสองกลุ่ม ($p > 0.05$) นั่นคือค่าโลหิตวิทยาของสุนัขเพศผู้และเพศเมียไม่มีความแตกต่างกัน

เมื่อทำการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายสุนัขกับค่าโลหิตวิทยาต่างๆ พบว่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายหรือค่า BCS มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามหรือความสัมพันธ์เชิงลบ (R^2 มีค่าลบ) ต่อค่าโลหิตวิทยาที่ประเมินดังนี้จำนวนเม็ดเลือดขาวทั้งหมด จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิล จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล จำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ค่าฮีมาโตคริต ค่า MCV ค่า MCH ค่า MCHC และจำนวนเกล็ดเลือด ในขณะที่คะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายมีความสัมพันธ์เชิงบวก (R^2 มีค่าบวก) ต่อค่าโลหิตวิทยา คือ จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิล แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดย Pearson correlation coefficients พบว่าความสัมพันธ์หรือแนวโน้มดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (Table 3) นั่นคือไม่มีปัจจัยทางโลหิตวิทยาที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกาย

เมื่อไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายและค่าโลหิตวิทยาใดๆ จึงพิจารณาเพิ่มเติมโดยแบ่งสุนัขเป็นสองกลุ่มการทดลองคือ กลุ่มที่มีคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายที่ระดับ 2 และกลุ่มที่มีคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายที่ระดับ 3 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าโลหิตวิทยาทั้ง 13 ค่าของทั้งสองกลุ่มดังกล่าวโดยพบว่ากลุ่มที่มีคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายที่ระดับ 2 มีค่าเฉลี่ยของจำนวนเม็ดเลือดขาวทั้งหมด จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิล จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล ค่า MCV ค่า MCH และค่า MCHC สูงกว่ากลุ่มที่มีคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายที่ระดับ 3 (Table 4) ในขณะที่กลุ่มที่มีคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายที่ระดับ 3 มีค่าเฉลี่ยของจำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิล จำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ค่าฮีมาโตคริตและจำนวนเกล็ดเลือดสูงกว่ากลุ่มที่มีคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายที่ระดับ 2 (Table 4) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Student's t-test พบว่าไม่มีนัยสำคัญจากการเปรียบเทียบทั้งสองกลุ่ม ($p > 0.05$) นั่นคือค่าโลหิตวิทยาของสุนัขที่มีคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายระดับ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกัน

Table 1 The average of body condition score and the hematologic profiles

Parameter	Unit	Mean	±	SD	Reference
Body condition score		2.66	±	0.59	
Red blood cells	10 ¹² /L	6.08	±	1.22	5-8
Hemoglobin	g/dl	13.56	±	2.60	12-18
Hematocrit	ratio	0.39	±	0.08	0.36-0.52
MCV	fl	64.45	±	3.81	58-73
MCH	pg	22.46	±	1.26	20-25
MCHC	g/dl	34.66	±	0.61	32-36
White blood cells	10 ⁹ /L	9.71	±	3.43	5-10
Neutrophils	10 ⁹ /L	7.07	±	2.48	3-12
Eosinophils	10 ⁹ /L	0.82	±	0.45	0.1-2
Basophils	10 ⁹ /L	0.01	±	0.01	Rare
Lymphocytes	10 ⁹ /L	1.16	±	0.60	1-7
Monocytes	10 ⁹ /L	0.60	±	0.33	0.1-2
Platelets	10 ⁹ /L	33.59	±	27.17	200-500

Table 2 The comparison of body condition score and the hematologic profiles between male and female studied canine

Parameter	Unit	Male		Female	
Body condition score		2.68	± 0.64	2.65	± 0.55
Red blood cells	10 ¹² /L	6.12	± 1.06	6.04	± 1.39
Hemoglobin	g/dl	13.67	± 2.31	13.43	± 2.93
Hematocrit	ratio	0.39	± 0.07	0.39	± 0.09
MCV	Fl	64.60	± 4.37	64.29	± 3.15
MCH	pg	22.39	± 1.40	22.31	± 1.28
MCHC	g/dl	34.63	± 0.49	34.69	± 0.74
White blood cells	10 ⁹ /L	9.90	± 3.66	9.51	± 3.21
Neutrophils	10 ⁹ /L	7.52	± 2.74	6.88	± 2.21
Eosinophils	10 ⁹ /L	0.83	± 0.43	0.81	± 0.48
Basophils	10 ⁹ /L	0.01	± 0.01	0.01	± 0.01
Lymphocytes	10 ⁹ /L	1.14	± 0.56	1.17	± 0.66
Monocytes	10 ⁹ /L	0.57	± 0.31	0.63	± 0.35
Platelets	10 ⁹ /L	30.37	± 26.01	36.93	± 28.40

Table 3 The correlation between body condition score and the hematologic profiles

Parameter	R ² value	P-value
Red blood cells	-0.029	0.82
Hemoglobin	-0.056	0.66
Hematocrit	-0.044	0.72
MCV	-0.061	0.63
MCH	-0.050	0.70
MCHC	-0.160	0.21
White blood cells	-0.062	0.63
Neutrophils	-0.093	0.46
Eosinophils	-0.107	0.40
Basophils	0.237	0.08
Lymphocytes	0.124	0.33
Monocytes	-0.041	0.75
Platelets	-0.002	0.99

Table 4 The comparison between body condition score and the hematologic parameters (Mean ± SD) of studied canine

Parameter	Unit	Body condition score				
		1	2	3	4	5
Red blood cells	10 ¹² /L	NA	5.91±0.92	6.24±1.30	NA	NA
Hemoglobin	g/dl	NA	13.32±2.02	13.86±2.76	NA	NA
Hematocrit	ratio	NA	0.38±0.06	0.40±0.08	NA	NA
MCV	fl	NA	64.92±2.90	64.40±4.30	NA	NA
MCH	Pg	NA	22.57±1.03	22.46±1.40	NA	NA
MCHC	g/dl	NA	34.81±0.65	34.54±0.58	NA	NA
White blood cells	10 ⁹ /L	NA	9.86±4.22	9.77±3.03	NA	NA
Neutrophils	10 ⁹ /L	NA	7.32±3.15	7.04±2.15	NA	NA
Eosinophils	10 ⁹ /L	NA	0.85±0.52	0.83±0.41	NA	NA
Basophils	10 ⁹ /L	NA	0.01±0.01	0.01±0.01	NA	NA
Lymphocytes	10 ⁹ /L	NA	1.00±0.53	1.26±0.64	NA	NA
Monocytes	10 ⁹ /L	NA	0.61±0.41	0.59±0.28	NA	NA
Platelets	10 ⁹ /L	NA	30.83±30.62	35.70±25.80	NA	NA

NA = No available data

วิจารณ์และสรุปผล

สุนัขที่ศึกษาจำนวน 65 ตัวได้รับการประเมินค่าโลหิตวิทยาต่าง ๆ จำนวน 13 ค่า ซึ่งค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์อยู่ในช่วงพิสัยหรืออยู่ในช่วงอ้างอิงยกเว้นจำนวนเกล็ดเลือด จากการทดลองจำนวนเกล็ดเลือดของสุนัขเฉลี่ยคือ $33.59 \pm 27.17 \times 10^9/L$ (ค่าพิสัย $200-500 \times 10^9/L$) ซึ่งพบว่ามีค่าต่ำกว่าพิสัยมาก โดยในกลุ่มคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายระดับ 2 และ 3 มีจำนวนเกล็ดเลือดเฉลี่ยเท่ากับ 0.83 ± 30.62 และ $35.70 \pm 25.80 \times 10^9/L$ อย่างไรก็ตามสุนัขที่ศึกษาไม่มีสภาพผอมโซแต่ปัจจัยที่ทำให้เกล็ดเลือดต่ำมากอาจเกิดจากการติดเชื้อปรสิตในเกล็ดเลือดโดยเฉพาะ *Anaplasma platys* หรือเกี่ยวข้องกับพันธุกรรม มีการสร้างลดลง มีการใช้มากขึ้น เทคนิคในการเก็บเลือดที่ทำให้เกิดลิ่มเลือดเกิดขึ้น มีการเกาะกลุ่มกันของเกล็ดเลือด (platelet aggregates) ซึ่งการตรวจด้วยเครื่องตรวจวิเคราะห์อัตโนมัติในสภาวะที่เลือดมีการเกิดการเกาะกลุ่มทำให้ค่าเกล็ดเลือดที่ถูกนับด้วยเครื่องลดลงด้วย⁹ เมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างของเพศของสุนัขพบว่าแม้มีความแตกต่างกันในค่าเฉลี่ยแต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าโลหิตวิทยาของสุนัขเพศผู้และเพศเมียไม่มีความแตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Rubio *et al.* (2014)¹⁰ Bourges-Abella *et al.* (2011)⁹ และ Abinaya *et al.* (2018)¹¹ ในขณะที่รายงานของ Choi *et al.* (2011)¹² พบว่าเพศไม่มีผลต่อค่าโลหิตวิทยาแต่มีเพียงเฉพาะปริมาณเกล็ดเลือดที่มีความแตกต่างโดยพบว่าในเพศเมียสูงกว่าเพศผู้ อย่างไรก็ตามมีการศึกษาพบว่าเพศเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อค่าทางโลหิตวิทยาในลา¹³

จากการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายและค่าทางโลหิตวิทยา และการศึกษาเปรียบเทียบคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายและค่าโลหิตวิทยาในสุนัขที่มีค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายที่ระดับต่างๆ พบว่าไม่มีค่าทางโลหิตวิทยาใดที่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับค่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกาย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bourges-Abella *et al.* (2015) ที่ศึกษาค่าทางโลหิตวิทยาในสุนัขพันธุ์บีเกิ้ล¹⁴ ในขณะที่มีบางรายงานได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวของร่างกายหรือค่าคะแนนที่เพิ่มสูงขึ้นและส่งผลกระทบต่อสัตว์¹⁵ รายงานของ Frank *et al.* (2015) รายงานว่าคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายที่เพิ่มสูงขึ้นในสุนัขพันธุ์ลาบราดอร์รีทรีฟเวอร์มีความเกี่ยวข้องกับปริมาณความเข้มข้นของ interleukin-6 (IL-6), Monocyte chemoattractant protein-1 (MCP-1) ในพลาสมา¹⁶ ซึ่งถูกสร้างจาก macrophage, endothelial cell และ adipocyte¹⁷ ภาวะอ้วนเป็นภาวะที่ร่างกายเกิดการอักเสบ

ในระดับต่ำชนิดเรื้อรังพบการหลั่งสาร pro-inflammatory marker^{16, 18, 19} จากก้อนไขมันโดยเฉพาะส่วนช่องท้อง (abdominal region)^{19, 20} และพบสัดส่วนของนิวโทรฟิลที่พร้อมทำงานมากขึ้น²¹

จากรายงานของ Barazzoni *et al.* (2014) พบว่าจำนวนเม็ดเลือดแดงความเข้มข้นฮีโมโกลบินและค่าฮีมาโตคริตไม่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีมวลกายในมนุษย์ (body mass index; BMI) ไม่ว่าจะมีความสมบูรณ์ของร่างกายระดับใด²² ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลการวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ปัจจัยที่มีคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายสูงหรือภาวะอ้วนยังมีผลต่อค่ามวลรวมของเม็ดเลือดแดง (red cell mass) การที่ร่างกายมีค่ามวลรวมของเม็ดเลือดแดงสูงนั้นบ่งบอกถึงร่างกายมีภาวะ polycythemia vera ได้ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาตรของเม็ดเลือดแดงโดยเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงและความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงที่มีปริมาตรจำเพาะหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และได้รับการอนุเคราะห์จากคณาจารย์สัตวแพทย์จังหวัดมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

1. Hemachudha T. Rabies and dog population control in Thailand: success or failure? J Med Assoc Thai 2005;88(1):120-3.
2. Denuangboripant J, Wacharapluesadee S, Lumlertdacha B, Ruankaew N, Hoonsuwan W, Puanghat A, et al. Transmission dynamics of rabies virus in Thailand: implications for disease control. BMC Infect Dis 2005 Jun 29;5:52.
3. Inoue K, Maruyama S, Kabeya H, Kawanami K, Yanai K, Jitchum S, et al. Prevalence of Bartonella infection in cats and dogs in a metropolitan area, Thailand. Epidemiol Infect 2009 Nov;137(11):1568-73.
4. Suksawat J, Xuejie Y, Hancock SI, Hegarty BC, Nilkumhang P, Breitschwerdt EB. Serologic and Molecular Evidence of Coinfection with Multiple Vector-Borne Pathogens in Dogs from Thailand. J Vet Intern Med 2001 Sep-Oct;15(5):453-62.

5. Sergi G, Coin A, Enzi G, Volpato S, Inelmen EM, Buttarello M, et al. Role of visceral proteins in detecting malnutrition in the elderly. *Eur J Clin Nutr* 2006 Feb;60(2):203-9.
6. Lund EM, Armstrong PJ, Kirk CA, Klausner JS. Prevalence and risk factors for obesity in adult dogs from private US veterinary practices. *Intern J Appl Res Vet Med* 2006;4(2):177-186.
7. Fransson BA, Lagerstedt AS, Bergstrom A, Hagman R, Park JS, Chew BP, et al. C-reactive protein, tumor necrosis factor α , and interleukin-6 in dogs with pyometra and SIRS. *J Vet Emerg Crit Care* 2007 Dec;17(4):373-81.
8. Kido N, Kamegaya C, Omiya T, Wada Y, Takahashi M, Yamamoto Y. Hematology and serum biochemistry in debilitated, free-ranging raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) infested with sarcoptic mange. *Parasitol Int* 2011 Dec;60(4):425-8.
9. Bourges-Abella N, Geffre A, Concordet D, Braun JP, Trumel C. Canine reference intervals for the Sysmex XT-2000iV hematology analyzer. *Vet Clin Pathol* 2011 Sep;40(3):303-15.
10. Rubio AV, Hidalgo-Hermoso E, Bonacic C. Hematology and serum biochemistry values of *Culpeo foxes* (*Lycalopex culpaeus*) from central Chile. *J Zoo Wildl Med* 2014 Sep;45(3):589-93.
11. Abinaya A, Pasupathi Karu, Karunakaran R, Cecilia Joseph, Senthil NR, Vairamuthu S. Effect of aging on hematological profile of obese dogs. *Int J Chem Stud* 2018;6(3):994-6.
12. Choi SY, Hwang JS, Kim IH, Hwang DY, Kang HG. Basic data on the hematology, serum biochemistry, urology, and organ weights of beagle dogs. *Lab Anim Research* 2011 Dec;27(4):283-91.
13. Zakari F, Ayo J, Rekwot P, Kawu M. Effect of age, sex, physical activity and meteorological factors on haematological parameters of donkeys (*Equus asinus*). *Comp Clin Path* 2016;25(6):1265-1272.
14. Bourges-Abella NH, Gury TD, Geffre A, Concordet D, Thibault-Duprey KC, Dauchy A, et al. Reference intervals, intraindividual and interindividual variability, and reference change values for hematologic variables in laboratory beagles. *J Am Assoc Lab Anim Sci* 2015 Jan;54(1):17-24.
15. Slupe JL, Freeman LM, Rush JE. Association of Body Weight and Body Condition with Survival in Dogs with Heart Failure. *J Vet Intern Med* 2008 May-Jun;22(3):561-5.
16. Frank L, Mann S, Levine CB, Cummings BP, Wakshlag JJ. Increasing body condition score is positively associated interleukin-6 and monocyte chemoattractant protein-1 in Labrador retrievers. *Vet Immunol Immunopathol* 2015 Oct 15;167(3-4):104-9.
17. Christiansen T, Richelsen B, Bruun JM. Monocyte chemoattractant protein-1 is produced in isolated adipocytes, associated with adiposity and reduced after weight loss in morbid obese subjects. *Int J Obes (Lond)* 2005 Jan;29(1):146-50.
18. Bastien BC, Patil A, Satyaraj E. The impact of weight loss on circulating cytokines in Beagle dogs. *Vet Immunol Immunopathol* 2015 Feb 15;163(3-4):174-82.
19. Khaodhiar L, Ling PR, Blackburn GL, Bistran BR. Serum levels of interleukin-6 and C-reactive protein correlate with body mass index across the broad range of obesity. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2004 Nov-Dec;28(6):410-5.
20. Thengchaisri N, Theerapun W, Kaewmokul S, Sas-travaha A. Abdominal obesity is associated with heart disease in dogs. *BMC Vet Res* 2014 Jun 13;10:131.
21. Xu X, Su S, Wang X, Barnes V, De Miguel C, Ownby D, et al. Obesity is associated with more activated neutrophils in African American male youth. *Int J Obes [Lond]* 2015 Jan;39(1):26-32.
22. Barazzoni R, Gortan Cappellari G, Semolic A, Chendi E, Ius M, Situlin R, et al. The Association between Hematological Parameters and Insulin Resistance Is Modified by Body Mass Index – Results from the North-East Italy MoMa Population Study. *PLoS one* 2014 Jul;9(7):e101590.

ปัจจัยทำนายการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษา

The Predictive Factors for Alcohol Consumption Among Students in the Higher Education

สันติสิทธิ์ เขียวเขิน,¹ วิทยา อยู่สุข,² วิศิษฐ์ ทองคำ,³ภาชีนี เมืองเก่า,⁴ สุพิชญา หอมทอง⁵Santisith Khiewkhern,¹ Wittaya Yoosook,² Wisit Thongkum,³Phachinee Mueangkao,⁴ Supitchaya Homthong⁵

Received: 25 May 2018 ; Revised : 5 October 2018 ; Accepted: 1 November 2018

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปัจจัยทำนายการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น เกณฑ์คัดเข้า คือ เป็นนิสิตระดับปริญญาตรี และให้ความร่วมมือในการสัมภาษณ์ เกณฑ์การคัดออก คือ นิสิตที่เจ็บป่วยและลาพักการเรียน กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 175 คน การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้การสัมภาษณ์ถึงความรู้ ทัศนคติ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การวิเคราะห์ข้อมูลโดย สัดส่วน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ปัจจัย (Factors analysis) และวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุโลจิสติกส์ ผลการศึกษาพบว่า นิสิตที่มีเพื่อนสนิทดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์จะมีโอกาสดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มากกว่า นิสิตที่มีเพื่อนไม่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ 18 เท่า ($P < .05$, 95%CI = 6.23 ถึง 52.20) และนิสิตที่มีระดับความรู้เรื่องการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ระดับน้อยและระดับปานกลางมีโอกาสในการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มากเป็น 9 เท่า ($P < .05$, 95%CI = 3.31 ถึง 25.68) และ 8.6 เท่า ($P < .05$, 95%CI = 3.26 ถึง 22.93) ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับนิสิตที่มีความรู้ในระดับดี โดย Model มีเปอร์เซ็นต์ของการพยากรณ์การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตได้ถูกต้อง ร้อยละ 72.60

คำสำคัญ: การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ นิสิตหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต ปัจจัยทำนาย Model การทำนาย

Abstract

This analytical cross – sectional study examined the factors related to alcohol consumption among public health students in the Faculty of Public Health, Mahasarakham University. Stratified random sampling was used to recruit 175 eligible students. The inclusion criterion was that the undergraduate students were willing to be interviewed. Exclusion criteria were serious illness or dropout. The interview approach was used to collect data on knowledge, attitude and factors associated with alcohol consumption. The data was analyzed by proportion, percentage, mean, standard deviation, factor analysis and binary logistic regression.

The results of this research showed that students having alcohol-drinking friends were 18-time more likely (P -value $< .001$, 95% CI = 6.23 to 52.20) to drink alcohol than those having non-alcohol-drinking friends. The students with low and middle levels of knowledge on alcohol consumption were 9- time more likely (P -value $< .001$, 95% CI = 3.31 to 25.68) and 8.6-time more likely (P -value $< .001$, 95% CI = 3.26 to 22.93) to consume alcohol than those with high level of knowledge on alcohol consumption. The predictive equation of alcohol consumption can predict about 72.60 % of all subjects.

Keywords: Alcohol consumption, public health students, predictive factors, predictive model.

^{1,3} ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ² รองศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

^{4,5} นิสิต, หลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต(ส.บ.), คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

^{1,2,3,4,5} Faculty of Public Health, Mahasarakham University

Corresponding author: e-mail: santisith.k@msu.ac.th

บทนำ

องค์การอนามัยโลกได้ระบุว่า เครื่องดื่มแอลกอฮอล์เป็น 1 ใน 4 ของปัจจัยสำคัญที่ทำลายสุขภาพ การดื่มแอลกอฮอล์เป็นสาเหตุให้ประชากรโลกเสียชีวิตปีละกว่า 2.5 ล้านคน เฉลี่ยนาที่ละ 4.80 คน เฉพาะกลุ่มอายุ 15 - 29 ปี เสียชีวิตปีละ 320,000 คน ประชากรโลกอายุ 15 ปี ขึ้นไป ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เฉลี่ยคนละ 6.13 ลิตรต่อปี ซึ่งผลการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติล่าสุดในปี 2557 พบในกลุ่มประชากรไทยอายุ 15 ปีขึ้นไป ดื่มสุรา 17 ล้านคน คิดเป็น 32.00% ของประชากรวัยนี้ที่มีทั้งหมด 53.9 ล้านคน โดยผู้ชายดื่มมากกว่าผู้หญิง 5 เท่าตัว¹ ผู้ชายจะเริ่มดื่มอายุเฉลี่ย 19.40 ปี ส่วนผู้หญิงเริ่มดื่มอายุ 24.60 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับ พ.ศ.2550 พบว่าผู้ชายมีแนวโน้มอัตราการดื่มลดลงจาก 54.50% เป็น 53.50% แต่ผู้หญิงมีอัตราการดื่มที่เพิ่มขึ้นจาก 10.80% เป็น 10.90% ซึ่งจัดได้ว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอัตราการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เป็นอันดับ 3 ของเอเชีย รองจากญี่ปุ่นและเกาหลีใต้²

พระราชบัญญัติควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ พ.ศ. 2551 ได้ระบุว่าเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพ ครอบครัว อุบัติเหตุและอาชญากรรม และมีผลกระทบต่อสังคมและเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ จำเป็นต้องกำหนดมาตรการต่างๆ ในการควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ รวมทั้งการบำบัดรักษาฟื้นฟูสภาพผู้ติดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เพื่อช่วยลดปัญหาและผลกระทบทั้งด้านสังคมและเศรษฐกิจ ช่วยเสริมสุขภาพของประชาชน โดยตระหนักถึงพิษภัยของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ตลอดจนช่วยป้องกันเด็กและเยาวชนมิให้เข้าถึงเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ได้โดยง่าย³

ยุทธศาสตร์การพัฒนาคอนในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 ได้มุ่งเน้นการเตรียมเยาวชนให้มีความพร้อมทั้งทางด้านจิตใจ ทักษะชีวิตและความรู้พื้นฐาน โดยผลักดันให้ครอบครัว มีส่วนร่วมในการพัฒนาเยาวชนให้ห่างไกลจากเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และยาเสพติด⁴ อย่างไรก็ตามเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เป็นเครื่องดื่มที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในสังคมไทยโดยสามารถพบเห็นการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ได้ในทุกๆ เหตุการณ์ เช่น งานเลี้ยงฉลอง งานสังสรรค์ งานทำบุญ หรือแม้กระทั่งงานศพ จึงอาจจะกล่าวได้ว่าเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมการบริโภคของคนไทย การรณรงค์ให้เยาวชนห่างไกลจากเครื่องดื่มแอลกอฮอล์จึงเป็นสิ่งที่ยากและต้องใช้ความพยายามและความร่วมมือกันอย่างมากจากหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จากข้อมูลสำนักงานสถิติแห่งชาติ ในปี 2557 พบว่าประชากรอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป ร้อยละ 32.30 เป็นผู้ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ วัยเยาวชน

(15 - 24 ปี) มีอายุเฉลี่ยในการ เริ่มดื่มคือ 16.70 ปี มีพฤติกรรม การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ก่อนขับรถและเคยได้รับบาดเจ็บหรืออุบัติเหตุสูงกว่าวัยอื่น⁵ รวมถึงมีการสูบบุหรี่และมีเพศสัมพันธ์ที่เสี่ยง⁶ โดยพบว่าสาเหตุที่เยาวชนบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น เนื่องจากเยาวชนเป็นวัยที่อยากรู้ อยากลอง ต้องการความเป็นอิสระและความเป็นส่วนตัวสูง^{6,7} รวมถึงการเป็นผู้มีประสบการณ์เชิงลบในชีวิตมาก่อน⁸

ศูนย์วิจัยปัญหาสุรา ได้รายงานไว้ว่า เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่คนไทยนิยมดื่ม ได้แก่ เบียร์ ร้อยละ 60.90 เช่นเดียวกับวัยรุ่นในนคร Rio de Janeiro⁹ สุราขาวหรือสุรากลั่น ร้อยละ 42.70 สุราสีเหลืองหรือร้อยละ 23.60 สุราสีเหลืองต่างประเทศร้อยละ 4.70 ขณะที่กลุ่มเยาวชน 15 - 19 ปี นิยมดื่มเบียร์ ร้อยละ 74.50 สุราขาวหรือสุรากลั่น ร้อยละ 37.60 สุราสีเหลืองหรือร้อยละ 25.00 สุราสีเหลืองต่างประเทศร้อยละ 2.80 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความนิยมบริโภคของทั้งสองกลุ่มนี้พบว่า เยาวชนนิยมดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ร่วมสมัยมากขึ้น จากสถิติร้านจำหน่ายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ พบว่ามีร้านจำหน่ายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นมากกว่า 120,000 ร้าน คนไทยสามารถใช้เวลาเพียง 4.5 นาทีสามารถหาร้านที่มีเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ได้¹⁰ ประกอบยุทธศาสตร์ทางการตลาดของบริษัทผลิตเครื่องดื่ม จะมีการเปิดลานเบียร์ หรือที่เรียกว่า เทศกาลเบียร์การ์เด้น เกิดขึ้นตามใจกลางเมือง ห้างสรรพสินค้า และตามสถานที่ต่างๆ ในช่วงปลายปีของทุกปี เพื่อเป็นการกระตุ้นยอดขายและกระตุ้นตลาดในช่วงท้ายปี แต่เนื่องจากเทศกาลดังกล่าวเป็นเรื่องเกี่ยวกับแอลกอฮอล์จึงทำให้ไม่สามารถจะโฆษณาประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อได้ จึงต้องอาศัยการบอกต่อ โดยกลุ่มเป้าหมายหลักคือนิสิตนักศึกษาและคนวัยทำงาน เพื่อเป็นจุดนัดพบสังสรรค์และผ่อนคลาย โดยจะมีเครื่องดื่มแอลกอฮอล์หลากหลายให้เลือกรับประทานได้ ยังมีการจัดคอนเสิร์ตจากศิลปินที่มีชื่อเสียงเพื่อเป็นการเรียกลูกค้าให้มาใช้บริการมากขึ้น¹¹

ผลกระทบที่เกิดจากการดื่มแอลกอฮอล์ ก่อให้เกิดผลเสียทั้งทางร่างกายและจิตใจรวมถึงผลเสียต่อสังคม¹² เช่นทำให้เกิดอุบัติเหตุ โรคตับ ซึมเศร้า ปัญหาทางสุขภาพจิต ความรุนแรงในครอบครัว การทะเลาะวิวาท การมีเพศสัมพันธ์ที่ไม่ปลอดภัย พฤติกรรมและอารมณ์เปลี่ยนแปลงง่าย พฤติกรรมก้าวร้าวไม่เหมาะสม อาการเหล่านี้อาจส่งผลเสียร้ายแรงต่อหน้าที่ความรับผิดชอบ ความบกพร่องทางสติปัญญาและเคลื่อนไหวของร่างกายและยังส่งผลต่อความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น¹³ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ด้านการเรียนของนิสิต¹⁴

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นคณะที่มีนิสิตจำนวนมาก ประกอบกับบริเวณโดยรอบ

มหาวิทยาลัยมีสถานจำหน่ายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และสถานบันเทิงต่างๆ มากมาย อาจส่งผลต่อการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตคณะสาธารณสุขศาสตร์ รวมไปถึงปัจจัยด้านบุคคล สภาพแวดล้อม สังคม และปัจจัยอื่นๆ ที่เอื้อต่อการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงนำไปเป็นแนวทางในการดำเนินการลดและป้องกันพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่อาจทำให้เกิดปัญหาทางสังคม รวมถึงการสูญเสียทั้งบุคคล ครอบครัว และประเทศชาติ

วัตถุประสงค์วิจัย

เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตหลักสูตรสาธารณสุข ศาสตรบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

นิยามศัพท์

เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ หมายถึง เครื่องดื่มที่มีเอทิลแอลกอฮอล์ผสมอยู่ไม่เกิน 60 ดีกรี ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำมาดื่มได้ ได้แก่ สุรา เบียร์ ไวน์ บรันดี

การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ หมายถึง การดื่มเครื่องดื่มที่มีเอทิลแอลกอฮอล์ผสมอยู่ในช่วงระยะเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา ตั้งแต่ 1 แก้วหรือ 1 กระจอก หรือ 1 ขวดเล็ก ขึ้นไปในหนึ่งสัปดาห์

รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบวิเคราะห์ภาคตัดขวาง (Cross-sectional analytical study) โดยเริ่มดำเนินการศึกษาในระหว่าง มิถุนายน 2560 ถึง เมษายน 2561

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร นิสิตระดับปริญญาตรี หลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ ชั้นปีที่ 1-4 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีการศึกษา 2560 จำนวนทั้งสิ้น 547 คน

กลุ่มตัวอย่าง นิสิตหลักสูตรสาธารณสุข ศาสตรบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัย จำนวน 175 คน โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ตามชั้นปี จากนั้นจึงใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเชิงระบบ (Systematic sampling) จากทะเบียนรายชื่อในแต่ละชั้นปี

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria)

- เป็นนิสิตระดับปริญญาตรี หลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีการศึกษา 2560

- ยินดีให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria)

- นิสิตที่เจ็บป่วยและลาพักการเรียนระหว่างการดำเนินการวิจัย

ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

คำนวณโดยสูตรการประมาณค่าสัดส่วนของจำนวนประชากรในกรณีที่ทราบจำนวนประชากรและกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติที่ระดับ 0.05¹⁵ โดยค่าสัดส่วนของเยาวชนที่ดื่มแอลกอฮอล์เท่ากับ 0.60¹¹ และค่าความแม่นยำในการประมาณค่าสัดส่วนผู้วิจัยกำหนดให้เท่ากับ 0.06 ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 175 คน

สูตรการคำนวณขนาดตัวอย่าง

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2[P(1-P)]}{e^2(N-1) + [Z_{\alpha/2}^2P(1-P)]}$$

โดย n = ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

N = จำนวนของประชากร คือ นิสิตระดับปริญญาตรี หลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 547 คน

$Z_{\alpha/2} = 1.96$ เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) 0.025

$P = 0.60$ ค่าสัดส่วนของเยาวชนที่ดื่มแอลกอฮอล์¹¹

e = ความแม่นยำในการประมาณค่าสัดส่วน กำหนดให้เท่ากับ 0.06

แทนค่าในสูตร

$$n = \frac{(547)(1.96)^2(0.60)(1-0.60)}{(0.06)^2(547-1) + (1.96)^2(0.60)(1-0.60)}$$

$n = 174.60$

ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด เท่ากับ 175 คน แล้วนำคำนวณกลุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนของชั้นปี ดังนี้

Level	Number of Population	Sample
1	92	29
2	139	44
3	223	72
4	93	30
Total	547	175

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง ในการศึกษาคั้งนี้ ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เลขที่ PH 033/2561 ในการศึกษาครั้งนี้ มีการชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล การตอบแบบสอบถามโดยการสัมภาษณ์ ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจากการศึกษาคั้งนี้ผู้ศึกษาจะเก็บเป็นความลับและนำเสนอในภาพรวม โดยนำไปใช้ประโยชน์ในทางวิชาการเท่านั้น กลุ่มตัวอย่างต้องเข้าร่วมวิจัยด้วยความสมัครใจเท่านั้นหากกลุ่มตัวอย่างไม่ต้องการตอบคำถาม สามารถยกเลิกการเข้าร่วมการศึกษาคั้งนี้ได้ตลอดระยะเวลาของการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ คือ แบบสอบถาม (Questionnaires) ซึ่งผู้ศึกษาได้สร้างแบบสอบถามขึ้นเอง โดยกำหนดรูปแบบและกำหนดเนื้อหาแบบสอบถาม แบ่งเป็น 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ต่อเดือน บุคคลในครอบครัวที่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เพื่อนสนิทที่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และแหล่งข้อมูลข่าวสาร แบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check-List) จำนวน 11 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้ในเรื่องการดื่มแอลกอฮอล์ จำนวน 18 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบตัวเลือก ถูก ผิด เกณฑ์การให้คะแนนความรู้ในเรื่องการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ในแต่ละข้อคือ ตอบถูก ได้ 1 คะแนน ตอบผิด ได้ 0 คะแนน

ส่วนที่ 3 ทศนคติต่อการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิต เป็นแบบสอบถามแบบช่วงมาตรา (Rating Scale) มี 3 ระดับ คือ เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย จำนวน 19 ข้อ

ส่วนที่ 4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิต ทั้งด้านปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ และปัจจัยเสริม เป็นแบบตัวเลือก จำนวน 21 ข้อ

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1) ตรวจสอบความตรงของแบบสอบถาม (Content Validity) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence : IOC) ซึ่งทุกข้อคำถามมีค่า (IOC) มากกว่า 0.5 โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านจิตวิทยาและพฤติกรรมศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านพัฒนากิจการนิสิต และด้านการบริหารจัดการ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2) การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม โดยนำแบบสอบถามไป Try Out กับนิสิตคณะ

วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 30 คน ได้ค่าความเชื่อมั่น ดังนี้

2.1) แบบทดสอบความรู้ มีลักษณะถูก/ผิด หาค่าความเที่ยงของเครื่องมือ โดยใช้สูตรของคูเดอร์และริชาร์ดสัน (KR20) โดยค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.88

2.2) แบบสอบถามทัศนคติต่อการดื่มสุรา มีลักษณะประเมินค่า (Rating Scale) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาช (Cronbachs' Alpha Coefficient) โดยค่าความเที่ยงที่ได้เท่ากับ 0.90

2.3) แบบปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มแอลกอฮอล์ มีลักษณะเป็นตัวเลือก (Check list) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาช (Cronbachs' Alpha Coefficient) โดยค่าความเที่ยงที่ได้เท่ากับ 0.89

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) รับสมัครและคัดเลือกนิสิตที่มงานวิจัยที่ทำหน้าที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2) การประชุมชี้แจงวัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินงาน จัดเก็บข้อมูล สาริตและฝึกปฏิบัติการสัมภาษณ์แก่นิสิตที่มรวบรวมข้อมูล

3) ที่มงานวิจัยจัดเก็บรวบรวมข้อมูลนิสิตหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม แยกรายชั้นปี ใช้วิธีการสัมภาษณ์จากแบบสอบถามโดยนิสิตที่มงานวิจัยที่ผ่านการฝึกอบรมเทคนิคการสัมภาษณ์เรียบร้อยแล้ว จำนวน 5 คน

4) ตรวจสอบความสมบูรณ์ครบถ้วนของข้อมูลในทุกชุดแบบสอบถามโดยที่มงานวิจัย

5) จัดเก็บข้อมูลเพิ่มเติม กรณีข้อมูลไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ โดยผู้รับผิดชอบในการเก็บรวบรวมข้อมูลในชั้นปีนั้น

6) จัดทำคู่มือลงรหัส บันทึกข้อมูลลงโปรแกรม Excel ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for WINDOWS version 18 ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้ คือ รวบรวมข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบความครบถ้วนและถูกต้อง จัดทำคู่มือลงรหัสข้อมูลและบันทึกข้อมูล สถิติพรรณนาใช้ สัดส่วน ร้อยละ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการดื่มแอลกอฮอล์ใช้ Factor analysis โดยใช้ Standardized values as variable และ KMO (Kaiser-Meger-Olkin) สำหรับตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละคู่ที่จะนำมา

แบ่งกลุ่มโดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และ Bartlett's test of sphericity สำหรับตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรชนิดแจกแจง โดย หมุนแกนด้วยวิธีของ Varimax กำหนดการตัดสินใจยอมรับสมมติฐานที่ค่า $P < .05$ และช่วงความเชื่อมั่น 95% ทดสอบสมมติฐานเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิต ใช้การวิเคราะห์ binary logistic regression โดยใช้วิธีในการจัดการตัวแปรแบบ Backward Stepwise

ผลการศึกษา

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนมากเป็นเพศหญิง จำนวน 140 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 อายุเฉลี่ย 20.59 ปี (S.D. = 0.98 ปี) ชั้นปีที่ 3 จำนวน 72 คน คิดเป็นร้อยละ 41.10 รายได้ต่อเดือนจากผู้ปกครองอยู่ระหว่าง 5,001 – 10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 49.70 พักหอพักนอกมหาวิทยาลัย จำนวน 157 คน คิดเป็นร้อยละ 89.70 โดยมีนิสิตที่ดื่มแอลกอฮอล์ในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 23.43 มีการดื่มแอลกอฮอล์ของคนในครอบครัว จำนวน 125 คน คิดเป็นร้อยละ 71.40 มีเพื่อนสนิทที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ จำนวน 140 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 ได้รับข้อมูลข่าวสารจากอินเทอร์เน็ตมากที่สุด จำนวน 159 คน คิดเป็นร้อยละ 90.90

ส่วนที่ 2 การจัดกลุ่มตัวแปร โดยการวิเคราะห์ปัจจัยทัศนคติด้านต่างๆ ที่ส่งผลต่อการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิต จำนวน 15 ตัวแปรซึ่งเป็นแบบ rating scale กลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 175 คน ซึ่งมากกว่าจำนวนตัวแปรเกิน 10 เท่า ดังนั้นจึงสามารถวิเคราะห์ Factors analysis ได้ และพบว่าสามารถจัดกลุ่มตัวแปรดังกล่าวเป็นปัจจัยได้จำนวน 5 ปัจจัย โดยพิจารณาจาก Eigenvalues ที่มากกว่า 1 เมื่อผู้วิจัย

จัดกลุ่มตัวแปรออกเป็น 5 ปัจจัย แล้วพบว่า

ตัวแปรในกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสังคมจากการดื่มแอลกอฮอล์ ผู้วิจัยจึงจัดให้เป็น **ปัจจัยผลกระทบต่อสังคม** ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนของพฤติกรรมกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตได้ร้อยละ 29.15 ซึ่งสูงที่สุด

ตัวแปรในกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับการดื่มแอลกอฮอล์เพื่อการแก้ไขปัญหา ผู้วิจัยจึงจัดให้เป็น **ปัจจัยด้านการแก้ไขปัญหา** ซึ่งจะสามารถอธิบายความแปรปรวนของพฤติกรรมกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตได้ร้อยละ 17.07

ตัวแปรในกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับบุคคลและสื่อ ที่สนับสนุนการดื่มแอลกอฮอล์ ผู้วิจัยจึงจัดให้เป็น **ปัจจัยด้านบุคคลและสื่อ** ซึ่งจะสามารถอธิบายความแปรปรวนของพฤติกรรมกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตได้ร้อยละ 9.25

ตัวแปรในกลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์กับบุคคลรอบข้าง ผู้วิจัยจึงจัดให้เป็น **ปัจจัยด้านความสัมพันธ์** ซึ่งจะสามารถอธิบายความแปรปรวนของพฤติกรรมกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตได้ ร้อยละ 7.88

ตัวแปรในกลุ่มที่ 5 เป็นกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อตนเองที่เกิดขึ้นจากการดื่มแอลกอฮอล์ ผู้วิจัยจึงจัดให้เป็น **ปัจจัยผลกระทบต่อตนเอง** ซึ่งจะสามารถอธิบายความแปรปรวนของพฤติกรรมกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตได้ ร้อยละ 7.00

โดยปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัยสามารถอธิบายความแปรปรวนของพฤติกรรมกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตได้ ร้อยละ 70.34 รายละเอียดดัง Table 1

Table 1 Total variance explained (Component)

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4.373	29.151	29.151	4.373	29.151	29.151	2.941	19.609	19.609
2	2.561	17.073	46.224	2.561	17.073	46.224	2.582	17.215	36.825
3	1.387	9.249	55.474	1.387	9.249	55.474	2.224	14.827	51.652
4	1.182	7.880	63.353	1.182	7.880	63.353	1.651	11.004	62.656
5	1.049	6.990	70.343	1.049	6.990	70.343	1.153	7.688	70.343
6	.804	5.360	75.704						
7	.725	4.835	80.539						
8	.638	4.254	84.794						
9	.575	3.831	88.625						
10	.463	3.086	91.711						
11	.358	2.388	94.099						
12	.307	2.046	96.145						
13	.280	1.864	98.009						
14	.177	1.180	99.190						
15	.122	.810	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

นำปัจจัยในแต่ละปัจจัยมาจัดให้เป็นตัวแปรที่มีมาตรวัดในระดับ Ordinal scale โดยแต่ละปัจจัยแบ่งออกเป็น

3 ระดับคือ กลุ่มดี กลุ่มปานกลาง และกลุ่มน้อย โดยใช้เกณฑ์อิงกลุ่ม Mean \pm S.D. รายละเอียดดังนี้

ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยผลกระทบต่อสังคม	ดี = มากกว่า 8.85+0.55	ปานกลาง = 8.85 \pm 0.55	น้อย = น้อยกว่า 8.85 - 0.55
ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยด้านกรแก้ไขปัญหา	ดี = มากกว่า 9.45 + 1.81	ปานกลาง = 9.45 \pm 1.81	น้อย = น้อยกว่า 9.45 - 1.81
ปัจจัยที่ 3	ปัจจัยด้านบุคคลและสื่อ	ดี = มากกว่า 6.44 + 1.76	ปานกลาง = 6.44 \pm 1.76	น้อย = น้อยกว่า 6.44 - 1.76
ปัจจัยที่ 4	ปัจจัยด้านความสัมพันธ์	ดี = มากกว่า 4.76 + 1.56	ปานกลาง = 4.76 \pm 1.56	น้อย = น้อยกว่า 4.76 - 1.56
ปัจจัยที่ 5	ปัจจัยผลกระทบต่อตนเอง	ดี = มากกว่า 3.00 + 2.90	ปานกลาง = 3.00 \pm 2.90	น้อย = น้อยกว่า 3.00 - 2.90

แล้วนำตัวแปรทั้งหมดทดสอบความสัมพันธ์กับตัวแปรตามคือการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิต ร่วมกับตัวแปรอื่นเพื่อพิจารณาตัวแปรที่จะนำเข้าสู่การ Logistic regression โดยตัวแปรดังกล่าวจะต้องมีความสัมพันธ์กับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตด้วยสถิติไคสแควร์ พบว่า รายได้ บุคคลในครอบครัวที่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ มีเพื่อนสนิท

ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ระดับความรู้เกี่ยวกับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตสาขารณสุขศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) สามารถนำเข้าวิเคราะห์ด้วย Logistic regression ได้ ส่วนตัวแปรอื่นๆ ที่ไม่มีความสัมพันธ์กับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิต ไม่ได้ถูกนำมารวมนวิเคราะห์การถดถอยแบบโลจิสติกส์ (Logistic regression) ด้วย รายละเอียดดัง Table 2

Table 2 Factors related to alcohol consumption of public health students.

Variables		df	P-value
1. Income	40.595	3	.000
2. Family member(s) drinking alcohol.	21.627	1	.000
3. Having alcohol-drinking friends.	25.852	1	.000
4. Level of knowledge on alcohol consumption.	18.049	2	.000

นำตัวแปรทั้งหมดที่มีความสัมพันธ์กับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิต มาวิเคราะห์ด้วย logistic regression พบว่า Omnibus Tests of Model Coefficients เข้ากันได้ดีโดย Step, Block และ Model มี P-value ของ Chi-square ทุกตัวเท่ากับ .000 และพบว่าค่าของ -2 Log likelihood = 174.493 , Cox & Snell R Square = .276, Nagelkerke R² = .376 ซึ่งหมายถึงตัวแปรต้นทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอยู่ 0.44 และ Overall Percentage 72.60 ซึ่งหมายถึงเปอร์เซ็นต์ของการพยากรณ์การดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตได้ถูกต้องได้ ร้อยละ 72.60

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบโลจิสติกส์ (Logistic regression) จากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโลจิสติกส์ (B) พบว่า การมีเพื่อนสนิทที่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (B=2.89) และ ความรู้เรื่องการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ปานกลาง (B=2.22) และ ความรู้เรื่องการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์น้อย (B=2.16) สามารถอธิบายการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตได้ ตามลำดับ ดัง Table 3

Table 3 Variables in the Equation

Variables		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)		
Step1	1. Having alcohol-drinking friends.	2.892	.542	28.430	1	.000	18.030	6.23	to	52.20
	2. Good knowledge on alcohol consumption.			23.439	2	.000				
	2.1 Low knowledge on alcohol consumption.	2.221	.523	18.028	1	.000	9.213	3.31	to	25.68
	2.2 Moderate knowledge on alcohol consumption.	2.157	.497	18.816	1	.000	8.649	3.26	to	22.93
	Constant	-2.317	.339	33.795	1	.000	.099			

a. Variable(s) entered on step 1: Having alcohol-drinking friends, Level of knowledge on alcohol consumption.

b. -2 Log likelihood = 1^{74.493}, Cox & Snell R Square = .276, Nagelkerke R Square = .376

c. Overall Percentage 72.60 The cut value is .500

สมการ binary logistic model ของโอกาสในการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิต $\hat{P} = P(Y=1) = P(Y=1)$ หรือ $\hat{P} = P_i = P(\text{การดื่มแอลกอฮอล์})$ คือ

$$\hat{p} = P(Y = 1) = \frac{e^{-2.317 + 2.892(X1) + 2.221(X2.1) + 2.157(X2.2)}}{1 + e^{-2.317 + 2.892(X1) + 2.221(X2.1) + 2.157(X2.2)}}$$

สมการ ln (odds) แสดงถึงโอกาสที่จะดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตมีมากเป็นกี่เท่าของโอกาสในการไม่ดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิต คือ

$$\ln\left(\frac{\hat{p}}{1-\hat{p}}\right) = -2.317 + 2.892(X1) + 2.221(X2.1) + 2.157(X2.2)$$

เมื่อ

- x_1 = การมีเพื่อนสนิทที่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์
- $x_{2.1}$ = ระดับความรู้เรื่องการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ต่ำ
- $x_{2.2}$ = ระดับความรู้เรื่องการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ปานกลาง
- \hat{p} = ความน่าจะเป็นในการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิต
- $Y = 1$ = โอกาสในการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิต

พิจารณาค่า Exp(B) ของการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์ จะพบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตเรียงตามลำดับตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุดไปตัวแปรที่มีอิทธิพลน้อยที่สุดได้ดังนี้

(1) นิสิตที่มีเพื่อนสนิทที่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มีโอกาสในการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มากเป็น 18 เท่าของนิสิตที่มีเพื่อนสนิทไม่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (95%CI = 6.23 ถึง 52.20)

(2) นิสิตที่มีระดับความรู้เรื่องการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์น้อยมีโอกาสในการดื่มแอลกอฮอล์มากเป็น และ 9 เท่า (95%CI = 3.31 ถึง 25.68) เมื่อเปรียบเทียบกับนิสิตที่มีความรู้ในระดับดี

(3) นิสิตที่มีระดับความรู้เรื่องการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ปานกลางมีโอกาสในการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มากเป็น 8.6 เท่า (95%CI = 3.26 ถึง 22.93) เมื่อเปรียบเทียบกับนิสิตที่มีความรู้ในระดับดี

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย กลุ่มตัวอย่างส่วนมากเป็นเพศหญิง จำนวน 140 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 อายุเฉลี่ย 20.59 ปี (S.D. = 0.98 ปี) ชั้นปีที่ 3 จำนวน 72 คน คิดเป็นร้อยละ 41.10 รายได้ต่อเดือนจากผู้ปกครองอยู่ระหว่าง 5,001 – 10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 49.70 พักหอพักนอกมหาวิทยาลัย จำนวน 157 คน คิดเป็นร้อยละ 89.70 มีการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของคนในครอบครัว จำนวน 125 คน คิดเป็นร้อยละ 71.40 มีเพื่อนสนิทที่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ จำนวน 140 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 ได้รับข้อมูลข่าวสารจากอินเทอร์เน็ตมากที่สุด จำนวน 159 คน คิดเป็นร้อยละ 90.90

ตัวแปรที่สามารถอธิบายถึงโอกาสในการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตในการศึกษาครั้งนี้คือ การมีเพื่อนสนิทที่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และ ความรู้เรื่องการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ โดยสามารถอธิบายการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า นิสิตที่มีเพื่อนสนิทที่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มีโอกาสในการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มากเป็น 18 เท่าของนิสิตที่มีเพื่อนสนิทไม่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ นิสิตที่มีระดับความรู้เรื่องการดื่มแอลกอฮอล์น้อยและระดับปานกลางมีโอกาสในการดื่มแอลกอฮอล์มากเป็น 9 เท่า และ 8.6 เท่าตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับนิสิตที่มีความรู้ในระดับดี

อภิปรายผล การศึกษาครั้งนี้พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนมากเป็นหญิง ซึ่งนิสิตกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวถือเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรจริงเพราะใช้หลักความน่าจะเป็นในการสุ่มตัวอย่าง ประกอบกับในกลุ่มประชากรจริงจะเป็นหญิงมากกว่าร้อยละ

80 ในทุกๆ ปี ซึ่งนิสิตหญิงก็มีพฤติกรรมในการดื่มแอลกอฮอล์มากเช่นกัน¹⁶ โดยตัวแปรที่สำคัญที่สุดที่ทำให้มีโอกาสนในการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มากที่สุดคือ การมีเพื่อนสนิทที่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาพฤติกรรมกรรมการดื่มสุราของนักศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปี พ.ศ. 2550¹⁷ และในนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจังหวัดปทุมธานี¹⁸ และพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ดื่มสุรา เพราะเพื่อนชวน การศึกษาพฤติกรรมกรรมการดื่มสุราของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีการศึกษา 2551¹⁹ พบว่าสาเหตุของการดื่มสุราของนักศึกษา คือต้องการเข้าสังคมมากเป็นอันดับ 1 อันดับ 2 คือเพื่อนชวนดื่ม ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่สูงมากที่พฤติกรรมของเพื่อนสนิทของนิสิตนักศึกษาในสถาบันต่างๆ จะมีอิทธิพลต่อการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิต อันเนื่องจากการเข้าสู่วัยรุ่นและต้องการคบหาเพื่อนในสังคมที่ห่างจากผู้ปกครองทำให้มีความเป็นอิสระในความเป็นอยู่มากขึ้นนั่นเอง⁶ เช่นเดียวกับการศึกษาวัยรุ่นใน Rio de Janeiro⁹ จุดมุ่งหมายในการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เพื่อความบันเทิงและสร้างสัมพันธภาพกับเพื่อน และมีรายงานที่พบว่าระดับการศึกษาของมารดาเป็นปัจจัยป้องกันการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของวัยรุ่นใน Palma de Mallorca²⁰ และจากการศึกษาพฤติกรรมกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ของนักเรียนและนักศึกษาใน Bolivia²¹ พบว่าการควบคุมกำกับของผู้ปกครองเป็นปัจจัยป้องกันการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักเรียนและนักศึกษา และการขาดการสนับสนุนจากครอบครัวจะเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักเรียน²¹ ซึ่งจะเห็นได้ว่าตัวแปรทางด้าน การสนับสนุนทางสังคมในการศึกษาครั้งนี้จะไม่พบความมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ก็เป็นตัวแปรพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิต เช่นเดียวกับปัจจัยด้านนโยบายในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีรายงานการศึกษาที่ได้เสนอแนะการจัดสร้างนโยบายในการป้องกันและควบคุมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในสถาบันการศึกษาจะสามารถช่วยแก้ไขปัญหการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในนักศึกษาได้²²

ปัจจัยที่มีผลต่อการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตที่สำคัญอีกตัวแปรหนึ่งคือระดับของความรู้เรื่องการดื่มแอลกอฮอล์ซึ่งจะพบว่านิสิตที่มีความรู้ระดับปานกลางและระดับน้อย จะมีพฤติกรรมกรรมการดื่มแอลกอฮอล์มากกว่ากลุ่มที่มีระดับความรู้เรื่องการดื่มแอลกอฮอล์ดี โดยที่ทัศนคติไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติต่อการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตเลย แต่ถึงอย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้ก็มีความสอดคล้องกับรายงานการศึกษา

พฤติกรรมป้องกันการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งที่พบว่า ความรู้เกี่ยวกับเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และแรงสนับสนุนจากเพื่อน เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการป้องกันการดื่มแอลกอฮอล์¹⁴ ซึ่งให้เห็นว่าความรู้ที่ถูกต้องและอิทธิพลของเพื่อนยังเป็นตัวแปรที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

- 1) คณะสาธารณสุขศาสตร์ควรจัดการเสริมสร้างองค์ความรู้ที่ถูกต้องเพื่อสร้างทัศนคติที่ดีและทักษะชีวิตที่ดีเพื่อลดการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิต โดยสอดแทรกเนื้อหาในรายวิชาต่างๆ ให้เหมาะสมเพื่อเสริมสร้างองค์ความรู้ที่ถูกต้อง และการมีทักษะชีวิตที่ถูกต้อง
- 2) นิสิตควรมีทักษะในการดำเนินชีวิตในมหาวิทยาลัยที่ดี มีทักษะในการปฏิเสธ รู้จักคบเพื่อนที่ดี และควรจัดกิจกรรมรณรงค์ปลูกฝังจิตสำนึกที่ดี ในการลด ละ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

- 1) ควรศึกษาในนิสิตทั้งหมดในภาพรวมของมหาวิทยาลัย เพื่อทราบปัจจัยที่ส่งผลต่อการการดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตทั้งหมดที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น อันจะนำมาซึ่งแนวทางการแก้ไขที่ตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น
- 2) ควรศึกษาเชิงลึกถึงสภาพปัญหาด้านสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ รวมถึงนโยบายทั้งในระดับประเทศและมหาวิทยาลัย ต่อการสร้างเสริมสุขภาพแก่นิสิตนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย
- 3) ควรศึกษาถึงการมีส่วนร่วมขององค์กรต่างๆ ในการดำเนินงานสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพให้กับนิสิตนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย เพื่อหาแนวทางการสร้างแนวร่วมที่เหมาะสมในการดูแลสุขภาพของนิสิตและเยาวชนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนิสิตหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. กุเกียรติ์ ทุดปอ อาจารย์สุรศักดิ์ เทียบฤทธิ์ ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ขอขอบคุณ William Coombes ผู้เชี่ยวชาญภาษาอังกฤษที่ให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขการเขียนงานครั้งนี้.

เอกสารอ้างอิง

1. บัณฑิต ศรไพศาล จุฑาภรณ์ แก้วมุงคุณ และกมลลา วัฒนาพร. รายงานสถานการณ์สุรา ประจำปี พ.ศ.2553. กรุงเทพฯ. พิมพ์ดีการพิมพ์; 2553.
2. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. การสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่และการดื่มสุราของประชากร พ.ศ. 2555. กรุงเทพฯ: กลุ่มสถิติประชากรและสังคม สำนักงานสถิติเศรษฐกิจและสังคม. [ออนไลน์] 2555 ได้จาก https://www.msociety.go.th/article_attach/13207/17336.pdf 8 สิงหาคม 2560.
3. สำนักงานคณะกรรมการควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์. สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. พระราชบัญญัติควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ พ.ศ. 2551.[ออนไลน์]2555 ได้จาก <http://www.thaiantialcohol.com/law> สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2560.
4. คณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่10. 2554 ได้จาก <http://www.nesdb.go.th> สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2560.
5. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. การสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่และดื่มสุรา.[ออนไลน์] 2557 ได้จาก https://www.msociety.go.th/ewt_news.php?nid=13207 สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2560.
6. Deborah Carvalho Malta, Mario Denis Medeiros Mascarenhas, Denise Lopes Porto, Sandhi Maria Barrento and Otaliba Libanio de Morais. Exposure to alcohol among adolescent students and associated factors, *PMC* 2014 Feb; 48(1): 52-62.
7. สำนักงานคณะกรรมการควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์. การตรวจหาระดับแอลกอฮอล์ในเลือด. [ออนไลน์]2552 ได้จาก [http://www.thaiantialcohol.com /th/index.php?option=com_content&task=view&id=164&Itemid=65](http://www.thaiantialcohol.com/th/index.php?option=com_content&task=view&id=164&Itemid=65) สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2560.
8. Kristjan Kask, Anna Markina and Zusuna Podana. The effective of family factors on intense alcohol use among European adolescents: a multilevel analysis, *Psychiatry Journal* 2013; 2013(2013): 1-12.
9. Keila do Carmo Neves, Maria Luiza de Oliveira Teixeira and Marcia de Assuncao Ferreira. Factors and motivation for the consumption of alcoholic beverages in adolescence, *Escola Anna Nery* 2015 Apr./ June; 19(2). 286-291.
10. นิตานาถ เลิศพุกกษา. ปริมาณการบริโภคแอลกอฮอล์ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2534 – 2543 [วิทยานิพนธ์]. สมุทรปราการ: มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. 2555.
11. ศูนย์วิจัยปัญหาสุรา ศูนย์ข้อมูล สสส.สถานการณ์ปัญหาสร้างสุขภาวะคนไทย. รายงานสถานการณ์สุรา.[ออนไลน์] 2522 ได้จาก <http://info.thaihealth.or.th.situation/risk> สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2560.
12. กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข. หนังสือคู่มือการให้การปรึกษาสำหรับผู้ประสบปัญหาแอลกอฮอล์. [ออนไลน์] 2548 ได้จาก <http://dmh.go.th/news/view.asp?id=966> สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2560.
13. ทักษพล ธรรมรังสี. บรรณานุกรม.สถานการณ์การบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และผลกระทบในประเทศไทย พ.ศ. 2556. กรุงเทพฯ : เดอะกราฟิโกซิสเต็มส์; 2556.
14. ดร.นพวรรณ สมใจ. พฤติกรรมการป้องกันการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัย:กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่ง. วารสาร มจร.วิชาการ. กรุงเทพฯ 2560, 20(40) ; 127-139.
15. จารุวรรณ วิโรจน์. ชีวิตที่ดีสำหรับสาธารณสุข. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาสารคาม : หจก.อภิชาติการ; 2555
16. อัญชลี เหมชะญาตี และศรีวรรณ ยอดนิล. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี. วารสารการศึกษาและพัฒนาสังคม 2555, 8(1) ; 115-128.
17. ชลธิชา โรจนแสงโรจนแสง. เยาวชนไทย:กรณีศึกษาพฤติกรรมการดื่มสุราของนักศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปี พ.ศ. 2550, วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2551; 2(1); 59-70.
18. สุรเมศร์ ฮาซิม, รัตนา เลิศสุวรรณศรี และรมิดา ศรีเหรา. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดปทุมธานี. *Thai journal of Science and Technology*.กรุงเทพฯ 2560, 6(1); 1-10.
19. สุทธิรักษ์ ไชยรักษ์, สมชาย รักกลาง, พงศ์มิตร โพธิ์กลาง, สุปรีชา เคลือบคนโท, รัชดา อนงค์เวช, สืบศักดิ์ มีพวงพันธ์, เอนก ทองไทย. พฤติกรรมการดื่มสุราของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีปีการศึกษา 2551 ส่วนกิจกรรมนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.[ออนไลน์] 2553 ได้จาก <http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/han->

dle/123456789/3314 สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2560.

20. J. A. Tur, M. S. Puig, A. Pons and E. Benito. Alcohol consumption among school adolescents in Palma de Mallorca, *Alcohol and Alcoholism* 2003 May 1; 38(1). 243-248.
21. Natalie Guillen, Erick Roth, Alhena Alfaro and Erik Fernandez. Youth alcohol drinking behavior: Associated risk and protective factors [online] 2 May 2015 (6):[53-63]. Available from www.elsevier.es/riips Accessed 30 September 2017.
22. Yeh My. Factors associated with alcohol consumption, problem drinking and related consequences among high school students in Taiwan. *Psychiatry Clin Neurosci* 2006 Feb; 60(1):46-54.

ผลของโปรแกรมการพัฒนาความสามารถตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในเขตพื้นที่รับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลัญญาอำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์

Effects of Self-Efficacy Enhancement Program for Control of Blood Sugar Level among Patients with Type 2 Diabetes in Thanya Health Promoting Hospital, Kamalasai District, Kalasin Province

สิริกานต์ บรรพบุตร¹, นิรุวรรณ เทรินโบล², พิทยา ศรีเมือง³

Sirikan Bunpaboot¹, Niruwan Ternblow², Phitthaya Srimuang³

Received: 21 August 2018 ; Revised : 8 October 2018 ; Accepted: 26 October 2018

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลองครั้งนี้ เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการพัฒนาความสามารถตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในเขตพื้นที่รับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลัญญา อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อายุ 30 ปีขึ้นไป และมีระดับน้ำตาลในเลือด มากกว่า 130 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร จำนวน 70 คน คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ กลุ่มละ 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ โปรแกรมการพัฒนาความสามารถตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา Paired Sample t-test Independent Sample t-test และระดับน้ำตาลในเลือดด้วยสถิติ Z-test ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน การรับรู้ความสามารถตนเองในการปฏิบัติ การรับรู้ความคาดหวังในผลลัพธ์ของการปฏิบัติ และพฤติกรรมการดูแลตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีระดับน้ำตาลในเลือดอยู่ในเกณฑ์ควบคุมได้มากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ ร้อยละ 54.3 ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ผู้ป่วยสามารถเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการดูแลตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดีขึ้นและส่งผลให้ผู้ป่วยมีระดับน้ำตาลในเลือดอยู่ในเกณฑ์ควบคุมได้ ดังนั้นควรนำผลของโปรแกรมการพัฒนาความสามารถตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ได้ไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ จึงน่าจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการดูแลตนเองต่อไป

คำสำคัญ: โปรแกรมการพัฒนาความสามารถตนเอง ระดับน้ำตาลในเลือด ผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2

Abstract

The aim of this quasi-experimental design was to determine the effects of a self-efficacy enhancement program for control of blood sugar level among patients with type 2 diabetes in Thanya health promoting hospital, Kamalasai District, Kalasin Province. Study samples ($n=70$) were type 2 diabetes patients ages 30 years and above with fasting

¹ นิสิตหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

³ อาจารย์ ภาควิชาสาธารณสุขชุมชน วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น

¹ Master Degree of Public Health, Faculty of Public Health, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham Province. 44150 E-mail: modtanoy_suk@hotmail.com

² Assistant Professor, Faculty of Public Health, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham Province. 44150

³ Lecturer, Department of Community Public Health, Sirindhorn College of Public Health, Khon kaen, Mueang, Khon Kaen Province. 40000

blood sugar >130 mg/dl, the experimental group and the comparison group were each 35. Data was collected by using Self-Efficacy Enhancement Program for Control Blood Sugar Level among Patients with Type 2 Diabetes and interviewing was used for data collection. Data were analyzed by using descriptive statistics, paired sample t-test, independent sample t-test and fasting blood sugar by using Z-test. The findings showed that in the experimental group, the mean diabetes knowledge score, self-efficacy for blood sugar control of type 2 diabetes patients, perceived outcome expectation for blood sugar control of type 2 diabetes patients and self-care behaviors for blood sugar control of type 2 diabetes patients was higher level than those before experiment and the comparison group ($p < 0.05$) and 54.3% patients can control their blood sugar levels at controlled levels higher than the comparison group. This study revealed that type 2 diabetes patients have changed their self-care behaviors for controlling blood sugar at the sustainable level. Therefore, the results of a self-efficacy program should be engaged in the context of the health care system to enhance type 2 diabetic patients to change their self-care behaviors.

Keywords: Self-efficacy enhancement program, blood sugar level, type 2 diabetes patients

บทนำ

เบาหวานเป็นโรคเรื้อรังที่นับวันจะมีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้น ทั้งในประชากรทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย สหพันธ์โรคเบาหวานนานาชาติรายงานว่าในปี พ.ศ. 2558 มีจำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวานทั่วโลก 415 ล้านคน มีกลุ่มเสี่ยงที่จะเปลี่ยนเป็นผู้ป่วยรายใหม่ จำนวน 318 ล้านคน คาดว่าในปี พ.ศ. 2583 จำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวานทั่วโลก จะเพิ่มขึ้นเป็น 642 ล้านคน¹

จากการรายงานของศูนย์ข้อมูลสารสนเทศด้านสุขภาพจังหวัดกาฬสินธุ์ (Health Center Information System Kalasin) พบว่า ผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวานในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลธัญญา อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 - 2560 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุก ๆ ปี พบมีจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวาน 607 622 630 และ 652 คนตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลในเขตพื้นที่รับผิดชอบของอำเภอกมลาไสย พบว่า โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลธัญญา มีจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวานเป็นลำดับที่ 2 รองจากโรงพยาบาลชุมชน และเป็นลำดับที่ 1 ในทั้งหมด 10 โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล²

แผนยุทธศาสตร์สุขภาพดีวิถีชีวิตไทย พ.ศ. 2554 - 2563 เป็นกรอบทิศทางที่ขับเคลื่อนสู่การปฏิบัติการในการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตใหม่เป็นวิถีชีวิตที่ลดเสี่ยง ลดโรค ลดภาวะแทรกซ้อน ลดการพิการ ลดการตายและลดภาระค่าใช้จ่าย มีเป้าหมายสูงสุด คือ ประชาชน ชุมชน สังคม และประเทศมีภูมิคุ้มกันและศักยภาพในการสกัดกั้นภัยคุกคามสุขภาพจากโรควิถีชีวิตที่สำคัญได้ เพื่อลดปัญหาโรควิถีชีวิตที่สำคัญ 5 โรค ประกอบด้วย เบาหวาน ความดันโลหิตสูง หัวใจ หลอดเลือดสมอง มะเร็ง³ สอดคล้องกับแผนพัฒนาสุขภาพแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564) ยุทธศาสตร์การพัฒนาสุขภาพ

ยุทธศาสตร์ที่ 1 ว่าด้วยการเร่งการเสริมสร้างสุขภาพคนไทยเชิงรุก ให้ความสำคัญกับการปฏิรูปด้านสุขภาพ เพื่อให้คนไทยทุกช่วงวัยมีสุขภาพแข็งแรง โดยสร้างความตระหนักรู้เพื่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ ซึ่งมีเป้าหมายและตัวชี้วัดเพื่อลดอัตราการตายก่อนวัยสมควรจากโรค Non - communicable diseases (NCDs) หรือ ชื่อภาษาไทยเรียกว่า กลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ประกอบด้วย โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง หลอดเลือดหัวใจและปอดเรื้อรัง ลดลงจากปี 2559 ร้อยละ 25⁴ ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแผนแผนยุทธศาสตร์สุขภาพดีวิถีชีวิตไทย พ.ศ. 2554 - 2563 และแผนพัฒนาสุขภาพแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564) นั้น ผู้ป่วยในกลุ่มโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ยังจะต้องได้รับการส่งเสริมให้มีความรู้ ทักษะที่ถูกต้องด้านสุขภาพ เพื่อให้ผู้ป่วยมีพฤติกรรมสุขภาพที่ถูกต้องด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของโปรแกรมการพัฒนาความสามารถตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในเขตพื้นที่รับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลธัญญา อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อส่งเสริมสุขภาพและพัฒนาความสามารถในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ให้ผู้ป่วยเหล่านี้มีคุณภาพชีวิตที่ดีและสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติสุข

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการพัฒนาความสามารถตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในเขตพื้นที่รับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลธัญญา อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์

วัตถุประสงค์เฉพาะ

1. เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน การรับรู้ความสามารถตนเองในการปฏิบัติ เพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด การรับรู้ความคาดหวังในผลลัพธ์ของการปฏิบัติ เพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และพฤติกรรม การดูแลตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ภายในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

2. เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน การรับรู้ความสามารถตนเองในการปฏิบัติ เพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด การรับรู้ความคาดหวังในผลลัพธ์ของการปฏิบัติ เพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และพฤติกรรม การดูแลตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

3. เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ หลังการทดลอง

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental Research) โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ทำการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (Two group pre-post test design) ใช้ระยะเวลาดำเนินการศึกษา 12 สัปดาห์ เริ่มทำการศึกษาระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนเมษายน พ.ศ. 2561

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ศึกษา คือ ผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อายุ 30 ปีขึ้นไป และมีระดับน้ำตาลในเลือด (Fasting Blood Sugar : FBS) มากกว่า 130 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ขึ้นทะเบียนรายชื่อผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในเขตพื้นที่รับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลลัญญา และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเจ้าท่า อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือกที่กำหนด ขึ้นทะเบียนรายชื่อผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในเขตพื้นที่รับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลลัญญา เป็นกลุ่มทดลอง และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเจ้าท่า เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ ใช้หลักความน่าจะเป็น (Probability sampling) วิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) ด้วยวิธีการจับฉลากเลือกตัวอย่างแบบไม่ใส่คืน กลุ่มละ 35 คน จำนวนทั้งหมด 70 คน ซึ่งการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างพิจารณาจากคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

เกณฑ์การคัดเลือกเข้า (Inclusion criteria)

- 1) ผู้ป่วยสามารถสื่อสารได้ปกติ ไม่มีปัญหาทางการได้ยินและทางสายตา
- 2) ผู้ป่วยมีความสมัครใจและยินดีให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมโปรแกรมด้วยความสมัครใจ

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

- 1) ผู้ป่วยขอถอนตัว หรือยุติการเข้าร่วมการศึกษา
- 2) ผู้ป่วยมีข้อจำกัดทางร่างกายหรือไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้
- 3) ผู้ป่วยที่มีภาวะแทรกซ้อนรุนแรงที่เป็นอุปสรรคต่อการวิจัย
- 4) ผู้ป่วยอยู่ระหว่างการตั้งครรภ์ หลังคลอดหรืออยู่ในระยะเวลาการให้นมบุตร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดกิจกรรมของโปรแกรมการพัฒนาความสามารถตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีดังนี้

- 1) การบรรยายให้ความรู้เพื่อสร้างความมุ่งมั่นในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ผลดีของการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมได้และผลเสียของการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ และพฤติกรรม การดูแลตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2

2) ประสพการณ์ของความสำเร็จที่ลงมือกระทำ ได้แก่ สาธิต/ฝึกปฏิบัติตัวในการเลือกรับประทานอาหาร โดยใช้หลัก Plate method ในการวางแผนมื้ออาหาร⁶ การออกกำลังกาย โดยการยืดเหยียดพื้นฐาน⁷ ร่วมกับการแกว่งแขน บำบัดโรค⁸ และการจัดการความเครียด โดยการใช้เทคนิคเฉพาะในการคลายเครียด⁹

3) การได้เห็นต้นแบบหรือประสพการณ์จากผู้อื่น ได้แก่ กิจกรรมเพื่อนช่วยเพื่อน เพื่อพบปะพูดคุยในวันว่าง และการเล่าประสพการณ์จากตัวต้นแบบ

4) การกระตุ้นทางอารมณ์ ได้แก่ การกระตุ้นเตือนให้ความรู้ผ่านเสียงตามสาย ติดตามออกเยี่ยมบ้านผู้ป่วย พร้อมกับให้คำแนะนำและคำปรึกษาสมาชิกในครอบครัวผู้ป่วย โดยพยาบาล เจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล และอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ที่ได้ค่า IOC ตั้งแต่ระดับ 0.951 - 1.000 และการตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.707 - 0.762 ซึ่งแบบสัมภาษณ์ที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 5 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 แบบสัมภาษณ์ข้อมูลทั่วไป จำนวน 22 ข้อ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลส่วนบุคคล จำนวน 15 ข้อ และข้อมูลด้านสุขภาพ จำนวน 7 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบสัมภาษณ์วัดความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโรคเบาหวาน จำนวน 22 ข้อ

ส่วนที่ 3 แบบสัมภาษณ์การรับรู้ความสามารถตนเองในการปฏิบัติ เพื่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 18 ข้อ

ส่วนที่ 4 แบบสัมภาษณ์การรับรู้ความคาดหวังในผลลัพธ์ของการปฏิบัติ เพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 14 ข้อ

ส่วนที่ 5 แบบสัมภาษณ์พฤติกรรมการดูแลตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดชนิดที่ 2 จำนวน 27 ข้อ

จริยธรรมในการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ซึ่งสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ด้วยการแจกแจงความถี่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด – สูงสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics)

เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยของความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน การรับรู้ความสามารถตนเองในการปฏิบัติ เพื่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 การรับรู้ความคาดหวังในผลลัพธ์ของการปฏิบัติ เพื่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และพฤติกรรมการดูแลตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ภายในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ใช้สถิติ Paired Sample t-test ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ใช้สถิติ Independent Sample t-test สำหรับการเปรียบเทียบสัดส่วนระดับน้ำตาลในเลือดระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ หลังการทดลอง ใช้สถิติ Z-test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป พบว่า ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 74.3 และร้อยละ 65.7 ตามลำดับ และมีคุณลักษณะส่วนบุคคลที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามพบว่า กลุ่มทดลองส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 50 – 59 ปี ร้อยละ 45.7 ระยะเวลาที่ป่วยด้วยโรคเบาหวานเฉลี่ย 8.40 ปี ระหว่าง 5 – 9 ปี ส่วนกลุ่มเปรียบเทียบ ส่วนใหญ่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 45.7 ระยะเวลาที่ป่วยด้วยโรคเบาหวานเฉลี่ย 10.09 ปี ระหว่าง 5 – 14 ปี ดัง Table 1

Table 1 Personal information of Type 2 diabetes patients, experimental group and comparison group

Personal information	Experimental group (n=35)	Comparison group (n=35)
	Numbers (%)	Numbers (%)
Gender		
Male	9 (25.7)	12 (34.3)
Age		
30 – 39 years	1 (2.9)	0 (0.0)
40 – 49 years	5 (14.3)	6 (17.1)
50 – 59 years	16 (45.7)	13 (37.1)
60 years or above	13 (37.1)	16 (45.7)
marital status		
Single	2 (5.7)	0 (0.0)
Married	29 (82.9)	29 (82.9)
Widow/Divorced/Separated	4 (11.5)	6 (17.1)

Table 1 Personal information of Type 2 diabetes patients, experimental group and comparison group (cont.)

Personal information	Experimental group (n=35)	Comparison group (n=35)
	Numbers (%)	Numbers (%)
Education		
Elementary School	23 (65.7)	34 (97.1)
Junior High School	9 (25.7)	1 (2.9)
Senior High School	2 (5.7)	0 (0.0)
Vocational Certificate/High Vocational Certificate/Diploma	1 (2.9)	0 (0.0)
Occupation		
No occupation	4 (11.4)	9 (25.7)
Home maker	9 (25.7)	3 (8.6)
Agriculturist	15 (42.9)	17 (48.6)
merchants	0 (0.0)	1 (2.9)
Mercenary career	7 (20)	4 (11.4)
Other	0 (0.0)	1 (1.4)
Family members		
1 – 3 people	6 (17.1)	2 (5.7)
4 – 6 people	25 (71.4)	23 (65.7)
7 – 9 people	3 (8.6)	8 (22.9)
10 people or above	1 (2.9)	2 (5.7)
Income		
< 5,000 baht/month	23 (65.7)	28 (80.0)
5,001 – 10,000 baht/month	12 (34.3)	7 (20.0)
Duration of diabetes (years)		
< 5 years	10 (28.6)	8 (22.9)
5 – 9 years	12 (34.3)	9 (25.7)
10 – 14 years	7 (20.0)	9 (25.7)
15 – 19 years	2 (5.7)	7 (20.0)
20 years or above	4 (11.4)	2 (5.7)
Relative history of diabetes mellitus		
None	13 (37.1)	14 (40.0)
Have	22 (62.9)	21 (60.0)
Relative		
Father	3 (13.6)	5 (23.8)
Mother	13 (59.1)	9 (42.9)
Siblings	8 (36.4)	11 (25.4)
Types of selected rice		
Glutinous rice	15 (42.9)	23 (65.7)
Steamed rice	2 (5.7)	0 (0.0)
Glutinous rice and Steamed rice	18 (51.4)	12 (34.3)
Food tasting		
Sweet	8 (22.9)	2 (5.7)
Salty	6 (17.1)	12 (34.3)
Other	21 (60.0)	21 (60.0)
Cooking methods		
Boil or Scald	14 (40.0)	19 (54.3)
Fried	3 (8.6)	2 (5.7)
Boiled/Steamed/Baked	2 (5.7)	0 (0.0)
Toast/Grill	16 (45.7)	14 (40.0)

Table 1 Personal information of Type 2 diabetes patients, experimental group and comparison group (cont.)

Personal information	Experimental group (n=35)	Comparison group (n=35)
	Numbers (%)	Numbers (%)
Frequency of eating each day		
2 meals/day	3 (8.6)	1 (2.9)
3 meals/day	31 (88.6)	34 (97.1)
Eat more than 3 meals/day	1 (2.9)	0 (0.0)
Source of food		
Cooking and eating them every day	25 (71.4)	32 (91.4)
Cooking eat mostly	10 (28.6)	3 (8.6)
Exercises		
Don't exercise	15 (42.9)	16 (45.7)
Exercise 1 – 2 times/week	13 (37.1)	14 (40.0)
Exercise 3 – 4 times/week	3 (8.6)	2 (5.7)
Exercise 5 – 6 times/week	0 (0.0)	1 (2.9)
Exercise every day	4 (11.4)	2 (5.7)

Note: Exercise is not a force, But as a healthy exercise at least 30 minutes. For example, yoga, walking, jogging, aerobics, cycling, etc.

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านสุขภาพ พบว่า หลังการทดลอง กลุ่มทดลอง มีค่าดัชนีมวลกายปกติ (18.5 - 22.9) ร้อยละ 51.4 ขนาดรอบเอวปกติ ร้อยละ 51.4 สำหรับกลุ่มเปรียบเทียบ มีค่าดัชนีมวลกายอ้วนระดับ 1 (25 - 29.9) ร้อยละ 40.0 ขนาดรอบเอวปกติ ร้อยละ 51.4 กลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ส่วนใหญ่มีระดับความดันโลหิตค่าบน SBP < 140

mmHg และระดับความดันโลหิตค่าล่าง DBP < 90 mmHg ทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ระดับน้ำตาลในเลือด ย้อนหลัง 3 เดือน ก่อนการทดลอง ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ (> 130 mg/dl) และไม่มีภาวะแทรกซ้อนจากโรคเบาหวาน ดัง Table 2

Table 2 Health information of Type 2 diabetes patients, experimental group and comparison group

Health information	Experimental group (n=35)	Comparison group (n=35)
	Numbers (%)	Numbers (%)
Body mass index (BMI)		
Before Experimental		
Underweight (<18.5)	0 (0.0)	2 (5.7)
Normal weight (18.5 – 22.9)	18 (51.4)	9 (25.7)
Overweight (23.0 – 24.9)	7 (20.0)	7 (20.0)
Obese class I (25 – 29.9)	9 (25.7)	13 (37.1)
Obese class II (≥30)	1 (2.9)	4 (11.4)
After Experimental		
Underweight (<18.5)	1 (2.9)	2 (5.7)
Normal weight (18.5 – 22.9)	18 (51.4)	9 (25.7)
Overweight (23.0 – 24.9)	6 (17.1)	7 (20.0)
Obese class I (25 – 29.9)	9 (25.7)	14 (40.0)
Obese class II (≥30)	1 (2.9)	3 (8.6)
Waist circumference		
Before Experimental		
Normal waistline	17 (48.6)	17 (48.6)
Waistline overload	18 (51.4)	18 (51.4)

Table 2 Health information of Type 2 diabetes patients, experimental group and comparison group (cont.)

Health information	Experimental group (n=35)	Comparison group (n=35)
	Numbers (%)	Numbers (%)
After Experimental		
Normal waistline	18 (51.4)	18 (51.4)
Waistline overload	17 (48.6)	17 (48.6)
Blood pressure		
Before Experimental		
SBP < 140 mmHg	28 (80.0)	31 (88.6)
SBP ≥ 140 mmHg	7 (20.0)	4 (11.4)
DBP < 90 mmHg	30 (85.7)	34 (97.1)
DBP ≥ 90 mmHg	5 (14.3)	1 (2.9)
After Experimental		
SBP < 140 mmHg	32 (91.4)	30 (85.7)
SBP ≥ 140 mmHg	3 (8.6)	5 (14.3)
DBP < 90 mmHg	33 (94.3)	35 (100)
DBP ≥ 90 mmHg	2 (5.7)	0 (0.0)
Fasting Blood Sugar (FBS) backward 3 month (Before Experimental)		
January		
Controllable (≥70 – ≤130 mg/dl)	6 (17.1)	7 (20.0)
Uncontrollable (>130 mg/dl)	29 (82.9)	28 (80.0)
December		
Controllable (≥70 – ≤130 mg/dl)	7 (20.0)	8 (22.9)
Uncontrollable (>130 mg/dl)	28 (80.0)	27 (77.1)
November		
Controllable (≥70 – ≤130 mg/dl)	12 (34.3)	5 (14.3)
Uncontrollable (>130 mg/dl)	23 (65.7)	30 (85.7)
Complications		
Unknown	0 (0.0)	1 (2.9)
None	28 (80.0)	23 (65.7)
Have	7 (20.0)	11 (31.4)
Underlying disease		
Hypertension	5 (62.5)	8 (66.7)
Kidney disease	2 (25.0)	1 (8.3)
Hyperlipidemia	1 (12.5)	1 (8.3)
heart disease	0 (0.0)	1 (8.3)
Gout	0 (0.0)	1 (8.3)

ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ย พบว่า กลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน การรับรู้ความสามารถตนเองในการปฏิบัติ การรับรู้ความคาดหวังในผลลัพธ์ของการปฏิบัติ และพฤติกรรมการดูแลตนเองเพื่อ

ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดัง Table 3

Table 3 Comparison of mean scores on knowledge of diabetes, self-efficacy for blood sugar control of type 2 diabetes patients, perceived outcome expectation for blood sugar control of type 2 diabetes patients and self-care behaviors for blood sugar control of type 2 diabetes patients. In the experimental group and the comparison group, before and after experiment

Comparison of mean scores	Experimental group (n=35)		Comparison group (n=35)	
	Mean	SD	Mean	SD
Knowledge				
Before Experimental	15.00	1.609	14.83	1.654
After Experimental	18.40	1.718*	14.86	1.574
Self-efficacy				
Before Experimental	72.37	5.413	72.34	5.434
After Experimental	87.37	1.750*	72.51	5.398
Perceived outcome expectation				
Before Experimental	60.66	3.597	60.51	3.081
After Experimental	67.51	1.687*	60.74	2.863
Self-care behaviors				
Before Experimental	100.29	13.676	100.34	9.828
After Experimental	125.40	6.330*	100.46	9.693

*Statistical significance at $p < 0.05$

ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังจากทดลอง กลุ่มทดลอง สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดอยู่ในเกณฑ์ควบคุมได้ (ระดับน้ำตาลในเลือด $\geq 70 - \leq 130$ mg/dl) จำนวน 19 คน ร้อยละ 54.3 ซึ่งมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ ที่สามารถควบคุมระดับ

น้ำตาลในเลือดอยู่ในเกณฑ์ควบคุมได้ (ระดับน้ำตาลในเลือด $\geq 70 - \leq 130$ mg/dl) จำนวน 9 คน ร้อยละ 25.7 มีผลต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ร้อยละ 28.6 ($p < 0.05$) ดัง Table 4

Table 4 Frequency and percentage of Type 2 Diabetes Patients by blood sugar control of experimental group and comparative group, after experiment

Sample	Controllable		Difference	95%CI	Z	p-value
	$\geq 70 - \leq 130$ mg/dl					
	Numbers	%				
Experimental group (n=35)	19	54.3	28.6	6.616 - 50.526	2.439	0.014
Comparison group (n=35)	9	25.7				

*Statistical significance at $p < 0.05$

อภิปรายผล

ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน การรับรู้ความสามารถตนเองในการปฏิบัติ การรับรู้ความคาดหวังในผลลัพธ์ของการปฏิบัติ และพฤติกรรมการดูแลตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด หลังการทดลอง พบว่า กลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน การรับรู้ความสามารถตนเองในการ

ปฏิบัติ การรับรู้ความคาดหวังในผลลัพธ์ของการปฏิบัติ และพฤติกรรมการดูแลตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลอง และมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุดท้าย พลแสน^{10,11} ที่ศึกษาผลของการประยุกต์ทฤษฎีความสามารถตนเองร่วมกับแรงสนับสนุนทางสังคมที่มีต่อการควบคุมโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่า ภายหลังจากเข้า

ร่วมโปรแกรม กลุ่มทดลอง มีความสามารถในการดูแลตนเอง และการปฏิบัติตนในการดูแลตนเองด้านการรับประทานอาหาร การออกกำลังกาย การผ่อนคลายความเครียด การดูแลสุขภาพโดยทั่วไปของตนเองอยู่ในระดับดี เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลองและมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และหลังการทดลอง ผู้ป่วยสามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดอยู่ในเกณฑ์ควบคุมได้ (ระดับน้ำตาลในเลือด $\geq 70 - < 130$ mg/dl) ร้อยละ 54.3 มากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับผลศึกษาของยุทธกร ชมวงษ์¹² พบว่า กลุ่มทดลอง หลังการทดลอง มีความรู้เกี่ยวกับ โรคเบาหวาน การรับรู้ภาวะสุขภาพ และมีการปฏิบัติในการดูแลตนเอง เพิ่มขึ้นจากก่อนทดลอง และดีกว่ากลุ่มควบคุม รวมทั้งพบว่า มีระดับน้ำตาลในเลือดที่สามารถควบคุมได้ ร้อยละ 59.45 และระดับน้ำตาลในเลือดลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของสมใจ ราชวงษ์¹³ พบว่า หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ การรับรู้ความคาดหวังในผลลัพธ์การปฏิบัติตัวในการดูแลตนเอง และค่าระดับน้ำตาลในเลือด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถสรุปได้ว่าเป็นผลมาจากการประยุกต์ใช้ทฤษฎีความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy Theory) ร่วมกับทฤษฎีแรงสนับสนุนทางสังคม (Social Support Theory) จัดกิจกรรมเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจโดยการบรรยายให้ความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน ข้อดี - ข้อเสียของการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และพฤติกรรม การดูแลตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด¹⁴ กิจกรรม สาริตและฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ประกอบด้วย การปฏิบัติตัวในการเลือกรับประทานอาหาร การออกกำลังกาย การจัดการความเครียด การรับประทานยาสม่ำเสมอและตรงเวลา และการพบแพทย์ตรงตามเวลานัด กิจกรรมการแลกเปลี่ยนประสบการณ์จากตัวแบบ กิจกรรมกระบวนการกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้แบบสนทนา กลุ่ม กระตุ้นเตือนให้ความรู้ผ่านเสียงตามสาย ติดตามออกเยี่ยมบ้านผู้ป่วย พร้อมกับให้คำแนะนำและคำปรึกษาสมาชิกในครอบครัวผู้ป่วย แสดงความห่วงใยด้วยการพูดคุยให้กำลังใจ ใช้คำพูดโหนมน้าวให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมดูแลตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดที่ยั่งยืน สอดคล้องกับการศึกษาของชนกฤต เสนานอก^{15,16,17}

สรุปผล

การใช้โปรแกรมการพัฒนาความสามารถตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อศึกษาเปรียบเทียบ

ค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน การรับรู้ความสามารถตนเองในการ การรับรู้ความคาดหวังในผลลัพธ์ของการปฏิบัติ และพฤติกรรมดูแลตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ภายในและระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง พบว่า หลังการทดลอง กลุ่มทดลองที่ได้รับการใช้โปรแกรมการพัฒนาความสามารถตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด มีค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน การรับรู้ความสามารถตนเองในการปฏิบัติ การรับรู้ความคาดหวังในผลลัพธ์ของการปฏิบัติ และพฤติกรรมดูแลตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และกลุ่มทดลองสามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดอยู่ในเกณฑ์ควบคุมได้ ร้อยละ 54.3 ผลต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ร้อยละ 28.6 ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการพัฒนาความสามารถตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ส่งผลดีต่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน ชนิดที่ 2 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมดูแลสุขภาพตนเองที่ดีขึ้น และสามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดอยู่ในเกณฑ์ควบคุมได้เพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาในกลุ่มทดลองได้ผลการศึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน ดังนั้นควรมีการศึกษารูปแบบเดียวกันนี้เพิ่มเติม โดยเพิ่มกิจกรรมการจัดอบรมให้ความรู้สมาชิกในครอบครัวของผู้ป่วย เพื่อให้สมาชิกในครอบครัวมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง สามารถช่วยดูแลและกระตุ้นเตือนผู้ป่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง และควรนำการศึกษารูปแบบเดียวกันนี้ ไปศึกษาในผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวานและผู้ป่วยที่เพิ่งได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคเบาหวาน เพื่อลดภาวะแทรกซ้อนหรือโรคร่วม ซึ่งเป็นผลมาจากการไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมได้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างยิ่ง จาก ผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลธัญญา ผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเจ้าท่า และเจ้าหน้าที่ประจำโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล อำเภออมลาลัย จังหวัดกาฬสินธุ์ ตลอด จนอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค. ประเด็นสารณรงค์วันเบาหวานโลก ปี 2559. [ฉบับออนไลน์]. 2559 [เข้าถึงเมื่อ 15 กันยายน 2560]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.thaincd.com/2016/news/hot-news-detail.php?id=12828&gid=18>.
2. สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. (2559). ศูนย์ข้อมูลสารสนเทศด้านสุขภาพจังหวัดกาฬสินธุ์. [เข้าถึงเมื่อ 15 กรกฎาคม 2560]. เข้าถึงได้จาก https://ksn.hdc.moph.go.th/hdc/main/index_pk.php.
3. สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. แผนยุทธศาสตร์สุขภาพดีวิถีชีวิตไทย พ.ศ. 2554 – 2563. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สำนักพระพุทธศาสนาแห่งชาติ, 2554.
4. กระทรวงสาธารณสุข. ร่างแผนพัฒนาสุขภาพแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564). [ฉบับออนไลน์]. 2559 [เข้าถึงเมื่อ 15 กันยายน 2560]. เข้าถึงได้จาก: http://wops.moph.go.th/ops/oic/data/20161115144754_1_.pdf.
5. American Diabetes Association. Eating With Type 2 Diabetes. Clinical Diabetes [serial online] 2007 July; 25(3):[1 screens]. Available from: <https://doi.org/10.2337/diaclin.25.3.104>. Accessed August 8, 2018.
6. Joan Clark-Warner. (2013). The Complete Idiot's Guide to Managing Diabetes Fast-Track. (Alpha Book, Ed.). United States of America: Penguin Group (USA) Inc. Retrieved from https://books.google.co.th/books?id=cc2SKnhyG_EC&hl=th&source=gbs_navlinks_s
7. กองออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. การยืดเหยียดพื้นฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, 2550.
8. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.). คู่มือลดพุงลดโรค ฉบับประชาชน. [ฉบับออนไลน์]. 2558 [เข้าถึงเมื่อ 5 มกราคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.thaihealth.or.th/>.
9. กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือคลายเครียด (ฉบับปรับปรุงใหม่). กรุงเทพมหานคร. กรมสุขภาพจิต, 2555.
10. สุดท้าย พลแสน. ผลของการประยุกต์ทฤษฎีความสามารถตนเองร่วมกับแรงสนับสนุนทางสังคมที่มีต่อการควบคุมโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ของกลุ่มผู้สูงอายุตำบลสวย อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการระบบสุขภาพ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2554.
11. มาลัย คำมณี. ประสิทธิภาพของการใช้โปรแกรมการรับรู้ความสามารถตนเองร่วมกับแรงสนับสนุนทางสังคมต่อพฤติกรรมการส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุ ตำบลหนองหมื่นถ่าน อำเภออาจสามารถ จังหวัดร้อยเอ็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการส่งเสริมสุขภาพและพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2556.
12. ยุทธกร ชมวงษ์. การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการดูแลตนเองและแรงสนับสนุนทางสังคมเพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดในกลุ่มผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนาไส อำเภอกุฉินชัย จังหวัดยโสธร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการระบบสุขภาพ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2555.
13. สมใจ ราชวง. ประสิทธิภาพของโปรแกรมสุขศึกษาในการส่งเสริมสุขภาพการดูแลโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการดูแลตนเองของโอเรียมร่วมกับทฤษฎีความสามารถตนเองในการพัฒนาพฤติกรรมของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มารับบริการที่ตึกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลมโหสถนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสุขภาพศึกษาและการส่งเสริมสุขภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552.
14. Prueksaritanond S , Tubtimtes S , Asavanich K. Type 2 Diabetic Patient-Centered Care. J Med Assoc Thai, 2004;87(4):345
15. ธนกฤต เสนานอก. ผลของการประยุกต์ทฤษฎีความสามารถตนเองร่วมกับกระบวนการกลุ่มและแรงสนับสนุนทางสังคมต่อการบริโภคอาหารและการออกกำลังกายของกลุ่มผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน อำเภอคูเมือง จังหวัดบุรีรัมย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการระบบสุขภาพ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2553.
16. ทรงเดช ยศจำรัส. ผลการพัฒนาความสามารถของตนเองและการตั้งเป้าหมายเพื่อเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบา

หวานชนิดที่ 2 ในโรงพยาบาลชุมแพ อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2556.

17. นิภานันท์ สุขสวัสดิ์, อารยา ปราณประวีตร, สาโรจน์ เพชรมณี. ผลของโปรแกรมสุขศึกษาโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีความสามารถแห่งตนร่วมกับแรงสนับสนุนทางสังคมเพื่อการดูแลตนเองในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลท่าสะอาด อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสารการพัฒนาสุขภาพชุมชน มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2559;4(1):49-65.

ศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ต่างประเทศในจังหวัดมหาสารคาม

Yield potential of exotic maize varieties in Maha Sarakham Province

สกุลกานต์ สิมลา¹, ศรัณย์ โพธิ์ดอกไม้¹, สุรศักดิ์ บุญแต่ง¹

Sakunkan Simla¹, Saran Potidokmai¹, Surasak Boontang¹

Received: 6 August 2018 ; Revised : 21 September 2018 ; Accepted: 2 October 2018

บทคัดย่อ

การทดสอบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 5 พันธุ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินลักษณะทางการเกษตรบางประการ ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ภายใต้สภาพแวดล้อมของแปลงทดลองภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม วิทยาเขตขามเรียง ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2559 ถึงเดือนมีนาคม 2560 ปลูกทดสอบตามแผนการทดลองแบบ randomized complete block มี 5 สิ่งทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ผลการทดสอบพบว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สีม่วงต่างพันธุ์กันมีลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นลักษณะ ความยาวฝัก ความกว้างฝัก จำนวนแถวต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว จำนวนเมล็ดต่อฝัก และผลผลิตเมล็ดต่อไร่ โดยพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) ให้ผลผลิตฝักและผลผลิตเมล็ดพันธุ์เฉลี่ยสูงสุดที่ 1,030.20 และ 804.33 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในส่วนของพันธุ์ข้าวโพดจากต่างประเทศ พบว่า พันธุ์ Strubbes Orange เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตฝักและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ดีที่สุด ที่ 1,097.9 และ 878.27 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าข้าวโพดพันธุ์ Strubbes Orange เป็นพันธุ์ที่มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในจังหวัดมหาสารคามได้มากที่สุด จึงเป็นพันธุ์ที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต ข้าวโพดไร่ การทดสอบพันธุ์

Abstract

Five maize varieties were trialed to evaluate the agronomic traits of yield and yield component under field conditions at Agricultural Field Research, Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Khamriang campus, during November 2016 – March 2017. The experiment was laid out in a randomized complete block design consisting of five treatments with three replications. The results showed that there were significant differences in yield, yield component and some agronomic traits among different violet maize varieties, except ear length, ear diameter, kernel rows, number of grain per row, number of grain per ear and grain yield per rai. Khaw Neaw Dum Phitsanulok (black kernel) had the highest yield and grain yield with the mean of 1,030.20 and 804.33 kilogram per rai, respectively. Among the exotic maize varieties, Strubbes Orange variety showed the highest yield and grain yield with means of 1,097.9 and 878.27 kilogram per rai, respectively. The Strubbes Orange was the most adapted variety to the Maha Sarakham Province environment and it is suggested to have further potential for a breeding program.

Keywords: growth, field maize, yield trial

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham, Thailand 44150

* Corresponding author: Sakunkan Simla, Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham, Thailand 44150 E-mail: sakunkans@gmail.com, sakunkan.s@msu.ac.th

บทนำ

ข้าวโพด (Maize หรือ Corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L. เป็นธัญพืชสำคัญอันดับ 3 ของโลก รองจากข้าวเจ้าและข้าวสาลี มีการผลิตปีละประมาณ 580 ล้านตัน โดยเฉพาะในประเทศจีน สหรัฐอเมริกา บราซิล และเม็กซิโก ส่วนประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกประมาณ 7-8 ล้านไร่ มีแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญอยู่ในจังหวัดนครสวรรค์ สระบุรี ลพบุรี นครราชสีมา เลย เพชรบูรณ์ สุโขทัย และกำแพงเพชร¹ สามารถผลิตเมล็ดข้าวโพดได้ปีละ 4.5 ล้านตัน ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของประเทศ ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารสัตว์ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว² มีรายงานความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งในภาคอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมเอทานอล และเมล็ดพันธุ์ของตลาดโลกของปี 2551/52 ถึง 2555/56 พบว่าผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 784.61 ล้านตัน ในปีการผลิต 2551/52 เป็น 869.31 ล้านตัน ในปีการผลิต 2555/56 (เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 2.72 ต่อปี) โดยในปีการผลิต 2551/52 สหรัฐอเมริกามีความต้องการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้นจาก 259.27 ล้านตัน เป็น 267.60 ล้านตัน โดยมีความต้องการเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 0.54 ต่อปี³ จะเห็นได้ว่าความต้องการใช้ข้าวโพดทั้งตลาดในประเทศและตลาดต่างประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ในปัจจุบันการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทยมียังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ เนื่องจากการผลิตส่วนใหญ่ เป็นการผลิตที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สภาพอากาศ และปัจจัยการผลิตต่างๆ ทำให้มีความเสี่ยงต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ปัจจุบันวิทยาการด้านปรับปรุงพันธุ์พืชมีความก้าวหน้ามาก ตลอดจนเกษตรกรมีความพร้อมในการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสม แนวทางการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดจึงมุ่งเน้นไปเพื่อผลิตพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมโดยอาศัยลักษณะพิเศษอย่างหนึ่งของพืชผสมข้ามต้น เมื่อนำพันธุ์หรือสายพันธุ์ที่มีความแตกต่างทางด้านพันธุกรรมมาผสมกัน ลูกผสมที่ได้จะมีลักษณะดีเด่นเหนือกว่าพ่อแม่ (heterosis หรือ hybrid vigor) ลักษณะดีเด่นดังกล่าวนี้ จะแสดงออกได้หลายทาง เช่น ผลผลิต ความสูง ขนาด และการเจริญเติบโต เป็นต้น และด้วยลักษณะดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสม จึงทำให้มีความต้องการข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวนำมากขึ้น ถึงแม้จะเป็นพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวเช่นเดียวกัน แต่ถ้าเป็นข้าวโพดต่างพันธุ์กัน ก็จะมีลักษณะแตกต่างกัน ทั้งในเรื่องของลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และการให้ผลผลิต อีกทั้งยังมีการ

ปรับตัวในแต่ละสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันด้วย

รูปแบบหนึ่งของการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดที่นิยมปฏิบัติกัน คือ การใช้ประโยชน์จากเชื้อพันธุกรรมต่างถิ่น เพื่อเพิ่มลักษณะดีที่มีอยู่ในพันธุ์นั้นเข้ามาในพันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศ และใช้เพื่อเพิ่มความแปรปรวนทางพันธุกรรมของประชากรพื้นฐาน โดยเมื่อนำข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์หรือสายพันธุ์จากต่างประเทศเข้ามาแล้วจะนำมาปลูกทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตกับสายพันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศ รวมถึงทดสอบการปรับตัวเข้ากับสภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยด้วย และเนื่องด้วยในปัจจุบันมีความต้องการข้าวโพดอาหารสัตว์ที่มีคุณลักษณะพิเศษเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม ซึ่งมีรายงานการวิจัยพบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สีม่วงสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น อาหารไก่กระตังและสุกรได้ และนอกจากนี้สารแอนโทไซยานินที่มีอยู่ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สีม่วงยังสามารถนำมาพัฒนาเป็นสารยับยั้งการเจริญของเชื้อรา สารต้านทานการเจริญของแบคทีเรีย หรือนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารหรืออาหารเสริมสุขภาพเพื่อบำรุงหัวใจและตับในสัตว์เลี้ยงได้อีกด้วย⁴

ลักษณะพิเศษที่มีอยู่ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สีม่วง คือ สารแอนโทไซยานิน แนวทางการเพิ่มสารสีดังกล่าว คือการนำเข้าพันธุ์จากต่างประเทศที่มีสารสีที่ต้องการ แล้วนำมาใช้ในโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มสารสีดังกล่าว ซึ่งขั้นตอนแรกของการนำพันธุ์จากต่างประเทศมาใช้ คือ การทดสอบพันธุ์ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ โดยประเมินลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เปรียบเทียบกับพันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศไทย ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะนำไปใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีลักษณะพิเศษต่อไป

วิธีการศึกษา

- 1) การวางแผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ RCBD (randomized completely block design) จำนวน 4 ซ้ำ มี 5 สิ่งทดลอง คือ พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 5 พันธุ์ ได้แก่
 - 1.1 พันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศ ซึ่งเป็นพันธุ์ผสมเปิด จำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) และพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดส้ม)
 - 1.2) พันธุ์จากต่างประเทศ ซึ่งเป็น S2 generation ที่เกิดจากการผสมข้ามในกลุ่มเดียวกัน จำนวน 3 พันธุ์ คือ

- พันธุ์ Earth Tones Dent เมล็ดในฝักมีหลายสี ได้แก่ สีม่วง สีน้ำตาล สีส้ม สีชมพู สีแทน
- พันธุ์ Oaxacan Green เมล็ดมีสีเขียวเข้ม
- พันธุ์ Strubbes Orange เมล็ดมีสีม่วงแดง

2) การปลูก ปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมของแปลงทดลองภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม วิทยาเขตขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างเดือนสิงหาคม 2559 ถึง เดือนเมษายน 2560 รายละเอียดการปลูก ดังนี้

2.1 การเตรียมแปลง โดยใช้รถแทรกเตอร์ไถด้วยพานสาม 1 ครั้ง และไถพรวนด้วยพานเจ็ด 1 ครั้ง จากนั้นตากดินไว้นาน 7-10 วัน แล้วพรวนเพื่อปรับดินให้ละเอียดและสม่ำเสมอ เตรียมไว้สำหรับการยกร่องขึ้นแปลง

2.2 การยกร่องขึ้นแปลง ยกร่องโดยใช้ระยะห่างระหว่างแถว 75 เซนติเมตร วัดความยาวแปลงย่อยแปลงละ 5 เมตร

2.3 การปลูก ปลูกบนสันร่อง โดยใช้ระยะห่างระหว่างต้นหรือระยะห่างระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองกันหลุม อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วกลบดินกันหลุม จากนั้นหยอดเมล็ด หลุมละ 2-3 เมล็ด กลบดินให้แน่น ปลูกพันธุ์ละ 4 แถวต่อซ้ำ

2.4 การถอนแยก เมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 14 วันหลังงอก ถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น

3) การดูแลรักษา

3.1 การให้ปุ๋ย ให้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 เมื่ออายุได้ 15 วัน แล้วพรวนดินกลบ และให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เมื่อข้าวโพดอายุได้ 45 วัน แล้วพรวนดินกลบ

3.2 การให้น้ำ ให้น้ำโดยใช้ระบบสปริงเกอร์ตลอดฤดูปลูก

3.3 การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลง มีการใช้ตามความเหมาะสมเมื่อพบว่ามีอาการระบาดของโรคหรือแมลง

4) การเก็บตัวอย่าง เก็บตัวอย่างสำหรับการบันทึกข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิต เก็บเมื่อสีของกาบหุ้มฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล สุ่มเก็บจำนวน 10 ฝักต่อซ้ำ

5) การบันทึกข้อมูล

5.1 ลักษณะทางการเกษตร 4 ลักษณะ ได้แก่ ความสูงของต้น (เซนติเมตร) สุ่มวัด 10 ต้นต่อแปลงย่อย โดยวัดจากโคนต้นถึงโคนใบตรง

- ความสูงฝัก (เซนติเมตร) สุ่มวัด 10 ต้นต่อแปลงย่อย โดยวัดจากโคนต้นถึงโคนของฝักตำแหน่งแรก

- อายุออกดอกตัวผู้ (วัน) นับอายุตั้งแต่วันปลูกจนถึงวันที่ออกดอกตัวผู้ร้อยละ 50 ของแปลงย่อย

- อายุการออกไหม (วัน) นับอายุตั้งแต่วันปลูกจนถึงวันที่ออกดอกไหมร้อยละ 50 ของแปลงย่อย

5.2 ลักษณะองค์ประกอบผลผลิต 6 ลักษณะ

- ความยาวฝัก (เซนติเมตร) สุ่มวัด 10 ฝักต่อแปลงย่อย โดยวัดความยาวฝักที่ปอกเปลือกแล้วจากโคนฝักไปยังปลายฝัก แล้วหาค่าเฉลี่ย

- ความกว้างฝัก (เซนติเมตร) สุ่มวัด 10 ฝักต่อแปลงย่อย โดยวัดความกว้างฝักที่ปอกเปลือกบริเวณกลางฝัก แล้วหาค่าเฉลี่ย

- จำนวนแถวต่อฝัก (แถว) สุ่มวัด 10 ฝักต่อแปลงย่อย โดยนับจำนวนแถวของเมล็ดในฝัก แล้วหาค่าเฉลี่ย

- จำนวนเมล็ดต่อแถว (เมล็ด) สุ่มวัด 10 ฝักต่อแปลงย่อย โดยนับจำนวนเมล็ดที่มีอยู่ในแต่ละแถวของฝัก แล้วหาค่าเฉลี่ย

- จำนวนเมล็ดต่อฝัก (เมล็ด) สุ่มวัด 10 ฝักต่อแปลงย่อย โดยนับจำนวนเมล็ดที่มีอยู่ทั้งหมดในฝัก แล้วหาค่าเฉลี่ย

- น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) สุ่มวัด 10 ฝักต่อแปลงย่อย โดยนับจำนวนเมล็ด 100 เมล็ด แล้วชั่งน้ำหนัก แล้วหาค่าเฉลี่ย

5.3 ลักษณะผลผลิต 3 ลักษณะ

- น้ำหนักฝักข้าวโพด (กรัมต่อฝัก) สุ่มวัด 10 ฝักต่อแปลงย่อย โดยชั่งน้ำหนักฝักที่ปอกเปลือกแล้วหาค่าเฉลี่ย

- น้ำหนักเมล็ด (กรัมต่อฝัก) สุ่มวัด 10 ฝักต่อแปลงย่อย โดยชั่งน้ำหนักเมล็ดทั้งฝัก แล้วหาค่าเฉลี่ย

- ผลผลิตฝัก (กิโลกรัมต่อไร่) เก็บผลผลิตทั้งแปลงย่อย แล้วชั่งน้ำหนักฝักที่ปอกเปลือกทั้งหมด แล้วนำมาคำนวณเป็นผลผลิตฝักต่อไร่

- ผลผลิตเมล็ด (กิโลกรัมต่อไร่) เก็บผลผลิตทั้งแปลงย่อย แล้วชั่งเมล็ดที่กะเทาะออกจากฝักทั้งหมด แล้วนำมาคำนวณเป็นผลผลิตฝักต่อไร่

6) การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทั้งหมดตามแผนการทดลอง และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น $p=0.05$

ผลการศึกษา

จากการประเมินลักษณะการเจริญเติบโตองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 5 พันธุ์ ได้ผลการศึกษาดังนี้

1) ลักษณะทางการเกษตร จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่างกัน ทำให้ลักษณะทางการเกษตร ทั้งอายุออกดอก อายุออกไหม ความสูงต้น และความสูงฝักแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 1) รายละเอียดดังนี้

1.1 ลักษณะอายุออกดอก พบว่า พันธุ์ที่มีอายุออกดอกตัวผู้ช้าที่สุดคือ พันธุ์ Strubbes Orange มีอายุออกดอกตัวผู้ที่ 64 วันหลังปลูก รองลงมาคือ พันธุ์ Oaxacan Green และพันธุ์ Earth Tones Dent ที่อายุออกดอกตัวผู้ที่ 63 และ 60 วันหลังปลูก ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่มีอายุออกดอกตัวผู้เร็วที่สุดคือ พันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) มีอายุออกดอกตัวผู้ที่ 56 วันหลังปลูก (Table 1) จะเห็นได้ว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์จากต่างประเทศมีอายุออกดอกตัวผู้ช้ากว่าพันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศ โดยมีอายุต่างกันถึง 8 วัน

1.2 ลักษณะอายุออกไหม พบว่า พันธุ์ที่มีอายุออกไหมหรือออกดอกตัวเมียช้าที่สุดคือ พันธุ์ Oaxacan Green มีอายุออกไหมที่ 67 วันหลังปลูก รองลงมาคือ พันธุ์ Strubbes Orange และพันธุ์ Earth Tones Dent ที่มีอายุออกไหม เท่ากับ 66 และ 63 วันหลังปลูก ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่มีอายุออกดอกตัวเมียสั้นที่สุดคือ พันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) มีอายุออกไหมที่ 60 วันหลังปลูก (Table 1) จะเห็นได้เช่นเดียวกันว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์จากต่างประเทศมีอายุออกดอกไหมช้ากว่าพันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศ โดยมีอายุต่างกันถึง 7 วัน

1.3 ลักษณะความสูงต้น พบว่า พันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) มีความสูงต้นมากที่สุด คือ 206.43 เซนติเมตร รองลงมาคือพันธุ์ Oaxacan Green และพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดส้ม) ที่มีความสูงต้นเท่ากับ 184.93 และ 180.80 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่ให้ความสูงต้นน้อยที่สุดคือ พันธุ์ Strubbes Orange ให้ความสูงต้นที่ 158.97 เซนติเมตร (Table 1)

1.4 ลักษณะความสูงฝัก พบว่า พันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) และพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดส้ม) มีความสูงฝักมากที่สุด คือ 113.90 และ 106.53 เซนติเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือพันธุ์ Oaxacan Green และพันธุ์ Earth Tones Dent ที่มีความสูงฝักที่ 89.13 และ 78.70 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่ให้ความสูงต้นน้อยที่สุดคือ พันธุ์ Strubbes Orange ให้ความสูงฝักที่ 67.83

เซนติเมตร (Table 1)

2) องค์ประกอบผลผลิต ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 5 พันธุ์ มีความยาวและความกว้างฝัก จำนวนแถวต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว และจำนวนเมล็ดต่อฝักไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีน้ำหนัก 100 เมล็ดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 2) รายละเอียดดังนี้

2.1 ความยาวฝัก ข้าวโพดที่ทำการทดสอบมีความยาวฝักอยู่ระหว่าง 14.01-16.90 เซนติเมตร โดยพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้ความยาวฝักมากที่สุดคือ พันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) และ พันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดส้ม) ให้ค่าเฉลี่ยความยาวฝักที่ 16.90 และ 15.60 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยความยาวฝักน้อยที่สุดคือ พันธุ์ Oaxacan Green ให้ค่าเฉลี่ยที่ 14.01 เซนติเมตร (Table 2)

2.2 ความกว้างฝัก ข้าวโพดที่ทำการทดสอบมีความกว้างฝักอยู่ระหว่าง 3.40-3.90 เซนติเมตร โดยพันธุ์ Earth Tones Dent เป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้ความกว้างฝักมากที่สุดที่ 3.90 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์ Oaxacan Green เป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยความกว้างฝักน้อยที่สุด คือ 3.40 เซนติเมตร (Table 2)

2.3 จำนวนแถวต่อฝัก ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 5 พันธุ์มีจำนวนแถวต่อฝักที่ 11-13 แถวต่อฝัก โดยพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) เป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้จำนวนแถวต่อฝักสูงที่สุดที่ 13 แถวต่อฝัก ส่วนพันธุ์ Strubbes Orange เป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้จำนวนแถวต่อฝักน้อยที่สุดคือ 11 แถวต่อฝัก (Table 2)

2.4 จำนวนเมล็ดต่อแถว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 5 พันธุ์มีจำนวนเมล็ดต่อแถวที่ 28-33 เมล็ดต่อแถว โดยพันธุ์ Earth Tones Dent เป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้จำนวนเมล็ดต่อแถวมากที่สุด ส่วนพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดส้ม) เป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้จำนวนเมล็ดต่อแถวน้อยที่สุด (Table 2)

2.5 จำนวนเมล็ดต่อฝัก ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 5 พันธุ์มีจำนวนเมล็ดต่อฝักที่ 304-412 เมล็ดต่อฝัก โดยพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) เป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้จำนวนเมล็ดต่อฝักมากที่สุด ส่วนพันธุ์ Oaxacan Green เป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้จำนวนเมล็ดต่อฝักน้อยที่สุด (Table 2)

2.6 น้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 5 พันธุ์มีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ Strubbes Orange เป็นพันธุ์ที่มีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ดมากที่สุด ที่ 31.67 กรัมต่อเมล็ด 100 เมล็ด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพันธุ์นี้มีเมล็ดขนาดใหญ่กว่าพันธุ์อื่น ส่วนพันธุ์ Earth Tones

Dent พันธุ์ Oaxacan Green พันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) และพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดส้ม) มีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ 25.67 24.80 24.20 และ 22.73 กรัมต่อ 100 เมล็ด ตามลำดับ (Table 2)

3) ผลผลิต ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ต่างกันมีน้ำหนักฝัก น้ำหนักเมล็ด และผลผลิตฝักแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้น ลักษณะผลผลิตเมล็ดที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 3) รายละเอียดดังนี้

3.1 น้ำหนักฝัก พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ Strubbes Orange และพันธุ์ Earth Tones Dent เป็นพันธุ์ที่มีน้ำหนักฝักมากที่สุด ที่ 128.67 และ 126.73 กรัมต่อฝัก รองลงมาคือพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) ที่มีน้ำหนักฝัก 115.60 กรัมต่อฝัก ส่วนพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดส้ม) มีน้ำหนักฝักน้อยที่สุด ที่ 91.13 กรัมต่อฝัก (Table 3)

3.2 น้ำหนักเมล็ด พบว่า ข้าวโพดพันธุ์ Strubbes Orange พันธุ์ Earth Tones Dent และพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) เป็นพันธุ์ที่มีน้ำหนักเมล็ดต่อฝักมาก

ที่สุด ที่ 102.93 95.20 และ 94.27 กรัมต่อฝัก ส่วนพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดส้ม) และพันธุ์ Oaxacan Green มีน้ำหนักเมล็ดต่อฝักน้อยที่สุด ที่ 71.13 และ 70.27 กรัมต่อฝัก (Table 3)

3.3 ผลผลิตฝักต่อไร่ พบว่า ข้าวโพดพันธุ์ Strubbes Orange เป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตฝักต่อไร่มากที่สุด ที่ 1,097 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ Earth Tones Dent และพันธุ์ ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) ที่ให้ผลผลิต 1,081.40 และ 986.40 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดส้ม) เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตฝักต่อไร่ น้อยที่สุด ที่ 777.60 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3)

3.4 ผลผลิตเมล็ดต่อไร่ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 5 พันธุ์ให้ผลผลิตเมล็ดต่อไร่ที่ 599.53-878.27 กิโลกรัมต่อไร่ โดยพันธุ์ Strubbes Orange เป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตเมล็ดต่อไร่มากที่สุด รองลงมาคือพันธุ์ Earth Tones Dent และพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ Oaxacan Green เป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตเมล็ดต่อไร่ น้อยที่สุด (Table 3)

Table 1 Agronomic traits of five maize varieties

Varieties	Day to Tassel		Day to Silk		Plant Height		Ear Height	
	(days)		(days)		(cm)		(cm)	
Khow Neaw Dam Phisanulok (Black Kernel)	56	c ^{1/}	60	c	206.43	a	113.90	a
Khow Neaw Dam Phisanulok (Orange Kernel)	59	bc	61	c	180.80	bc	106.53	a
Earth Tones Dent	60	b	63	b	172.10	bc	78.70	bc
Oaxacan Green	63	a	67	a	184.93	ab	89.13	b
Strubbes Orange	64	a	66	a	158.97	c	67.83	c
F-test ^{2/}	*		*		*		**	
CV. (%)	2.27		1.78		7.17		7.58	

^{1/}Mean with the difference letter was significant at p=0.05,

^{2/}* and ** were significant different at p≤0.05 and p≤0.01, respectively.

Table 2 Yield components of five maize varieties

Varieties	Ear Size (cm)		Row per Ear	Kernel per Row	Kernel per Ear	100 Kernel Weight (gram)	
	Length	Width					
Khow Neaw Dam Phisanulok (Black Kernel)	16.90	3.83	13	32	412	24.20	b ^{1/}
Khow Neaw Dam Phisanulok (Orange Kernel)	15.60	3.45	12	28	318	22.73	b
Earth Tones Dent	14.90	3.90	12	33	399	25.67	b
Oaxacan Green	14.01	3.40	11	30	304	24.80	b
Strubbes Orange	15.93	3.80	11	29	322	31.67	a
F-test ^{2/}	ns	ns	ns	ns	ns	**	
CV. (%)	8.54	7.06	9.65	9.57	16.11	6.69	

^{1/}Mean with the difference letter was significant at p=0.05,

^{2/}ns was not significant and ** was significant different at p≤0.01.

Table 3 Yield of five maize varieties

Varieties	Ear Weight (gram)		Grain Weight (gram)		Ear Yield (kg/rai)		Grain Yield (kg/rai)
Khow Neaw Dam Phisanulok (Black Kernel)	115.60	ab ^{1/}	94.27	a	986.40	ab	804.33
Khow Neaw Dam Phisanulok (Orange Kernel)	91.13	b	71.13	b	777.60	b	606.93
Earth Tones Dent	126.73	a	95.20	a	1,081.40	ab	812.27
Oaxacan Green	92.40	b	70.27	b	788.40	ab	599.53
Strubbes Orange	128.67	a	102.93	a	1,097.90	a	878.27
F-test ^{2/}	*		**		*		ns
CV. (%)	13.58		11.19		17.89		21.22

^{1/}Mean with the difference letter was significant at p=0.05,

^{2/}ns was not significant and * and ** were significant different at p≤0.05 and p≤0.01, respectively.

วิจารณ์ผล

ผลการประเมินลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 5 พันธุ์ พบว่า ลักษณะส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่นำมาทำการทดสอบในครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ปรับปรุงพันธุ์ภายในประเทศ จำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดดำ) และพันธุ์ข้าวเหนียวดำพิษณุโลก (เมล็ดส้ม) และกลุ่มที่ปรับปรุงพันธุ์จากต่างประเทศ จำนวน 3 พันธุ์ จึงทำให้มีลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิต แตกต่างกันไปตามพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แต่ละพันธุ์ โดยผลการศึกษสามารถวิจารณ์ผลตามลักษณะที่ทำการประเมินได้ดังนี้

ลักษณะทางการเกษตร: ผลจากการทดสอบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 5 พันธุ์ในแปลงทดลองการเกษตร พื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม วิทยาเขตขามเรียง พบว่า ทั้ง 5 พันธุ์มีความสูงต้นอยู่ระหว่าง 158.97-206.43 เซนติเมตร ความสูงฝักอยู่ระหว่าง 67.83-113.90 เซนติเมตร ซึ่งความสูงต้นและความสูงฝักที่ได้จากผลการศึกษานี้ให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของสมชาย⁵ ที่ทำการศึกษารื่องพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมในพื้นที่นา พบว่า มีความสูงต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 183 เซนติเมตร และความสูงฝักเฉลี่ยอยู่ที่ 98 เซนติเมตร และยังสอดคล้องกับอนุวัฒน์ และคณะ⁶ ที่ทำการศึกษารื่องผลของพันธุ์ข้าวโพดและระยะปลูกที่มีต่อหน้าหนักสดและคุณภาพของข้าวโพดหมักอาหารสัตว์ พบว่ามีความสูงต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 204.26 เซนติเมตร แต่มีความสูงฝักขัดแย้งกัน โดยความสูง

ฝักเฉลี่ยอยู่ที่ 120.92 เซนติเมตร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ใช้เป็นพันธุ์ที่แตกต่างกันจึงทำให้มีความสูงต้นและความสูงฝักแตกต่างกันไป นอกจากนี้อิทธิพลของสภาพแวดล้อม ความอุดมสมบูรณ์ของดิน เช่น ดินเป็นดินดาน ผิวดินเป็นแผ่นแข็ง และระบบการดูแลจัดการ เช่น การให้ปุ๋ย การเตรียมดิน ระบบการให้น้ำ ที่แตกต่างกัน ก็จะส่งผลให้มีความสูงต้นและความสูงฝักต่างกันได้เช่นกัน ส่วนในลักษณะอายุออกดอก พบว่ามีอายุออกดอกตัวผู้อยู่ระหว่าง 56-67 วัน และอายุออกใหม่อยู่ระหว่าง 60-67 วัน ถึงแม้ว่าพันธุ์ที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้จะเป็นชนิดพันธุ์เดียวกัน แต่ก็ยังมีอายุออกดอกตัวผู้และอายุออกใหม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะดังกล่าวนี้มีความแตกต่างกันจึงทำให้ต้นข้าวโพดมีการแสดงออกของลักษณะแตกต่างกันไปด้วย นอกจากนี้พันธุกรรมที่มีผลต่อการแสดงออกของลักษณะแล้ว สภาพพื้นที่ และสภาพภูมิอากาศที่ต่างก็ผลทำให้ข้าวโพดมีอายุออกดอกตัวผู้และอายุออกใหม่แตกต่างกันไปด้วย

องค์ประกอบผลผลิต: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 5 พันธุ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีลักษณะองค์ประกอบผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นในลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยพบว่ามีความยาวฝักและความกว้างฝักอยู่ระหว่าง 14.01-16.90 และ 3.40-3.90 เซนติเมตร ตามลำดับ มีจำนวนแถวต่อฝักอยู่ระหว่าง 11-13 แถว จำนวนเมล็ดต่อแถวที่ 28-33 เมล็ดต่อแถว จำนวนเมล็ดต่อฝักอยู่ระหว่าง 304-412 เมล็ด และมีน้ำหนัก 100 เมล็ดอยู่ระหว่าง 22.73-31.67 กรัมต่อ 100 เมล็ด ค่าเฉลี่ยเหล่านี้มีความแตกต่างกับการศึกษาที่มีมาก่อนหน้านี้ ทั้งการศึกษาของอนุวัฒน์ และคณะ^๕ ที่พบว่ามีความเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อแถวอยู่ที่ 34 เมล็ดต่อแถว และจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยอยู่ที่ 489 เมล็ด และยังพบในการศึกษาของสมชาย^๖ ที่ทำการศึกษารองพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมในพื้นที่นา พบว่า มีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยอยู่ที่ 482 เมล็ด ความแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้ เกิดขึ้นได้จาก 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยทางพันธุกรรม ซึ่งเป็นผลมาจากพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะต่างๆ ของข้าวโพดมีความแตกต่างกันเมื่อเป็นข้าวโพดต่างพันธุ์กัน ส่วนปัจจัยที่ 2 คือปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และกายภาพของดิน เช่น ดินเป็นดินดาน ผิวดินเป็นแผ่นแข็ง และระบบการดูแลจัดการ เช่น การให้ปุ๋ย การเตรียมดิน ระบบการให้น้ำที่ต่างก็ผลทำให้มีลักษณะขององค์ประกอบผลผลิตแตกต่างกันไปด้วย

ผลผลิต: ศักยภาพการให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 5 พันธุ์ พบว่ามีน้ำหนักฝักอยู่ระหว่าง 91.13-128.67 กรัม น้ำหนักเมล็ดอยู่ระหว่าง 70.27-102.93 กรัม ผลผลิตฝักต่อไร่อยู่ระหว่าง 777.6-1,097.9 กิโลกรัม และผลผลิตเมล็ดต่อไร่อยู่ระหว่าง 599.53- 878.27 กิโลกรัม ซึ่งผลการศึกษานี้ให้ค่าเฉลี่ยสอดคล้องกับการศึกษาของสดใส และคณะ^๗ ที่ทำการศึกษารองการทดสอบพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมทางการค้าในไร่เกษตรจังหวัดตาก พบว่าให้ผลผลิตฝักเฉลี่ยอยู่ที่ 1,090 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ให้ค่าเฉลี่ยแตกต่างกับการศึกษาของโชคชัย และคณะ^๘ ที่ทำการศึกษารองการสร้างและปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดสุวรรณ 5 พบว่าให้ผลผลิตเมล็ดเฉลี่ยอยู่ที่ 839-1,168 กิโลกรัมต่อไร่ และยังแตกต่างกับการศึกษาของสมชาย^๖ ที่พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตเมล็ดมากกว่า 945 กิโลกรัมต่อไร่ และยังให้ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันกับผลการศึกษาในต่างประเทศของ Oluwaranti *et al.*^๙ ที่ทำการประเมินผลของเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดสำหรับการปรับตัวในภาคตะวันตกเฉียงใต้ของไนจีเรีย พบว่าในช่วงปลายฤดูปลูกในปี 2007/2008 ให้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตเมล็ดตั้งแต่ 2.66- 3.77 ตันต่อเฮกตาร์ หรือ 425.6-603.2 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนในต้นฤดูปลูกในปี 2008/2009 ให้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตเมล็ดตั้งแต่ 3.66 – 5.96 ตันต่อเฮกตาร์ หรือ 585.6-953.6 กิโลกรัมต่อไร่ และผลการศึกษาของ Abdalla *et al.*^{๑๐} ได้ทำการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บางสายพันธุ์ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันของภูเขาบูบาในประเทศซูดาน พบว่า การปลูกที่ Kadugli ในปี 2002 ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดตั้งแต่ 37.30-316.6 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ หรือ 5.97-50-66 กิโลกรัมต่อไร่ และในปี 2003 ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดตั้งแต่ 145-711 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ หรือ 23.2-133.76 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนผลการปลูกที่ Korgol ในปี 2002 พบว่าให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดตั้งแต่ 387.5-1,782 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ หรือ 62-285.12 กิโลกรัมต่อไร่ และในปี 2003 ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดตั้งแต่ 156.2-636.6 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ หรือ 24.99-101.86 กิโลกรัมต่อไร่ จะเห็นได้ว่าความแตกต่างในลักษณะผลผลิตระหว่างการศึกษานี้กับการศึกษาของนักวิจัยท่านอื่นๆ เกิดขึ้นเนื่องจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีลักษณะประจำพันธุ์ของแต่ละพันธุ์แตกต่างกันออกไป หรืออาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ เช่น อากาศแห้งแล้งยาวนาน น้ำท่วมขัง ฝนตกชุก อาจมีผลกระทบต่อผลผลิตของข้าวโพดได้เช่นกัน ซึ่งทั้งสองส่วนนี้เป็นสาเหตุมาจาก 2 ปัจจัยคือ ปัจจัยทางด้านพันธุกรรมเอง และปัจจัยจากสภาพแวดล้อมภายนอก ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

สรุปผล

จากการศึกษาศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 5 พันธุ์ สรุปได้ดังนี้

1. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่างพันธุ์กัน มีลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

2. ลักษณะของข้าวโพดมีความแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์หรือสายพันธุ์ และมีการปรับตัวในแต่ละสถานที่ที่แตกต่างกัน จึงให้ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตที่แตกต่างกัน

3. ข้าวโพดพันธุ์ Strubbes Orange เป็นพันธุ์ที่มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในจังหวัดมหาสารคามได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี 2559 (ปีเพาะปลูก 2559/60). วารสารพยากรณ์ผลผลิตทางการเกษตร. [online]. 2559 ได้จาก: http://www2.oae.go.th/forecast/03_SEP2559/Thai/situation/sit_t_03.pdf. สืบค้นเมื่อ 28 กันยายน 2559.
2. วัชรินทร์ ชันสุวรรณ. ข้าวโพด: Corn, Maize. [online]. 2554. ได้จาก: <http://www.natres.psu.ac.th/Department/PlantScience/510-211/lecturenote/document/CORN1.pdf>. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2560.
3. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ข้าวโพด. ความสำคัญทางเศรษฐกิจของข้าวโพด. [online]. 2558 ได้จาก: <http://www2.rdi.ku.ac.th/newweb/?p=15990>. สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2559.
4. คมสัน อำนวยสิทธิ์, สุขุมวัฒน์ พีระพันธุ์, ทินกร ทาตระกุล และพรรณระพี อำนวยสิทธิ์. แนวทางการใช้ประโยชน์จากสารแอนโทไซยานินในข้าวโพดไร่สีม่วงเพื่ออาหารสัตว์ปลอดภัยและอาหารสุขภาพ. ใน การประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 35; 2554; กรุงเทพฯ. หน้า 394-401.
5. สมชาย บุญประดับ. พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมในพื้นที่นา. ใน การประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่าง ครั้งที่ 2; 2549; นครนายก.
6. อนุวัฒน์ คำลั่น, เอ็จ สโรบล, สุรพล เข้าฉ่อง, วิจารย์ วิชุกิจ และสุเทพ ทองแพ. ผลของพันธุ์ข้าวโพดระยะปลูกที่มีต่อหน้าหนักสดและคุณภาพของข้าวโพดหมักเพื่อเป็นอาหารสัตว์. ใน การประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่าง ครั้งที่ 2; 2549; นครนายก.

7. สดใส ช่างสลัก, โกศล เกิดโภคทรัพย์, สมชาย โพรธสาร, ช่างศิลป์ โพรธสูง, สมชัย ลิมอรุณ, บรรจง ชัยขุนพล และศักดิ์ชัย สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมทางการค้าในไร่เกษตรกรจังหวัดตาก. [online].; 2552 ได้จาก: <http://www.lib.ku.ac.th/KUCONF/data53/KC4801063.pdf>. สืบค้นเมื่อ 23 กันยายน 2559.
8. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, ฉัตรพงศ์ บาลลา, นพพงศ์ จุลจ่อหอ, ทศพล ทองลาภ, ชำนาญ ฉัตรแก้ว, สุทัศน์ ศรีวิวัฒน์พงศ์ และสุจินต์ จินายน. การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดไร่ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. [online].; 2536 ได้จาก <http://www.ku.ac.th/kaset60/ku60/corn1.html>. สืบค้นเมื่อ 23 กันยายน 2559.
9. Oluwaranti A, Fakorede MAB, Menkir A. Evaluation of maize germplasm for adaptation in southwest Nigeria. In African Crop Science Conference Proceedings; 2011. p. 599-603.
10. Abdalla EA, Mahmoud MF, Naim AME. Evaluation of some maize (*Zea Mays* L.) varieties in different environments of the Nuba Mountain of Sudan. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2010; 4(12): 6605-6610.

ระบบควบคุมการจัดการน้ำแบบน้ำหยดสำหรับการปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนโดยการอ้างอิงฐานเวลาและปริมาณการใช้น้ำของพืช

Irrigation Control System for Drip Irrigated Tomato in Greenhouse using Timer-based Control Method and Crop Water Requirement

สัญญา ควรรคิด¹, ก้องภพ ชาอามาตย์² วาริณีญ์ แสนยศ³

Sanya Kuankid¹, Kongphope Chaarmart² Vatinee Sanyod³

Received: 13 November 2018 ; Revised : 15 January 2019 ; Accepted: 20 February 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องระบบควบคุมการจัดการน้ำแบบน้ำหยดสำหรับการปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมขนาดเล็กที่มีความแม่นยำในการควบคุมปริมาณและเวลาในการให้น้ำและปุ๋ย การทำงานระบบควบคุมใช้บอร์ดประมวลผลขนาดเล็กทำงานร่วมกับมอดูลฐานเวลาเพื่อใช้ในการอ้างอิงช่วงเวลาที่เหมาะสมในการให้น้ำแก่พืช การทดลองอาศัยโมเดลของ Penman-Monteith เพื่อประเมินค่าความต้องการน้ำในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ ทำการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 แฟกทอเรียล จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 4 ต้น ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เพื่อประเมินผลความถี่ของการให้น้ำและความถี่ของการให้ปุ๋ยทางน้ำต่ออัตราการเจริญเติบโตของมะเขือเทศเชอร์รี่พันธุ์ CH154 การจัดทรีตเมนต์ประกอบด้วยความถี่ของการให้น้ำ (1 วัน และ 2 วัน) และความถี่ของการให้ปุ๋ยทางน้ำ (2 วัน 4 วัน และ 6 วัน) ผลการทดลองพบว่าปริมาณน้ำสะสมที่จ่ายโดยระบบควบคุมมีความคลาดเคลื่อน 7.01 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดลองด้านการเจริญเติบโตพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการให้น้ำและความถี่ของการให้ปุ๋ยทางน้ำต่อความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของมะเขือเทศ ด้านผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศ พบว่าจำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลผลิตต่อต้นสูงสุด น้ำหนักต่อผล ความกว้างของผล ความยาวของผล และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด คือ 396 ผล และ 4,027 กรัม 10.85 กรัม 22.10 มม. 40.50 มม. และ 9.82 องศา บริกซ์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ระบบการให้น้ำ ปุ๋ย การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ โรงเรือนเพาะปลูกพืช

Abstract

This research on the drip irrigation management system for tomato cultivation in greenhouses aims to develop a small control system with precise control of the quantity and time of irrigation and fertilization. Controlling systems use small-board processors and timer-base modules to refer to an irrigation scheduling. The Penman-Monteith models were used to evaluate the water requirements in each tomato growth phase, using water flow sensors to measure and control the amount of irrigation in each time. The results showed that the percent error of accumulative amount of water by the control system was 7.01 percent without any control time error.

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000, โทรศัพท์: 081-2333840, Email : sanya@webmail.npru.ac.th

² อาจารย์, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000.

³ อาจารย์, คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000.

¹ Asst. Prof., Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000, Thailand, Tel : 081-2333840, Email : sanya@webmail.npru.ac.th

² Lecturer, Faculty of Industrial Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon 47000, Thailand.

³ Lecturer, Faculty of Nursing, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000, Thailand.

* Corresponding author; Sanya Kuankid, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000, Thailand, sanya@webmail.npru.ac.th

The experiment measuring the growth period at 49 days found that the average stem height of plant was 153.17 cm. and the average diameter of the plant was 8.20 mm. In terms of yield and quality of tomato, the results found that the number of fruit, fruit weight per plant, fruit weight, fruit width, fruit length, and total soluble solid content were 396, 4,027 g, 10.85 g, 22.10 mm., 40.50 mm. and 9.82 degrees brix, respectively.

Keywords: Irrigation system, Fertilizer , Fertigation system, Greenhouse

บทนำ

ปัจจุบันการผลิตพืชภายในโรงเรือนได้ถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากปัจจัยหลายประการ เช่น ต้องการผลผลิตที่ปราศจากการใช้สารเคมี ต้องการผลผลิตพืชเมืองหนาวหรือเมืองร้อนที่ไม่ใช่พืชท้องถิ่น ต้องการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ฯลฯ นอกจากนี้โรงเรือนยังช่วยป้องกันความเสียหายจากการทำลายของศัตรูพืช เช่น วัชพืช แมลง และโรคพืช ฯลฯ และสภาพแวดล้อมธรรมชาติ สามารถปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูกและวางแผนการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ช่วยให้ระบบการผลิตมีความประหยัดและมีประสิทธิภาพมาก เนื่องจากใช้พื้นที่น้อย สามารถเลือกปลูกชนิดพืชที่ตลาดต้องการในแต่ละฤดู และปลูกได้ตลอดทั้งปี ทำให้มีรายได้อย่างต่อเนื่องและลดต้นทุนการผลิตในระยะยาว การผลิตพืชภายในโรงเรือนนั้น พืชจะเจริญเติบโตได้ดีต้องอาศัยปัจจัยที่เหมาะสมคือ แสง น้ำ ธาตุอาหาร ความชื้นในดิน อุณหภูมิ ความเป็นกรดต่าง ออกซิเจน ฯลฯ การให้น้ำพืชถือเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญอย่างหนึ่ง ที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพในการผลิตพืช การให้น้ำมากเกินไป นอกจากสูญเสียทรัพยากรน้ำแล้ว รากพืชยังขาดอากาศ ส่งผลให้พืชไม่สามารถลำเลียงน้ำและธาตุอาหารไปสู่ส่วนต่างๆ ของต้นพืช ทำให้ผลผลิตไม่ดี ส่วนการให้น้ำน้อยเกินไปก็ทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้สมบูรณ์ อีกทั้งการให้น้ำที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชในระยะต่างๆ ถือว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะนอกจากพืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีแล้ว ยังเป็นการลดปริมาณการใช้น้ำโดยไม่จำเป็นและมีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าระบบการจัดการให้น้ำและปุ๋ยที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญช่วยให้ได้ผลผลิตทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ

การให้น้ำแบบน้ำหยด (drip irrigation) หรือระบบการให้น้ำแบบจุลภาค (micro-irrigation) เป็นที่ยอมรับและใช้งานกันอย่างแพร่หลายในการปลูกพืชในโรงเรือน การให้น้ำแบบนี้เป็นการให้น้ำแก่พืช ที่จุดใดจุดหนึ่งหรือหลายๆ จุดบนผิวดิน เฉพาะในเขตรากพืชด้วยระบบท่อ จากผลการศึกษาเกี่ยวกับการปลูกพืชหลายชนิดด้วยการให้น้ำแบบน้ำหยดเปรียบเทียบกับวิธีการให้น้ำแบบอื่นๆ พบว่าพืชมีอัตราการให้ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตสูงขึ้น ประสิทธิภาพการใช้น้ำ สูง

ขึ้น การให้น้ำแบบน้ำหยดเป็นการประยุกต์การให้น้ำแบบต่างๆ อย่างสม่ำเสมอที่ความดันต่ำ (น้อยกว่า 2 บาร์) โดยให้น้ำไปยังพื้นที่รากของพืชผ่านทางระบบวาล์วน้ำ ท่อน้ำ ท่อและหัวจ่ายน้ำ² การให้น้ำวิธีนี้ยังสามารถให้ปุ๋ยได้สะดวกและประหยัด โดยการละลายไปพร้อมกับการให้น้ำ ถือว่าเป็นวิธีการให้น้ำแก่พืชที่มีประสิทธิภาพสูงมาก รูปแบบการให้น้ำพร้อมกับปุ๋ยมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระบบการจัดการน้ำ การให้น้ำแบบน้ำหยดเป็นแนวคิดที่เหมาะสมสำหรับการให้น้ำพร้อมกับปุ๋ยในการปลูกพืช ซึ่งการให้ธาตุอาหารตามที่พืชต้องการในบริเวณรากโดยละลายไปพร้อมการให้น้ำจะช่วยลดการใช้น้ำและปุ๋ย^{3,4,5}

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการพัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยแบบน้ำหยดสำหรับการปลูกมะเขือเทศภายในโรงเรือน⁶ พบว่าการให้น้ำและปุ๋ยในแบบน้ำหยดโดยไม่ให้ส่งผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศนั้นจำเป็นต้องควบคุมให้พืชได้รับน้ำและปุ๋ยอย่างทันเวลาและแม่นยำ หรือเรียกว่าเป็นการกำหนดเวลาการให้น้ำพืช (Irrigation scheduling) ซึ่งการกำหนดเวลาการให้น้ำพืชนี้มีจุดประสงค์เพื่อกำหนดปริมาณการให้น้ำและช่วงเวลาในการให้น้ำที่เหมาะสม เพื่อให้พืชได้รับน้ำตามความต้องการนั่นเอง งานวิจัยของ Jensen⁷ กล่าวว่า การกำหนดเวลาการให้น้ำพืชคือกิจกรรมการวางแผนและการตัดสินใจที่ผู้จัดการฟาร์มหรือผู้ดูแลระบบการจัดการน้ำในฟาร์มมีส่วนร่วมในช่วงก่อนปลูกและในระหว่างการปลูกมากที่สุด ซึ่งการกำหนดเวลาการให้น้ำพืชถือเป็นเครื่องมือหลักในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มผลผลิตพืช เพิ่มความพร้อมในการใช้งานแหล่งน้ำและทำให้เกิดผลกระทบด้านบวกต่อคุณภาพของดินและน้ำใต้ดิน โดยทั่วไปวิธีการควบคุมการทำงานของระบบการให้น้ำและปุ๋ยสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้ การใช้เวลาอ้างอิงการทำงาน (timer-based) การใช้เซนเซอร์ (sensor-based) หรือวิธีการแบบโมเดล (model-based)⁶

การใช้เวลาควบคุมการทำงาน ทำได้โดยใช้อุปกรณ์ตั้งเวลา (electronics timers) ที่ถูกออกแบบเฉพาะเพื่อควบคุมการทำงานของวาล์วน้ำ วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ถูกและสะดวกที่สุดในการกำหนดเวลาการให้น้ำแก่พืช ปัญหาการควบคุมด้วยเวลาอ้างอิงคือไม่สามารถกำหนดปริมาณการให้น้ำ

พืชให้ได้รับน้ำตามความต้องการในแต่ละช่วงเวลาการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างแม่นยำ

การใช้เซนเซอร์ควบคุมการทำงาน สามารถควบคุมช่วงเวลาของการให้น้ำได้อย่างต่อเนื่องโดยการวัดค่าความชื้นในวัสดุที่ใช้ปลูกพืช ในปัจจุบันมีอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำ (irrigation controller) ที่สามารถเชื่อมต่อกับเซนเซอร์วัดความชื้นได้ในแบบไร้สาย ติดตั้งได้ง่ายและราคาไม่แพง อย่างไรก็ตามการกำหนดปริมาณการให้น้ำ ยังคงต้องอาศัยความชำนาญในการให้น้ำในแต่ละพื้นที่ๆ แตกต่างกัน และสิ่งที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติมคือการประมวลผลการทำงานเมื่อมีเซนเซอร์ติดตั้งเพิ่มขึ้นในพื้นที่การปลูกพืช ซึ่งส่งผลในด้านราคา ความสะดวกในการติดตั้งอุปกรณ์ การบำรุงรักษา การกำหนดรูปแบบการสื่อสารระหว่างเซนเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำ และที่สำคัญที่สุดคือความง่ายในการใช้งาน การควบคุมการทำงานแบบโมเดล จะขึ้นอยู่กับการประมาณการสูญเสียน้ำของพืชที่สัมพันธ์กับตัวแปรแวดล้อมหนึ่งตัวหรือมากกว่า เช่นจากอุณหภูมิหรือรังสีดวงอาทิตย์ การกำหนดเวลาการให้น้ำคำนวณโดยใช้ค่าความต้องการน้ำของพืชแบบเรียลไทม์ โดยใช้ข้อมูลแบบออนไลน์จากเซนเซอร์ การควบคุมแบบนี้จะใช้วิธีการประเมินค่าการปริมาณการใช้น้ำของพืช (Evapotranspiration: ETc) ซึ่งส่วนใหญ่ใช้วิธีการปรับโมเดลจากต้นแบบที่พัฒนาโดย Penman-Monteith (PM)⁸ อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้โมเดลเหล่านี้ในเชิงพาณิชย์ ต้องมีการสอบเทียบค่าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชแต่ละชนิด จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า ระบบควบคุมการให้น้ำโดยการควบคุมโดยเซนเซอร์หรือการควบคุมแบบโมเดลนั้น ส่วนใหญ่จะถูกออกแบบมาสำหรับงานที่ใช้ในระบบการเกษตรขนาดใหญ่ มีค่าใช้จ่ายสูง การติดตั้งใช้งานค่อนข้างซับซ้อน ผู้ใช้งานต้องมีความรู้ในการปรับแต่งระบบ มีค่าบำรุงรักษาทางเทคนิคสูง ฯลฯ ซึ่งหากพิจารณาเรื่องความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ อาจไม่เหมาะสมในการนำระบบดังกล่าวไปควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยในแบบน้ำหยดสำหรับการปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนขนาดเล็ก จากข้อจำกัดดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบควบคุมการจัดการน้ำแบบน้ำหยดที่มีขนาดเล็กให้สามารถควบคุมการจัดการน้ำแบบน้ำหยดสำหรับการปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนได้อย่างแม่นยำ

วิธีการวิจัย

ความต้องการใช้น้ำและปุ๋ยของมะเขือเทศ

จากการทบทวนวรรณกรรม มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความต้องการใช้น้ำของมะเขือเทศสำหรับระบบน้ำหยดหลากหลายรูปแบบ งานวิจัยของ Lee และ Shin⁹ ได้สำรวจ

ระบบการจัดการแบบน้ำหยดที่เหมาะสมของการปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนโดยอาศัยข้อมูลทางชีวภาพของพืช พบว่าการเปลี่ยนแปลงขนาดเล็กของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสะท้อนถึงสถานะของน้ำของมะเขือเทศซึ่งสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดเวลาการให้น้ำได้ อย่างไรก็ตามความต้องการน้ำของมะเขือเทศในหลายพื้นที่ อาจมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับฤดูกาลและ ช่วงระยะเวลาการโตของมะเขือเทศและขนาดของแปลงปลูกในโรงเรือน งานวิจัยของ Soria และ Cuartero¹⁰ เปิดเผยว่าการบริโภคน้ำของมะเขือเทศที่ทดลองในเนเธอร์แลนด์อยู่ในช่วง 0.19 ถึง 1.03 ลิตร/ต้น/วัน ที่ค่าความเค็มต่างกันหรือในหนังสือของ Snyder¹¹ อธิบายว่ามะเขือเทศที่กำลังย้ายแปลงปลูกมีความต้องการน้ำเพียง 0.05 ลิตร/ต้น/วันเท่านั้น แต่ในวันที่แดดจัดมะเขือเทศต้องการน้ำถึง 2.7 ลิตร/ต้น/วัน ซึ่งโดยทั่วไปมะเขือเทศต้องการน้ำประมาณ 1.81 ลิตร/ต้น/วัน ก็เพียงพอสำหรับมะเขือเทศที่กำลังโตหรือโตเต็มที่ สำหรับการให้น้ำมะเขือเทศที่ปลูกในโรงเรือนประเทศอินเดียนั้น Tiwari¹² แนะนำว่าควรให้ปริมาณน้ำที่ต่างกันตามการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ ซึ่งอยู่ในช่วง 0.89-2.31 ลิตร/ต้น/วัน โดยการให้น้ำทุกวัน

Harmanto และคณะ⁸ เสนองานวิจัยเกี่ยวกับความต้องการน้ำในระบบน้ำหยดที่ใช้ในการปลูกมะเขือเทศภายในโรงเรือนที่มีสภาพแวดล้อมในเขตร้อน โดยการทดลองให้ระบบน้ำหยด 4 ระดับแตกต่างกันคือ 100, 75, 50 และ 25% ของปริมาณการใช้น้ำของพืช ตามวิธี Penman-Monteith (PM) เพื่อทดสอบผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ผลผลิตและการใช้น้ำ โดยทดลองกับมะเขือเทศสายพันธุ์ Troy 489 ซึ่งเป็นชนิดมะเขือเทศเซอริ์ ทดลองปลูกในกระถางทรงกลมที่มีพื้นที่ 706.5 cm² โดยทำการเพาะกล้า 30 วัน ก่อนที่จะนำไปปลูกในกระถาง ผลการทดลองพบว่าค่าความต้องการใช้น้ำที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมะเขือเทศ มีค่าประมาณ 75% ของปริมาณการใช้น้ำของพืช ซึ่งระดับน้ำที่มะเขือเทศต้องการที่แนะนำควรอยู่ระหว่าง 4.1–5.6 มม./วัน หรือเทียบเท่ากับ 0.3–0.4 ลิตร/ต้น/วัน

สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับการให้น้ำและปุ๋ยแบบน้ำหยด Papadopoulos และคณะ¹³ ทดลองให้ไนโตรเจนฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม ลงในการปลูกมะเขือและมะเขือเทศ พบว่าได้ผลผลิตพืชต่อหน่วยสูงชันและคุณภาพดีขึ้น งานวิจัยของภาณุมาศ และคณะ¹⁴ ได้ศึกษาผลของไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเทศเซอริ์พันธุ์ CH154 ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร โดยใช้สูตรของ Jensen และ Malter¹⁵ พบว่าต้นมะเขือเทศเซอริ์พันธุ์ CH154 ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน

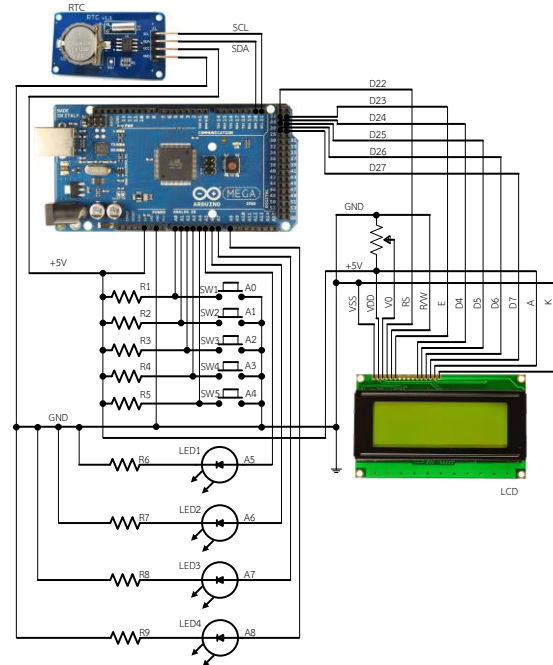
162 มิลลิกรัมต่อลิตรและความเข้มข้นของโพแทสเซียม 299 มิลลิกรัมต่อลิตรมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุด

ระบบควบคุมการจัดการน้ำแบบน้ำหยด

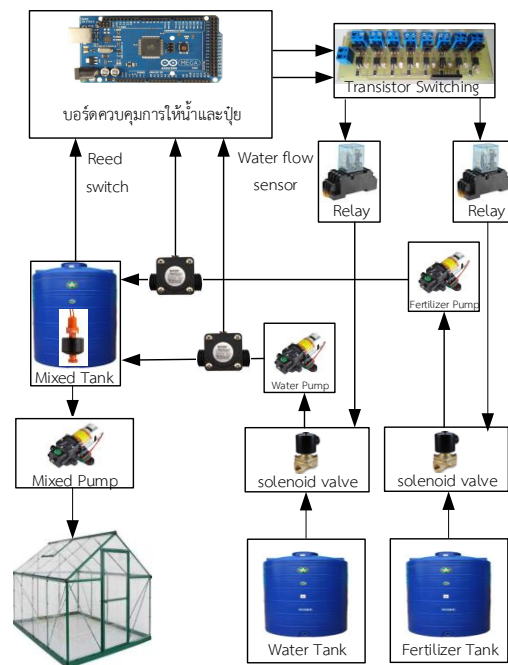
การพัฒนา ระบบควบคุมการจัดการน้ำแบบน้ำหยด ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิด เช่น พันธุ์พืช การเจริญเติบโตในแต่ละช่วงเวลา สภาพแวดล้อม ฯลฯ อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ใช้การอ้างอิงฐานเวลาที่สามารถกำหนดช่วงเวลาในการให้น้ำและใช้วิธีการประเมินค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชเพื่อควบคุมปริมาณการให้น้ำและปุ๋ย ดังนั้นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการควบคุมได้แก่ เวลาในการทำงานของระบบ (Operation time) และปริมาณการใช้น้ำของพืชและปุ๋ยในแต่ละช่วงเวลาการเจริญเติบโตของพืช

โครงสร้างระบบควบคุม

การออกแบบการทำงานด้านฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุมโดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก แสดงได้ดังวงจร Figure 1 (a) การทำงานประกอบด้วยบอร์ดประมวลผล Arduino Mega 2560 ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ 1) สวิตช์ SW1-SW5 ทำหน้าที่รับค่าความต้องการจากผู้ใช้ 2) LED1-LED4 ทำหน้าที่แสดงสถานะในการทำงาน 3) จอแสดงผล LCD ใช้ในการแสดงข้อมูลการทำงานของระบบ 4) Real-Time Clock (RTC) ทำหน้าที่เป็นฐานเวลาเพื่อกำหนดเวลาที่ใช้อ้างอิงการทำงานในระบบ



(a)



(b)

Figure 1 Structure of control system

(a) Circuit diagram of drip irrigation system controller (b) Electrical equipment connected to irrigation control system

ในการควบคุมการทำงานของให้น้ำและปุ๋ยนั้น ระบบควบคุมจะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ แสดงดัง Figure 1(b) ประกอบด้วยถังน้ำ (water tank) ขนาด 1,000 ลิตร และถังปุ๋ย (fertilizer tank) ขนาด 200 ลิตร เชื่อมต่อกับปั๊มไดอะแฟรม DC 12V ถังละ 1 ตัว อัตราไหล 4 ลิตร/นาที่ และถังผสม (mixed tank) ขนาด 500 ลิตร เชื่อมต่อกับปั๊มไดอะแฟรม DC 12V อัตราไหล 7 ลิตร/นาที่ การทำงานของระบบควบคุมจะใช้เซนเซอร์วัดการไหลของน้ำที่มีย่านการทำงาน 1-30 ลิตร/นาที่ เพื่อวัดและควบคุมปริมาณน้ำและปุ๋ยให้ได้ตามต้องการ ในส่วนของปั๊มที่ต่อกับถังผสมใช้สำหรับดูดน้ำและปุ๋ยจากถังผสมไปยังโรงเรือนปลูกพืช โดยมีโซลินอยวาล์ว และสวิตช์แม่เหล็ก เป็นตัวควบคุมการทำงาน

การพัฒนาโปรแกรม

การพัฒนาซอฟต์แวร์ แสดงดังโพลีชาร์ต Figure 2 มีรายละเอียดการทำงาน ดังนี้

- 1) เริ่มต้นการทำงาน ระบบทำการเก็บข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ
- 2) รับค่าเวลาจาก RTC เพื่อกำหนดวันเวลาที่ใช้อ้างอิงในการทำงาน
- 3) ตรวจสอบการกดสวิตช์เพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการเริ่มต้นการทำงาน โดยหากมีการกดสวิตช์ระบบจะให้ผู้ใช้กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ ระยะเวลาหรือช่วงของในการให้น้ำและปุ๋ย และความถี่ในการให้น้ำในแต่ละวัน
- 4) ตรวจสอบการกดสวิตช์เพื่อยืนยันการทำงานเพื่อยืนยันการทำงาน โดยหากมีการกดสวิตช์ระบบจะเริ่มต้นทำงาน
- 5) เมื่อเริ่มต้นทำงาน ระบบจะทำการเปรียบเทียบเวลาระหว่างค่าเวลาที่ตั้งไว้กับ RTC โดยเมื่อถึงกำหนดเวลาการให้น้ำพืช ระบบจะทำการตรวจสอบวันที่และระยะการเจริญเติบโตของพืช (crop stage) เพื่อนำข้อมูลความต้องการน้ำของมะเขือเทศจาก มาคำนวณปริมาณการให้น้ำพืชแต่ละครั้ง จากนั้นจึงสั่งให้ปั๊มน้ำทำงานเพื่อนำน้ำไปยังถังผสมและใช้เซนเซอร์วัดการไหลของน้ำ (water flow sensor) เป็นตัวควบคุมการทำงานของปั๊มให้ได้ปริมาณน้ำตามต้องการ
- 6) จากนั้นระบบจะตรวจสอบว่ามีกรให้ปุ๋ยในระบบน้ำด้วยหรือไม่ หากถึงเวลาที่ต้องใส่ปุ๋ยระบบจะทำการปั๊มปุ๋ยไปใส่ในถังผสมและมีการควบคุมเช่นเดียวกับข้อ 5
- 7) เมื่อน้ำและปุ๋ยถูกปั๊มไปยังถังผสมเรียบร้อยแล้ว ระบบจะสั่งให้จ่ายน้ำและปุ๋ยจากถังผสมไปยังโรงเรือนปลูกพืชจนเสร็จจึ้น จากนั้นจึงวนกลับไปเพื่อรอเวลาการให้น้ำในครั้งถัดไป

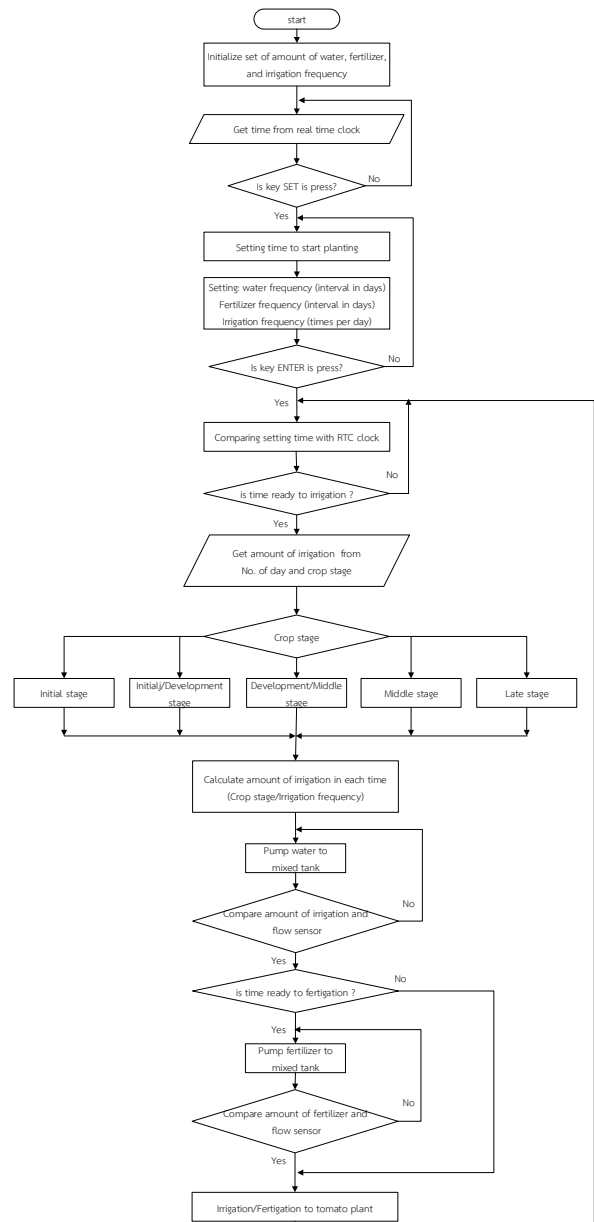


Figure 2 Flowchart for drip irrigation system

การทดลอง

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 แฟกทอเรียล ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ทดลองจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 4 ต้น สนใจศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัย ได้แก่ ความถี่ของการให้น้ำและความถี่ของการให้ปุ๋ยทางน้ำต่ออัตราการเจริญเติบโต ของมะเขือเทศเชอร์รี่พันธุ์ CH154 การจัดพริตเมนต์ประกอบด้วย ความถี่ของการให้น้ำ (1 วัน และ 2 วัน) และความถี่ของการให้ปุ๋ยทางน้ำ (2 วัน 4 วัน และ 6 วัน)

วิธีการทดลอง

ดำเนินการทดลอง ณ ตำบลต่างอย อำเภอต่างอย จังหวัดสกลนคร ตั้งแต่วันที่ 17 ต.ค. 2560 ถึง 21 มี.ค. 2561 ทำการเพาะเมล็ดมะเขือเทศเชอร์รี่พันธุ์ CH154 ในถาดเพาะกล้า โดยใช้ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก รดน้ำให้ชุ่มวันละ 1 ครั้ง เมื่อดันกล้ามีอายุครบ 30 วัน จึงทำการย้ายต้นกล้าจำนวน 288 ต้นไปปลูกในโรงเรือนเพาะปลูกพืชขนาด 6 x 20 เมตร โดยปลูกในกระถางทรงกลมขนาด 12 นิ้ว ใช้วัสดุปลูกเป็นส่วนผสมของขุยมะพร้าวและกาบมะพร้าวสับในอัตราส่วน 1:1 โดยมะเขือเทศปลูกในกระถางที่เป็นอิสระจากกัน

การติดตั้งระบบ

การติดตั้งระบบควบคุมแบบน้ำหยดแสดงดัง Figure 3 โดยใช้ท่อแอลดีพีอี (LDPE) ขนาด 20 มม. เป็นท่อแขนงจำนวน 3 แถว โดยแต่ละแถวมีกระถางทรงกลมขนาด 12 นิ้ว วางเรียงต่อกันทั้งสองด้านของท่อ กำหนดระยะห่างระหว่างกระถาง 40 ซม. สามารถวางกระถางได้ต้นละ 48 ใบ รวมทั้งสองด้านเป็นแถวละ 96 ใบ ใช้ขีปนากันน้ำหยดขนาด 3 มม. เชื่อมต่อจากท่อไมโครพีวีซี (MT/PVC) ไปยังกระถางละ 1 จุด ทำการปลูกมะเขือเทศกระถางละ 1 ต้น รวมทั้งสิ้น 288 ต้น

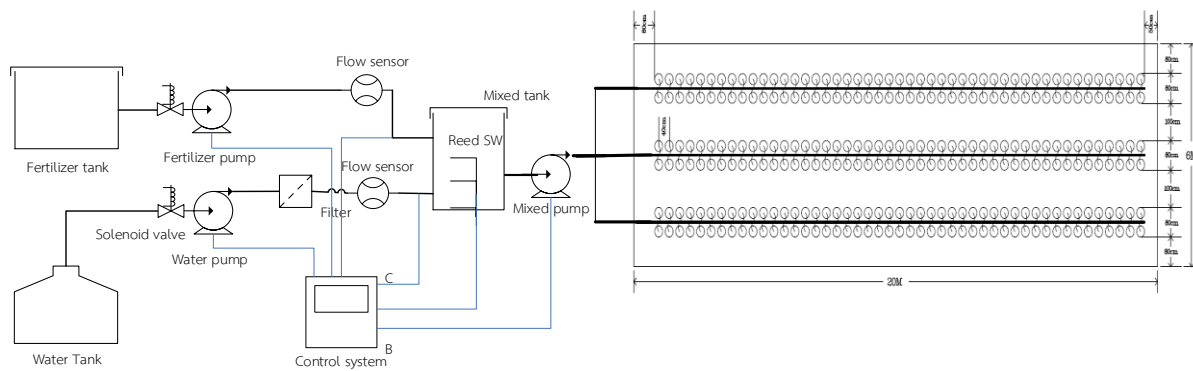


Figure 3 Schematic diagram of drip irrigated tomato in greenhouse

วิธีการให้น้ำและปุ๋ยในระบบน้ำหยด

งานวิจัยนี้ได้เลือกงานวิจัยของ Harmanto และคณะ⁸ มาใช้อ้างอิงปริมาณความต้องการน้ำในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ แสดงดัง Table 1 ซึ่งเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับความต้องการน้ำในระบบน้ำหยดที่ใช้ในการปลูกมะเขือเทศสายพันธุ์ Troy 489 ภายในโรงเรือนที่มีสภาพแวดล้อมในเขตร้อน ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองได้ปลูกมะเขือเทศในเขตร้อนและใช้มะเขือเทศพันธุ์ CH154 ซึ่งเป็นมะเขือเทศพันธุ์เชอร์รี่เช่นเดียวกัน โดยการกำหนดปริมาณการให้น้ำที่ค่า 75% ของปริมาณการใช้น้ำของพืช ในส่วนการให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดใช้สูตรของ Jensen และ Malter¹⁵ เป็นสูตรที่นิยมใช้สำหรับการปลูกมะเขือเทศที่ให้การเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูง

Table 1 Water requirement of drip irrigated tomato plants

No.	No. of days	Crop stage	Amount of irrigation	
			(l/plant/day)	(l/plant)
1	1	Initial	0.08	0.08
2	8	Initial	0.08	0.61
3	10	Initial	0.08	0.8
4	10	Initial/Development	0.11	1.05
5	11	Development	0.16	1.76
6	10	Development	0.28	2.81
7	10	Development/Middle	0.35	3.52
8	10	Middle	0.37	3.70
9	10	Middle	0.39	3.86
10	10	Middle	0.39	3.86
11	11	Middle/Late	0.38	4.20
12	10	Late	0.30	3.03
13	10	Late	0.27	2.72
14	4	Late	0.25	1.00
Total	125	-	-	33.00

ผลการวิจัย

ความแม่นยำในการควบคุมปริมาณและเวลาในการให้น้ำและปุ๋ย

การวัดความแม่นยำ (accuracy) ของระบบควบคุมจะใช้วิธีการอ่านค่าปริมาณน้ำและปุ๋ยจากเซนเซอร์วัดการไหลของน้ำในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตเพื่อวัดปริมาณการให้น้ำแสดงดัง Table 2 โดยปริมาณการให้น้ำมะเขือเทศระยะ 1-40 วัน มีการให้น้ำระหว่าง 4.61-9.22 ลิตรต่อครั้งพบค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ระหว่าง 0.16-0.26 และการให้น้ำมะเขือเทศระยะ 41-125 วัน มีการให้น้ำระหว่าง 14.40-22.33

ลิตรต่อครั้ง พบค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ระหว่าง 0.03-0.13 ทั้งนี้จะเห็นว่าปริมาณน้ำสะสมรวมที่จ่ายโดยระบบควบคุมมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำรวมที่มะเขือเทศต้องการ 665.91 ลิตร หรือมีความคลาดเคลื่อน 7.01 เปอร์เซ็นต์

ในส่วนการวัดความแม่นยำด้านเวลาในการให้น้ำใช้วิธีตรวจสอบโดยเก็บข้อมูลการทำงานแต่ละครั้งเปรียบเทียบกับ RTC เพื่อนำมาตรวจสอบเวลาและความถี่ในการให้น้ำ ซึ่งจากการเก็บข้อมูลจำนวน 125 วัน พบว่าระบบสามารถควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยได้อย่างแม่นยำโดยไม่มีความผิดพลาด

Table 2 Water applied of drip irrigation system

Month	No. of days	Crop stage	Amount of irrigation (288 plants)			Irrigation control system
			(l/288 plants/5 times)	(l/288 plants/day)	Water added (l)	Water added (l)
November, 17	1	Initial	4.61	23.04	23.04	29.10
November, 25	8	Initial	4.39	21.96	175.68	203.82
December, 5	10	Initial	4.61	23.04	230.40	290.00
December, 15	10	Initial/Development	6.05	30.24	302.40	376.69
December, 26	11	Development	9.22	46.08	506.88	587.79
January, 5	10	Development	16.19	80.93	809.28	830.94
January, 15	10	Development/Middle	20.28	101.38	1,013.76	1,040.59
January, 25	10	Middle	21.31	106.56	1,065.60	1,094.60
February, 4	10	Middle	22.23	111.17	1,111.68	1,140.08
February, 14	10	Middle	22.23	111.17	1,111.68	1,243.08
February, 25	11	Middle/Late	21.99	109.96	1,209.60	1,250.75
March, 7	10	Late	17.45	87.26	872.64	877.55
March, 17	10	Late	15.67	78.34	783.36	879.36
March, 21	4	Late	14.40	72.00	288.00	325.56
Total	125	Late	-	9,504.00	9,504.00	10,169.91

ผลการเจริญเติบโตและระยะเวลาการผลิต

ผลการทดลองการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น แสดงได้ดัง Table 3 Figure 4 และ Figure 5 ตามลำดับ โดยทำการวัดในช่วงการเจริญเติบโตที่อายุ 49 วัน หลังจากการย้ายต้นกล้าไปปลูกในโรงเรือน ซึ่งเป็นระยะที่มะเขือเทศกำลังพัฒนาลำต้นก่อนออกดอกและผล ผลการทดลองพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการให้น้ำและความถี่ของการให้ปุ๋ยทางน้ำต่อความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของมะเขือเทศ จากการทดลองวัดความสูงต้น โดยทำการวัดจากผิวดินไปจนถึงยอดสูงสุด พบว่าความสูงของต้นเฉลี่ยคือ 153.17 ซม. ความสูงของต้นสูงที่สุดคือ 181.50 ซม. และความสูงของต้นต่ำที่สุดคือ 137.25 ซม. ส่วนการวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นบริเวณส่วน

เหนือโคนต้น 10 ซม. พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นเฉลี่ยคือ 8.22 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นสูงที่สุดคือ 9 มม. และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นต่ำที่สุดคือ 7.29 มม.

ด้านผลผลิตจากการทดลองมะเขือเทศเริ่มออกดอกที่อายุ 55 วัน และออกดอกครบทุกต้นเมื่ออายุ 75 วัน โดยที่มะเขือเทศเริ่มออกผลและสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่อายุ 100 วันเป็นต้นไป ด้านผลผลิตของมะเขือเทศ พบว่าจำนวนผลต่อต้นและน้ำหนักผลผลิตต่อต้นสูงสุด คือ 396 ผล และ 4,027 กรัมตามลำดับ ส่วนด้านคุณภาพของมะเขือเทศ พบว่าน้ำหนักต่อผล ความกว้างของผล ความยาวของผล และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด คือ 10.85 กรัม 22.10 มม. 40.50 มม. และ 9.82 องศาบริกซ์ตามลำดับ

Table 3 Height and stem diameter of cherry tomato (CH154) as effected by different treatment combination

Treatment	Height (cm)	Stem diameter (mm)
Irrigation (days)		
1	161.19	8.36
2	156.27	8.07
F-test	ns	ns
Fertilizer (days)		
2	166.78	7.98
4	155.75	8.32
6	153.66	8.34
F-test	ns	ns
Irrigation*Fertilizer	ns	ns
C.V.(%)	7.5	6.0

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

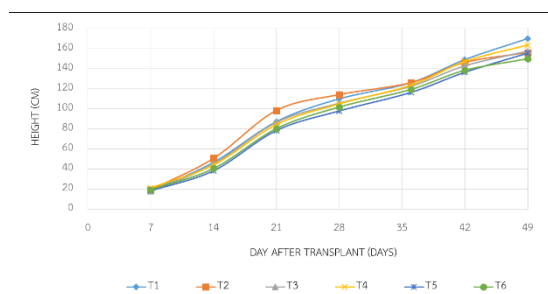


Figure 4 High of cherry tomato cv. CH154

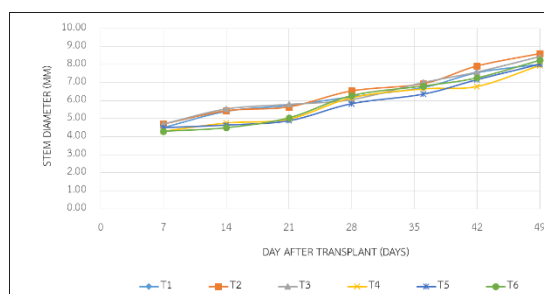


Figure 5 Stem diameter of cherry tomato

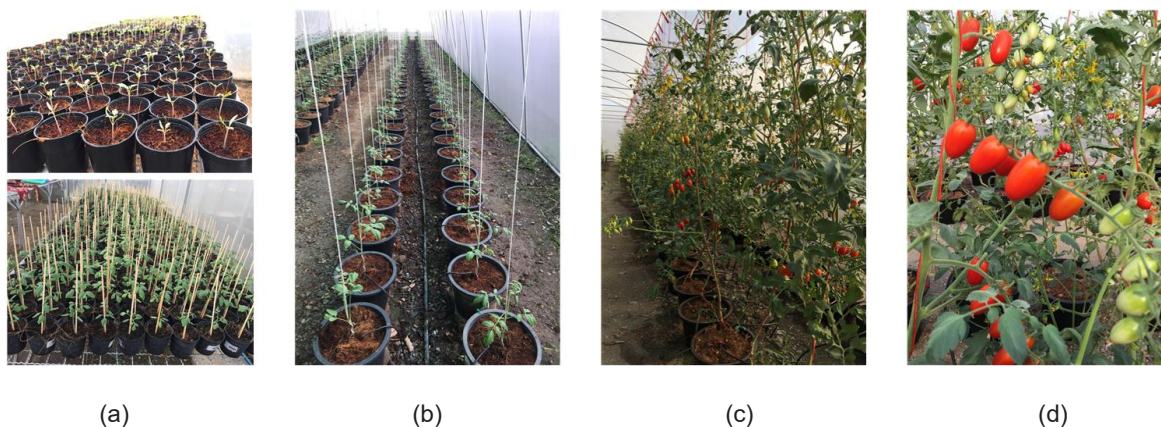


Figure 6 Crop stage of tomatoes (a) Seedling (b) Initial stage (c) Development/Middle stage (d) Late stage

วิจารณ์และสรุปผล

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบควบคุมการจัดการน้ำแบบน้ำหยด โดยวิธีการควบคุมด้วยเวลาและปริมาณการใช้น้ำของพืช จากการทดลองพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณการให้น้ำมะเขือเทศจะแปรผกผันกับปริมาณน้ำที่ให้มะเขือเทศ ซึ่งจากการทดลองให้น้ำระหว่าง 4.61–9.22 ลิตร พบค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนระหว่าง 16–26 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การให้น้ำระหว่าง 14.40–22.33 ลิตร พบค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนระหว่าง 3–13 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ปัญหาที่พบส่วนใหญ่เกิดจากความละเอียดในการอ่านค่าของเซนเซอร์วัดการไหลของน้ำ ในส่วนปริมาณน้ำสะสมรวมที่จ่ายโดยระบบควบคุมมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำรวมที่มะเขือเทศต้องการ 665.91 ลิตร หรือมีความคลาดเคลื่อน 7.01 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีสาเหตุจากความคลาดเคลื่อนในการทำงานของเซนเซอร์วัดการไหลของน้ำเช่นเดียวกัน ผลการวัดความแม่นยำด้านเวลาในการให้น้ำพบว่าระบบสามารถควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยได้อย่างแม่นยำโดยไม่มีความผิดพลาด ซึ่งในการทดลองได้มีการสำรองข้อมูลไว้ในหน่วยความจำทำให้ระบบสามารถจดจำค่าที่ตั้งไว้ได้ เพื่อป้องกันในกรณีไฟฟ้าดับหรือไม่มีไฟเลี้ยงวงจร ผลการทดลองด้านการเจริญเติบโตและระยะเวลาผลผลิต พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการให้น้ำและความถี่ของการให้ปุ๋ยทางน้ำต่อความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของมะเขือเทศ ความสูงของต้นเฉลี่ย 153.17 ซม. และเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นเฉลี่ย 8.22 มม. ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ใกล้เคียงกับงานวิจัยของภาณุมาศ และคณะ¹⁴ อย่างไรก็ตามในการทดลองพบการตายต้นของมะเขือเทศจำนวน 33 ต้น หรือ 11.46 เปอร์เซ็นต์ ส่วนด้านผลผลิตของมะเขือเทศ เปรียบเทียบกับงานวิจัยของภาณุมาศ และคณะ¹⁴ พบว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองมีค่าน้ำหนักสูงสุด ต่ำกว่างานวิจัยของภาณุมาศประมาณ 31 เปอร์เซ็นต์ ส่วนด้านคุณภาพของมะเขือเทศ พบว่าผลผลิตที่ได้จากการทดลองมีค่าน้ำหนักต่อผลและความกว้างของผลต่ำกว่างานวิจัยของภาณุมาศ และคณะ¹⁴ อย่างไรก็ตามในด้านปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำพบว่ามีค่าสูงกว่าประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์

สำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป สนใจพัฒนาระบบควบคุม โดยใช้เซนเซอร์ต่างๆ มาช่วยในการควบคุม เช่น เซนเซอร์วัดความชื้น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ฯลฯ พร้อมทั้งออกแบบการทำงานให้ระบบควบคุมมีความแม่นยำ น่าเชื่อถือ และมีระบบการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ในกรณีที่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. วันชัย คุปวานิชพงษ์. เอกสารประกอบคำบรรยายเรื่องการออกแบบระบบให้น้ำผ่านท่อในงานวิจัยเกษตรวิศวกรรม. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม; 2555
2. Barbieri GM, A. Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable production in the South East European countries, Principles for Mediterranean climate areas; 2013.
3. มนตรี คำชู. เทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืชแบบองค์รวม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2553.
4. Clark G, Stanley C, Maynard D, Hochmuth G, Hanlon E, Haman D. Water and fertilizer management of micro irrigated fresh market tomatoes. Transactions of the ASAE. 1991; 34(2): 429-435.
5. Papadopoulos I, Ristimäki LM, editors. Nitrogen and phosphorus fertigation of tomato and eggplant. XXV International Horticultural Congress, Part 1: Culture Techniques with Special Emphasis on Environmental Implications; 1998.
6. Baudoin W, Nono-Womdim R, Lutaladio N, Hodder A, Castilla N, Leonardi C, et al. Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops: Principles for mediterranean climate areas. FAO plant production and protection paper (FAO); 2013.
7. M.E. J. Design and Operation of Farm Irrigation Systems; 1980.
8. Harmanto, Salokhe VM, Babel MS, Tantau HJ. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. Agricultural Water Management. 2005; 71(3):225-42.
9. Lee BW, Shin, J.H. Optimal irrigation management system of greenhouse tomato based on stem diameter and transpiration monitoring. Suwon, Korea: Agricultural Information Technology in Asia and Oceania, The Asian Federation for Information Technology in Agriculture. 1998.
10. Soria T, Cuartero J, editors. Tomato fruit yield and water consumption with salty water irrigation. International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven, Belgium. ; 1998.
11. Snyder RG. Greenhouse Tomato Handbook: Mississippi State University, Cooperative Extension Service,

USA; 1992.

12. Tiwari G. Greenhouse Technology for Controlled Environment; 2003.
13. Papadopoulos I, Ristimäki LM, editors. Nitrogen and phosphorus fertigation of tomato and eggplant. XXV International Horticultural Congress, Part 1: Culture Techniques with Special Emphasis on Environmental Implications. ; 1998.
14. ภาณุมาศ โคตรพงษ์, ชรรมศักดิ์ ทองเกตุ, อรุณศิริ กำลัง และจันทร์จรัส วีรสาร. ผลของไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเทศเชอร์รี่พันธุ์ CH154 ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2003.
15. Jensen, M.H. and A.J. Malter. Protected Agriculture: A Global Review. World Bank, Washington. ;1995.
16. วิไล วณิชกิจเจริญกุล, มนูญ ศิริหนูพงศ์ และ สุจรีต ส่วนไพโรจน์. อิทธิพลของวัสดุปลูกอินทรีย์และอินทรีย์วัตถุต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเทศเชอร์รี่พันธุ์ CH 154 ปลูกโดยระบบกลับหัว. แก่นเกษตร. 2014 (ฉบับพิเศษ 3).

การถ่ายเทมวลคาร์บอนในกระบวนการผลิตปลาที่เลี้ยงในบ่อดิน โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต กรณีศึกษาอำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Carbon Massflow in Red Tilapia Cultured in Earthen bond by Using Life Cycle Assessment : A Case Study in Sena district, Phranakhon Si Ayutthaya Province

วัชรารภรณ์ ตันติพานทิพย์^{1*}

Watcharaporn Tantipanatip^{1*}

Received: 17 October 2018 ; Revised : 7 January 2019 ; Accepted: 11 February 2019

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาการถ่ายเทมวลคาร์บอนของกระบวนการผลิตปลาที่เลี้ยงในบ่อดินจากการดำเนินกิจกรรมฟาร์มเลี้ยง โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต กรณีศึกษาอำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนเมษายน – ธันวาคม พ.ศ. 2560 โดยการศึกษาและสอบถามข้อมูลจากเกษตรกรเจ้าของฟาร์มประมงจำนวน 50 ฟาร์ม เกี่ยวกับรูปแบบการเลี้ยง ปริมาณอาหารที่ใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิงและแก๊สปิโตรเลียมเหลว นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในตัวอย่างอาหาร เนื้อและมูลของปลาที่เลี้ยง ผลการศึกษาการถ่ายเทมวลคาร์บอนจากอาหารสัตว์น้ำไปสู่ตัวปลาที่เลี้ยงผ่านการกินอาหารและการตรึงคาร์บอนมาสะสมไว้ในร่างกายของปลาที่เลี้ยงเท่ากับ 3.6×10^{-3} และ 2.5×10^{-3} กก.คาร์บอน/ กก.ปลาที่เลี้ยง/วัน การปลดปล่อยคาร์บอนผ่านการขับถ่ายมูลสัตว์น้ำ การหายใจและการย่อยอาหารเท่ากับ 1.4×10^{-3} กก.คาร์บอน/กก.ปลาที่เลี้ยง/วัน ขณะเดียวกันตลอดกระบวนการผลิตเนื้อปลาที่เลี้ยงเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยจากการใช้พลังงานโดยเฉลี่ย 39.7952 กก.คาร์บอน/กก.ปลาที่เลี้ยง/วัน ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการใช้พลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงในภาคการขนส่งและการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในฟาร์มประมง ดังนั้นแนวทางลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากฟาร์มเลี้ยงปลาที่เลี้ยงควรพิจารณาในแง่ของการลดการใช้พลังงาน โดยเฉพาะพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงในภาคการขนส่ง ซึ่งเกษตรกรควรลดระยะทางและจำนวนครั้งในการขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรควรเลือกซื้อลูกพันธุ์ปลาที่เลี้ยง อาหารและแก๊สปิโตรเลียมเหลวภายในจังหวัดหรือพื้นที่ใกล้เคียงฟาร์มประมง

คำสำคัญ: การถ่ายเทมวลคาร์บอน การผลิตเนื้อปลาที่เลี้ยง ฟาร์มประมง การประเมินวัฏจักรชีวิต

Abstract

This article aims to study carbon massflow in red tilapia production from fishery farms located on Sena District, Phranakhon Si Ayutthaya Province, by using life cycle assessment during April to December, 2017. Fifty red tilapia farm owners were interviewed using a questionnaire about aquatic animal feed, electricity, gasoline and liquefied petroleum gas (LPG) use in their fishery farms. Furthermore, carbon content, carbon fixation and carbon emitted were also analyzed. The results revealed that the rate of carbon massflow from aquatic animal feed and carbon fixation in red tilapia meat were 3.6×10^{-3} and 2.5×10^{-3} kg.C/kg of red tilapia/day respectively. The ratio of carbon emitted from faeces, digestion and respiration was 1.4×10^{-3} kg.C/kg of red tilapia/day. Concomitant CO₂ emission from energy consumption in red tilapia farms was 39.7952 kg.C/kg of red tilapia/day. CO₂ emission from the use of fuel for

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

¹ Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat Province, 13000

* Corresponding author; Watcharaporn Tantipanatip, Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat Province, 13000, Thailand. momojay_25@hotmail.com

transportation was the highest value followed by that of electrical energy. Therefore, efforts to reduce CO₂ emissions should be focused on reduction of energy consumption, especially in the use of diesel for transportation. Seeding farm at shorter distance, sorter shipment trips and nearer LPG distributors would be recommended to reduce the carbon emission course.

Keywords: Carbon massflow, red tilapia meat production, fishery farms, life cycle assessment

บทนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและภาคเกษตรกรรมเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย นอกเหนือจากภาคพลังงาน ภาคอุตสาหกรรม และภาคการจัดการของเสีย สำหรับภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้มีการรายงานปริมาณการดูดกลับของก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 - 2553¹ ขณะเดียวกันสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม² ได้ประมาณอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยพบว่า มีปริมาณ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 229 ล้านตัน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (MtCO₂ eq) เป็นการปลดปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและภาคเกษตรกรรมประมาณ 52 MtCO₂ eq (ร้อยละ 23 ของปริมาณ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด) ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและภาคเกษตรกรรมทั่วโลก (ร้อยละ 14)

กิจกรรมการทำฟาร์มเพาะเลี้ยงปลาทำปศุสัตว์จัดเป็นภาคเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย มีทั้งหน่วยงานภาครัฐบาลและเอกชนให้การสนับสนุน แนะนำและส่งเสริมแก่เกษตรกรให้มีการเพาะเลี้ยง ปลาทำปศุสัตว์ในเชิงพาณิชย์อย่างกว้างขวาง สืบเนื่องจากปริมาณความต้องการบริโภคเนื้อปลาทำปศุสัตว์ทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศที่เพิ่มสูงขึ้น ประกอบกับปลาทำปศุสัตว์เป็นปลาน้ำจืดที่สามารถเพาะเลี้ยงและแพร่ขยายพันธุ์ได้ง่ายในทุกสภาพของท้องถิ่นทั้งในประเทศเขตร้อนและเขตอบอุ่น นอกจากนี้ยังเป็นสายพันธุ์ปลาที่ใช้ประโยชน์จากแหล่งอาหารธรรมชาติที่มีอยู่ภายในบ่อเลี้ยงได้เป็นอย่างดี มีความแข็งแรงและทนทานต่อโรค การเจริญเติบโตดีและสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทั้งในรูปแบบการเพาะเลี้ยงตามธรรมชาติและการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ได้อย่างดี

แต่ในทางกลับกันนโยบายส่งเสริมกิจกรรม เพาะเลี้ยงปลาทำปศุสัตว์ในเชิงพาณิชย์จากทั้งภาครัฐบาลและเอกชนกลับเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลภาวะทางน้ำสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น ความเป็นกรดของอากาศและแหล่งน้ำจากก๊าซ ต่าง ๆ ที่อาจถูกปลดปล่อยจาก

กระบวนการเพาะเลี้ยง ปัญหาเศษอาหารเหลือทิ้ง การใช้ยา รักษาโรคและสารเคมีในการเลี้ยงสัตว์น้ำ รวมทั้งการเปลี่ยนถ่ายน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ Eutrophication และปัญหาการลดลงของทรัพยากรที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต³

ขณะเดียวกันการดำเนินกิจกรรมฟาร์มประมงยังก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งความต้องการใช้พลังงานนั้นเชื่อมโยงกับรูปแบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ ความหนาแน่นของสัตว์น้ำและวิธีการเลี้ยงสัตว์น้ำที่สัมพันธ์กับปริมาณของการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างเป็นอัตโนมัติ นอกจากนี้ความต้องการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทางอ้อม ได้แก่ อาหารสัตว์น้ำ สารเคมี ยา รักษาโรคและปัจจัยในการผลิตวัสดุต่าง ๆ รวมทั้งการใช้พลังงานด้านคมนาคมขนส่งและการรักษาความสดของผลผลิตปลาทำปศุสัตว์ เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ล้วนเป็นตัวแปรสำคัญต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่อาจถูกปลดปล่อยในแต่ละกิจกรรมของกระบวนการผลิตสัตว์น้ำ⁴⁻⁶

ดังนั้นการศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับ การดำเนินกิจกรรมที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเลี้ยงปลาทำปศุสัตว์ในครั้งนี้ เพื่อหาแนวทางจัดการและส่งเสริมให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาทำปศุสัตว์ในอำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีกิจกรรมเลี้ยงปลาทำปศุสัตว์อย่างหนาแน่น ดังนั้นหากเกษตรกรตระหนักถึงความสำคัญของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเลี้ยง การมีส่วนร่วมรับผิดชอบให้เกิดการใช้ทรัพยากรและพลังงานที่เหมาะสมและยั่งยืน โดยประยุกต์ใช้แนวทางประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment: LCA) ซึ่งในการศึกษานี้ได้กำหนดขอบเขตการพิจารณาให้ครอบคลุมเฉพาะระยะการทำฟาร์มเลี้ยงปลาทำปศุสัตว์ในบ่อดินเท่านั้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการถ่ายเทมวลคาร์บอนจากอาหารสัตว์น้ำไปสู่ตัวปลาทำปศุสัตว์และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ตลอดกระบวนการผลิตปลาทำปศุสัตว์ต่อหน่วยการผลิตปลาทำปศุสัตว์ 1 กิโลกรัม เพื่อประโยชน์ต่อการทำข้อมูลบัญชีคาร์บอนของประเทศ ในการจัดลำดับความสำคัญของการผลิตอาหารประเภทเนื้อสัตว์น้ำ

จากกิจกรรมฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำ รวมทั้งให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ของการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในปริมาณน้อยที่สุด

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การกำหนดขอบเขตการศึกษา

การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเกษตรกรผู้ประกอบอาชีพฟาร์มเลี้ยงปลาบ่อบินในบ่อดิน ณ อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การกำหนดตัวอย่างเกษตรกร ในพื้นที่ศึกษาโดยอาศัยฐานข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาบ่อบินที่ขึ้นทะเบียนกับสำนักงานประมงจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 จำนวน 73 ฟาร์ม โดยอาศัยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified sampling) เพื่อให้ครอบคลุมตัวแทนฟาร์มเลี้ยงปลาบ่อบินในบ่อดินทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ นอกจากนี้ในขั้นตอนการกำหนดตัวอย่างฟาร์มเลี้ยงปลาบ่อบินได้ประยุกต์ใช้วิธีกำหนดขนาดตัวอย่างของ Krejcie and Morgan⁷ และ Yamane⁸ ทั้งนี้ในการลงพื้นที่สำรวจข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาบ่อบินได้ดำเนินการใน 50 ฟาร์ม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลสำหรับการศึกษาการถ่ายเทมวลคาร์บอนของกระบวนการผลิตปลาบ่อบินของอำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยการประยุกต์ใช้วิธีประเมินวัฏจักรชีวิต

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีสัมภาษณ์ (Interview) เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาบ่อบินทั้ง 50 ฟาร์ม โดยแบบสัมภาษณ์ดังกล่าวได้ประยุกต์ตามคู่มือการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกและแนวทางประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์⁹ ทั้งนี้แบบสัมภาษณ์ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการเลี้ยงระยะเวลาเลี้ยง ชนิดของอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำและปริมาณการใช้อาหาร ผลผลิตปลาบ่อบิน ปริมาณของเสียในรูปของ มูลสัตว์น้ำ น้ำทิ้งตลอดการเลี้ยงปลาบ่อบิน ประเภทและปริมาณการใช้พลังงาน (ไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิงและแก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG)) เป็นต้น ซึ่งดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน

ตัวอย่างอาหารปลา เนื้อและมูลของปลาบ่อบินที่รวบรวมได้จากฟาร์มเลี้ยงปลาบ่อบินทั้ง 50 ฟาร์ม ถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนที่เก็บสะสมไว้ในรูปของอาหาร เนื้อและมูลของปลาบ่อบิน (Table 1) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 วิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยจากมูลปลาบ่อบินสดด้วยเครื่อง GAS Analyzer และส่วนที่ 2 วิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนจากตัวอย่างอาหาร เนื้อและมูลปลาบ่อบินที่ผ่านการอบไล่ความชื้นมาแล้วด้วยเครื่อง LECO CHN628 Series Elemental Analyzer

Table 1 Analyzing methods for red tilapia meat, aquatic animal feed and faeces

Property	Method
Moisture content	Dry weight of known samples, dried at 103 - 105°C for 24 h ¹⁰
Volatile solid	Lost weight from known weight of samples, incinerated at 550°C for 30 min ¹¹
Fixed solid	Remaining weight from known weight of samples, incinerated at 550°C for 30 min ¹¹
Carbon content	Carbon measurement of dried samples by LECO CHN628 Series Elemental Analyzer ¹⁰ and CO ₂ measurement from faeces, digestion and respiration of fish by Gas Analyzer Respiration Trial System ¹²

การคำนวณปริมาณการถ่ายเทมวลคาร์บอนในกระบวนการผลิตเนื้อปลาบ่อบิน

การคำนวณปริมาณการถ่ายเทมวลคาร์บอนตลอดกระบวนการผลิตเนื้อปลาบ่อบินจากตัวอย่าง ฟาร์มเลี้ยงทั้ง 50 ฟาร์ม ณ อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยรายงานในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนเฉลี่ยต่อผลผลิตปลาบ่อบิน 1 กิโลกรัมต่อวัน (kg C/kg of fish/day) เมื่อทราบปริมาณคาร์บอนที่ถูกเก็บสะสมในตัวอย่างอาหาร เนื้อและมูลปลา

บ่อบินสามารถนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการถ่ายเทมวลคาร์บอนจากอาหารปลาไปสู่ตัวปลาบ่อบิน (C_{input}) ซึ่งบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงมวลคาร์บอนเปรียบเทียบกับเวลาและอัตราการตรึงคาร์บอนมาสะสมไว้ในรูปของเนื้อปลาบ่อบิน (C_{fixation}) และการปลดปล่อยคาร์บอนในรูปของก๊าซ CO₂ และ CH₄ (C_{emitted}) ผ่านการหายใจและการขับถ่ายของเสีย โดยอาศัยหลักการถ่ายเทมวล¹³ ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$E_{total} = n_{fish} \times (EF_{metabolic} + EF_{spreading} + EF_{energy\ equivalent}) \quad (1)$$

โดยที่ E_{total} คือ คาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยทั้งหมด (kg C/day)

n_{fish} คือ จำนวนปลาตัวหนึ่ง (individual)

$EF_{metabolic}$ คือ คาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยจากการหายใจของปลาตัวหนึ่ง (kg.C/kg of red tilapia/day)

$EF_{spreading}$ คือ คาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยจากสิ่งขับถ่าย (มูลปลาตัวหนึ่ง) (kg.C/kg of red tilapia/day)

$EF_{energy\ equivalent}$ คือ คาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยจากการใช้พลังงานตลอดการผลิตปลาตัวหนึ่งและการรักษาความสดของผลผลิต (พลังงานเชื้อเพลิง พลังงานไฟฟ้า และแก๊ส LPG (kg.C/kg of red tilapia/day)

ผลการศึกษา

กระบวนการผลิตเนื้อปลาตัวหนึ่งและบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

ผลสำรวจข้อมูลจากเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาตัวหนึ่งในบ่อดินจำนวน 50 ฟาร์ม ณ อำเภอสวน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีขนาดบ่อเลี้ยงระหว่าง 0.25 – 2 ไร่ สามารถจัดแบ่งรูปแบบการบริหารจัดการฟาร์มประมงออกเป็นการบริหารจัดการโดยเกษตรกรเป็นเจ้าของ (ร้อยละ 97) และการบริหารจัดการโดยภาคเอกชน (ร้อยละ 3) นอกจากนี้แต่ละฟาร์มประมงที่ดำเนินการศึกษามีการเลี้ยงปลาตัวหนึ่งเฉลี่ย 2 – 3 รุ่นต่อปี แต่ละรุ่น มีระยะเวลาเลี้ยงปลาตัวหนึ่งประมาณ 4 – 5 เดือน และมีอัตราการปล่อยปลาตัวหนึ่งลงเลี้ยงระหว่าง 1,000 – 1,500 ตัว/ไร่ ขนาดผลผลิตปลาตัวหนึ่งที่จับจำหน่ายสู่ตลาดหรือผู้บริโภคประมาณ 0.6 – 0.8 กิโลกรัมต่อตัว ขณะที่รูปแบบ การเลี้ยงปลาตัวหนึ่งในบ่อดินแบบพัฒนาในปัจจุบัน เกษตรกรนิยมใช้อาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีน 25 – 30% ในปริมาณ 3 – 4% ของน้ำหนักตัวปลาตัวหนึ่งและมีอัตรา การปล่อยปลาตัวหนึ่งลงเลี้ยงระหว่าง 5,000 – 8,000 ตัว/ไร่ รวมเวลาเลี้ยงทั้งสิ้น 5 – 6 เดือน และได้ผลผลิตปลาตัวหนึ่งขนาด 1 – 2 ตัวต่อกิโลกรัม¹⁴ นอกจากนี้ผลการสำรวจพบว่าความต้องการใช้พลังงานน้ำมันเชื้อเพลิง ไฟฟ้า แก๊ส LPG ทรัพยากรน้ำและปริมาณการใช้อาหารปลาตัวหนึ่งในแต่ละฟาร์มยังแปรผันตามความหนาแน่นของ ปลาตัวหนึ่งที่เลี้ยง (Table 2)

Table 2 Inventory and input–output analysis (mean±SD) for the red tilapia production of 1 kilogramme live-weight

	Item	Unit	result
General information	Pond area	rai	1.05±0.57
	Duration of culture	day	128.00±0.61
	Feed conversion ratio	-	2.53±0.62
Input	Feed consumed	kg/rai/year	9,668.78±0.42
	Electricity use	kWh/kg of red tilapia/rai	1.41±0.47
	Diesel oil use	l/kg of red tilapia/rai	0.37±0.38
	LPG use	kg/kg of red tilapia/rai	0.32±0.30
Output	Fish production	kg/rai/year	3,826.22±0.59
	Waste water	cubic metre	4,027.48±0.60
	Faeces	kg/rai	368.50±0.38

การถ่ายเทมวลคาร์บอนของกระบวนการผลิตปลาตัวหนึ่งจากกิจกรรมฟาร์มเลี้ยง

อัตราการถ่ายเทมวลคาร์บอนจากกระบวนการเลี้ยงปลาตัวหนึ่งจากการดำเนินกิจกรรมฟาร์มเลี้ยงแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ ลักษณะที่หนึ่งเป็นการถ่ายเทมวลคาร์บอนจากอาหารที่เกษตรกรใช้สำหรับเลี้ยงปลาตัวหนึ่ง (C_{input}) เท่ากับ 3.6×10^{-3} kg.C/kg of red tilapia/day ลักษณะ ที่สองเป็น

ปริมาณคาร์บอนที่ถูกสะสมในรูปของเนื้อและอวัยวะต่าง ๆ ของปลาตัวหนึ่ง ($C_{fixation}$) เท่ากับ 2.5×10^{-3} kg.C/kg of red tilapia/day และลักษณะสุดท้ายเป็นปริมาณคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยในรูปแบบของมูล ($C_{emitted}$) เท่ากับ 1.2×10^{-3} kg.C/kg of red tilapia/day (Table 3 และ 4) ขณะเดียวกันพบว่าประสิทธิภาพในการตรึงคาร์บอน ($C_{fixation}$) ของปลาตัวหนึ่งคิดเป็นร้อยละ 69.44

Table 3 Carbon massflow of the red tilapia production from fishery farms (mean±SD)

Item	C transferred
Average of live-weight fish*	1.1970±0.2168
Weight of fresh faeces excreted**	0.0137±0.0106
Faeces excreted per weight fish (%)	1.25
C _{input} ***	0.0036±0.0015
C _{fixation} ***	0.0025±0.0018
C _{emitted} ***	0.0012±0.0009
C _{emitted} /C _{input} (%)	30.56
C _{emitted} /C _{fixation} (%)	44.00
C-Fixation efficiency (%)	69.44

Note * Unit = kg/individual
 :
 ** Unit = kg/kg of red tilapia/day
 *** Unit = kg.C/kg of red tilapia/day

การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงานในการผลิตปลาที่บ่อดินจากกิจกรรมฟาร์มเลี้ยง

ฟาร์มเลี้ยงปลาที่บ่อดินทั้ง 50 ฟาร์ม ณ อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีความต้องการใช้พลังงานตลอดกระบวนการผลิตปลาที่บ่อดินเริ่มตั้งแต่การจัดหาลูกพันธุ์ปลาที่บ่อดิน การเลี้ยงปลาที่บ่อดินในฟาร์มและการเก็บเกี่ยวผลผลิตพร้อมจำหน่ายสู่ผู้บริโภค ได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้มน้ำเข้าสู่บ่อเลี้ยงและการให้แสงสว่าง การใช้แก๊ส LPG เป็นแหล่งพลังงานแก่เครื่องให้อากาศ การใช้น้ำมันดีเซลเป็นแหล่งพลังงานแก่เครื่องปั้มน้ำเข้าสู่บ่อเลี้ยงและกระบวนการขนส่ง (ลูกพันธุ์ปลาที่บ่อดิน อาหารปลาและแก๊ส LPG มายังฟาร์มประมง รวมทั้ง การขนส่งผลผลิตปลาที่บ่อดินจากฟาร์มเลี้ยงไปยังตลาด ร้านอาหารหรือโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ)

Table 4 Average of C_{input} from feed, C_{fixation} in fish bodies, and C_{emitted} in the form of CO₂ and CH₄ from faeces, digestion and respiration of red tilapia (mean±SD)

Item	Carbon content	
Carbon transferred from aquatic animal feed to red tilapia (C _{input}) (kg.C/kg of red tilapia/day)	0.0036±0.0015	
Carbon fixation (kg.C/kg of red tilapia/day)	Meat	0.0008
	Bone and visceral organs	0.0017
Carbon emitted (kg.C/kg of red tilapia/day)	Total carbon accumulated in red tilapia body (mass equilibrium)	0.0025±0.0018
	Dry faeces	0.00108
Carbon emitted (kg.C/kg of red tilapia/day)	C _{emitted} of CO ₂ and Faeces	0.00009
	CH ₄ Digestion and respiration	0.00000037
	Total carbon emitted from red tilapia	0.0012±0.0009

ก๊าซ CO₂ ที่ถูกปลดปล่อยจากกิจกรรมฟาร์มเลี้ยงปลาที่บ่อดินจำนวน 50 ฟาร์ม (C_{emission}) (Table 5) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.7952 kg.C/kg of red tilapia/day ซึ่งพบว่ากิจกรรม

ในภาคการคมนาคมขนส่งก่อให้เกิดความต้องการใช้พลังงานและปลดปล่อยก๊าซ CO₂ สูงที่สุด (39.6578 kg.C/kg of red tilapia/day)

Table 5 Average of C_{emission} from energy consumption of red tilapia farm (mean±SD) (kg.C/kg of red tilapia/day)

Energy consumption	C _{emission}
Fuel for transportation	39.6578±7.5089
Fuel for machine	0.0013±0.0011
Electricity	0.1356±0.2333
LPG	0.0005±0.0011
Total C _{emission} from energy use/1 kg red tilapia/day	39.7952

ดังนั้นเมื่อพิจารณาสัดส่วนการใช้พลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งพบว่าระยะทางในการขนส่ง น้ำหนักระหว่างการขนส่งและประเภทของรถยนต์เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ซึ่งการศึกษานี้พบว่าระยะทางเฉลี่ยในการขนส่งลูกพันธุ์ ปลาทับติมมายังฟาร์มเลี้ยงเท่ากับ 83.5588 กิโลเมตร โดยเกษตรกรส่วนใหญ่มีการจัดซื้อลูกพันธุ์ปลาทับติมจากหลายจังหวัด เช่น จังหวัดสุพรรณบุรี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง นครสวรรค์และนครปฐม เป็นต้น ระยะทางเฉลี่ยในการขนส่งอาหารปลาไปยังฟาร์มเลี้ยงเท่ากับ 107.5318 กิโลเมตร และระยะทางเฉลี่ยของการขนส่งแก๊ส LPG มายังฟาร์มเลี้ยงเท่ากับ 10.1900 กิโลเมตร สำหรับระยะทางเฉลี่ยในการขนส่งผลผลิตปลาทับติมจากฟาร์มเลี้ยงไปยังตลาดหรือร้านอาหารเท่ากับ 46.7093 กิโลเมตร ทั้งนี้เกษตรกรนิยมใช้รถกระบะสำหรับการบรรทุกในทุกกิจกรรม โดยสามารถแสดงสัดส่วนความต้องการใช้พลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งดังแสดงใน Figure 1

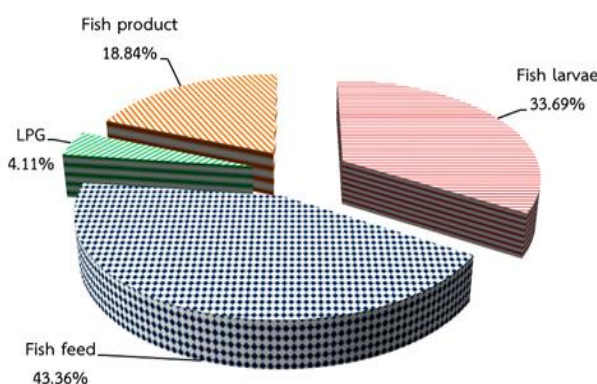


Figure 1 Proportion of fuel used for transportation of red tilapia farm

วิจารณ์และสรุปผล

ผลวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทมวลคาร์บอนจากกิจกรรมฟาร์มเลี้ยงปลาทับติมในบ่อดินจำนวน 50 ฟาร์ม ณ อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การถ่ายเทมวลคาร์บอนที่เกิดจากการกินอาหารของปลาทับติม (C_{input}) การเก็บสะสมมวลคาร์บอนในร่างกาย (C_{fixation}) และมวลคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยในรูปของมูลสัตว์น้ำ ก๊าซ CO₂ และ CH₄ จากกระบวนการหายใจและการย่อยอาหาร (C_{emitted}) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.6x10⁻³, 2.5x10⁻³ และ 1.2x10⁻³ kg.C/kg of red tilapia/day ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรึงคาร์บอนมาเก็บสะสมไว้ในร่างกายและอวัยวะต่าง ๆ ของปลาทับติมคิดเป็นร้อยละ 69.44 ซึ่งมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับปริมาณคาร์บอนที่ได้รับจากอาหาร (C_{input}) และปริมาณคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อย (C_{emitted}) ซึ่งเป็นผลจากอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในกระบวนการผลิตปลาทับติม 1 กิโลกรัม ขณะเดียวกันเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพในการตรึงคาร์บอนในสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ จากกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำในบ่อดินและมีรูปแบบการใช้อาหารสำเร็จรูปและกำหนดให้อาหารที่เกษตรกรนำมาเลี้ยงสัตว์น้ำเป็น แหล่งคาร์บอนที่เข้าสู่ระบบเพียงอย่างเดียว พบว่า ปลาทับติมมีประสิทธิภาพในการตรึงคาร์บอนต่ำกว่า กุ้งก้ามกราม (ร้อยละ 99.11)¹⁵ ปลากะพงขาว (ร้อยละ 98.73) และกุ้งขาวแวนนาไม (ร้อยละ 84.00) เมื่อเทียบในปริมาณผลผลิตสัตว์น้ำ 1 กิโลกรัมเท่ากัน¹⁶ เนื่องจากปริมาณคาร์บอนเริ่มต้นในอาหารสัตว์น้ำที่มีการปรับแต่งคุณค่าทางโภชนาการให้เหมาะสมต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมในการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำแต่ละชนิด

นอกจากนี้ของเสียในรูปของมูลสัตว์น้ำที่เกิดจากการขับถ่ายและเก็บสะสมไว้บริเวณหน้าดินภายในบ่อเลี้ยง เมื่อบริเวณหน้าดินอยู่ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนมวลคาร์บอนที่ถูกสะสมในรูปของมูลสัตว์น้ำจะถูกย่อยสลายและก่อให้เกิดก๊าซ CH₄ และ N₂O ขณะเดียวกันอาหารสัตว์น้ำที่เหลือทิ้งบริเวณพื้นบ่อพบว่าร้อยละ 5 ของเศษอาหารเหลือทิ้งทั้งหมดจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ให้กลายเป็นธาตุอาหารภายในบ่อเลี้ยง และ ประมาณร้อยละ 50 ของธาตุอาหารที่เกิดขึ้นนี้ประกอบด้วยมวลคาร์บอนประมาณ 25 กรัม ซึ่งเมื่ออยู่ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนมวลคาร์บอนเหล่านี้จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์อีกครั้งและก่อให้เกิดก๊าซ CH₄ ประมาณ 33 กรัม^{17, 18} ทั้งนี้ก๊าซ CH₄ มีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potentials: GWPs) สูงกว่าก๊าซ CO₂ ถึง 23 เท่า¹⁹ ผลวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงานตลอดทั้งกระบวนการผลิตปลาทับติมจาก การดำเนินกิจกรรมฟาร์ม

เลี้ยง (C_{emission}) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.7952 kg.C/kg of red tilapia/day โดยความต้องการใช้พลังงานน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับการขนส่งเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ในปริมาณสูงสุดเท่ากับ 39.6578 kg.C/kg of red tilapia/day สอดคล้องกับผลการศึกษาที่สรุปว่าการดำเนินกิจกรรม ฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ^{14, 15, 19} ดังนั้น เมื่อพิจารณาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 จากกิจกรรมฟาร์มเลี้ยงปลาที่พบว่าคุณค่าความต้องการใช้พลังงานในหลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะภาคการขนส่ง เป็นสาเหตุหลักในการปลดปล่อยก๊าซ CO_2

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการผลิตปลา ทั้บทีมจากกิจกรรมฟาร์มเลี้ยง ณ อำเภอเสนา จังหวัด พระนครศรีอยุธยา เป็นอีกหนึ่งกิจกรรมที่ก่อให้เกิดปัญหา สภาวะโลกร้อนได้ ซึ่งมีปัจจัยสำคัญด้านความต้องการใช้ พลังงาน โดยเฉพาะพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่ง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ในปริมาณ สูงที่สุด สอดคล้องกับผลการศึกษาอื่น ๆ ที่ระบุว่าความ ต้องการใช้พลังงานในภาคการคมนาคมขนส่งเป็นภาคที่ก่อให้เกิด การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด^{9, 16, 20, 21}

แนวทางลดการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 จาก การดำเนิน กิจกรรมฟาร์มเลี้ยงปลาทั้บทีม ณ อำเภอเสนา จังหวัด พระนครศรีอยุธยา ควรเสนอแนะให้เกษตรกรลดความต้องการ ใช้พลังงานหรือปรับเปลี่ยนประเภทของพลังงานที่มีสัดส่วนใน การปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ที่น้อยลง เช่น การลดระยะทางและ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง ลูกพันธุ์ปลาทั้บทีม อาหารปลาและ แก๊ส LPG มายังฟาร์มเลี้ยง ตลอดจนการขนส่งผลผลิตปลา ทั้บทีมจากฟาร์มเลี้ยงไปสู่ตลาด ร้านอาหาร หรือโรงงาน แปรรูปผลิตภัณฑ์ โดยการเลือกซื้ออาหารปลาทั้บทีมแก๊ส LPG และตลาดหรือแหล่งขายผลผลิตปลาทั้บทีมภายในอำเภอ หรือพื้นที่ใกล้เคียงกับฟาร์มเลี้ยง รวมทั้งส่งเสริมให้เกษตรกร มีระบบการจัดทำบัญชีรายการวัตถุดิบตลอดกระบวนการเลี้ยง ปลาทั้บทีม เพื่อให้เกษตรกรสามารถประเมินปริมาณวัตถุดิบ ที่ต้องการใช้ในแต่รอบของการเลี้ยงและนำมาใช้ในการ บริหารจัดการเกี่ยวกับการจัดเตรียมและการขนส่งวัตถุดิบ ภายในฟาร์มเลี้ยงได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะช่วยลดจำนวนเที่ยว ในการขนส่งวัตถุดิบต่าง ๆ และช่วยลดปริมาณก๊าซ CO_2 ที่ถูก ปลดปล่อยผ่านการดำเนินกิจกรรมภายในฟาร์มเลี้ยงปลา ทั้บทีมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาในแง่ของการใช้พลังงาน น้ำมันเชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล) เป็นแหล่งพลังงานแก่เครื่องปั้มน้ำของเกษตรกร จึงควรเสนอแนะให้เปลี่ยนมาใช้แหล่งกำเนิด พลังงานจากไฟฟ้าหรือการติดตั้งโซลาร์เซลล์ เนื่องจากมีการ

ปลดปล่อยก๊าซ CO_2 จากพลังงานไฟฟ้าเพียง 0.5821 Kg. CO_2 / kWh ซึ่งน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานเชื้อเพลิง (เผาไหม้อยู่กับที่) โดยน้ำมันดีเซลมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ประมาณ 2.7080 kg. CO_2 /L²⁰ ขณะเดียวกันพลังงาน ไฟฟ้ายังมีประสิทธิภาพในกระบวนการเผาไหม้สูงกว่าน้ำมัน ดีเซล ทั้งยังไม่มีเขม่าควันและซ้้เก้จากกระบวนการเผาไหม้ จึงช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 และก่อให้เกิด มลพิษทางอากาศน้อยกว่า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีโดยได้รับความร่วมมือ จากเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาทั้บทีม ณ อำเภอเสนา จังหวัด พระนครศรีอยุธยา และได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ประจำปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

1. สิริทรเทพ เต่าประยูร. สถานภาพการปล่อยก๊าซเรือน กระจกของประเทศไทย แนวโน้มการปล่อยในอนาคต. (2554). ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพ องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1: องค์ความรู้ด้านการลดก๊าซเรือนกระจก. สำนักงาน กองทุนสนับสนุน การวิจัย.
2. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. Thailand's national greenhouse gas inventory. [ออนไลน์]. 2553. [สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2560]; ได้จาก: <http://www.thaiwikidata.org/wiki/index.php>.
3. Pelletier NL, Ayer NW, Tyedmers PH, Kruse SA, Flysjo A, Robillard G, Ziegler F, Scholz AJ and Sonesson U. Impact categories for life cycle assessment research of seafood production systems: Review and prospectus. Int J LCA. 2007; 12: 414-421.
4. Rakocy JE, Masser MP and Losordo TM. Recirculating aquaculture tank production systems aquaponics - integration fish and plant culture. Auburn, USA: SRAC Publication; 2006.
5. Colt J, Summerfelt S, Pfeiffer T, Fivelstad S and Rust M. Energy and resource consumption of land-based Atlantic salmon smolt hatcheries in the Pacific Northwest (USA). Aquaculture. 2008; 280: 94-108.
6. Adams CA, Andrews JE and Jickells T. Nitrous oxide and methane fluxes vs. carbon, nitrogen and phos-

- porous burial in new intertidal and saltmarsh sediments. *Sci. Total Environ.* 2012; 434: 240-251.
7. Krejcie RV and Morgan EW. Determining sample size for research activities. *Educational and psychological measurement*; 1970. P. 607-610.
 8. Yamane T. *Mathematics for economists: An elementary survey*. 2nd Edition. New Delhi: Prentice-Hall; 1973.
 9. Pelletier NL and Tyedmers PH. Life cycle assessment of frozen tilapia filets from Indonesian lake-based and pond-based intensive aquaculture systems. *J. Ind. Ecol.* 2010; 14: 467-481.
 10. Manlay RJ, Ickowicz A, Masse D, Floret C, Richard D and Feller C. Spatial carbon, nitrogen and phosphorus budget in a village in the West African savanna-II, element flows and functioning of a mixed-farming system. *Agricultural Systems*. 2004; 79: 83-107.
 11. APHA, AWWA, WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 18th Edition. Washington. D.C., USA: American Public Health Association; 1992.
 12. Nathawut T, Wut D and Prayong K. Comparison of carbon emitted from ox, buffalo, pig and chicken farms and slaughterhouses in meat production. *Suranaree J. Sci. Technol.* 2009; 16(2): 79-90.
 13. UNECE. *Task Force on Emission Inventories and Projections*. [On-line]. 2004. [Accessed date: October 20, 2016.]. Available: <http://tfeip-secretariat.org/unece.htm>.
 14. นวลมณี พงศ์ธนา. ปัจจัยการเพาะเลี้ยงปลาชนิดและปลาชนิดแดงให้ประสบผลสำเร็จ. *สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง*; 2553. 47 หน้า
 15. วัชรภรณ์ ดันติพนาทิพย์, สุวิทย์ จิตรภักดี, ประยงค์ กীরติอุไร และ ณัฐวุฒิ ธานี. การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานในฟาร์ม กุ้งก้ามกราม โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัย ราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 7; วันที่ 7 – 8 กรกฎาคม 2559.
 16. ณัฐวุฒิ ธานี. การศึกษาการปลดปล่อยคาร์บอนของการผลิตเนื้อปลากะพงขาวและเนื้อกุ้งขาวจาก การทำฟาร์มประมงโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต: กรณีศึกษาจังหวัดตรัง ประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ; 2558.
 17. Burg van den SWK, Taal C, Boer de IJM, Bakker T and Viets TC. *Environmental performance of wild-caught North Sea whitefish: A comparison with aquaculture and animal husbandry using LCA*. LEI, Den Haag; 2012.
 18. Rasenberg MMM, Poelman M, Smith SR and Hoof van LJW. *GHG emissions in aquatic production systems and marine fisheries*. Netherlands: IMARES Wageningen UR; 2013.
 19. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate change 2001, the scientific basis. The third assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge, U.K.: Press Syndicate of the University of Cambridge; 2001.
 20. Mungkung RT, Haes de HAU and Clift R. Potentials and limitations of life cycle assessment in setting ecolabelling criteria: A case study of Thai shrimp aquaculture product. *Int J LCA*. 2006; 11: 55-59.
 21. Tantipanatip W, Jitpukdee S, Keeratiurai P, Tantikamton K and Thanee N. Carbon massflow from Pacific White Shrimp (*Penaeus vannamei*) production using life cycle assessment in Songkhla Province, Thailand. *Int. j. adv. agric. environ.* 2015; 2(1): 13-17.
 22. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก. ใน: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. โครงการส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร, องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. พิมพ์ครั้งที่ 1. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก; 2557. 49 หน้า.*

การตรวจติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมในช่วงเปิดนมัสการรอยพระพุทธบาท เขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรีประจำปี พ.ศ. 2560

The Investigation of Environmental Quality During the Opening Worship at the Buddha Footprint Area of Khao Khitchakut, Chanthaburi Province in 2017

จักรพันธ์ โพธิพัฒน์¹, หิรัญ หิรัญรัตน์พงศ์¹, ชวัลรัตน์ สมนึก¹

Jakkapan Potipat¹, Hirun Hirunrattanaphong¹, Chawanrat Somnuek¹

Received: 12 November 2018 ; Revised : 7 January 2019 ; Accepted: 5 February 2019

บทคัดย่อ

การตรวจติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมในช่วงเปิดนมัสการรอยพระพุทธบาทเขาคิชฌกูฏจังหวัดจันทบุรี ประจำปี พ.ศ. 2560 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม คุณภาพน้ำและคุณภาพอาหาร การดำเนินงานวิจัยมีกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย การเก็บข้อมูลนักท่องเที่ยวด้วยแบบสอบถาม การสำรวจปริมาณขยะมูลฝอย การประเมินขีดความสามารถรองรับของห้องน้ำ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำและคุณภาพอาหาร ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2559 ถึง เดือนเมษายน 2560 ผลการศึกษาพบว่า จำนวนนักท่องเที่ยวต่อวันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19,852 คน มีปริมาณขยะมูลฝอยเฉลี่ย 0.6 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ความสามารถในการรองรับของห้องน้ำอยู่ในระดับรุนแรง คุณภาพน้ำมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ยกเว้นค่าบีโอดี การวิเคราะห์คุณภาพอาหารชี้ให้เห็นว่าตัวอย่างอาหารร้อยละ 62.50 พบการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในระดับเกินเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

คำสำคัญ: คุณภาพสิ่งแวดล้อม อนามัยสิ่งแวดล้อม คุณภาพน้ำ คุณภาพอาหาร รอยพระพุทธบาทเขาคิชฌกูฏ

Abstract

This research aimed to investigate the environmental health management, water quality and food quality during the opening worship at the buddha footprint area of Khao Khitchakut, Chanthaburi province in 2017. Our environmental data were collected using a tourism questionnaire, survey of solid waste and an assessment of toilet carrying capacity from October 2016 to April 2017. Water quality and food quality were also analysed. The results showed that the average number of tourists per day was 19,852 persons, the solid waste productivity averaged 0.6 kilogram/person/day and the toilet carrying capacity was revealed to be at severe level. Furthermore, the water quality (except BOD values) was qualified into 3 classes of surface water quality standard. The food quality analysis indicated that 62.5% of food samples were contaminated with coliform bacteria and exceeded at Department of Medical Science guideline levels.

Keywords: Environmental quality, Environmental health, Water quality, Food quality, Buddha Footprint of Khao Khitchakut

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี 22000

¹ Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi 22000, Thailand

* Corresponding author; Dr.Jakkapan Potipat Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi 22000, Thailand Email: bomb1112@yahoo.com

บทนำ

รอยพระพุทธรูปเขาชีชฌกฏเป็น ปุชณียสถานที่มีความสำคัญแห่งหนึ่งของจังหวัดจันทบุรี อยู่ในพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติเขาชีชฌกฏซึ่งเป็นอุทยานแห่งชาติลำดับที่ 14 ของประเทศ ประเพณีนมัสการรอยพระพุทธรูปบาท เป็นประเพณีที่สืบทอดมาอย่างยาวนาน เนื่องจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของโครงสร้างหินที่มีเชื่อมโยงกับตำนานและ ความศรัทธาทางพุทธศาสนา ในอดีตมีการกำหนดช่วงเวลาการนมัสการรอยพระพุทธรูปบาท ไร่ประมาณ 15 วันของทุกปี ต่อมาภายหลังจากที่มีจำนวนของผู้ที่เลื่อมใสศรัทธาเป็นจำนวนมากจึงได้มีการขยายระยะเวลาช่วงนมัสการรอยพระพุทธรูปบาท ให้นานขึ้นเป็น 60 วัน¹ ทั้งนี้ยังคงมีการรักษาและยึดถือประเพณีดั้งเดิมด้วยการกำหนดให้เดือนกุมภาพันธ์ (เดือน 3 ของประเทศไทย) เป็นช่วงเริ่มต้นของเทศกาลนมัสการรอยพระพุทธรูปบาทซึ่งมีการทำพิธีเปิด พระบาท หรือที่เรียกว่า “ปิดป่า” จากนั้นจึงเริ่มเปิดให้ผู้เลื่อมใสศรัทธาได้ขึ้นนมัสการรอยพระพุทธรูปบาท จนครบ 60 วัน แล้วจะทำพิธีปิดพระบาทหรือที่เรียกว่า “เปิดป่า” ในปีนั้น ๆ

ปัจจุบันมีจำนวนผู้แสวงบุญ ผู้มีจิตศรัทธาและนักท่องเที่ยวที่มานมัสการรอยพระพุทธรูปบาท เป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาโดยเฉพาะในปี 2558 มีจำนวนนักท่องเที่ยว ที่เข้าร่วมประเพณีนมัสการพระพุทธรูปบาทเขาชีชฌกฏประมาณ 1,180,090 คน² ปัญหาและผลกระทบจากประชาชนจำนวนมากที่เข้ามาในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรูปบาท คือ ปัญหาขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้นและ การขาดระบบบริหารจัดการ การรบกวนสมดุลของระบบนิเวศ ความแออัดของประชาชนและสิ่งอำนวยความสะดวกไม่เพียงพอต่อจำนวนประชาชน³ ถ้าหากทิศทางการเข้าร่วมประเพณีมีลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลให้จำนวนนักท่องเที่ยวเกินขีดความสามารถในการรองรับได้ของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศของเขาคิชฌกฏในระยะยาวได้ ดังนั้น การศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมในช่วงเปิดนมัสการรอยพระพุทธรูปบาทเขาชีชฌกฏจึงมีความสำคัญเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนและกำหนดแนวทางการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ การจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวก การป้องกันและควบคุมปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดการใช้ประโยชน์ที่ดินกับทั้งสามารถสร้างความตระหนักให้กับประชาชนนักท่องเที่ยวและกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้เกิดผลดีต่อเศรษฐกิจและสังคมอย่างต่อเนื่องยั่งยืนสืบไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการจัดการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรูปบาท เขาชีชฌกฏ
2. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำและคุณภาพอาหารในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรูปบาทเขาชีชฌกฏ

วิธีการดำเนินงานวิจัย

พื้นที่เก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อม

เก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรูปบาทเขาชีชฌกฏ อย่างเก็บน้ำพลวง ร้านจำหน่ายอาหารและสถานที่ตั้งสิ่งอำนวยความสะดวกที่ให้บริการแก่ประชาชนครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 7.5 ตารางกิโลเมตร โดยขอบเขตพื้นที่เก็บข้อมูลทั้งหมดอยู่ในบริเวณอุทยานแห่งชาติ เขาชีชฌกฏ อำเภอเขาชีชฌกฏ จังหวัดจันทบุรี (Figure 1)

การเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อม

1. การเก็บข้อมูลทางด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและสิ่งอำนวยความสะดวกด้วยการรวบรวมข้อมูลเชิงประชากรจากกลุ่มนักท่องเที่ยวบริเวณ รอยพระพุทธรูปบาทเขาชีชฌกฏ ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2560 ถึงวันที่ 28 มีนาคม 2560 เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามแบบปลายปิดที่ให้ความสำคัญกับปัญหาขยะมูลฝอยและสิ่งอำนวยความสะดวก กำหนดกลุ่มตัวอย่างตามวิธีการของ Yamane⁴ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 399 ตัวอย่าง เลือกสุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยวแบบสะดวกจำนวน 500 คน มีแบบสอบถามที่ส่งกลับคืนและมีข้อมูลครบถ้วนจำนวน 421 ตัวอย่าง นอกจากนี้มีการใช้กล้องถ่ายภาพเพื่อบันทึกภาพระหว่างการลงสำรวจข้อมูลในพื้นที่จริง

2. การสำรวจปริมาณขยะมูลฝอย กลิ่นรบกวน และปริมาณมูลฝอยตกค้าง ทำการเก็บข้อมูลจากถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร ที่ถูกใช้เป็นภาชนะสำหรับเก็บรวบรวมมูลฝอยบริเวณจุดเริ่มต้นเส้นทางเดินเท้าจนถึงรอยพระพุทธรูปบาทจำนวน 61 ถังทำการจำแนกองค์ประกอบของขยะมูลฝอยตามลักษณะทางกายภาพทุกวันเป็นระยะเวลา 1 เดือน

3. การเก็บตัวอย่างน้ำในอ่างเก็บน้ำพลวงทำการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงหรือแบบแยก (Grab sampling) โดยใช้ขวดปากกว้างขนาด 250 มิลลิลิตรและขวดบีโอดี กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างจำนวน 6 จุด บริเวณโดยรอบอ่างเก็บน้ำพลวง กำหนดการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 3 ครั้งซึ่งแต่ละ

ครั้งเป็นตัวแทนคุณภาพน้ำช่วงก่อนเทศกาลนมัสการ
รอยพระพุทธรบาท, ช่วงที่มีประชาชนเข้ามานมัสการรอย
พระพุทธรบาทและช่วงหลังจากปิดเทศกาลนมัสการรอย
พระพุทธรบาทแต่ละครั้งของ การเก็บตัวอย่างน้ำมีจำนวน 3 ซ้ำ
การเก็บตัวอย่างอาหารดำเนินการด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย
(Simple random sampling) จากจำนวนร้านค้าที่จำหน่าย
อาหารทั้งหมดที่ตั้งอยู่ในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรบาทเขา
ศิขณภูฏ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 2 ครั้ง แต่ละครั้งมีระยะ
เวลาห่างกัน 2 สัปดาห์

การวิเคราะห์ตัวอย่างสิ่งแวดล้อม

นำตัวอย่างน้ำที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่
อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณ
ของแข็งที่ละลายน้ำ (Total Dissolved Solid: TDS) โดยใช้
เครื่องวิเคราะห์คุณภาพน้ำแบบภาคสนาม รุ่น Waterproof
Tester Model: 7200 การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลาย
น้ำใช้เทคนิค Azide modification ของกรมประมง⁵ การวิเคราะห์
บีโอดีใช้การวิเคราะห์หาค่าบีโอดีโดยตรง⁶ ในขณะที่ตัวอย่าง
อาหารถูกตรวจสอบการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียตาม
ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ของชุดทดสอบน้ำยาตรวจเชื้อ
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย^{7,8}

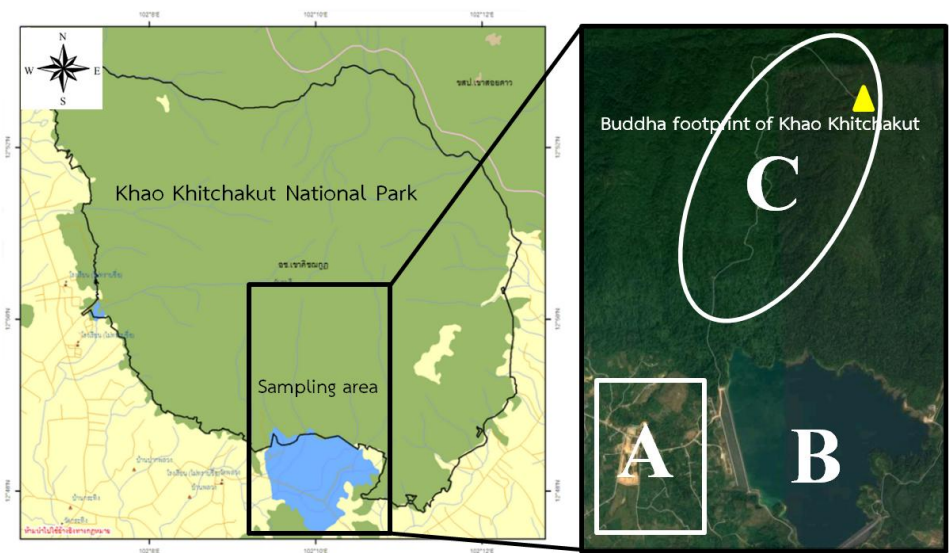


Figure 1 The map of sampling area in Buddha footprint of Khao Khitchakut (A: Food sampling area, B: Water sampling area and C: Environmental health sampling area)

การวิเคราะห์ข้อมูลการรองรับนักท่องเที่ยวในพื้นที่
ทำการประเมินขีดความสามารถในการรองรับของ
นักท่องเที่ยวในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรบาทเขาศิขณภูฏด้วยการ
ดัดแปลงสมการ Physical Carrying Capacity (PCC)⁹ ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$PCC \text{ ห้องสุขา (คน/วัน)} = \text{จำนวนรอบการใช้ประโยชน์ (รอบ/วัน)} \times \text{จำนวนห้องน้ำ}$$

ผลการวิจัย

การจัดการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม

การเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยวที่เข้ามา
ในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรบาทเขาศิขณภูฏในรอบ 10 ปีที่
ผ่านมา ตั้งแต่ พ.ศ. 2550-2559 พบว่าจำนวนนักท่องเที่ยว
ต่อวันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16,402 คน ปี 2550 มีจำนวนนักท่องเที่ยว

เที่ยวต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยวันละ 9,440 คน ปี 2559 มีจำนวนนัก
ท่องเที่ยวสูงสุดมีค่าเฉลี่ยวันละ 23,786 คน ในขณะที่จำนวน
นักท่องเที่ยวต่อวันของปี 2560 มีค่าเฉลี่ยวันเท่ากับ 19,852
คน (Table 1) เมื่อนำข้อมูลเชิงพื้นที่ตรงจุดนมัสการรอย
พระพุทธรบาทเขาศิขณภูฏจำนวน 320,000 ตารางเมตรเปรียบ
เทียบกับเกณฑ์อ้างอิงการใช้พื้นที่สาธารณะที่ 15 ตารางเมตร
ต่อคน¹⁰ พบว่าขีดความสามารถในการรองรับได้ด้านกายภาพ
ต่อคนต่อช่วงเวลาเดียวกัน (PAOT: People-At-One-Time)
ของอุทยานแห่งชาติเขาศิขณภูฏมีค่าเท่ากับ 21,334 คนพื้นที่/
หนึ่งช่วงเวลา

ผลการสำรวจขยะมูลฝอยทางด้านภูมิทัศน์บริเวณ
รอยพระพุทธรบาทเขาศิขณภูฏและพื้นที่ใกล้เคียงไม่พบขยะ
มูลฝอยอยู่นอกภาชนะรวบรวมหรือเทกองอยู่บนพื้น ไม่พบ
กลิ่นมูลฝอยในระยะ 10 เมตร ในขณะที่ผลการสำรวจปริมาณ

ขยะมูลฝอยด้วยการเก็บข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน พบว่าปริมาณขยะมูลฝอยในพื้นที่เก็บข้อมูลในช่วงวันจันทร์-วันพฤหัสบดีมีจำนวนนักท่องเที่ยว 61,132 คนต่อวัน พบปริมาณขยะมูลฝอย 32,990 กิโลกรัมต่อวัน ปริมาณ

การเกิดขยะมูลฝอย 0.5 กิโลกรัมต่อคน ในขณะที่ช่วงวันศุกร์-อาทิตย์ มีจำนวนนักท่องเที่ยว 77,829 คนต่อวัน พบปริมาณขยะมูลฝอย 57,713 กิโลกรัมต่อวัน ปริมาณการเกิดขยะมูลฝอย 0.7 กิโลกรัมต่อคน (Table 2)

Table 1 The statistics of tourists per day during the opening worship Buddha footprint of Khao Khitchakut since B.E. 2550 to B.E. 2560

Year	Average of tourists per day	References
2550	9,440	
2551	9,697	
2552	13,598	
2553	13,110	
2554	15,654	
2555	17,392	1,2
2556	19,591	
2557	22,082	
2558	19,669	
2559	23,786	
2560	19,852	This study

Table 2 Solid waste quantity and productivity ratio in Buddha footprint of Khao Khitchakut

Lists	Solid waste quantity and productivity ratio	
	Monday–Thursday	Friday–Sunday
Solid waste quantity (Kilogram/Day)	32,990	57,713
Travelers (Person/Day)	61,132	77,829
Productivity ratio of solid waste (Kilogram/Person)	0.5	0.7
Mean of productivity ratio (Kilogram/Person/Day)	0.6	

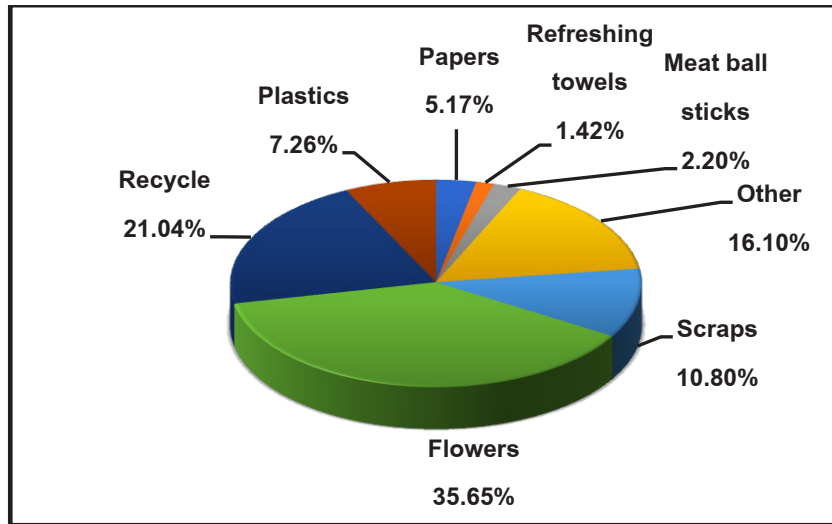


Figure 2 Percent of physical solid waste characteristics in Buddha footprint of Khao Khitchakut

เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอยในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรบาทเขาศิขณภูฏพบ ว่าขยะมูลฝอยส่วนใหญ่เป็นดอกไม้ คิดเป็นร้อยละ 35.65 รองลงมาได้แก่ ขยะรีไซเคิล ขยะมูลฝอยอื่น ๆ เศษอาหาร ถู พลาสติก กระดาษ ไม่เสียบลูกชิ้น และผ้าเย้น คิดเป็นร้อยละ 21.40, 16.10, 10.80, 7.26, 5.17, 2.20 และ 1.42 ตามลำดับ (Figure 2)

ผลการศึกษาศักยภาพในการรองรับของห้องน้ำในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรบาท เขาศิขณภูฏด้วยสมการ Physical Carrying Capacity (PCC) พบว่า มีห้องน้ำที่ให้บริการจำนวน 7 จุด และมีจำนวนห้องน้ำทั้งหมด 107 ห้อง โดยกำหนดระยะเวลาการใช้ประโยชน์จากห้องน้ำเท่ากับ 10 นาที/รอบ² เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับช่วงเวลาการเปิดมัสการรอยพระพุทธรบาท คือ 24 ชั่วโมง ดังนั้น การใช้ประโยชน์ห้องน้ำของนักท่องเที่ยว เท่ากับ 144 รอบ/วัน และมีขีดความสามารถในการรองรับนักท่องเที่ยวด้านสิ่งแวดล้อมความสะดวกกรณีของห้องน้ำเท่ากับ

$$\begin{aligned}
 & \text{PCC ห้องสุขา (คน/วัน)} \\
 & = \text{จำนวนรอบการใช้ประโยชน์ (รอบ/วัน)} \times \text{จำนวนห้องน้ำ} \\
 & = 144 \text{ รอบ/วัน} \times 107 \text{ ห้อง} \\
 & = 15,408 \text{ คน/วัน}
 \end{aligned}$$

ผลการศึกษาคูณภาพน้ำและคุณภาพอาหารในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรบาทเขาศิขณภูฏ

ผลการศึกษาคูณภาพน้ำในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรบาทเขาศิขณภูฏด้วยการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำในอ่างเก็บน้ำพลวง

ในช่วงก่อนเทศกาลนมัสการ รอยพระพุทธรบาทพบว่า อุณหภูมิ ค่าความเป็น กรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและค่าบีโอดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29 องศาเซลเซียส, 7.29, 38.7 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร, 36.3 มิลลิกรัมต่อลิตร, 8.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 4.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนผลการศึกษาคูณภาพน้ำในช่วงที่มีประชาชนเข้ามานมัสการรอยพระพุทธรบาทพบว่า อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและค่าบีโอดี มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 28.5 องศาเซลเซียส, 6.98, 44.5 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร, 41.8 มิลลิกรัมต่อลิตร, 7.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 3.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และคุณภาพน้ำช่วงหลังจากปิดเทศกาลนมัสการ รอยพระพุทธรบาทพบว่า อุณหภูมิ ค่าความเป็น กรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและค่าบีโอดี มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 29.0 องศาเซลเซียส, 7.11, 46.3 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร, 39.8 มิลลิกรัมต่อลิตร, 6.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 4.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (Table 3; Figure 3)

การประเมินคุณภาพน้ำบริเวณอุทยานแห่งชาติเขาศิขณภูฏในการศึกษาคั้งนี้ใช้การเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน โดยกลุ่มผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำกับมาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งเป็นแหล่งที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยตรงผ่านการฆ่าเชื้อ

โรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อนและเป็นประโยชน์เพื่อการเกษตร มาตรฐานดังกล่าวกำหนดค่า พีเอช, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และบีโอดีเท่ากับ 5-9, 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ส่วนค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งที่ละลาย

น้ำมีการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของน้ำในทะเลสาบจาก South Dakota water quality standard ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 4,000 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และ 2,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ¹¹

Table 3 The result of water quality analysis in Phluang reservoir

Water quality	Parameters					
	Temperature (°C)	pH	Conductivity (us/cm)	Dissolved solid (mg/L)	Dissolved oxygen (mg/L)	BOD (mg/L)
Pre-opening worship	29.0	7.29	38.7	36.3	8.0	4.9
During opening worship	28.5	6.98	44.5	41.8	7.3	3.7
Post-opening worship	29.0	7.11	46.3	39.8	6.7	4.4
Standard*	–	5-9	4,000 ¹¹	2,500 ¹¹	4.0	2.0

*The announcement of the National Environment Board No.8 (B.E. 2537) regarding the specification of the class 3 surface water quality standard

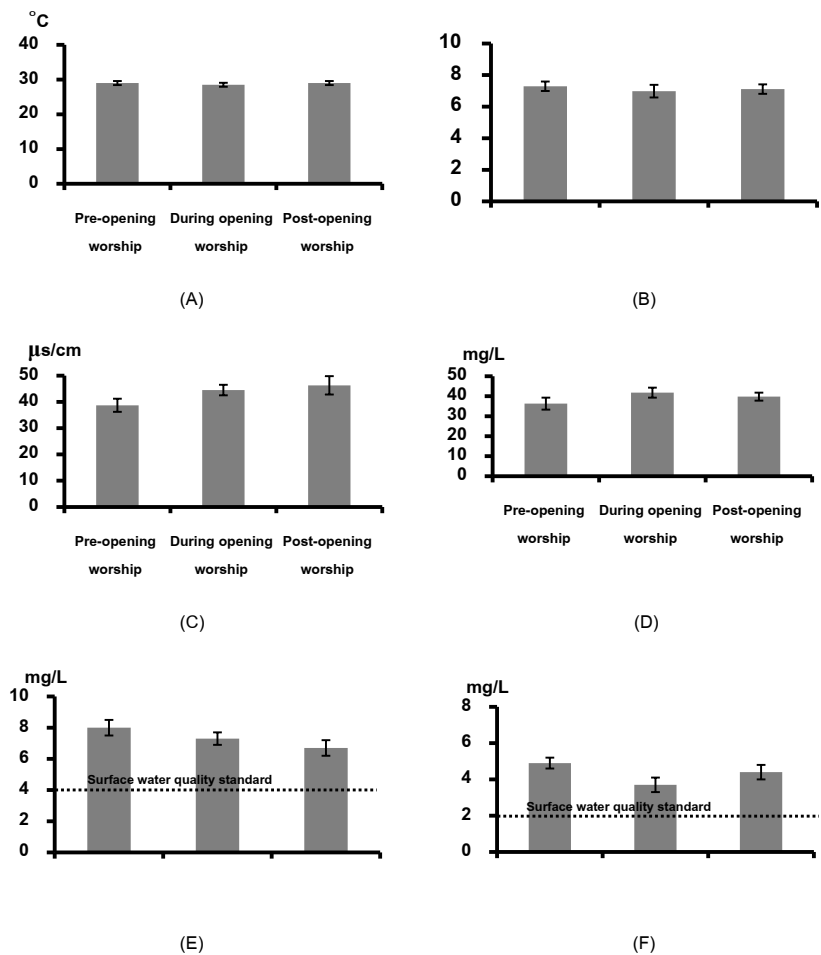


Figure 3 The water quality change in Phluang reservoir (A: Temperature, B: pH, C: Conductivity, D: Dissolved solid, E: Dissolved oxygen and F: BOD)

Table 4 Coliform bacteria contamination of food samples during the opening worship Buddha footprint of Khao Khitchakut in 2017

No.	Food samples	Raw materials for testing	Results	
			First time	Second time
1	Stewed pork leg on rice	Pork	++	
2	Steamed chicken with rice	Chicken meat	++	
3	Rice noodles in fish curry sauce mixed coconut milk	Rice noodles	++	
4	Rice noodles in fish curry sauce	Rice noodles	++	+
5	Clear soup with congealed pork blood	Congeaed pork blood	-	
6	Pickled fish	Fish meat	+	
7	Fried kale with crispy pork	Crispy pork	+	
8	Fried rice with assorted	Rice	-	
9	Fried pork balls	Pork ball	-	++
10	Spicy vegetable and prawn soup	Prawn meat	++	
11	Grilled pork	Pork	++	
12	Papaya salad with salted crab and pickled fish	Chopped papaya	++	
13	Spicy minced pork	Minced pork	++	
14	Stir-fried pork and bamboo shoot	Pork	++	
15	Grilled chicken	Chicken without skin	++	
16	Noodle soup with minced pork	Minced pork	++	
17	Pork liver spicy salad	Pork liver		+
18	Papaya salad without crab	Chopped papaya		++
19	Rice noodles in green curry chicken	Rice noodles		++
20	Red curry with pineapple and mussels	Mussel meat		+
21	Rice topped with stir-fried pork and basil	Minced pork		+
22	Vegetable and pork balls soup	Pork balls		-
23	Charcoal-boiled pork neck	Pork		++
24	Fried chicken	Chicken without skin		++
25	Sukiyaki without broth	Vermicelli		+
26	Stir-fried mixed vegetables	Carrots		++
27	Rice crispy pork	Crispy pork		++
28	Vietnamese pork sausage	Pork sausage		+
29	Thai spicy noodle	Minced pork		++
30	Barbecued red pork in sauce with rice	Barbecued red pork		++

Remark: (-) not detect, (+) low contamination and (++) high contamination

ผลการศึกษาคูณภาพอาหารในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรูปเขาชีชมภูด้วยการสุ่มตัวอย่างจากร้านค้าที่จำหน่ายอาหารทั้งหมด ครั้งที่ 1 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2560 จำนวน 16 ตัวอย่าง ทำการทดสอบด้วยชุดทดสอบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย SI-2 พบว่า อาหารที่นำมาตรวจสอบจำนวน 16 ตัวอย่าง มีการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในระดับเกินเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (++) ถึง 11 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 68.75 มีการปนเปื้อนในระดับน้อยที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน (+) จำนวน 2 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 12.50 และไม่มีมีการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในอาหาร (-) จำนวน 3 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 18.75 ขณะที่ผลการศึกษาคูณภาพอาหารครั้งที่ 2 ในเดือนมีนาคม 2560 จำนวน 16 ตัวอย่างด้วยชุดทดสอบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย SI-2 พบว่ามีการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในระดับเกินเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (++) ถึง 9 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 56.25 มีการปนเปื้อนในระดับน้อยที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน (+) จำนวน 6 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 37.50 และไม่มีมีการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในอาหาร (-) เพียง 1 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 6.25 (Table 4)

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาการจัดการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรูปเขาชีชมภู

ผลการสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรูปเขาชีชมภูชี้ให้เห็นภาพรวมของอัตราการเกิดขยะมูลฝอยเฉลี่ย 0.6 กิโลกรัมต่อคนต่อวันสูงกว่าผลการศึกษาศีดความสามารถในการรองรับขยะมูลฝอยของอุทยานแห่งชาติน้ำตกเจ็ดสาวน้อย จังหวัดสระบุรีที่พบอัตราการเกิดของขยะมูลฝอยเฉลี่ยเท่ากับ 0.2 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่เกินขีดความสามารถในการรองรับได้¹² อย่างไรก็ตามในอดีตที่ผ่านมาปัญหาขยะมูลฝอยในบริเวณรอยพระพุทธรูปเขาชีชมภูและอุทยานแห่งชาติเขาชีชมภูเป็นปัญหาที่สำคัญเนื่องจากขาดการจัดการที่ได้มาตรฐาน กล่าวคือการพบปริมาณขยะตกค้างอยู่บนภูเขาซึ่งเป็นสถานที่ตั้งของรอยพระพุทธรูปเป็นจำนวนมากส่วนใหญ่เป็นขยะที่ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ในขณะที่อุทยานแห่งชาติหลายแห่ง

ในประเทศเนปาลพบขยะอันตรายตกค้างหลายชนิดและมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ หลอดไฟ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ ภาชนะบรรจุน้ำมันและ ขยะติดเชื้อ เป็นต้น¹³ สถานภาพการจัดการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันบริเวณรอยพระพุทธรูปเขาชีชมภูพบว่า หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้แก่ ภาครัฐ ร้านค้าและภาคประชาชนได้เข้ามามีส่วนร่วมและให้ความร่วมมือในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยเพื่อผลประโยชน์ด้านการท่องเที่ยวและอนามัยสิ่งแวดล้อมได้แก่ การกำหนดขอบเขตร้านค้าให้มีการจัดตั้งอยู่ในบริเวณด้านล่างเพื่อความสะดวกต่อการขนถ่ายและการจัดการขยะมูลฝอยและการห้ามนำอาหารขึ้นไปรับประทานบนภูเขา เป็นต้น ด้านการกำจัดขยะ วัดพลวงและเทศบาลตำบลพลวงดำเนินการขุดหลุมฝังกลบแต่เป็นการกำจัดขยะที่ไม่ถูกสุขลักษณะทางอนามัยสิ่งแวดล้อมกล่าวคือไม่มีการรองพื้นกันหลุมด้วยพลาสติกกันซึม High Density Polyethylene (HDPE)³

ผลการศึกษาศีดความสามารถในการรองรับของห้องน้ำในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรูปเขาชีชมภูพบว่าสามารถรองรับนักท่องเที่ยวได้ 15,408 คนต่อวัน เกินขีดความสามารถในการรองรับระดับรุนแรง (มากกว่าร้อยละ 100) (Table 5) สอดคล้องกับการศึกษาศีดความสามารถในการรองรับด้านสิ่งแวดล้อมในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาชะเมา-เขาวงมีระดับการใช้ประโยชน์จาก ห้องอาบน้ำที่มีระดับการใช้ประโยชน์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบในระดับมาก (Exceeding CC) และมีแนวโน้มที่จะเกินขีดความสามารถในการรองรับ ในขณะที่ช่วงวันหยุดระดับการใช้ประโยชน์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในระดับรุนแรงเกินขีดความสามารถในการรองรับได้ (Over CC) ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติ เขาชะเมา-เขาวง¹⁴ การจัดการความสามารถในการรองรับของห้องน้ำบริเวณทะเลสาบศักดิ์สิทธิ์ใน รัฐหรยาณา ประเทศอินเดีย ที่มีผู้แสวงบุญมาใช้บริการห้องน้ำเป็นจำนวนมากมีการปรับเปลี่ยนห้องน้ำชายแบบถาวรให้เป็นห้องน้ำหญิงทั้งหมด และดำเนินการก่อสร้างห้องน้ำชายแบบชั่วคราวหรือ ที่ปัสสาวะชายเพิ่มเติมในช่วงเทศกาลแสวงบุญที่มีปริมาณนักท่องเที่ยวเพิ่มสูงขึ้น¹⁵ แนวปฏิบัติดังกล่าวถือเป็นทางเลือกสำหรับแก้ไขปัญหาเบื้องต้นเพื่อเพิ่มศักยภาพการรองรับของห้องน้ำในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรูปเขาชีชมภู

Table 5 Carrying capacity levels of toilet in Buddha footprint of Khao Khitchakut

Facility	CC	Facility Carrying Capacity (FCC)			
		Below CC < 50 %	At & Approaching CC 50 %– 80 %	Exceeding CC 81 % – 100 %	Over CC > 100 %
Toilets	15,408	<7,704	7,704 – 12,327	12,481 – 15,408	>15,408
Highest of tourists	21,334	–	–	–	✓

Remark: ✓ FCC = Over CC

Table 6 The criteria of surface water quality standards for carrying capacity analysis of recreational use values in Buddha footprint of Khao Khitchakut

Impact scales and carrying capacity levels ¹⁶	Surface water quality standards (Class 3)			
	Temperature (°C)	pH	Dissolved oxygen (mg/L)	BOD (mg/L)
Standard values	±3°C	5-9	4.0	2.0
No impact/Low impact (Below carrying capacity)	Normal temp.	5.1-8.9	> 4.0	< 2.0
Medium impact (Closely carrying capacity)	not over ±3°C	5 or 9	4.0	2.0
High impact (Over carrying capacity)	over ±3°C	<5 or >9	< 4.0	> 2.0
Water quality pre–opening worship	29.0	7.29	8.0	4.9
Water quality during opening worship	28.5	6.98	7.3	3.7
Water quality post–opening worship	29.0	7.11	6.7	4.4

การศึกษาคุณภาพน้ำและคุณภาพอาหารในพื้นที่ บริเวณรอยพระพุทธรบาทเขาศิขณภู

คุณภาพน้ำในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรบาทเขา
ศิขณภูทั้งหมด 3 ระยะเวลา คือ ช่วงก่อนเทศกาลนมัสการ
รอยพระพุทธรบาท, ช่วงที่มีประชาชนเข้ามานมัสการรอย
พระพุทธรบาทและช่วงหลังจากปิดเทศกาลนมัสการรอย
พระพุทธรบาทพบว่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำ
ไฟฟ้า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลาย
น้ำและค่าบีโอดี มีค่าเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน
(Table 3) ยกเว้น ค่าบีโอดีที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำใน
แหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 และมีระดับผลกระทบสูง (Table
6) สอดคล้องกับการศึกษาขีดความสามารถในการรองรับการ
ใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการของน้ำตกทั้ง 6 แห่ง ในเขตพื้นที่
อุทยานแห่งชาติภูกระดึงในช่วงที่มีปริมาณนักท่องเที่ยวปกติ
และสูงสุดพบว่าน้ำตกบางแห่งได้รับผลกระทบระดับสูงจากค่า
บีโอดี¹⁶ นอกจากนี้การประเมิน ขีดความสามารถในการรองรับ

ด้านนิเวศ (คุณภาพน้ำผิวดิน) ณ อุทยานแห่งชาติภูกระดึง พบ
ว่าน้ำตกบางแห่งมีค่าบีโอดีเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน
ประเภทที่ 2 โดยเฉพาะน้ำตกวังกวาง ที่มีค่าบีโอดีสูงถึง
39.8 มิลลิกรัมต่อลิตร¹⁷ สารอินทรีย์มีอิทธิพลโดยตรงต่อค่าบี
โอดีและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ แหล่งกำเนิดสาร
อินทรีย์ส่วนใหญ่มาจาก น้ำทิ้งและน้ำชะขยะชุมชนรวมถึงนัก
ท่องเที่ยวที่เข้ามาแสวงบุญและพักผ่อนในบริเวณแหล่งน้ำ
นั้น¹⁸

คุณภาพอาหารในพื้นที่บริเวณรอย พระพุทธรบาทเขา
ศิขณภูที่ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 2 ครั้งจากตัวอย่าง
อาหารทั้งหมด 32 ตัวอย่างพบการปนเปื้อนโคลิฟอร์ม
แบคทีเรียในระดับเกินเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์
การแพทย์ (++) จำนวน 20 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 62.50 มี
การปนเปื้อนในระดับน้อยที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน (+) จำนวน
8 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 25.00 และไม่มีการปนเปื้อนโคลิ
ฟอร์มแบคทีเรียในอาหาร (-) จำนวน 4 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ

ละ 12.50 การตรวจสอบการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในอาหารพบว่า อาหารที่มีโอกาสปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียส่วนใหญ่เป็นอาหารประเภทที่เตรียมไว้ล่วงหน้าก่อนจำหน่าย ในขณะที่อาหารประเภทต้มเลือดหมูที่มีการอุ่นตลอดเวลาหรืออาหารตามสั่งที่มีการปรุงสุกก่อนรับประทานไม่พบการปนเปื้อน โคลิฟอร์มแบคทีเรีย สอดคล้องกับการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ในอาหารพร้อมบริโภคที่พบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในเครื่องต้มร้อยละ 100 รองลงมาคืออาหารผ่านความร้อนน้อย อาหารไม่ผ่านความร้อน และอาหารผ่านความร้อนมาก คิดเป็นร้อยละ 88.2, 65.4 และ 57.4 ตามลำดับ¹⁹ ในขณะที่ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อน เชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียของอาหารถุงชี้ให้เห็นว่าตัวอย่างอาหารแฝงลอย 3 ประเภท คือ ประเภทต้มหรือแกง ประเภทผัด และประเภทลวก จำนวน 119 ตัวอย่าง มีการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียร้อยละ 68.1 โดยพบการปนเปื้อนมากที่สุดในอาหารประเภทลวก รองลงมาเป็นอาหารประเภทผัดและอาหารประเภทแกง ร้อยละ 87.5, 85.4 และ 58.6 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าประเภทอาหารและอุณหภูมิของอาหารมีความสัมพันธ์กับการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยอาหารที่ไม่มีการอุ่นให้ความร้อนมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากที่สุด²⁰ อาหารในพื้นที่อุทยานแห่งชาติของประเทศไทยส่วนใหญ่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียเนื่องจากร้านอาหารส่วนใหญ่มีโครงสร้างเป็นอาคารไม้ หลังคาเป็นสังกะสี วัสดุ/ภาชนะที่ใช้ในการประกอบอาหารจัดวางอย่างไม่เรียบร้อย ไม่มีการแยกเขียงระหว่างเนื้อสัตว์สุก-ดิบ ผัก ผลไม้ ซึ่งเป็นลักษณะทางกายภาพที่ไม่เหมาะสมและเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ร้านอาหารจำนวนมากไม่ผ่านการตรวจประเมินด้านกายภาพและแบคทีเรีย²¹

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมในช่วงเปิดนมัสการรอยพระพุทธรบาทเขาคิชฌกูฏจังหวัดจันทบุรี ประจำปี พ.ศ. 2560 พบว่า จำนวนนักท่องเที่ยวต่อวันมีค่าเฉลี่ยวันเท่ากับ 19,852 คน ในขณะที่จำนวนนักท่องเที่ยวในวันจันทร์-วันพฤหัสบดี และวันศุกร์-วันอาทิตย์เท่ากับ 61,132 และ 77,829 คน ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่านักท่องเที่ยวมีจำนวนเกินขีดความสามารถในการรองรับเมื่อเปรียบเทียบกับขีดความสามารถในการรองรับได้ด้านกายภาพต่อคนต่อช่วงเวลาเดียวกันของอุทยานแห่งชาติเขาคิชฌกูฏที่มีค่าเท่ากับ 21,334 คนพื้นที่/หนึ่งช่วงเวลา การสำรวจขยะมูลฝอยด้าน สภาพภูมิทัศน์ไม่พบขยะมูลฝอยอยู่นอกภาชนะรวบรวมหรือเทกองอยู่

บนพื้น ไม่ได้กลิ่นมูลฝอยในระยะ 10 เมตร การสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยพบว่าในช่วงวันจันทร์-วันพฤหัสบดีพบปริมาณการเกิด ขยะมูลฝอย 0.5 กิโลกรัมต่อคน ในขณะที่ช่วงวันศุกร์-อาทิตย์พบปริมาณการเกิดขยะมูลฝอย 0.7 กิโลกรัมต่อคน การศึกษาขีดความสามารถในการรองรับของห้องน้ำในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรบาทเขาคิชฌกูฏพบว่าสามารถรองรับนักท่องเที่ยวได้ 15,408 คนต่อวัน เกินขีดความสามารถในการรองรับในระดับรุนแรง (มากกว่าร้อยละ 100) สำหรับผลการศึกษา คุณภาพน้ำในพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรบาท เขาคิชฌกูฏพบว่ามีค่าเป็นไปตามมาตรฐาน ยกเว้นค่าบีโอดีที่มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของมลพิษทางน้ำและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเขตอุทยานแห่งชาติของประเทศไทย ผลการศึกษาคุณภาพอาหารด้วยตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียในอาหารด้วยการเก็บตัวอย่างจำนวน 2 ครั้งจากตัวอย่างอาหารทั้งหมด 32 ตัวอย่างพบการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในระดับเกินเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (++) จำนวน 20 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 62.50 พบการปนเปื้อนในระดับน้อยที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน (+) จำนวน 8 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 25.00 และตัวอย่างอาหารจำนวน 4 ตัวอย่าง ไม่พบการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (-) คิดเป็นร้อยละ 12.50

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการวางแผนบริหารจัดการเชิงพื้นที่บริเวณรอยพระพุทธรบาทเขาคิชฌกูฏให้สอดคล้องกับปริมาณนักท่องเที่ยวผู้แสวงบุญและประชาชนจำนวนมากที่จะเข้ามาใช้ประโยชน์ภายในพื้นที่ โดยให้ความสำคัญต่อความเชื่อมโยงกับศักยภาพในการรองรับทั้งในเชิงพื้นที่ โครงสร้างทางนิเวศและสิ่งอำนวยความสะดวก

ควรมีการจัดตั้งเครือข่ายภายในชุมชนท้องถิ่นเพื่อเฝ้าระวังและติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณโดยรอบพื้นที่ของรอยพระพุทธรบาทเขาคิชฌกูฏและบริเวณใกล้เคียงโดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งท่องเที่ยวสำคัญที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงคือ อุทยานแห่งชาติเขาคิชฌกูฏ

ควรมีการรณรงค์ให้ประชาชนเลือกซื้ออาหารจากร้านที่มีการปฏิบัติถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลและควรจัดอบรมให้ความรู้ให้กับผู้ประกอบการร้านค้าที่จำหน่ายอาหารโดยเน้นเรื่อง สุขาภิบาลส่วนบุคคลและแนวปฏิบัติที่ถูกสุขลักษณะ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำ

ปีงบประมาณ 2560 ตลอดจนการสนับสนุนอุปกรณ์และสารเคมีเพื่อการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและคุณภาพอาหาร

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช. อุทยานแห่งชาติเขาคิชฌกูฏ. 2557. สืบค้นจาก: <http://park.dnp.go.th>. เมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2560.
- หิรัญ หิรัญรัตนพงศ์ เอกนรินทร์ ณะกิจไพรินทร์ จิรัชยา ชำนาญไพร ปิยนาด ชุนศรี. การประเมินขีดความสามารถในการรองรับนักท่องเที่ยวของอุทยานแห่งชาติเขาคิชฌกูฏ (ส่วนรอยพระพุทธรูปหลวงพ่อ), วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 2560; 22(3): 557-568.
- หิรัญ หิรัญรัตนพงศ์ สง่า สืบเพ็ง ไพศาล ริมชลา จุฑามาต ภูซงค์. การมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมอุทยานแห่งชาติเขาคิชฌกูฏเพื่อการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์. จันทบุรี: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. 2550.
- Yamane T. Statistics: an introductory analysis. 3rd ed. New York: Harper & Row; 1973.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ จารุวรรณ สมศิริ. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการแพทย์. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ม.ป.ป.
- นิพนธ์ ตั้งคณานุกรักษ์ คณิตา ตั้งคณานุกรักษ์. หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550.
- ศูนย์ห้องปฏิบัติการ กรมอนามัย. คู่มือการใช้อาหารตรวจเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (SI Medium, อ.13) ในการตรวจสอบการปนเปื้อนภาชนะสัมผัสอาหาร มือผู้สัมผัสอาหาร และอาหาร. กรุงเทพมหานคร: กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. ม.ป.ป.
- นงลักษณ์ ไทยประเสริฐ. ชุดทดสอบน้ำยาตรวจเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียชนิด SI-2. ม.ป.ป. สืบค้นจาก: <http://www.sansabaytwelve.com/f024.php>. เมื่อวันที่ 30 กันยายน 2560.
- จตุรงค์ คงแก้ว ภูวดล บุตรรัตน์ นิพนธ์ พงศ์สุวรรณ พงศ์ธีระ บัวเพชร. ขีดความสามารถในการรองรับและมาตรการจัดการการท่องเที่ยวแนวปะการังน้ำตื้นเกาะไข่นอก จังหวัดพังงา, วารสารสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ 2556; 11(1): 70-87.
- Shelby B, Colvin R. Encounter measures in carrying capacity research actual, reported, and diary contacts. Journal of Leisure Research 1982; 14(4): 350-360.
- South Dakota Watershed Protection Program. Total dissolved solids and specific conductance total maximum daily load evaluation of Freeman lake, Jackson country, South Dakota. South Dakota: South Dakota Department of Environment and Natural Resources. 2011.
- จิตตรี มณีไสย. การวิเคราะห์ปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยเพื่อเป็นแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกเจ็ดสาวน้อย จังหวัดสระบุรี. กรุงเทพมหานคร: กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช. 2554.
- Posch E. Solid waste management in Sagarmatha National Park, Nepal. Diploma Thesis Wien University. 2013.
- บันลือศักดิ์ วงษ์ภักดี สมนิมิต พุกงาม นภวรรณ ฐานะกาญจน์ พงษ์เขี้ยว. ขีดความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติเขาชะเมา-เขาวง, วารสารสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ 2552; 7(1): 94-109.
- Jangra R, Kaushik SP. Assessment of physical carrying capacity for managing sustainability at religious tourist destinations. International Journal of Religious Tourism and Pilgrimage 2017; 5(1): 29-38.
- สุนันทา เลาว์ณย์ศิริ. ขีดความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในด้านคุณภาพน้ำตกของอุทยานแห่งชาติภูกระดึง, วารสารวิจัย มสค สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2556; 6(2): 139-151.
- ดรชนันท์ เอมพันธ์ วิจักขณ์ ฉิมโสม สราวุธ สังข์แก้ว ชัชชัย ตันตสิรินทร์ นันทชัย พงศ์พัฒนานุกรักษ์ อารีรัตน์ รักษาศิลป์ สุนันทา เลาว์ณย์ศิริ เฉลิมเกียรติ สุริยะวงศ์ กมลทิพย์ เหล่าอรรค มยุรี นาสา. รายงานฉบับสุดท้าย โครงการศึกษาขีดความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูกระดึง. กรุงเทพมหานคร: คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2555.
- Kangabam RD, Bhoominathan SD, Kanagaraj S, Govindaraju M. Development of a water quality index (WQI) for the Loktak lake in India. Appl Water Sci 2017; 7: 2907-2918.
- ธวัชชัย เนียรวิฑูรย์ วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ ธิรพงษ์ ธิรมนัส พิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์. การตรวจสอบคุณภาพ

ทางจุลินทรีย์ในอาหารพร้อมบริโภคในเขตเทศบาลนคร
ขอนแก่น, วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม
2540; 20(3): 27-36.

20. ดารณี แก้วจุมพล. ปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนเชื้อโคลิ
ฟอร์มแบคทีเรียของอาหารถุงที่จำหน่ายในตลาดประเภทที่
1: กรณีศึกษาพื้นที่จังหวัดหนองคาย. ขอนแก่น: กลุ่มพัฒนา
การส่งเสริมสุขภาพและพัฒนาอนามัยสิ่งแวดล้อม ศูนย์
อนามัยที่ 6 ขอนแก่น, กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
2551.
21. จินต์จุฑา แสงเพชร กาญจนา นาถะพินธุ. การจัดการ
อนามัยสิ่งแวดล้อมของแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดชัยภูมิ,
วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2554; 4(3): 87-96.

การวางแผนงานก่อสร้างที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากร ร่วมกับวิธีการแบ่งส่วน เวลาของกิจกรรม

Construction Planning Optimization under Limited Resources with Critical Part Segment

ธานิน คำทิพย์,^{1*} ชีวินทร์ ลีมีศิริ²

Thanin Kumtip,^{1*} Cheevin Limsiri²

Received: 23 November 2018 ; Revised : 10 January 2019 ; Accepted: 20 February 2019

บทคัดย่อ

วิธีการวางแผนการก่อสร้างที่เหมาะสมนั้นมีหลายวิธี แต่ละวิธีจะมีเป้าหมายในการจัดการกับความต้องการที่แตกต่างกันของนักวางแผน การวางแผนด้านทรัพยากรเฉพาะคู่ใดคู่หนึ่ง เป็นการละเลยถึงผลกระทบต่อทรัพยากรอื่น ๆ ที่ไม่ได้พิจารณาในเวลานั้น แผนจึงไม่สมเหตุผล ผล ต้นทุนในการก่อสร้างประกอบด้วยปัจจัยหลายประการ เช่น ค่าแรงงาน ค่าเช่าเครื่องจักร ดอกเบี้ย เงินกู้ ค่าปรับและค่าเสียโอกาส บทความนี้พัฒนาวิธีการวางแผนที่คำนึงถึงปัจจัยที่จะส่งผลต่อต้นทุนโครงการ โดยใช้วิธีการแบ่งส่วนเวลาของกิจกรรมมาช่วยในการวางแผนกำหนดเวลาการใช้ทรัพยากรโดยรวมของโครงการและเงื่อนไขอื่น ๆ เช่น ข้อจำกัดด้านระยะเวลาของสัญญา จำนวนทรัพยากรที่มีอยู่ การทำงานในเวลาปกติ และการทำงานล่วงเวลา วงเงินเครดิตของบริษัท และข้อจำกัดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมการก่อสร้าง จากนั้นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นได้ถูกนำมาใช้กับโปรแกรมสำนักงานพื้นฐานของ Microsoft Excel ที่สามารถใช้งานได้ง่ายเพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดซึ่งทำได้โดยกระบวนการจำลองด้วยขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ผลการศึกษาครั้งนี้ทำให้ได้แบบจำลองสำหรับการวางแผนโครงการด้านการจัดการทรัพยากรและเงื่อนไขอื่น ๆ อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

คำสำคัญ : การวางแผนงานที่เหมาะสม วิธีการแบ่งส่วนเวลาของกิจกรรม วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

Abstract

Appropriate construction planning methods are available using several methods. Each of these approaches has the goal of addressing the different needs of planners. Planning a master resource at a particular partner neglects the impact on other resources that were not considered at that time; the plan was not reasonable. The overall cost of a construction project consists of several factors; labour cost, rental costs of mechanism, interest on loans, fines and opportunity costs. This article develops a planning approach that takes into account factors that will affect project costs. Using the critical part segment (CPS) helps to plan the scheduling of overall resource utilization of the project and other conditions; such as the contract period, number of available resources, work in normal time and overtime, credit limits and restrictions on the relationship between construction activities. Then the developed model was adopted on a basic office program, Microsoft Excel, which can be used to easily find the best answer which can be achieved using a simulation process with genetic algorithms. The result of this study provides models for most effective project planning of resources management and other conditions.

Keywords : Optimization planning, Critical part segment, Genetic algorithms

¹ นิสิตปริญญาเอก, ² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

¹ Doctoral degree student, ² Assistant professor, Department of Engineering Management, Faculty of Engineering, Vongchavalitkul University, Mueang District, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand.

* Corresponding author; Col.Thanin Kumtip, 202/272, Swine 11, Phoklang, Mueang, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand. E-mail: panu2306@hotmail.com.

บทนำ

วิธีการวางแผนการก่อสร้างที่เหมาะสมนั้นมีหลายวิธี เช่น วิธีสายงานวิกฤต (Critical Path Method: CPM) วิธีการแลกเปลี่ยนค่าต้นทุนกับเวลา (Time Cost Trade-off: TCT) วิธีการปรับระดับสมดุลของทรัพยากร (Resource Leveling: RL) และวิธีการบริหารการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ (Resource Allocation: RA) ซึ่งแต่ละวิธีจะมีเป้าหมายในการจัดการกับความต้องการที่แตกต่างกันของนักวางแผน การวางแผนด้านทรัพยากรเฉพาะคู่ใดคู่หนึ่ง เป็นการละเอียดถึงผลกระทบต่อทรัพยากรอื่น ๆ ที่ไม่ได้พิจารณาในเวลานั้น แผนจึงไม่สมเหตุสมผลขั้นตอนการวางแผนงานในโครงการก่อสร้างนับเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากที่สุด ซึ่งความสำเร็จของการบริหารโครงการอยู่ที่ใช้ทรัพยากรด้านต่าง ๆ ที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด อันจะส่งผลต่อต้นทุนของโครงการ และมีผลกำไรจากการบริหารโครงการ¹ โดยทรัพยากรหลักของโครงการก่อสร้างจะประกอบด้วย เวลา ต้นทุน วัสดุ แรงงาน และเครื่องจักร เป็นต้น ซึ่งทรัพยากรในแต่ละประเภทจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน² เช่นถ้าใช้จำนวนทรัพยากรประเภทแรงงานหรือเครื่องจักรในการดำเนินงานมาก จะส่งผลให้เวลาในการดำเนินงานเร็วขึ้น และมีค่าต้นทุนที่สูงขึ้นตามมา ดังนั้นแนวทางการวางแผนงานที่เหมาะสมคือการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณการใช้ทรัพยากรแต่ละประเภทในแต่ละกิจกรรมให้สอดคล้องกับช่วงเวลาในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างเหมาะสมที่สุด อันจะส่งผลให้ต้นทุนของโครงการต่ำที่สุด โดยในปัจจุบันงานก่อสร้างโดยทั่วไปนิยมใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมาใช้ในการวางแผนงานซึ่งส่วนใหญ่ใช้วิธีการคำนวณแผนงานด้วย CPM ซึ่งมีข้อจำกัดหลายประการ ดังที่มีผู้ศึกษากล่าวไว้ดังนี้ Kim and de la Garza (2003) กล่าวว่า โปรแกรม Primavera P3 และ MS Project การแสดงผลของตารางการจัดการด้านทรัพยากรมีความไม่ถูกต้องเนื่องจากการคิดค่าเวลาเลื่อนของกิจกรรมไม่สอดคล้องกับช่วงเวลาของทรัพยากร³ Herold (2004) กล่าวว่า การคำนวณใน CPM ยกเมื่อความสัมพันธ์ของงานไม่เป็นไปตามลำดับ⁴ Hegazy and Menesi (2008) กล่าวว่า การวิเคราะห์ตารางเวลาไม่ใช่ว่าจะสามารถคำนวณตามกิจกรรมที่ต่อกัน ยังต้องพิจารณาถึงข้อจำกัดทรัพยากรที่มีใช้ร่วมกันด้วย⁵ Kelleher (2004) กล่าวว่า จากผลการสำรวจบริษัทชั้นนำที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างพบว่า การวางแผนด้วยวิธี CPM ยังไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงเป็นเรื่องยากที่จะสามารถวางแผนให้สอดคล้องกับเงื่อนไขที่ต้องการการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในช่วงการปฏิบัติการจริงมีผลต่อแผนงานที่วิเคราะห์ไว้จำเป็นต้องวิเคราะห์ใหม่ไม่สามารถใช้ในการควบคุมแผนงานให้เป็นไปตามแผนงานได้

และบริษัทมีความต้องการวิธีการวางแผนที่ง่ายในการกำหนดหรือเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในระหว่างการทำงานจริง⁶ Sakka and Sayegh (2007) กล่าวว่า CPM ไม่สามารถระบุผลกระทบที่เกิดจากค่าเปลี่ยนแปลงของระยะเวลา และต้นทุนของโครงการ⁷ ดังนั้นการวางแผนงานด้วย CPM จึงยังไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขในการทำงานจริง ดังเช่นกรณีที่เกิดกิจกรรมในแผนงานสามารถชะลองานไว้ก่อนเพื่อระดมทรัพยากรที่มีอยู่ไปดำเนินการ หรือกรณีที่เกิดกิจกรรมหนึ่ง ๆ กำหนดประเภทของทรัพยากรประเภทหนึ่งเป็นหลักในการดำเนินงาน แต่ในห้วงเวลาเดียวกันยังคงมีทรัพยากรอีกประเภทที่ว่างอยู่ และสามารถนำมาพิจารณากำหนดให้ดำเนินงานในกิจกรรมนั้น ๆ ได้ ซึ่งถือว่าการบริหารโครงการนั้นยังไม่มีประสิทธิภาพสูงในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ จากแนวคิดในการวางแผนงานก่อสร้างของผู้วิจัยในอดีตจะมุ่งเน้นไปที่การแลกเปลี่ยนระหว่างต้นทุนกับเวลา การปรับสมดุลการใช้ทรัพยากร ภายใต้สมมติฐานในการกำหนดการใช้ประเภทและจำนวนของทรัพยากรในลักษณะแผนงานปกติ และลักษณะแผนงานที่เร่งรัดในแต่ละกิจกรรมให้สามารถดำเนินการได้เร็วขึ้นด้วยการเพิ่มจำนวนทรัพยากร โดยวิธีที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นการนำวิธีสายงานวิกฤตเป็นต้นแบบในการคำนวณ แต่ด้วยข้อจำกัดในขั้นตอนการคำนวณเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดในแต่ละกิจกรรมทำให้ไม่สามารถพิจารณาการวางแผนการใช้ทรัพยากรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดได้ ดังนั้นบทความนี้มีเป้าหมายที่จะศึกษาวิธีการวางแผนงานที่เหมาะสมด้วยวิธีการแบ่งส่วนเวลาของกิจกรรม (Critical part segment: CPS) และพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแผนงานที่พิจารณาปัจจัยในทุกด้านพร้อมกันได้แก่ ปัจจัยด้านเวลา ต้นทุน และทรัพยากรต่างๆ ของโครงการ เพื่อให้ได้วางแผนที่เหมาะสมที่สุด และทดสอบประเมินผลเปรียบเทียบกับกรณีศึกษาต่างๆ

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการจัดการปัญหาในเรื่องการจัดตารางเวลางานก่อสร้าง (Construction Scheduling Problems) ที่พิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากขึ้นโดยใช้ CPS ในการแก้ปัญหาเรื่องการจัดตารางเวลางาน และใช้วิธีการแก้ปัญหา (Solving Algorithms) เพื่อให้ได้แผนงานก่อสร้างที่มีเหมาะสมโดยมีต้นทุนต่ำที่สุด

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการวางแผนงานก่อสร้างที่สอดคล้องกับการดำเนินงานจริงของบริษัทรับ

แผนงานก่อสร้างขนาดกลาง รวมถึงวิธีการคำนวณในรูปแบบวิธี CPM และวิธี CPS โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 เป็นการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการวางแผนงาน ขั้นตอนที่ 2 เป็นการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาใช้ในการวางแผน และ ขั้นตอนที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับวิธีการเดิมที่ใช้ในการวางแผน

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการวางแผนงาน

โครงการก่อสร้างประกอบไปด้วยงานหลายประเภท และมีเงื่อนไขต่างๆ หลากหลายชนิดเช่นเงื่อนไขเกี่ยวกับระยะเวลาการก่อสร้างตามสัญญา เงื่อนไขด้านทรัพยากร เงื่อนไขด้านความปลอดภัยในการทำงาน กระแสเงินสดหมุนเวียนในโครงการ และเงื่อนไขอื่นๆ ที่อาจมาจากนโยบาย หรือความประสงค์ทางธุรกิจของฝ่ายบริหาร ดังนั้นการดำเนินงานในธุรกิจก่อสร้างจึงจำเป็นต้องวางแผนให้สอดคล้องกับเงื่อนไขหรือปัจจัยที่จะส่งผลต่อการดำเนินงานในด้านต่างๆ ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดดังแสดงใน Figure 1

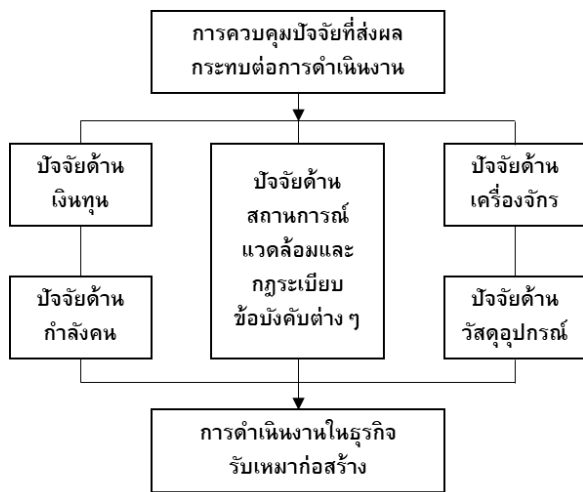


Figure 1 Factors affecting construction business⁸

การวางแผนงานเป็นขั้นตอนที่ต้องทำโดยผู้ที่มีความรู้ในด้านเทคนิคการวางแผน และมีประสบการณ์ในงานนั้นๆ ทั้งนี้แผนงานที่ดีจะต้องมีความถูกต้องในเชิงตรรกะด้านความสัมพันธ์ของงานต่างๆ และสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง โดยการวางแผน (Planning) คือกระบวนการกำหนดวัตถุประสงค์ของการทำงานและแจกแจงรายละเอียดของขั้นตอนงานต่างๆ ที่ต้องทำเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์เหล่านั้นและกำหนดการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ขั้นตอนในการวางแผนงานก่อสร้างด้วยวิธีสายงานวิกฤตมีขั้นตอนประกอบด้วย การกำหนดกิจกรรม (Activity) คือขั้นตอนงานย่อยอันหนึ่งจากเนื้องานทั้งหมดของโครงการ

ก่อสร้างที่จะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จกิจกรรมต้องมีขอบเขตเนื้องานที่ต้องทำแน่นอนชัดเจน และเป็นเอกเทศ คือไม่มีส่วนของกิจกรรมหนึ่งที่ซ้อนทับกับกิจกรรมอื่นๆ การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม หรือการจัดเรียงกิจกรรมต่างๆ เป็นลำดับก่อนหลัง คือการกำหนดให้กิจกรรมหนึ่งนั้นมีความสัมพันธ์ในเชิงเวลากับกิจกรรมอื่นๆ อย่างไร เช่นกิจกรรมก่อสร้างหนึ่งอาจจะไม่สามารถเริ่มดำเนินการได้จนกระทั่งกิจกรรมหนึ่งได้ถูกดำเนินการแล้วเสร็จ (Activity dependency or relationships) โดยที่กิจกรรมที่ติดกันซึ่งต้องเริ่มดำเนินงานก่อนเรียกว่า“Predecessor” และกิจกรรมที่ติดกันซึ่งต้องทำทีหลังเรียกว่า“Successor” การกำหนดระยะเวลาของกิจกรรมคือระยะเวลาที่ต้องใช้เพื่อดำเนินการตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นระยะเวลาของกิจกรรม (Duration) เป็นค่าที่ได้จากการประมาณโดยใช้ความรู้สึก และหรือประสบการณ์ของผู้วางแผน ซึ่งระยะเวลาจะมีความสัมพันธ์กับ“อัตราผลผลิต” (Productivity) และจำนวนทรัพยากรที่ใช้ดำเนินงาน ได้แก่จำนวนแรงงาน และเครื่องจักร เป็นต้น โดยเป็นผลให้ระยะเวลาของกิจกรรมมีผลโดยตรงต่อต้นทุนของกิจกรรมนั้นเช่นกัน เนื่องจากกิจกรรมก่อสร้างเป็นงานที่มีอัตราผลผลิตซึ่งเปรียบได้กับอัตราความเร็วของการทำงานซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามปัจจัยของจำนวนคนงาน

$$Productivity = \frac{Quantity\ of\ work\ output}{Man \cdot hour} \tag{1}$$

$$Duration = \frac{Quantity\ of\ work\ output}{Productivity \times Men} \tag{2}$$

$$Labour\ cost = Duration \times Payrate \tag{3}$$

การคำนวณค่าเวลาของกิจกรรมด้วย “วิธีสายงานวิกฤต” (Critical Path Method: CPM) โดยค่าเวลาของกิจกรรมมีค่าเวลาต่างๆ ประกอบด้วย Earliest Start Time (ES) หมายถึงเวลาเริ่มที่เร็วที่สุดของกิจกรรมนั้น Earliest Finish Time (EF) หมายถึงเวลาเสร็จที่เร็วที่สุดของกิจกรรมนั้น Latest Start Time (LS) หมายถึงเวลาเริ่มที่ช้าที่สุดของกิจกรรมนั้น Latest Finish Time (LF) หมายถึงเวลาเสร็จที่ช้าที่สุดของกิจกรรมนั้น Free Float (FF) หมายถึงช่วงเวลาเลื่อนก่อนที่กิจกรรมนั้นจะทำให้ Successor ล่าช้า และ Total Float (TF) หมายถึงช่วงเวลาลอยตัวรวมของกิจกรรมที่หากกิจกรรมนั้นเริ่มดำเนินการไม่เกินเวลาลอยตัวจะไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาของโครงการ ในสภาพความเป็นจริงปัญหาหลักในการวางแผนงานก่อสร้างของบริษัทขนาดกลางและขนาดเล็ก ที่มีลักษณะเป็นเจ้าของรายเดียว ควบคุมงานเอง มีทีมงานเดียว ต้นทุนและค่าใช้จ่ายจะรวมศูนย์เบ็ดเสร็จ ที่เจ้าของบริษัท หรือมีแรงงานไม่เกิน 200 คน (สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม,2552) จะมีปัญหาเกี่ยวกับจำนวนและประเภทของแรงงานที่มีอยู่ การเพิ่มหรือลดจำนวนแรงงานเพื่อให้การ

ดำเนินงานเป็นไปตามแผนงานเป็นไปอย่างจำกัด ประกอบด้วยแรงงานส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรเมื่อถึงฤดูเก็บเกี่ยวจะขาดแคลนแรงงานเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการวางแผนงานจำเป็นต้องใช้การวางแผนตามห่วงระยะเวลา ด้วยการพิจารณาจำนวนและประเภทแรงงานที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพที่สุดจึงจะ

ส่งผลต่อต้นทุนโครงการที่ต่ำที่สุด ดังนั้นจึงใช้วิธีการเปรียบเทียบอัตราผลผลิตของแรงงานแต่ละประเภทมาใช้ในการวางแผน¹⁰ เพื่อให้เกิดอัตราการใช้งานของแรงงานในแต่ละประเภทที่ยังไม่ได้ใช้งานในช่วงเวลานั้นๆ มาใช้งานแทน ดังแสดงใน Figure 2

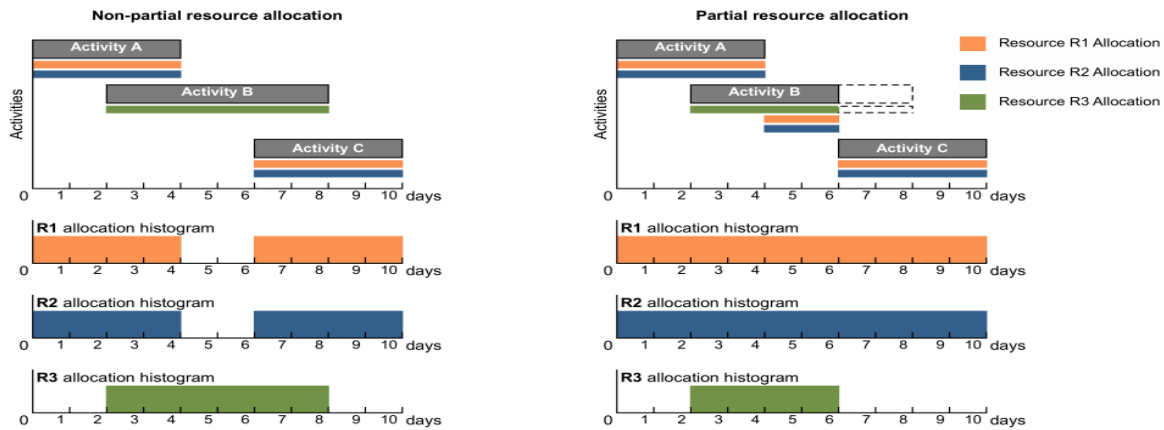


Figure 2 Comparison the use of specific resources and mixed resources

การวัดค่าประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่มีหลายวิธีขึ้นอยู่กับรูปแบบและวิธีการในการคำนวณซึ่งวิธี resource improvement coefficient (RIC)¹¹ เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้สมการในการคิดคำนวณจากการใช้ทรัพยากรในแต่ละวัน

ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียง 1 ตามการคาดหวังในการใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพ ดังแสดงใน Figure 3 ด้วยสมการดังนี้

$$RIC = \frac{n \sum y_i^2}{(\sum y_i)^2} \tag{4}$$

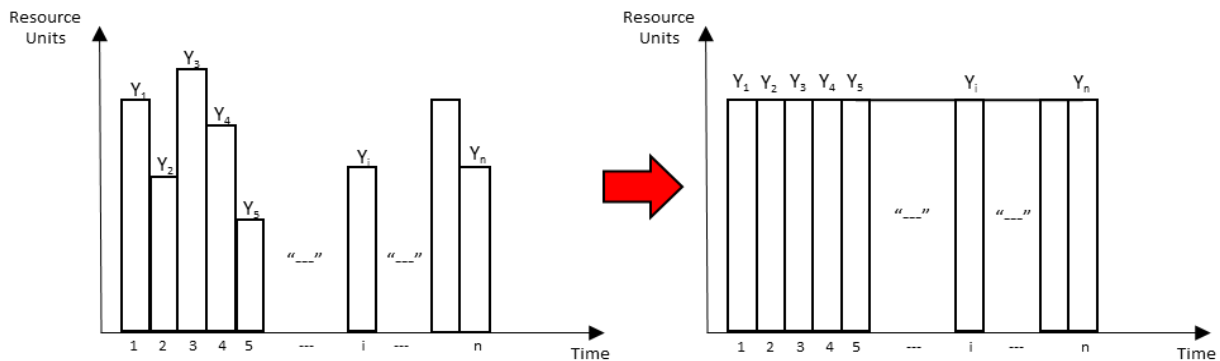


Figure 3 Expectation of efficient use of resources

การวางแผนวิธีการแบ่งส่วนเวลาของกิจกรรม (Critical part segment: CPS) เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาในการวางแผนให้มีความใกล้เคียงกับสภาพการดำเนินงานจริง¹² ในกรณีที่มีข้อจำกัดด้านปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้าง เช่น ในกรณีที่มีการแย่งชิงทรัพยากรที่ต้องใช้ในกิจกรรมในช่วงเวลาเดียวกันซึ่งผลรวมในเวลานั้นทำให้เกิดความต้องการทรัพยากรจากที่เตรียมไว้จึงจำเป็นต้องทำการเลื่อนกิจกรรมย่อยหนึ่งออกไปก่อน (แบ่งกิจกรรม) เพื่อรอทรัพยากรในการดำเนินงานต่อไปตามข้อจำกัดของทรัพยากร

ในช่วงเวลานั้นเป็นต้น รวมทั้งช่วยในการกำหนดกิจกรรมย่อยที่อยู่ในสายงานวิกฤตจากกรณีความสัมพันธ์ในการเริ่มงานไม่ได้เป็นไปในรูปแบบ Finish to Start(FS) เช่น การแก้ปัญหาความสับสนในการคำนวณระยะเวลาโครงการ และการกำหนดกิจกรรมที่วิกฤต เช่นงานโครงการหนึ่งมีแผนงานติดตั้งระบบไฟฟ้าในพื้นที่เดียวกันกับการติดตั้งเครื่องจักรโดยมีเงื่อนไขในการกำหนดลำดับงานคือ จะดำเนินการติดตั้งระบบไฟฟ้าได้ก็ต่อเมื่อได้ดำเนินการติดตั้งเครื่องจักรไปแล้ว 5 วัน กำหนดเป็นลักษณะความสัมพันธ์ Start to Start (SS(5)) ซึ่งความสัมพันธ์

ลักษณะนี้ วิธี CPM ไม่สามารถคำนวณระยะเวลาลอยตัวของกิจกรรมได้เนื่องจากหากพิจารณาในสายทางวิกฤตจะไม่สามารถกำหนดกิจกรรมวิกฤตได้ เนื่องจากกิจกรรมวิกฤตที่ได้นั้นไม่ได้มีระยะเวลาสิ้นสุดที่วิกฤต เป็นต้น

ซึ่งการวางแผนวิธี CPM และโปรแกรมคำนวณที่มีอยู่ไม่สามารถแสดงกิจกรรมย่อยที่เป็นกิจกรรมวิกฤตได้ โดยที่วิธี CPM จะเป็นเพียงการกำหนดกิจกรรมเป็น 2 กิจกรรมย่อยคือการติดตั้งเครื่องจักร และกิจกรรมติดตั้งระบบไฟฟ้า โดยกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ SS

วิธี CPS สามารถวางแผนงานโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะความสัมพันธ์ซับซ้อนกว่าปกติที่เคยใช้ในการวางแผนวิธี CPM โดยในขั้นตอนการคำนวณเวลาในโครงการจะกำหนดให้กิจกรรมที่แสดงบน Bar chart ในบางกิจกรรมสามารถแบ่งกิจกรรมได้ ซึ่งเป็นข้อจำกัดประการหนึ่งในการกำหนดระยะเวลาการเลื่อนกิจกรรมในระยะเวลาลอยตัวของกิจกรรมที่มีของวิธี CPM แต่ในการแบ่งกิจกรรมย่อยในการดำเนินการจะยังคงอัตราผลิตภาพในการทำงานคงอัตราเดิม โดยลักษณะความสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อนนอกจากลักษณะ Finish to Start (FS) เช่น ลักษณะ Start to Start (SS), Finish to Finish (FF) และ Start to Finish (SF) แต่ในการคำนวณจะดำเนินการเปลี่ยนลักษณะความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่นให้เป็นลักษณะ FS ซึ่งจะทำให้ไม่ต้องคำนึงถึงค่า Lead และ Lag ดังแสดงใน Figure 4 โดยความแตกต่างในการคำนวณของวิธี CPS มีลักษณะวันต่อวัน หรือห้วงเวลาต่อห้วงเวลา แตกต่างจากวิธี CPM ที่พิจารณากิจกรรมต่อกิจกรรม

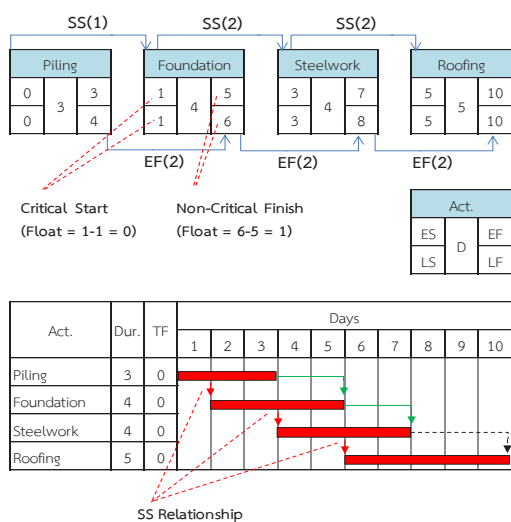


Figure 4 An example of plan that show confusion in type of relationship

วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมส์ (Genetic Algorithms: GA)

เป็นกระบวนการค้นหาคำตอบ (Search Algorithms) ที่เลียนแบบหลักการธรรมชาติ โดยการจำลองแบบวิธีการทำงานของวิวัฒนาการทางธรรมชาติ แล้วนำมาปรับประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาต่างๆ เพื่อใช้หาคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงที่สุดกับปัญหา^{13,14,15} ถูกพัฒนาขึ้นโดย Holland ในปี 1973 โดยใช้หลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ดีจากบรรพบุรุษไปสู่ลูกหลานเป็นแนวทางการหาคำตอบ และใช้การอ้างอิงข้อมูลของประชากรในรุ่นก่อนหน้าสำหรับการสร้างจุดค้นหา (Search Point) ภายใต้ขอบเขตที่เป็นไปได้ของคำตอบ ผวนกับฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) หรือฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) เป็นตัวกำหนดลักษณะคำตอบของปัญหา เจเนติกอัลกอริทึมส์ จะใช้โครโมโซม (Chromosome) ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่ต้องการแก้ และจะมีกระบวนการพัฒนาลักษณะคำตอบของปัญหาให้ดีขึ้นตามขั้นตอนตามหลักการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต ผู้ที่มีความเหมาะสมกว่าจะดำรงชีวิตอยู่ต่อไป และสามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ดีส่งต่อไปยังลูกหลานได้ การพัฒนาลักษณะของประชากรให้ดีขึ้นจะต้องผ่านกระบวนการทางธรรมชาติหลายกระบวนการเช่น การคัดเลือกโครโมโซมที่มีความเหมาะสมเพื่อนำมาใช้ขยายพันธุ์ (Reproduction) การแลกเปลี่ยนลักษณะทางพันธุกรรมที่ดีระหว่างโครโมโซม (Crossover) และการผ่าเหล่า (Mutation) เป็นต้น กระบวนการต่างๆ เหล่านี้จะทำให้ได้ลักษณะของโครโมโซมที่มีความแตกต่างกันไปตามลักษณะของยีนส์ (Genes) ที่อยู่ภายในโครโมโซม ในขณะเดียวกันโครโมโซมแต่ละตัวซึ่งมีค่าความเหมาะสมที่ต่างกันจะถูกนำมาเปรียบเทียบเพื่อกำหนดว่าโครโมโซมใดควรจะยังคงอยู่เพื่อใช้ในการขยายพันธุ์ในประชากรรุ่นถัดไป และโครโมโซมใดควรจะตัดออก ดังนั้นโครโมโซมที่มีลักษณะด้อยย่อมมีแนวโน้มที่จะสูญพันธุ์ไปในที่สุด ในขณะที่โครโมโซมที่ดีมีแนวโน้มที่จะขยายพันธุ์ต่อไปตามรุ่นประชากร (Generation) ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการพัฒนาทิศทางในการค้นหาคำตอบของกระบวนการซึ่งการใช้โครโมโซมจำนวนหลายตัวในการหาคำตอบพร้อมๆ กันในแต่ละรุ่นประชากรเป็นผลทำให้เจเนติกอัลกอริทึมส์มีความสามารถในการหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ส่วนประกอบหลักแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) และฟังก์ชันข้อจำกัด (Constraint functions) โดยมีรายละเอียด

ของส่วนประกอบหลักของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นดังนี้
ตัวแปรตัดสินใจ กำหนดให้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มเวลา
 การเริ่มของกิจกรรมย่อย (Activity segment's start time) และ
 กลุ่มการเลือกส่วนผสมของทรัพยากรดำเนินงาน (Work
 resource combination) กลุ่มเวลาเริ่มของกิจกรรมย่อยจะเป็น
 ค่าคำตอบที่ใช้กำหนดเวลาของแผนงานมีค่าเป็นตัวเลข
 จำนวนเต็มที่มากกว่าศูนย์ซึ่งเวลาเริ่มของกิจกรรมเหล่านี้จะ
 เป็นไปตามเงื่อนไขของความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่
 กำหนดเสมือนกับการปรับเลื่อนกำหนดเวลาเริ่มของ
 กิจกรรมย่อยต่างๆ เป็นลำดับภายในระยะเวลาของตัวที่
 กิจกรรมนั้นมียู่การคำนวณ CPS แบบคำนวณไปข้างหน้าจะ
 ทำให้ได้ระยะเวลาของโครงการทั้งหมด ซึ่งการกำหนดเวลา
 เริ่มของกิจกรรมยังคงส่งผลกระทบต่อระดับการจัดสรร
 ทรัพยากร และกระแสเงินสดอีกด้วย

$$ST_i = ES_i + S_i \quad (5)$$

โดยที่ ST_i คือเวลาเริ่ม (Start time) ของกิจกรรม i
 และ S_i คือตัวเลขจำนวนเต็มที่มากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ส่วน
 ตัวแปรตัดสินใจกลุ่มการเลือกส่วนผสมของทรัพยากรดำเนินงานนั้น
 เป็นการกำหนดให้กิจกรรมก่อสร้างต่างๆ สามารถมี
 ทางเลือกส่วนผสมต่างๆ กันได้ โดยตัวแปรตัดสินใจกลุ่มนี้จะ
 กำหนดให้เป็นค่าสุ่ม (Random) กำหนดเป็นจำนวนทรัพยากร
 ของแต่ละประเภทในการดำเนินกิจกรรมนั้นๆ เช่น กิจกรรม A
 มีทางเลือกการใช้ส่วนผสมการใช้ทรัพยากรดำเนินงานดังนี้
 ทางเลือกที่ 1 จำนวนทรัพยากรประเภทที่ 1 = 5 หน่วย จำนวน
 ทรัพยากรประเภทที่ 2 = 10 หน่วย ระยะเวลา (D) = 7 วัน ค่า
 ต้นทุน (ทางตรงไม่รวมวัสดุ) = 100,000 บาท

ทางเลือกที่ 2 จำนวนทรัพยากรประเภทที่ 1 = 8
 หน่วย จำนวนทรัพยากรประเภทที่ 2 = 15 หน่วยระยะเวลา
 (D) = 5 วัน ค่าต้นทุน (ทางตรงไม่รวมวัสดุ) = 190,000 บาท
ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ กำหนดเป็นมูลค่าต้นทุนที่ต่ำที่สุดของ
 โครงการ (Minimize TC) ภายใต้ข้อจำกัดทางด้านระยะเวลา
 ความสัมพันธ์ในการทำงานของกิจกรรม และการใช้ทรัพยากร
 ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนทางตรง (DC) ต้นทุน
 ทางอ้อม (IC) ค่าปรับกรณีล่าช้า (LC) โบนัส หรือโอกาสในการ
 หารายได้เพิ่มขึ้น (IN) รวมถึงค่าเสียโอกาสในการใช้ทรัพยากร
 ที่มีอยู่ (RO)

$$\text{Minimize TC} = DC + IC + LC - IN + RO \quad (6)$$

$$\text{Minimize TC} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{M_i} C_{ik} X_{ik} + IC_o + IC * T + Y * C_d * D_t - Z * B * S_v + RO * \text{Penalty} \quad (7)$$

โดยที่ C_{ik} คือชุดทางเลือกด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานที่
 k ใดๆ สำหรับกิจกรรมที่ i ใดๆ ; X_{ik} คือตัวแปรแบบ Binary
 ที่มีค่า = 1 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใดๆ ถูกเลือกให้กับกิจกรรม
 i หรือมีค่า = 0 ถ้าไม่ได้เลือก; n คือจำนวนกิจกรรมในโครงการ
 ; M คือจำนวนชุดทางเลือก ; IC_o คือต้นทุนทางอ้อมเริ่มต้น
 ไม่ขึ้นกับระยะเวลา ; IC คืออัตราต้นทุนทางอ้อมของโครงการ
 ที่ต้องการต่อหน่วยเวลา t ; T คือระยะเวลาทั้งหมดของ
 โครงการที่แล้วเสร็จ ; Y คือตัวแปรแบบ Binary ที่มีค่า = 1 ถ้า
 เกินจากระยะเวลาที่กำหนด ; C_d คือต้นทุนที่ส่งถึงค่าปรับ ; D_t
 คือจำนวนวันที่เกินจากระยะเวลาที่กำหนดในสัญญา ; Z คือ
 ตัวแปรแบบ Binary ที่มีค่า = 1 ถ้าไม่เกินจากระยะเวลาที่
 กำหนด ; B คือต้นทุนที่ส่งถึงค่าตอบแทนในการได้โอกาส ;
 S_v คือจำนวนวันที่เร็วกว่าระยะเวลาที่กำหนดในสัญญา ; RO
 คือตัวแปรแบบ Binary ที่มีค่า = 1 ถ้าใช้ทรัพยากรเกินจากที่
 กำหนด และ Penalty คือมูลค่ารวมต่อหน่วยเวลาของอัตราค่า
 เสียโอกาสในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่

ฟังก์ชันข้อจำกัด แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มเงื่อนไข
 ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม และกลุ่มขีดจำกัดของทรัพยากร
 หรือปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนการคำนวณ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการจัดการปัญหาใน
 เรื่องการจัดตารางเวลางานก่อสร้าง (Construction Scheduling
 Problems) ที่พิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้ใกล้เคียง
 กับสภาพความเป็นจริงมากขึ้นโดยใช้การแบ่งส่วนเวลาใน
 กิจกรรม (CPS) ในการแก้ปัญหาเรื่องการจัดตารางเวลางาน
 และใช้วิธีการแก้ปัญหา (Solving Algorithms) เพื่อให้ได้แผน
 งานก่อสร้างที่มีเหมาะสมโดยมีต้นทุนต่ำที่สุด ดังนั้นเพื่อให้ผู้
 อ่านได้เข้าใจถึงลำดับความคิดในการสร้างแบบจำลองทาง
 คณิตศาสตร์ที่ได้อ้างอิงจากลำดับขั้นตอนในการทำงานโดย
 งานวิจัยนี้ได้ใช้กลุ่มคำสั่งที่ใช้ทำงานอัตโนมัติใน โปรแกรม
 Microsoft Excel มาช่วยในการวนรอบในการค้นหาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูลเพื่อใช้
 ในการคำนวณ ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของโครงการสำหรับ
 การอ้างอิง ข้อมูลส่วนนี้จะไม่ผลโดยตรงต่อการคำนวณ ได้แก่
 ชื่อโครงการ ระยะเวลา อัตราค่าปรับ ต้นทุนทางอ้อม อัตรา
 ค่าแรงและค่าเสียโอกาสในการใช้หรือหาเพิ่มของทรัพยากร
 และข้อมูลใช้สำหรับการคำนวณ เป็นส่วนของข้อมูลที่จะถูกนำ
 มาใช้ในการคำนวณได้แก่ ชื่อกิจกรรมในแผนงานโครงการ ชุด
 ตัวเลือกระยะเวลาของการทำงานที่ขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้
 ประเภทและจำนวนของทรัพยากรที่มีอยู่ ชนิดความสัมพันธ์
 ระหว่างกิจกรรม ข้อจำกัดด้านเวลา และข้อจำกัดอื่นๆ

Table 2 Show the time selection to start some sub-activities

Activity	Spilt	M-H	R1	R2	R3	OT	Dur.	Cost	Day													
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
A	0	100	3	3	0	0	3	675	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	250	6	6	0	2	3	1856	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
C	1	200	4	6	0	1	3	1353	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
D	0	150	4	3	0	0	3	780	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
E	1	250	4	5	0	1	4	1615	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
F	0	100	4	3	0	0	3	780	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
G	1	250	4	3	0	0	6	1560	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	1	200	3	4	0	1	4	1258	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
R	1	350	6	3	0	0	6	1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	250	7	8	0	0	3	1695	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Proj.Dur.=		23					23															
R1 Limit									15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
RIC _{R1} =	1.173945					R1 MAX	13		4	3	3	3	4	4	10	10	10	4	8	11		
R2 Limit									15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
RIC _{R2} =	1.183616					R2 MAX	13		6	3	3	3	3	3	9	11	11	5	8	13		
R3 Limit									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RIC _{R3} =	0					R3 MAX	0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cost Limit									6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Total Cost=	88,019					Cost MAX	5,618		3,073	2,725	2,725	2,725	2,770	2,770	3,726	4,381	4,381	3,425	3,695	4,061		
DC =	54,149								1,353	675	675	675	780	780	2,636	3,471	3,471	1,615	2,395	3,391		
IDC =	5,750								250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
PC =	1,000																					
IC =	0																					
H/F R1 =	10,380								660	720	720	720	660	660	300	300	300	660	420	240		
H/F R2 =	16,740								810	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080	540	360	360	900	630	180		
H/F R3 =	0								0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

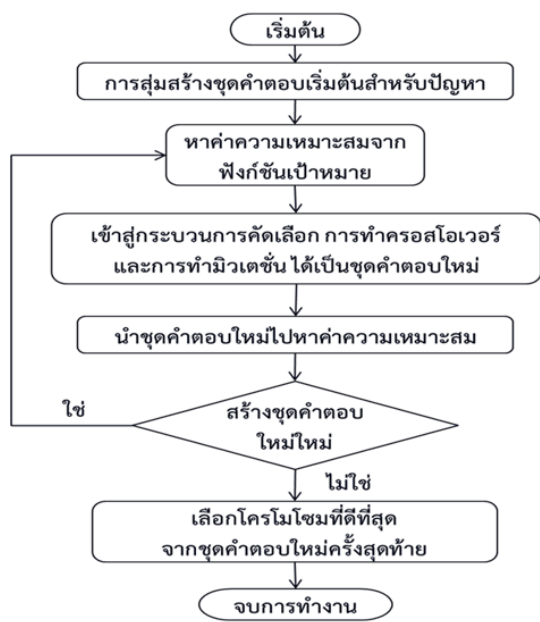


Figure 6 Finding the suitable plan

ผลการทดลอง

แผนงานก่อสร้างที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะได้แผนงานที่เหมาะสมตามที่ผู้วางแผนต้องการโดยสอดคล้องกับเงื่อนไขต่างๆ ของการบริหารโครงการ โดยสามารถเปรียบเทียบมูลค่าต้นทุนโครงการที่ได้จากแบบจำลองกับค่าตั้งต้นจากการสุ่มเริ่มแรกดัง Table 3 โดยใช้วิธีกำหนดค่าตามเงื่อนไขของวิธีการต่างๆ เช่นเมื่อไม่กำหนดค่าจำกัดของจำนวนทรัพยากร และไม่ระบุ

ให้แต่ละกิจกรรมสามารถแบ่งส่วนเวลาของกิจกรรม จะพบว่าแผนงานของโครงการด้วยวิธี CPM จะมีต้นทุนโครงการที่ 57,865 บาท และจะมีการใช้ทรัพยากรเกินจากที่มีอยู่ (R1_{Max} =19>15 และ R2_{Max} =18>15) ดังแสดงใน Table 4 ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการเพิ่ม/ลดแรงงาน และเมื่อได้ใช้วิธี Resource Allocation : (RA) & Resource Leveling : (RL) มาช่วยในการวางแผนจะมีต้นทุนโครงการที่ 62,087 บาท ดังแสดงใน Table 5 สูงกว่าการวางแผนด้วย CPM แต่หากพิจารณาใช้วิธี CPS มาใช้จะมีต้นทุนโครงการที่ 54,633 บาท ดังแสดงใน Table 6 ซึ่งถือว่ามีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ต้นทุนโครงการต่ำลง และเมื่อใช้ GA ในการหาค่าตอบที่เหมาะสมที่สุดจะพบว่าต้นทุนโครงการอยู่ที่ 49,983 บาท ดังแสดงใน Table 7 และใช้ทรัพยากรไม่เกินจากที่มีอยู่

Table 3 Comparison of the project's cost

Item	CPM	RA&RL	CPS	CPS with GA
TC (บาท)	57,865	62,087	54,633	49,983
Dur (วัน)	17	17	17	15
R1 (คน)	19	12	14	15
RIC R1	1.35	1.08	1.22	1.09
R2 (คน)	18	12	15	15
RIC R2	1.33	1.09	1.18	1.18
Cost Max (บาท)	6,142	5,010	4,910	5,020

Table 4 CPM Plan

Table 4: CPM Plan. Includes activity list (A-O), resource limits (R1, R2, R3), and a resource usage matrix over 18 days. Total cost is 57,865. Key resource values: R1 MAX=19, R2 MAX=18, R3 MAX=0.

Table 5 RA & RL Plan

Table 5: RA & RL Plan. Similar format to Table 4, but with different activity durations and resource requirements. Total cost is 62,087. Key resource values: R1 MAX=12, R2 MAX=12, R3 MAX=0.

Table 6 CPS Plan

Table 6: CPS Plan. Similar format to Table 4, but with different activity durations and resource requirements. Total cost is 54,633. Key resource values: R1 MAX=14, R2 MAX=15, R3 MAX=0.

8. นิคม โกเอี่ยม. ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจรับเหมาก่อสร้างของผู้รับเหมาในจังหวัดลำปาง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2547
9. มงคล อัครดิลลฤทธิ. การพัฒนาแผนโครงการก่อสร้างโดยใช้วิธีคอนสเตรนซ์ซาทิสแฟกชันพร้อมเบลิ้ม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2555
10. Ibrahim S, Abotaleb, Mohamed B, Moussa, Sara M. Hussain. Optimization of Allocating Multi-Skilled Labor Resources Using Genetic Algorithms, CSCE .2014. General Conference - Congress general.
11. Ganesh B. Jadhav, D. M. Ghaitidak, Study Of Resource Levelling By Re-Modified Minimum Moment Method. International Journal of Innovative Research and Advanced Studies (IJIRAS), 2016: 2394-4404 .
12. Hegazy, T, and Menesi W. Critical Path Segments (CPS) scheduling technique. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 2010: 136(10).
13. หทัยจรี แสงประดิษฐ์. การประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึมในการจัดทำแผนงานที่มีต้นทุนการก่อสร้างต่ำ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2546
14. Chan WT, Chua DKH, and Kannan G. Construction Resource Scheduling with Genetic Algorithms, Journal of Construction Engineering and Management. 1996; 122(2): 125-132.
15. Chen PH, and Weng H. A two-phase GA model for resource-constrained project scheduling, Automation in Construction. 2009; 18(4): 485-498.

คำแนะนำสำหรับผู้พิมพ์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำหนดพิมพ์ปีละ 6 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม-กุมภาพันธ์) ฉบับที่ 2 (มีนาคม-เมษายน) ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน) ฉบับที่ 4 (กรกฎาคม-สิงหาคม) ฉบับที่ 5 (กันยายน-ตุลาคม) ฉบับที่ 6 (พฤศจิกายน-ธันวาคม) ผู้พิมพ์ทุกท่านสามารถส่งเรื่องมาพิมพ์ได้ โดยไม่ต้องเป็นสมาชิก และไม่จำเป็นต้องสังกัดมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผลงานที่ได้รับการพิจารณาในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิมหรือองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย รวมทั้งข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน และจะต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อนและไม่อยู่ในระหว่างพิจารณาลงพิมพ์ในวารสารใด บทความอาจถูกตัดแปลง แก้ไขเนื้อหา รูปแบบ และสำนวน ตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร ทั้งนี้เพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากลและนำไปอ้างอิงได้

การเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับพิมพ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่ละเรื่องจะต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การใช้ภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์การเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถานให้หลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยในข้อความ ยกเว้นกรณีจำเป็น เช่น ศัพท์ทางวิชาการที่ไม่มีทางแปล หรือคำที่ใช้แล้วทำให้เข้าใจง่ายขึ้น คำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เขียนเป็นภาษาไทยให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะ สำหรับต้นฉบับภาษาอังกฤษควรได้รับความตรวจสอบที่ถูกต้องด้านการใช้ภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาอังกฤษก่อน

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

3. ชนิดของขนาดตัวอักษร ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้ใช้ตัวอักษร Browallia New ชื่อเรื่องให้ใช้อักษรขนาด 18 pt. ตัวหนา ชื่อผู้พิมพ์ใช้อักษรขนาด 16 pt. ตัวปกติ หัวข้อหลักใช้อักษรขนาด 16 pt. ตัวหนา หัวข้อรองใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา บทคัดย่อและเนื้อเรื่องใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา เชิงอรรถหน้าแรกที่เป็นชื่อตำแหน่งทางวิชาการ และที่อยู่ของผู้พิมพ์ ใช้อักษรขนาด 12 pt. ตัวหนา

4. การพิมพ์ต้นฉบับ ผู้ส่งงานจะต้องพิมพ์ส่งต้นฉบับในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลต่อไปนี้ อย่างไม่อย่างหนึ่ง ได้แก่ ".doc" (MS Word) หรือ ".rtf" (Rich Text)

5. จำนวนหน้า ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า รวมตาราง รูป ภาพ และเอกสารอ้างอิง

6. จำนวนเอกสารอ้างอิงไม่เกิน 2 หน้า

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

8. การส่งบทความ ส่ง online ระบบ Thai Jo สามารถเข้าไปดูรายละเอียดที่ www.journal.msu.ac.th

9. หากจัดรูปแบบไม่ถูกต้องทางวารสารจะไม่พิจารณาผลงาน

บทความวิจัย/บทความวิชาการ ให้เรียงลำดับหัวข้อดังนี้

ชื่อเรื่อง (Title) ควรสั้น กระชับ และสื่อเป้าหมายหลังของงานวิจัย ไม่ใช้คำย่อ ความยาวไม่เกิน 100 ตัวอักษร ชื่อเรื่องให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

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

บทคัดย่อ (Abstract) เป็นการย่อเนื้อความงานวิจัยทั้งเรื่องให้สั้น และมีเนื้อหาครบถ้วนตามเรื่องเดิม ความยาวไม่เกิน 250 คำ หรือไม่เกิน 10 บรรทัด และไม่ควรรู้คำย่อ

คำสำคัญ (Keyword) ให้ระบุไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษาประมาณ 4-5 คำสั้น ๆ

บทนำ (Introduction) เป็นส่วนเริ่มต้นของเนื้อหา ที่บอกความเป็นมา เหตุผล และวัตถุประสงค์ ที่นำไปสู่งานวิจัยนี้ ให้ข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้องจากการตรวจสอบเอกสารประกอบ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา (Materials and Methods) ให้ระบุรายละเอียด วัน เดือน ปีที่ทำทดลอง วัสดุ อุปกรณ์ สิ่งที่มาศึกษา จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา อธิบายวิธีการศึกษา แผนการทดลองทางสถิติ วิธีการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์และการแปลผล

ผลการศึกษา (Results) รายงานผลที่ค้นพบ ตามลำดับขั้นตอนของการวิจัย อย่างชัดเจนได้ใจความ ถ้าผลไม่ซับซ้อนและมีตัวเลขไม่มากควรใช้คำบรรยาย แต่ถ้ามีตัวเลข หรือ ตัวแปลมาก ควรใช้ตารางหรือแผนภูมิแทน

วิจารณ์และสรุปผล (Discussion and Conclusion) แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาตรงกับวัตถุประสงค์และเปรียบเทียบกับสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ หรือแตกต่างไปจากผลงานที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และมีพื้นฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และให้จบด้วยข้อเสนอแนะที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือทิ้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวการสำหรับการวิจัยต่อไป

ตาราง รูป ภาพ แผนภูมิ (Table, Figures, and Diagrams) ควรคัดเลือกเฉพาะที่จำเป็นแทรกไว้ในเนื้อเรื่องโดยเรียงลำดับให้สอดคล้องกับคำอธิบายในเนื้อเรื่อง และมีคำอธิบายสั้น ๆ เป็นภาษาอังกฤษ ที่สื่อความหมายได้สาระครบถ้วน กรณีที่เป็นตาราง คำอธิบายอยู่ด้านบน ถ้าเป็นรูป ภาพ แผนภูมิ คำอธิบายอยู่ด้านล่าง

กิตติกรรมประกาศ (Adcknowledgements) ระบุสั้น ๆ ว่างานวิจัยได้รับงานสนับสนุน และความช่วยเหลือจากองค์กรใดหรือผู้ใดบ้าง

เอกสารอ้างอิง (References) ระบุรายการเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิงให้ครบถ้วนไว้ท้ายเรื่อง โดยใช้ Vancouver Style ดังตัวอย่างข้างล่าง และสามารถดูรายละเอียดและตัวอย่างเพิ่มเติมได้ที่ www.journal.msu.ac.th

1. การอ้างอิงหนังสือ

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. พิมพ์ครั้งที่. สถานที่เมืองพิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์. p 22-5. (ชื่อชุด; vol 288).

ตัวอย่าง: Getqen,TE. Health economics: Fundamentals of funds. New York: John Wiley & Son; 1997. P. 12-5 (Annals of New York academy of science; voll 288).

ชมพูนุช อ่องจิต. คลื่นไฟฟ้าหัวใจทางคลินิก. พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2539

2. การอ้างอิงจากวารสาร

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่องหรือชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. ปีที่พิมพ์ เดือนย่อ 3 ตัวอักษร วันที่/ปีที่ (ฉบับที่): เลขหน้า.

ตัวอย่าง:

ก. วารสารไม่เรียงหน้าต่อเนื่องกันตลอดปี

Russell FK, Coppell AL, Davenport AP. Ln vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human Kidney as a food ingredient, Biochem Pharmacol 1998 Mar 1;55(5):697-701

พิจารณ์ เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนรุ่งเข้าสู่โลกกาวิวัฒน์ครั้งใหม่. นกบริหาร 2547;24(2): 31-6

ข. วารสารเรียงหน้าต่อเนื่องกันตลอดปี

Russell FD, Coppell AL Davenport AP. Ln vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human Kidney as a food ingredient, Biochem Pharmacol 1998;55:697-701

พิจารณ์ เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนรุ่งเข้าสู่โลกกาวิวัฒน์ครั้งใหม่. นกบริหาร 2547;24(2): 31-6

3. รายงานจากการประชุมวิชาการ

รูปแบบ : ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ใน: ชื่อคณะบรรณาธิการ, editors. ชื่อเอกสารรายงานการสัมมนา เดือน (ย่อ 3 ตัว) วันที่; เมืองที่สัมมนา, ประเทศ. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์. P.1561-5

ตัวอย่าง: Bengtsson S, Solheim BG. Enforcement of data protection, privacy and security and security in medical informatics. In: Lun KC, Degoulet P, Piemme TE, Reinhoff O, editors. MEDINFO 92. Proceedings of the 7th World Congress on Medical Informatics; 1992 Sep 6-10; Geneva, Switzerland, Amsterdam: North Holland; 1992. P.1561-5.
พิทักษ์ พุทธรชัช, กิตติ บุญเลิศนิรันดร์ ทะนงศักดิ์ มณีวรรณ, พงาม เดชคำรณ, นภา ชันสุภา. การใช้เอทีฟอนกระตุ้น การสุกของพริก. ใน: เอกสารการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 15. สถาบันวิจัยและพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. กรุงเทพฯ; 2541. หน้า 142-9

4. การอ้างอิงจากพจนานุกรม

รูปแบบ: ชื่อพจนานุกรม. พิมพ์ครั้งที่. เมืองหรือสถานที่พิมพ์; ปีที่พิมพ์. หน้า.

ตัวอย่าง: Stedman's medical dictionary. 26th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995. Apraxia; p. 119-20.

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชันส์; 2546. หน้า 1488

5. การอ้างอิงจากหนังสือพิมพ์

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อหนังสือพิมพ์ ปี เดือน วัน; Sect.: sohk 15.

ตัวอย่าง: Lee G. Hospitalizations tied to ozone pollution: study estimates 50,000 admissions annually. The Washington Post 1996 Jun 21; Sect. A: 3(col.5).

พรรณี รุ่งรัตน์ สทศ. ดั้งเดิมพัฒนาข้อสอบระดับชาติมั่นใจคุณภาพ. เดลินิวส์ 12 พฤษภาคม 2548.

6. อ้างอิงจากหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสารอิเล็กทรอนิกส์ [หรือ serial online] ปีที่พิมพ์เอกสาร ถ้าจำเป็นระบุเดือนด้วย; Vol no (ฉบับที่): [จำนวนหน้าจากการสืบค้น]. ได้จาก: URL: <http://www.edc.gov/neidoc/EID/eid.htm> วันที่ เดือน ปีที่ทำการสืบค้น (เขียนเต็ม)

ตัวอย่าง: More SS. Factors in the emergence of infectious disease, Emerh Infect Dis [serial online] 1995 Jan-Mar; (1): [24 screene]. Available from: RL: <http://www.edc.gov/neidoc/EID/eid.htm> Accessed 25, 1999.

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. นาโนเทคโนโลยีความเป็นไปได้และทิศทางในอนาคต. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ ตุลาคม-ธันวาคม (17): 2542 ได้จาก: <http://www.nanotech.sc.mahidol.ac.th/index.html> May 13 2005.

Instruction for Authors

Research manuscripts relevant to subject matters outlined in the objectives are accepted from all institutions and private parties provided they have not been preprinted elsewhere. The context of the papers may be revised as appropriate to the standard. Vol.1 (January-February) Vol.2 (March-April) Vol.3 (May-June) Vol.4 (July-August) Vol.5 (September-October) Vol.6 (November-December)

Preparation of manuscripts:

1. Manuscripts can be written in either Thai or English with the abstract in both Thai and English. Papers should be specific, clear, concise, accurate, and consistent. English language manuscripts should be checked by an English language editor prior to submission.

2. Manuscripts should be typed in MS word ".doc" or ".rtf" (Rich Text) on standard size paper, A4 or 8.5x11 inches, and arranged in two columns: single space for English, double space for Thai language.

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

Title the article: 18 pt. Bold

Name(s) of the authors: 16 pt.

Main Heading: 16 pt. Bold

Sub-heading: 14 pt. Bold

Body of the text: 14 pt

Footnotes for authors and their affiliations: 12pt.

4. The number of pages to 15, including references, tables, graphs, or pictures.

5. Types of manuscripts accepted: research articles and review articles.

6. Organization of research articles.

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

Name(s): of the author(s) and their affiliation must be given in both Thai and English.

Abstract: This section of the paper should follow an informative style, concisely covering all the important findings in the text. Authors should attempt to restrict the abstract to no more than 250 words.

Keywords: Give at least 4-5 concise words.

The body of the text comprises the following headings:

Introduction: A summary of who is doing what, why where, and when?

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

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

Discussion and Conclusion: Discuss how the results are relevant to the objectives or former findings, why? Finally state what recommendations could be drawn.

Tables, figures, diagrams, pictures: should be screened for those important to support the findings, and separated from the text. Captions should be placed above the tables but under the figures.

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

References: listed and referred to in vancouver style.
(<http://www.library.uq.edu.au/training/citation/vancouv.html>)

7. Authors of review articles should follow the typical format style. This includes an introduction, the body of content, conclusion, and references.

Submission of manuscripts

1. Manuscripts should be submitted through the Thai Jo Manuscripts submission system at www.journal.msu.ac.th.
2. The uncorrected manuscripts will be rejected by the editorial board.

Review of manuscripts:

1. The editorial board will review all manuscripts for format compliance. Manuscripts formatted incorrectly will be returned to the author for correction.
2. Following submission of the corrected manuscript, the Peer Review Committee will review and offer comments
3. Manuscripts receiving the approval of the Peer Review Committee may be returned to the author for revision as advised by the Committee. Manuscripts failing to adopt the Committee's suggestions will not be published.



ใบสมัครเป็นสมาชิกรวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อ-นามสกุล

ที่อยู่ บ้านเลขที่..... หมู่ที่..... ถนน..... แขวง/ตำบล.....

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

โทรศัพท์..... โทรสาร..... E-mail.....

หน่วยงาน.....

ถนน..... แขวง/ตำบล..... อำเภอ.....

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

ออกใบเสร็จในนาม.....

- สมัครเป็นสมาชิกหนึ่งปี ค่าสมัคร 400 บาท
- สมัครเป็นสมาชิกสองปีติดต่อกัน ค่าสมัคร 800 บาท

ส่งจ่ายผ่านเลขที่บัญชี 983-9-26661-6 ธนาคารกรุงไทย ชื่อบัญชี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (เงินรายได้)

สาขาท่าขอนยางมหาสารคาม

ทั้งนี้ขอให้ส่งหลักฐานการสมัคร (ใบสมัครนี้) และสำเนาการชำระเงินได้ที่ science.msu@hotmail.com หรือ ส่งเป็นเอกสารทางไปรษณีย์มาที่ งานวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150