

การพัฒนาแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการวางแผนเส้นทางช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย
กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562

A Mathematical Model for Flood Victims Evacuation Planning: A case study of
flooded areas in Roi Et province from Typhoon Podul and Kajiki in 2019

เกริก วงศ์ลือชา (Kirk Wongloucha)* ดร.ธิตีพงศ์ จำรัส (Dr.Thitipong Jamrus)^{1**}

ดร.ชุลีพร กุศลคุ้ม (Dr.Chuleeporn Kusoncum)^{***} ดร.ศิริรัตน์ พัฒนไพโรจน์ (Dr.Sirorat Pattanapairoj) ^{****}

(Received: August 18, 2021; Revised: September 7, 2021; Accepted: November 3, 2021)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัญหาการวางแผนเส้นทางช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งการช่วยเหลือหมายถึงการอพยพและแจกจ่ายถุงยังชีพให้แก่ผู้ประสบภัย โดยพิจารณาเงื่อนไขด้านความเร่งด่วนในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย และพิจารณาประเภทของผู้ประสบภัย ซึ่งปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางของยานพาหนะที่มีการรับและส่งสินค้า ในรูปแบบ 1-M-1/ P-D/ Min Cmax โดยในการดำเนินงานด้านการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยนั้น การเผชิญเหตุและจัดการสาธารณภัยในภาวะฉุกเฉินให้เป็นไปอย่างมีมาตรฐานและมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นจึงได้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาแบบทางคณิตศาสตร์สามารถนำมาแก้ไขการวางแผนเส้นทางช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางช่วยเหลือผู้ประสบภัยที่ใช้ระยะเวลาที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ประสบภัยได้รับความช่วยเหลือบรรเทาทุกข์อย่างรวดเร็ว ทันท่วงที และทันต่อเหตุการณ์ นำไปสู่การลดความสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่ได้รับผลกระทบทางอุทกภัยให้น้อยที่สุดเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาแบบทางคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบทั้งในด้านคุณภาพและระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบเมื่อเทียบกับรูปแบบปัจจุบันคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 13.14 และร้อยละ 96.32 ตามลำดับ

ABSTRACT

This research focuses on the problem of route planning to rescue people from floods, which is a case study of flooded areas in Roi Et province caused by Typhoon Podul and Kajiki in 2019. The term “rescue” is generally understood to mean evacuation of flood victims and distribution of survival bags by considering the conditions of urgency and the types of victims. This problem is a Vehicle Routing Problem with Mixed Pickup and Delivery (VRMPD) in case “1-M-1/ P-D/ Min Cmax”. In the operations of disaster prevention and mitigation management, emergency response and disaster recovery must be implemented with the highest standards and efficiency. Therefore, a mathematical model is formulated to solve the problem in this case study. The objective of the study is to minimize disaster relief operation time by providing routes to help the flood victims in a timely and impartial manner during this crisis. This reduces the loss of life and property among flood-affected individuals, which is extremely critical. The results of the study show that the proposed mathematical model is more efficient in terms of both the solution quality and time complexity than the current model, with 13.14% and 96.32%, respectively.

คำสำคัญ: การขนส่ง การหาเส้นทางที่เหมาะสม การจัดการอุทกภัย ปัญหาการจัดเส้นทาง เมืองและถิ่นฐานมนุษย์อย่างยั่งยืน

Keywords: Transportation, Optimization, Flood Management, Vehicle Routing Problem, Sustainable Cities and Communities

¹Corresponding author: thitja@kku.ac.th

*นักศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

***อาจารย์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

****อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ในปัจจุบันโลกมีการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติอย่างรวดเร็ว ทำให้แนวโน้มสถานการณ์การเกิดสาธารณภัยจะมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสาธารณภัยนั้น หมายถึง อัคคีภัย วาตภัย อุทกภัย ภัยแล้ง โรคระบาดในมนุษย์ โรคระบาดสัตว์ โรคระบาดสัตว์น้ำ การระบาดของศัตรูพืช ตลอดจนภัยอื่นๆ อันมีผลกระทบต่อสาธารณสุข ไม่ว่าจะเกิดจากธรรมชาติ มีผู้ทำให้เกิดขึ้น อุบัติเหตุ หรือเหตุอื่นใด ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายแก่ชีวิต ร่างกายของประชาชน หรือความเสียหายแก่ทรัพย์สินของประชาชน หรือของรัฐ และให้หมายความรวมถึงภัยทางอากาศ และการก่อวินาศกรรมด้วย [1] นอกจากนั้นสาธารณภัยดังกล่าวถือเป็นภัยร้ายแรงที่จะคุกคามต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน และของประเทศได้ อนึ่งการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์สาธารณภัยยังส่งผลกระทบต่อทิศทางการพัฒนาประเทศในอนาคตอีกประการหนึ่งด้วย ดังนั้นเมื่อทบทวนผลการปฏิบัติด้านการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยระยะที่ผ่านมาได้สะท้อนปัญหาและความท้าทายต่อการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โครงสร้าง กระบวนการ และองค์ความรู้ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพัฒนาระบบการป้องกัน การเตรียมความพร้อม และการสร้างภูมิคุ้มกันในการจัดการสาธารณภัยของประเทศให้เข้มแข็ง มีมาตรฐาน และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

อุทกภัย เป็นหนึ่งในสาธารณภัยที่ประเทศไทยต้องประสบเป็นประจำทุกปี ซึ่งอุทกภัยคือเหตุการณ์ที่มีน้ำท่วมพื้นดินสูงกว่าระดับปกติ ซึ่งมีสาเหตุจากมีปริมาณน้ำฝนมากจนทำให้มีปริมาณน้ำส่วนเกินมาเติมปริมาณน้ำผิวดินที่มีอยู่ตามสภาพปกติจนเกินขีดความสามารถการระบายน้ำของแม่น้ำ ลำคลอง และยังมีสาเหตุมาจากการกระทำของมนุษย์ โดยการปิดกั้นการไหลของน้ำตามธรรมชาติ ทั้งเจตนาและไม่เจตนาจนเป็นอันตรายต่อชีวิต ทรัพย์สินของประชาชน และสิ่งแวดล้อม [1] ซึ่งสามารถจำแนกอุทกภัยตามลักษณะการเกิดภัยดังกล่าวได้ 2 ประเภท ได้แก่ (1) น้ำท่วมขัง/ น้ำล้นตลิ่ง (Inundation / Over bank flow) และ (2) น้ำท่วมฉับพลัน (Flash Flood) โดยสาเหตุการเกิดอุทกภัยมีสาเหตุหลักมาจากธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ ซึ่งสาเหตุหลักจากธรรมชาติ ได้แก่ (1) น้ำจากฟ้า (Precipitation) อาจเป็นลักษณะฝน หิมะ ละออง ลูกเห็บ (2) น้ำจากแหล่งเก็บกักน้ำ เช่น เขื่อน อ่างเก็บน้ำ ประตูระบายน้ำ ฝายทดน้ำ เป็นต้น และ (3) น้ำท่วมจากน้ำทะเลหนุน นอกจากนั้นสาเหตุจากการกระทำของมนุษย์ที่ขาดความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมอันเป็นผลให้เกิดอุทกภัยดังกล่าว หากพิจารณาสถิติการเกิดอุทกภัย 20 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 – 2552 ประเทศไทยเกิดอุทกภัยขึ้นรวม 213 ครั้ง พื้นที่ที่ได้รับความเสียหายสูงถึง 52-74 จังหวัด มีประชาชนผู้เสียชีวิตรวม 2,938 คน และได้รับบาดเจ็บ 7,896 คน รวมมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นกว่า 115,786 ล้านบาท [2] นอกจากนั้นอุทกภัยครั้งรุนแรงที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยมากที่สุดทั้งในมิติผู้ได้รับผลกระทบ พื้นที่ที่ได้รับความเสียหาย และระยะเวลาคือ มหาอุทกภัยในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งมีประชาชนได้รับผลกระทบกว่า 12.8 ล้านคน ประเมินมูลค่าความเสียหายสูงถึง 1.44 ล้านล้านบาท โดยอุทกภัยดังกล่าวทำให้พื้นดินกว่า 150 ล้านไร่ ซึ่งในจำนวนนี้เป็นทั้งพื้นที่เกษตรกรรมและอุตสาหกรรมใน 65 จังหวัด 684 อำเภอ ราษฎรได้รับความเดือดร้อน 4,086,138 ครัวเรือน คิดเป็น 13,595,192 ราย บ้านเรือนเสียหายทั้งสิ้น 2,329 หลัง บ้านเรือนเสียหายบางส่วน 96,833 หลัง พื้นที่การเกษตรได้รับความเสียหาย 11.20 ล้านไร่ ถนน 13,961 สาย ท่อระบายน้ำ 777 แห่ง ฝาย 982 แห่ง ทำนบ 142 แห่ง สะพาน / คอสะพาน 724 แห่ง บ่อปลา/ บ่อกุ้ง/ หอย 231,919 ไร่ ปศุสัตว์ 13.41 ล้านตัว มีผู้เสียชีวิต 813 ราย (จาก 44 จังหวัดทั่วประเทศ) สูญหาย 3 ราย [3] โดยเฉพาะอย่างยิ่งมหาอุทกภัยครั้งล่าสุดในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยสถานการณ์จากอิทธิพลพายุโซนร้อนโพดุล และพายุโซนร้อนคากิ ในปี พ.ศ. 2562 ทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน น้ำป่าไหลหลาก ดินสไลด์ในพื้นที่ รวม 32 จังหวัด 179 อำเภอ 927 ตำบล 6,799 หมู่บ้าน 5 เขตเทศบาล 11 ชุมชน ครอบคลุมเขตพื้นที่ร้อยเอ็ด อำนาจเจริญ ยโสธร อุบลราชธานี และศรีสะเกษ โดยประชาชนได้รับผลกระทบ 391,557 ครัวเรือน มีผู้เสียชีวิต 30 คน ซึ่งจังหวัดร้อยเอ็ดเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบรุนแรงที่สุด ประกอบด้วย อ.เมืองร้อยเอ็ด อ.เสลภูมิ อ.เมืองสรวง อ.โพธิ์ชัย อ.โพนทราย อ.ธวัชบุรี และ อ.จังหาร โดยได้รับผลกระทบ รวม 7 อำเภอ 80 ตำบล 1,020 หมู่บ้าน ราษฎรได้รับความเดือดร้อน 61,738 ครัวเรือน บ้านเรือนเสียหาย 50 หลังคาเรือน และน้ำท่วมนาข้าวของเกษตรกรประมาณ 7,000 ไร่ [4] ซึ่งการเกิด

อุทกภัยนั้นก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นอย่างยิ่ง และมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัย โดยเฉพาะการเกิดอุทกภัยจึงเป็นสิ่งจำเป็นยิ่ง

วงจรการจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัย ปัจจุบันทั่วโลกยอมรับว่าสาธารณภัยเป็นเรื่องที่จัดการได้โดยไม่จำเป็นต้องรอให้ภัยเกิดขึ้นก่อน ซึ่งต่างจากแนวคิดในอดีตที่เคยมุ่งเน้น “การจัดการสาธารณภัย (Disaster Management: DM)” เมื่อภัยเกิดขึ้นแล้ว กล่าวคือการจัดการในภาวะฉุกเฉิน การให้ความช่วยเหลือบรรเทาทุกข์ผู้ประสบภัย หรือการฟื้นฟูสภาพหลังจากภัยผ่านพ้นแล้ว มาเป็นการให้ความสำคัญกับการดำเนินการอย่างยั่งยืนมากยิ่งขึ้น โดยให้ความสำคัญกับ “การจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัย (Disaster Risk Management : DRM)” ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) *การลดความเสี่ยงจากสาธารณภัย (Disaster Risk Reduction: DRR)* ประกอบด้วยขั้นตอนการป้องกันและการลดผลกระทบ (Prevention and Mitigation) และขั้นตอนการเตรียมความพร้อม (Preparedness) และ (2) *การจัดการในภาวะฉุกเฉิน (Emergency Management)* ประกอบด้วยขั้นตอนการเผชิญเหตุและการบรรเทาทุกข์ (Response and Relief) และขั้นตอนการฟื้นฟู (Recovery) โดยรายละเอียดของขั้นตอนการจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัย (Disaster Risk Management : DRM) ได้แก่ (1) *การป้องกันและการลดผลกระทบ (Prevention and Mitigation)* คือการลดความเป็นไปได้ที่จะก่อให้เกิดภัยพิบัติ เช่น การสร้างแนวป้องกัน มีการจัดการให้เกิดการใช้ที่ดินที่เหมาะสม (Land-use Management) มีการก่อตั้ง CEM (Comprehensive Emergency Management Programs) หรือโครงการจัดการภัยพิบัติแบบครอบคลุม ซึ่งรวมถึงการสร้างรหัสความปลอดภัย (Safety Codes) (2) *การเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับกับภัยพิบัติ (Preparedness)* อันเป็นการสร้างแผน เพื่อรับมือกับภัยพิบัติล่วงหน้า มีการฝึกอบรมให้ความรู้ เรื่องภัยพิบัติ การซักซ้อมแนวปฏิบัติเมื่อเกิดภัย มีการติดตั้งระบบเตือนภัย รวมไปถึงการเตรียมเสบียงและ เวชภัณฑ์ (Food and Medical Supplies) (3) *การเผชิญเหตุและการบรรเทาทุกข์ (Response and Relief)* คือการสนองตอบต่อเหตุการณ์เพื่อบรรเทาทุกข์ กล่าวคือเมื่อเกิดภัยพิบัติหรือสถานการณ์ฉุกเฉินขึ้น จะมีการดำเนินการตามแผนที่มีการเตรียมการไว้ล่วงหน้ารวมทั้งการให้ความช่วยเหลือแก่ผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต โดยเน้นการลดความเสียหายที่เกิดขึ้นให้มากที่สุดและให้การช่วยเหลือแก่ประชาชนโดยเร็วที่สุด และ (4) *การฟื้นฟู (Recovery)* หรือการเยียวยา เป็นการนำสถานการณ์เข้าสู่ภาวะปกติโดยเร็วที่สุด ซึ่งในระยะสั้นจะมีการสนับสนุนและฟื้นฟูให้สภาพชีวิตจิตใจกลับคืนมาเท่าที่จะทำได้อันเป็นปฏิบัติการขั้นพื้นฐาน ส่วนในระยะยาวนั้นคือการสร้างสภาพในการดำเนินชีวิตให้กลับมามีชีวิตชีวาเหมือนเดิมหรือดีขึ้น โดยกระบวนการเตือนภัย ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การเฝ้าระวังติดตามสถานการณ์ (Monitoring) (2) การแจ้งเตือนล่วงหน้า (Early Warning) (3) การแจ้งเตือน (Warning) และ (4) การอพยพ (Evacuation) [1] ซึ่งสามารถแสดงวงจรการจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัยดังภาพที่ 1 หากพิจารณาการจัดการโลจิสติกส์ในกรณีภัยพิบัติจะมีความยุ่งยากและท้าทายมากกว่าในกรณีภาคธุรกิจทั่วไป เนื่องจากมีความหลากหลายของประเภทและขนาดของสินค้า ความไม่แน่นอนในปริมาณ และตำแหน่งที่มีความต้องการความช่วยเหลือรวมถึงความยากในการคาดเดาพฤติกรรมของมนุษย์ โดยวัตถุประสงค์ของการจัดการโลจิสติกส์สำหรับภัยพิบัติจะมีความแตกต่างจากในภาคธุรกิจทั่วไปที่เป็นการจัดการวัตถุดิบและสินค้าในโซ่อุปทานเพื่อหวังผลกำไรทางธุรกิจมาเป็นการจัดการกับสิ่งของบริจาค และผู้ประสบภัยเพื่อการบรรเทาทุกข์และลดการสูญเสียชีวิตให้ได้มากที่สุด ดังนั้นกลยุทธ์ที่เหมาะสมจึงมุ่งเน้นการสร้างความสามารถในการตอบสนองความต้องการของผู้ประสบภัย (Agile) จึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง [5] แสดงดังตารางที่ 1

ดังนั้นการศึกษานี้จะมุ่งเน้นการบูรณาการการจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัย ในส่วนการจัดการในภาวะฉุกเฉิน (Emergency Management) ในขั้นตอนการเผชิญเหตุและบรรเทาเหตุฉุกเฉินเมื่อเกิดอุทกภัยขึ้น โดยมีหลักการสำคัญได้แก่ (1) สร้างมาตรฐานการจัดการในภาวะฉุกเฉิน (2) พัฒนาระบบ/เครื่องมือสนับสนุนการเผชิญเหตุ และ (3) เสริมสร้างระบบและแนวปฏิบัติในการบรรเทาทุกข์ [1] ซึ่งการศึกษานี้จะดำเนินการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการวางแผนเส้นทาง

ช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งการช่วยเหลือผู้ประสบภัยจะหมายถึงทั้งการอพยพและแจกจ่ายถุงยังชีพให้แก่ผู้ประสบภัย โดยพิจารณาเงื่อนไขด้านความเร่งด่วนในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย และพิจารณาประเภทของผู้ประสบภัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ใช้ระยะเวลาต่ำที่สุดในการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย ซึ่งเป็นระบบหรือเครื่องมือสนับสนุนช่วยตัดสินใจสำหรับเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานในการเผชิญเหตุฉุกเฉินเมื่อเกิดอุทกภัย ทั้งนี้เพื่อนำไปสู่ (1) การจัดการสาธารณภัยในภาวะฉุกเฉินให้เป็นไปอย่างมีระบบ มีมาตรฐาน และบูรณาการความร่วมมือกับทุกภาคส่วนให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด (2) การช่วยเหลือบรรเทาทุกข์ของผู้ประสบภัยอย่างรวดเร็ว ทันท่วงที และทันต่อเหตุการณ์ (3) การลดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากสาธารณภัยให้มันน้อยที่สุด

โดยแนวทางในการแก้ไขปัญหาการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งการช่วยเหลือผู้ประสบภัยจะหมายถึงทั้งการอพยพและแจกจ่ายถุงยังชีพให้แก่ผู้ประสบภัย โดยพิจารณาเงื่อนไขด้านความเร่งด่วนในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย และพิจารณาประเภทของผู้ประสบภัย มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางที่ใช้ระยะเวลาต่ำที่สุดในการจัดเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย ซึ่งสามารถจำแนกปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางของยานพาหนะที่มีการรับและส่งสินค้า (Vehicle Routing Problem with Mixed Pickup and Delivery: VRPMPD) ในรูปแบบ 1-M-1/ P-D/ Min C_{max} โดยจากการทบทวนกรรมที่ผ่านมามีผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem) โดยคำนึงถึงข้อจำกัดด้านกรอบเวลาของยานพาหนะ และเส้นทางเดินทางที่เป็นไปได้ ซึ่งเป็นการอพยพช่วยเหลือผู้ประสบภัยเท่านั้น (Pickup) [6-7] ซึ่งต่างจากงานวิจัยนี้ได้พิจารณาในส่วนของการแจกจ่ายถุงยังชีพให้แก่ผู้ประสบภัย (Delivery) ร่วมด้วยเพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวส่วนใหญ่ผู้วิจัยจะใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ ฮิวริสติกส์ หรือเมตะฮิวริสติกส์ [8-9] โดยในงานวิจัยนี้ได้พัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบในปัญหาการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย เนื่องจากเป็นการแก้ปัญหาแบบวิธีแม่นยำตรง (Exact Approach) ที่ให้ค่าผลเฉลยดีที่สุด (Optimal Solution) โดยการศึกษาจะดำเนินการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอกับรูปแบบการดำเนินงานในปัจจุบันของกรณีศึกษา ทั้งนี้เพื่อพัฒนาคุณภาพของคำตอบและลดระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบ เพื่อให้เป็นระบบหรือเครื่องมือสนับสนุนช่วยตัดสินใจสำหรับเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานในการเผชิญเหตุฉุกเฉินเมื่อเกิดอุทกภัย รวมถึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือเป็นต้นแบบของการช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติอื่นๆ ซึ่งในการศึกษานี้ประกอบด้วย วิธีการวิจัย ผลการวิจัย อภิปรายผล และสรุปผลการวิจัย โดย (1) วิธีการวิจัย เนื้อหาประกอบด้วย (1.1) ลักษณะของปัญหา VRPMPD และ (1.2) รูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) (2) ผลการวิจัย จะเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละรูปแบบลอจิสติกส์ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวกับรูปแบบ การดำเนินงานในปัจจุบันในการบริหารจัดการ และ (3) อภิปรายผลและสรุปผลการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ไขปัญหาการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางที่ใช้ระยะเวลาต่ำที่สุดในการจัดเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย ซึ่งการช่วยเหลือหมายถึงการอพยพและแจกจ่ายถุงยังชีพให้แก่ผู้ประสบภัย

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ศึกษาการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งการช่วยเหลือผู้ประสบภัยจะหมายถึงทั้งการอพยพและแจกจ่ายถุงยังชีพให้แก่ผู้ประสบภัย โดยพิจารณาเงื่อนไขด้านความเร่งด่วนในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย และพิจารณาประเภทของผู้ประสบภัย โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ได้แก่ (1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของปัญหา (2) ศึกษาทฤษฎี วิธีการ และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัญหา รวมไปถึงผลที่ได้จากงานวิจัย (3) พัฒนารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติ (4) ทดสอบความถูกต้องและหาผลลัพธ์ของปัญหาด้วยรูปแบบการจำลองทางคณิตศาสตร์ (5) ออกแบบการทดลองและทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลลัพธ์ของคำตอบกับแนวทางปฏิบัติของกรณีศึกษาในรูปแบบการดำเนินงานในปัจจุบัน และ (6) สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวได้จำแนกลักษณะของปัญหา และนำเสนอรูปแบบทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบกับกรณีศึกษาในรูปแบบการดำเนินงานปัจจุบัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ลักษณะของปัญหา

ในปัจจุบันลักษณะการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย จะดำเนินการจัดการตามเหตุที่กำลังประสบอยู่ ณ ขณะนั้นๆ ตามข้อมูลเบื้องต้นที่ได้รับ โดยอาศัยประสบการณ์ความเชี่ยวชาญของผู้บังคับบัญชาและเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีระบบเครื่องมือช่วยตัดสินใจในการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย หากมีเครื่องมือหรือระบบที่ช่วยตัดสินใจดังกล่าวก็จะทำให้การดำเนินการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยมีประสิทธิภาพและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ซึ่งลักษณะปัญหาการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562 โดยการช่วยเหลือผู้ประสบภัยจะหมายถึงทั้งการอพยพและแจกจ่ายถุงยังชีพให้แก่ผู้ประสบภัย โดยพิจารณาเงื่อนไขด้านความเร่งด่วนในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย และพิจารณาประเภทของผู้ประสบภัย สามารถจำแนกปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางของยานพาหนะที่มีการรับและส่งสินค้า (Vehicle Routing Problem with Mixed Pickup and Delivery: VRPMPD) ในรูปแบบ $1-M-1/P-D/Min C_{max}$ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระยะเวลาการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยต่ำที่สุด ซึ่งสมมติว่าแหล่งที่อยู่อาศัยของผู้ประสบภัย (จุด; Node) $i, j \in \{1, 2, 3, \dots, N\}$ ผู้ประสบภัยทั้งหมด N จุด มีความต้องการที่จะให้พาหนะมารับผู้ประสบภัยจำนวน Vol_i ราย และน้ำหนักแต่ละจุดคิดเป็น We_i กิโลกรัม และส่งถุงยังชีพให้จุด i จำนวน $SB_i/10$ ถุง โดย K แทนจำนวนพาหนะทั้งหมด โดยที่ $k \in \{1, 2, 3, \dots, K\}$ (รายละเอียดดังตารางที่ 2) และ T แทนจำนวนเที่ยวของการช่วยเหลือผู้ประสบภัย โดยพิจารณาเงื่อนไขเรื่อง S_i ระยะเวลาการช่วยเหลือแต่ละจุด i และ TT_{ij} ระยะเวลาในการเดินทางของจุด i ไปจุด j เงื่อนไขของกำลังการบรรทุกของรถแต่ละคันในมิติของน้ำหนักและจำนวนที่นั่งบนรถ โดยรถบรรทุกจะมีน้ำหนักสูงสุดที่รับได้ของยานพาหนะคันที่ k และจำนวนที่นั่งสูงสุดของยานพาหนะคันที่ k ไม่เกิน $WeCap_k$ และ $VolCap_k$ ตามลำดับรวมทั้งในการไปช่วยเหลือผู้ประสบภัยจะดำเนินการพิจารณาเงื่อนไขระดับความเร่งด่วนในการรับความช่วยเหลือตามระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ (ระดับความรุนแรงของภัย: อพยพทันที (สีแดง) หรือรอได้ (สีเขียว) และประเภทผู้ประสบภัย: ผู้ป่วย เด็ก คนแก่ คนปกติ) บิดาและมารดาควรอพยพไปด้วยกันทั้งครอบครัว และควรอพยพเป็นกลุ่ม (Priorities) แทน WS_i เป็นค่าน้ำหนัก (Priority) ของจุด i

ซึ่งปัญหาการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย ประกอบไปด้วยเงื่อนไขข้อจำกัด 3 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) จุดให้ความช่วยเหลือ (2) ผู้ประสบภัยพิบัติ และ (3) ยานพาหนะในการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัย โดยลักษณะปัญหาการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2 และแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1.1 สมมติฐาน (Assumption)

- (1) จุดให้ความช่วยเหลือ
 - จุดให้ความช่วยเหลือมีพื้นที่ไม่จำกัด (Depot)
- (2) ผู้ประสบภัยพิบัติ
 - ตำแหน่งของผู้ประสบภัย ในเขตพื้นที่ 6 ตำบล ในอำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งได้แก่ ตำบลวังหลวง ตำบลเหล่าน้อย ตำบลศรีวิสัย ตำบลขวัญเมือง ตำบลภูเงิน และตำบลบึงเกลือ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นเขตที่ติดต่อกับริมน้ำ และได้รับผลกระทบรุนแรง
 - ผู้ประสบภัยแต่ละรายมีระดับความเร่งด่วนในการรับความช่วยเหลือตามระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ โดยพิจารณาจากระดับความรุนแรงของภัย: (1) อพยพทันที หรือ (2) รอได้ และประเภทผู้ประสบภัย: (1) ผู้ป่วย (2) เด็ก คนแก่ (3) คนปกติ (Priorities)
- (3) ยานพาหนะในการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัย
 - ยานพาหนะออกจากจุดช่วยเหลือต้องกลับเข้าจุดให้ความช่วยเหลือเสมอ
 - ยานพาหนะมีหลายประเภท และแต่ละประเภทมีจำนวนจำกัด
 - ยานพาหนะมีข้อจำกัดในด้าน ความจุการรับคน/ของช่วยเหลือ และอัตราเร็วของยานพาหนะ
 - ยานพาหนะสามารถขนส่งได้มากกว่า 1 เที่ยว (Multiple Trips)

2. การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed Integer Linear Programing: MILP) ในการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งการช่วยเหลือผู้ประสบภัยจะหมายถึงทั้งการอพยพและแจกจ่ายถุงยังชีพให้แก่ผู้ประสบภัย โดยพิจารณาเงื่อนไขด้านความเร่งด่วนในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย และพิจารณาประเภทของผู้ประสบภัย เพื่อให้ใช้ระยะเวลาในการช่วยเหลือต่ำที่สุด โดยประกอบด้วยหัวข้อ (1) รูปแบบทางคณิตศาสตร์ และ (2) ตัวอย่างและผลลัพธ์จากการตรวจสอบรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

2.1 รูปแบบทางคณิตศาสตร์

ในการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย ดัชนี (Indices) ดัชนี (Set) พารามิเตอร์ (Parameters) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables) สมการเป้าหมาย (Objective Function) และข้อจำกัด (Constraints) ดังนี้

ดัชนี (Indices)

ดัชนี	ความหมาย
i, j	ดัชนีของแหล่งที่อยู่อาศัยของผู้ประสบภัย (จุด; Node) $i, j \in \{1, 2, 3, \dots, N\}$; $i = 1$ แทน Depot
k	ดัชนีของยานพาหนะ (Vehicle) $k \in \{1, 2, 3, \dots, K\}$
t	ดัชนีเที่ยวของการอพยพ (Trip) $t \in \{1, 2, 3, \dots, T\}$

เซต (Set)

ดัชนี	ความหมาย
V	เซตของที่อยู่อาศัย + Depot ; $V \in \{1, \dots, V \}$
V'	เซตของที่อยู่อาศัย; $V' \in \{V\} \setminus \{1\}$
K	เซตของยานพาหนะ
T_k	เซตของ Trip ของยานพาหนะคันที่ k

พารามิเตอร์ (Parameters)

พารามิเตอร์	ความหมาย
$M = 999,999$	จำนวนที่มีค่ามาก
N	จำนวนของแหล่งที่อยู่อาศัยของผู้ประสบภัย (จุด)
K	จำนวนของยานพาหนะ (คัน)
T	จำนวนเที่ยวของการอพยพ (เที่ยว)
WS_i	ค่าน้ำหนัก (Priority) ของจุด i
S_i	ระยะเวลาในการให้บริการ (Service time) ของจุด i (นาที)
TT_{ij}	ระยะเวลาระหว่างจุด i กับจุด j (ระยะเวลา = ระยะทาง/ความเร็ว) (นาที)
SB_i	น้ำหนักถุงยังชีพ (Survival Bag) ที่ต้อง Delivery ของจุด i (กิโลกรัม)
We_i	น้ำหนักของผู้ประสบภัยที่ต้อง Pick up ของจุด i (กิโลกรัม)
Vol_i	จำนวนของผู้ประสบภัยที่ต้อง Pick up ของจุด i (ราย)
$WeCap_k$	น้ำหนักสูงสุดที่รับได้ของยานพาหนะคันที่ k (กิโลกรัม)
$VolCap_k$	จำนวนที่นั่งสูงสุดของยานพาหนะคันที่ k (ราย)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables)

ตัวแปรตัดสินใจ	ความหมาย
C_{max}	ระยะเวลาสะสมสูงสุดในการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัย
B_{ikt}	เวลาเริ่มดำเนินการอพยพผู้ประสบภัย (Arrival time) ณ จุด i ของยานพาหนะคันที่ k ที่เที่ยวที่ t
Y_{ikt}	น้ำหนักบรรทุกหลังจาก Pick up-Delivery ณ จุด i โดยยานพาหนะคันที่ k ที่เที่ยวที่ t
Z_{ikt}	จำนวนผู้ประสบภัยที่ Pick up มา ณ จุด i โดยยานพาหนะคันที่ k ที่เที่ยวที่ t
X_{ijkt}	มีค่าเป็น 1 เมื่อมีการเดินทางจากจุด i ไปยังจุด j โดยยานพาหนะคันที่ k ที่เที่ยวที่ t และมีค่าเป็น 0 อื่นๆ

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

Minimize

(1)

$$\text{Min } C_{max} = \sum_{i=2}^N \sum_{k=1}^N \sum_{t=1}^T B_{ikt} \cdot WS_i$$

ข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T X_{ijkt} = 1 \quad ; \forall i \in V' \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^N X_{jikt} - \sum_{j=1}^N X_{ijkt} = 0 \quad ; \forall t \in T_k, k \in K, i \in V \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^N X_{1jkt} \leq 1 \quad ; \forall t \in T_k, k \in K \quad (4)$$

$$B_{ikt} + S_i + TT_{ij} \leq B_{jkt} + (1 - X_{ijkt})M \quad ; \forall i \in V, j \in V', t \in T, k \in K \quad (5)$$

$$B_{ikt} + S_i + TT_{i1} \leq B_{1k(t+1)} + (1 - X_{i1kt})M \quad ; \forall i \in V', k \in K, t \in T_k, t \leq |T| - 1 \quad (6)$$

$$B_{1kt} \leq B_{1k(t+1)} \quad ; \forall k \in K, t \in T_k, t \leq |T| - 1 \quad (7)$$

$$\sum_{i=2}^N \sum_{j=1}^N SB_i \cdot X_{ijkt} = Y_{1kt} \quad ; \forall t \in T_k, k \in K \quad (8)$$

$$Y_{ikt} + We_i - SB_i \leq Y_{jkt} + (1 - X_{ijkt})M \quad ; \forall t \in T_k, k \in K, i \in V, j \in V' \quad (9)$$

$$Z_{1kt} = 0 \quad ; \forall t \in T_k, k \in K \quad (10)$$

$$Z_{ikt} + Vol_j \leq Z_{jkt} + (1 - X_{ijkt})M \quad ; \forall t \in T_k, k \in K, i \in V, j \in V' \quad (11)$$

$$0 \leq Y_{ikt} \leq WeCap_k \quad ; t \in T_k, k \in K, i \in V \quad (12)$$

$$0 \leq Z_{ikt} \leq VolCap_k \quad ; t \in T_k, k \in K, i \in V \quad (13)$$

$$X_{ijkt} \in \{0, 1\} \quad ; \forall i, j, k, t \quad (14)$$

สมการเป้าหมาย (1) แสดงวัตถุประสงค์เพื่อการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยให้มีระยะเวลาดำเนินการ ซึ่งการช่วยเหลือผู้ประสบภัยจะหมายถึงทั้งการอพยพและแจกจ่ายถุงยังชีพให้แก่ผู้ประสบภัย โดยพิจารณาเงื่อนไขด้านความเร่งด่วนในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย และพิจารณาประเภทของผู้ประสบภัย ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ได้แก่ สมการที่ (2) แสดงผู้ประสบภัยทุกจุด i ต้องได้รับการบริการ สมการที่ (3) แสดงเงื่อนไขการไหลของ (Flow constraint) สมการที่ (4) แสดงยานพาหนะคันที่ k ที่เที่ยวที่ t เดินทางออกจาก Depot ได้สูงสุด 1 รอบ สมการที่ (5) - สมการที่ (7) แสดงข้อจำกัดเรื่องเวลาเริ่มดำเนินการอพยพผู้ประสบภัย (Arrival time) ของยานพาหนะคันที่ k ในแต่ละเที่ยวที่ t สมการที่ (8) แสดงน้ำหนักรวมของถุงยังชีพที่ Pick up ออกจาก Depot สมการที่ (9) แสดงน้ำหนักบรรทุกทุกของยานพาหนะหลังจาก Pick up - Delivery ในแต่ละจุด สมการที่ (10) แสดงจำนวนผู้ประสบภัยที่ยานพาหนะแต่ละคัน แต่ละเที่ยวบรรทุกออกจาก Depot สมการที่ (11) แสดงจำนวนผู้ประสบภัยของยานพาหนะหลังจาก Pick up - Delivery ในแต่ละจุด สมการที่ (12) แสดงข้อจำกัดเรื่องความจุน้ำหนักของยานพาหนะคันที่ k สมการที่ (13) แสดงข้อจำกัดเรื่องจำนวนที่นั่งของยานพาหนะคันที่ k และสมการที่ (14) แสดง Binary decision variables

2.2 ตัวอย่างและผลลัพธ์จากการตรวจสอบรูปแบบทางคณิตศาสตร์

ในการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562 โดยการช่วยเหลือจะเป็นทั้งการอพยพและแจกจ่ายถุงยังชีพให้แก่ผู้ประสบภัย จะพิจารณาเงื่อนไขด้านความเร่งด่วนในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย และพิจารณาประเภทของผู้ประสบภัย ซึ่งได้ดำเนินการทดสอบรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยใช้การเปรียบเทียบคำตอบจากปัญหาขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถเป็นตัวแทนของปัญหาที่ซับซ้อนดังกล่าว และตรวจสอบความถูกต้อง

ของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น รวมทั้งได้ดำเนินการตรวจสอบผลเฉลย ดังนั้นจึงได้กำหนดข้อมูลนำเข้า (Input Data) ที่ใช้ในการทดสอบคือ จุดช่วยเหลือผู้ประสบภัย 1 จุด แหล่งที่อยู่อาศัยของผู้ประสบภัย (จุด; Node) 5 จุด จำนวนของยานพาหนะ 2 คัน จำนวนเที่ยวของการช่วยเหลือ 2 เที่ยว ซึ่งมีข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ ได้แก่ (1) ค่าน้ำหนัก (Priority) ของจุด i (2) ระยะเวลาในการให้บริการ (Service time) ของจุด i (3) น้ำหนักถุงยังชีพ (Survival Bag) ที่ต้อง Delivery ของจุด i (4) น้ำหนักของผู้ประสบภัยที่ต้อง Pick up ของจุด i (5) จำนวนของผู้ประสบภัยที่ต้อง Pick up ของจุด i ดังตารางที่ 3 (6) ระยะเวลาระหว่างจุด i กับจุด j (ระยะเวลา = ระยะทาง/ความเร็ว) ดังตารางที่ 4 และ (7) น้ำหนักสูงสุดที่รับได้ของยานพาหนะคันที่ k (8) จำนวนที่นั่งสูงสุดของยานพาหนะคันที่ k ดังตารางที่ 5

ซึ่งในการหาค่าผลเฉลยที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562 โดยการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยโปรแกรม LINGO V.16 บนระบบปฏิบัติการ Window 10 โดยการประมวลผลคำตอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพดังนี้ Processor: CPU AMD Ryzen 7 5800H @3.20 GHz. Installed memory (RAM): 16.00 GB System type: 64bit Operating System และผลเฉลยจากการประมวลผลสามารถแสดงดังภาพที่ 3 ซึ่งมีผลการคำนวณของค่าวัตถุประสงค์คือระยะเวลาช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยเท่ากับ 2,292.50 นาที โดยใช้ระยะเวลาในการประมวลผลโดยโปรแกรม LINGO V.16 4 วินาที ซึ่งจากค่าของตัวแปรตัดสินใจ X_{ijkt} ที่แสดงถึงการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยเมื่อมีการเดินทางจากจุด i ไปยังจุด j โดยยานพาหนะคันที่ k เที่ยวที่ t สำหรับปัญหานี้การวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย มีผลเฉลย 4 เส้นทาง ใช้รถบรรทุก 2 คัน คันละ 2 เที่ยว ได้แก่ (1) เส้นทาง 1-4-3-1 รถคันที่ 1 เที่ยวที่ 1 (2) เส้นทาง 1-6-1 รถคันที่ 1 เที่ยวที่ 2 (3) เส้นทาง 1-2-1 รถคันที่ 2 เที่ยวที่ 1 และ (4) เส้นทาง 1-5-1 รถคันที่ 2 เที่ยวที่ 2 โดยผลเฉลยดังกล่าวมีความเป็นเหตุเป็นผลตามความต้องการในการจัดการสาธารณภัยภายใต้เงื่อนไขด้านความเร่งด่วนในการช่วยเหลือผู้ประสบภัยและพิจารณาประเภทของผู้ประสบภัย ในรูปแบบ 6 ระดับความเร่งด่วนที่ได้กำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่ 6 และภาพที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาได้แสดงประสิทธิภาพของการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอเป็นแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed Integer Linear Programing: MILP) เพื่อช่วยในการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562 โดยการช่วยเหลือจะเป็นทั้งการอพยพและแจกจ่ายถุงยังชีพให้แก่ผู้ประสบภัย จะพิจารณาเงื่อนไขด้านความเร่งด่วนในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย และพิจารณาประเภทของผู้ประสบภัย ซึ่งจากการทดลองการแก้ไขปัญหาได้สร้าง ตัวอย่างปัญหาที่มีขนาดแตกต่างกัน รวมทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง โดยปรับค่าจำนวนแหล่งที่อยู่อาศัยของผู้ประสบภัย (จุด; Node) จำนวนของยานพาหนะ จำนวนเที่ยวของการช่วยเหลือ และปรับค่าข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ ได้แก่ (1) ค่าน้ำหนัก (Priority) ของแต่ละจุด (2) ระยะเวลาในการให้บริการ (Service time) ของแต่ละจุด (3) น้ำหนักถุงยังชีพ (Survival Bag) ที่ต้อง Delivery ของแต่ละจุด (4) น้ำหนักของผู้ประสบภัยที่ต้อง Pick up ของแต่ละจุด (5) จำนวนของผู้ประสบภัยที่ต้อง Pick up ของจุด แต่ละจุด (6) ระยะเวลาระหว่างจุดก่อนหน้าและจุดถัดไป และ (7) น้ำหนักสูงสุดที่รับได้ของยานพาหนะแต่ละคัน (8) จำนวนที่นั่งสูงสุดของยานพาหนะแต่ละคัน ซึ่งข้อมูลนำเข้าดังกล่าวอ้างอิงมาจากข้อมูลจริงของกรณีศึกษาข้างต้นโดยผลการทดลองจะแสดงผลเฉลยของระยะเวลาที่ต่ำที่สุดในการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยดังกล่าว และระยะเวลาในการคำนวณ (ประมวลผลจากโปรแกรม LINGO V. 16) ในแต่ละรูปแบบที่นำเสนอ แสดงดังตารางที่ 7 โดยจากการทดสอบประสิทธิภาพของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับ

รูปแบบของกรณีศึกษาในปัจจุบัน ซึ่งดำเนินการโดยอาศัยประสบการณ์ความเชี่ยวชาญของผู้บังคับบัญชาและเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานภาคสนามตามสภาพหน้างาน โดยเลือกไปช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยในพื้นที่เสี่ยงระยะใกล้ก่อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมานี้ให้คำตอบที่ได้เป็นไปตามข้อจำกัดที่กำหนดไว้อย่างครบถ้วน และมีระยะเวลาในการคำนวณสั้นกว่ารูปแบบการดำเนินการที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมาก ส่งผลให้การจัดการสาธารณภัยดังกล่าวมีความรวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น โดยการเปรียบเทียบแสดงในรูปแบบของค่าร้อยละพัฒนาสัมพัทธ์ (Percentage of relative improvement, %RI) ตามสมการที่ (15) โดยจากตารางที่ 7 ค่าร้อยละพัฒนาสัมพัทธ์ในส่วนของระยะเวลาโดยรวมการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเมื่อเทียบกับรูปแบบในปัจจุบัน มีค่าเท่ากับ 2.91%, 7.41%, 4.76%, 13.79%, 21.26%, 24.81%, 4.76%, 7.41%, 5.66%, 15.97%, 22.48% และ 26.47% ตามลำดับ โดยคิดเป็นค่าร้อยละพัฒนาสัมพัทธ์ของผลเฉลี่ยโดยเฉลี่ย 13.14% และค่าร้อยละพัฒนาสัมพัทธ์ในส่วนของระยะเวลาในการคำนวณของในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเมื่อเทียบกับรูปแบบการดำเนินงานในปัจจุบันมีค่าเท่ากับ 99.87%, 99.82%, 99.42%, 98.40%, 94.03%, 91.90%, 99.95%, 99.90%, 99.78%, 98.03%, 93.50% และ 81.23% ตามลำดับ โดยคิดเป็นค่าร้อยละพัฒนาสัมพัทธ์ของระยะเวลาการประมวลผลโดยเฉลี่ย 96.32%

$$RI = \frac{(Sol_{MATH} - Sol_{CUR})}{Sol_{CUR}} \times 100 \quad (15)$$

โดยที่ RI แทนค่าร้อยละการพัฒนาสัมพัทธ์

Sol_{CUR} แทนคำตอบจากรูปแบบการดำเนินงานในปัจจุบัน

Sol_{MATH} แทนคำตอบจากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากแนวโน้มสถานการณ์การเกิดสาธารณภัยจะมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยอุทกภัยเป็นหนึ่งในสาธารณภัยที่ประเทศไทยต้องประสบเป็นประจำทุกปีและก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นอย่างยิ่ง และมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัย โดยเฉพาะการเกิดอุทกภัย ในส่วนการเผชิญเหตุการฉุกเฉินและบรรเทาทุกข์จึงเป็นสิ่งจำเป็นยิ่ง การวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นศึกษาการแก้ไขปัญหาการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562 โดยการช่วยเหลือจะเป็นทั้งการอพยพและแจกจ่ายถุงยังชีพให้แก่ผู้ประสบภัย จะพิจารณาเงื่อนไขด้านความเร่งด่วนในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย และพิจารณาประเภทของผู้ประสบภัย โดยในปัจจุบันการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจะดำเนินการจัดการตามเหตุที่กำลังประสบอยู่ ณ ขณะนั้นๆ ตามข้อมูลเบื้องต้นที่ได้รับ โดยอาศัยประสบการณ์ความเชี่ยวชาญของผู้บังคับบัญชาและเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้การบริหารจัดการดังกล่าวมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสามารถช่วยเหลือผู้ประสบภัยได้อย่างทันท่วงที ผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ในลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางของยานพาหนะที่มีการรับและส่งสินค้า (Vehicle Routing Problem with Mixed Pickup and Delivery: VRPMPD) ในรูปแบบ $1-M-1/P-D/Min C_{max}$ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระยะเวลาการช่วยเหลืออพยพผู้ประสบอุทกภัยสั้นที่สุด จึงได้มีการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) สำหรับแก้ไขปัญหาดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อให้สะดวก และเข้าใจได้ง่ายต่อการนำไปใช้งานของกรณีศึกษา และได้ดำเนินการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบการดำเนินงานในปัจจุบันกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาแล้ว ผลปรากฏว่ารูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพทั้งด้านการพัฒนาคุณภาพของผลเฉลยและระยะเวลาในการคำนวณ (ประมวลผลจากโปรแกรม LINGO. V.16) สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาการวางแผนเส้นทางการช่วยเหลือ

ผู้ประสบอุทกภัยดังกล่าว ซึ่งขณะนี้เป็นการศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาในเบื้องต้น และอยู่ระหว่างการดำเนินการต่อยอด และขยายผลไปยังกลุ่มงานบรรเทาสาธารณภัย นอกจากนั้นยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือเป็นต้นแบบของการช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติอื่น ๆ ในรูปแบบที่ใกล้เคียงได้ ทั้งนี้เพื่อลดระยะเวลาการช่วยเหลือผู้ประสบภัย การจัดสรรทรัพยากรภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ในการช่วยเหลือผู้ประสบภัยให้เกิดประโยชน์สูงสุด อย่างไรก็ตามสำหรับปัญหาการวางแผนเส้นทาง การช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562 ยังต้องมีการคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย อาทิ ระยะเวลาในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย และการอพยพผู้ประสบภัยในแต่ละจุดควรให้มีรถบรรทุกไปรับได้หลายคน (Splitting job กล่าวคือแต่ละจุดรถสามารถไปรับผู้ประสบภัยได้มากกว่า 1 คัน) เพื่อให้การช่วยเหลือเป็นไปอย่างทันที่และสอดคล้องกับสถานการณ์จริง นำไปสู่การแก้ไขปัญหาที่สามารถนำไปใช้กับสถานการณ์จริงได้แบบครอบคลุมในทุกมิติ ดังนั้นในการต่อยอดงานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาเงื่อนไขเพิ่มเติมที่สอดคล้องกับสถานการณ์จริง เพื่อให้การแก้ไขปัญหาดังกล่าวเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และในส่วนวิธีการแก้ไขปัญหาของงานวิจัย ควรประยุกต์ใช้วิธีการทางเมตะฮิวริสติกส์ในการพัฒนาผลเฉลยเพื่อรองรับการขยายขนาดของปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น นำไปสู่การแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิภาพและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ทำให้สามารถลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจากภัยพิบัติให้มากที่สุดและให้การช่วยเหลือแก่ประชาชนโดยเร็วที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ และศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเขต 6 ขอนแก่น กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย และกลุ่มวิจัยการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย ขอนแก่น ประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

1. National Disaster Prevention and Mitigation Committee. National Disaster Prevention and Mitigation Plan: Department of Disaster Prevention and Mitigation Ministry of Interior; 2015. Thai.
2. Statistics of flooding information Disaster Mitigation Center Department of Disaster Prevention and Mitigation. [INTERNET] . 2018 [updated 2015 Jan 2; cited 2021 Jun 9] . Available from: http://direct.disaster.go.th/inner.directing-7.191/cms/menu_4469/4143.1/
3. Floods in Thailand 2011. [INTERNET]. 2021 [updated 2021 2019 Aug 31; cited 2021 Jun 9]. Available from: <https://th.wikipedia.org/wiki/>
4. Flooded areas from Typhoon Podul and Kajiki in 2019. [INTERNET]. 2019 [updated 2019 oct 4; cited 2021 Jan 2]. Available from: <https://tiwrm.hii.or.th/current/2019/PodulKajiki/news.html>
5. Opassanont S. Logistics Management Perspectives on the Flood Crisis. Business Administration Journal. 2011; 132 (Oct-Dec. 2011): 6-9. Thailand. Thai.
6. Shahparvari S, Abbasi B. Robust stochastic vehicle routing and scheduling for bushfire emergency evacuation: An Australian case study. Transportation Research Part A: Policy and Practice. 2017 Oct 1;104:32-49.

7. Yu X, Li C, Yen GG. A knee-guided differential evolution algorithm for unmanned aerial vehicle path planning in disaster management. *Applied Soft Computing*. 2021 Jan 1;98: 106857.
8. Oh BH, Kim K, Choi HL, Hwang I. Integer linear program approach for evacuation of disaster victims with different urgency levels. *IFAC-PapersOnLine*. 2017 Jul 1;50(1):15018-15023.
9. Chang K, Zhou H, Chen G, Chen H. Multiobjective location routing problem considering uncertain data after disasters. *Discrete Dynamics in Nature and Society*. 2017 Mar 23;2017.
10. Guide of Disaster Machinery for Executives Disaster Prevention Measures Division. Department of Disaster Prevention and Mitigation Ministry of Interior, 2018. Thai.

ตารางที่ 1 ประเด็นความแตกต่างในการจัดการโลจิสติกส์ในภาคธุรกิจโดยทั่วไปและกรณีภัยพิบัติ

ประเด็นความแตกต่าง	ภาคธุรกิจ	กรณีภัยพิบัติ
ประเภท	วัตถุดิบ สินค้า ผลิตภัณฑ์	สิ่งของบริจาค คน
จำนวน SKU	น้อย	มาก
ขนาดของสินค้าและบรรจุภัณฑ์	ขนาดมาตรฐาน	ขนาดหลากหลายแตกต่างกัน
วัตถุประสงค์การจัดการ	สร้างผลกำไร	บรรเทาทุกข์และลดการสูญเสีย
ระดับความไม่แน่นอนของอุปสงค์	ปานกลาง-สูง (ขึ้นกับประเภทสินค้า)	สูง
ตำแหน่งของอุปสงค์ (ลูกค้า)	ค่อนข้างแน่นอน	ไม่แน่นอน
กลยุทธ์ที่เหมาะสม	Lean/Agile	Agile

(ที่มา: สถาพร, 2554 [5])

ตารางที่ 2 เครื่องจักรกลสาธารณภัยที่ใช้ในการจัดการสาธารณภัย

1. รถตรวจการสมรรถนะสูง ขับเคลื่อน 4 ล้อ (High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle) 	- รถยนต์ตรวจการสมรรถนะสูงแบบขับเคลื่อนทุกล้อ (4x4) สามารถออกตรวจสอบพื้นที่ที่ประสบภัย และเข้าช่วยเหลือ ผู้ประสบภัย ในกรณีฉุกเฉินเบื้องต้นได้ในทุกสภาพพื้นที่	- เครื่องยนต์: ดีเซล - กำลัง: 171 แรงม้า - ความจุถังน้ำมัน: 76 ลิตร - น้ำหนักรวม: 2,220 กิโลกรัม - มิติรถ: กว้าง 1,852 x ยาว 5,191 x สูง 1,888 มิลลิเมตร - ความจุในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย 6 ราย พร้อมสัมภาระ
2. รถปฏิบัติการเคลื่อนย้ายผู้ประสบภัยพร้อมอุปกรณ์ (Rescue Truck with Crane) 	- รถปฏิบัติการเคลื่อนย้ายผู้ประสบภัยแบบขับเคลื่อนทุกล้อ (4x4) ใช้สำหรับลำเลียงผู้ประสบภัยได้มากกว่า 12 คน พร้อมสัมภาระ ยกสิ่งของหรือใช้ลากจูง ติดตั้งเครนทำงานด้วยระบบไฮดรอลิก ขนาด 7.2 ตัน-เมตร สามารถลุยน้ำท่วมได้ 50 เซนติเมตร	- เครื่องยนต์: ดีเซล - กำลัง: 240 แรงม้า - ความจุถังน้ำมัน: 200 ลิตร - น้ำหนักรวม: 12,200 กิโลกรัม - มิติรถ: กว้าง 2,490 x ยาว 7,350 x สูง 3,150 มิลลิเมตร - ความจุในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย 12 ราย พร้อมสัมภาระ

ตารางที่ 2 เครื่องจักรกลสาธารณภัยที่ใช้ในการจัดการสาธารณภัย (ต่อ)

เครื่องจักรกลสาธารณภัย ที่ใช้ในการจัดการสาธารณภัย	คุณสมบัติเครื่องจักรกลสาธารณภัย	รายละเอียด
3. รถกู้ภัยเคลื่อนที่เร็ว (Small Rescue Vehicle)	- รถเคลื่อนที่เร็วพร้อมอุปกรณ์กู้ภัย - ออกแบบใหม่สามารถใช้งานได้ทั้งการดับเพลิง การกู้ภัย และการช่วยเหลือผู้ประสบภัย ในกรณีฉุกเฉินเบื้องต้น - สามารถขับเคลื่อนอย่างรวดเร็วได้ในทุกสภาพพื้นที่ พร้อมมีตู้เก็บอุปกรณ์สำหรับติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับปฏิบัติงานกรณีฉุกเฉิน มีอุปกรณ์ช่วยเหลือกู้ภัย บรรเทาสาธารณภัยและดับเพลิงครบถ้วน	- เครื่องยนต์: ดีเซล - กำลัง: 144 แรงม้า - ความจุถังน้ำมัน: 76 ลิตร - น้ำหนักรวม: 2,750 กิโลกรัม - มิติรถ: กว้าง 1,835 x ยาว 5,235 x สูง 2,640 มิลลิเมตร - ความจุในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย 6 ราย พร้อมสัมภาระ



(ที่มา: [10] คู่มือเครื่องจักรกลสาธารณภัยสำหรับผู้บริหาร กองมาตรการป้องกันสาธารณภัย กรมป้องกันบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย, 2561)

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับดัชนีของผู้ประสบภัยจุด i

พารามิเตอร์	ผู้ประสบภัยจุด i	1	2	3	4	5	6
ค่าน้ำหนัก (Priority) ของจุด i (WS_i)		0	30	3	20	2	10
ระยะเวลาในการให้บริการ (Service time) ของจุด i (S_i)		0	2	2	1.5	1.5	6
น้ำหนักถุงยังชีพ (Survival Bag) ที่ต้อง Delivery ของจุด i (SB_i)		0	300	400	150	200	300
น้ำหนักของผู้ประสบภัยที่ต้อง Pick up ของจุด i (We_i)		0	400	400	300	300	1200
จำนวนของผู้ประสบภัยที่ต้อง Pick up ของจุด i (Vol_i)		0	4	4	3	3	12

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับดัชนีของผู้ประสบภัยจุด i, j ซึ่งเป็นระยะเวลาระหว่างจุด i กับจุด j (TT_{ij}) (ระยะเวลา = ระยะทาง/ความเร็วของรถโดยเฉลี่ย)

ผู้ประสบภัยจุด i	ผู้ประสบภัยจุด j	1	2	3	4	5	6
1		0	27	22	24	39	15
2		27	0	37	23	15	18
3		22	37	0	7	33	17
4		24	23	7	0	6	30
5		39	15	33	6	0	13
6		15	18	18	30	13	0

ตารางที่ 5 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับดัชนีของยานพาหนะคันที่ k

พารามิเตอร์	ยานพาหนะคันที่ k	1	2
น้ำหนักสูงสุดที่รับได้ของยานพาหนะคันที่ k ($WeCap_k$)		2000	2000
จำนวนที่นั่งสูงสุดของยานพาหนะคันที่ k ($VolCap_k$)		12	12

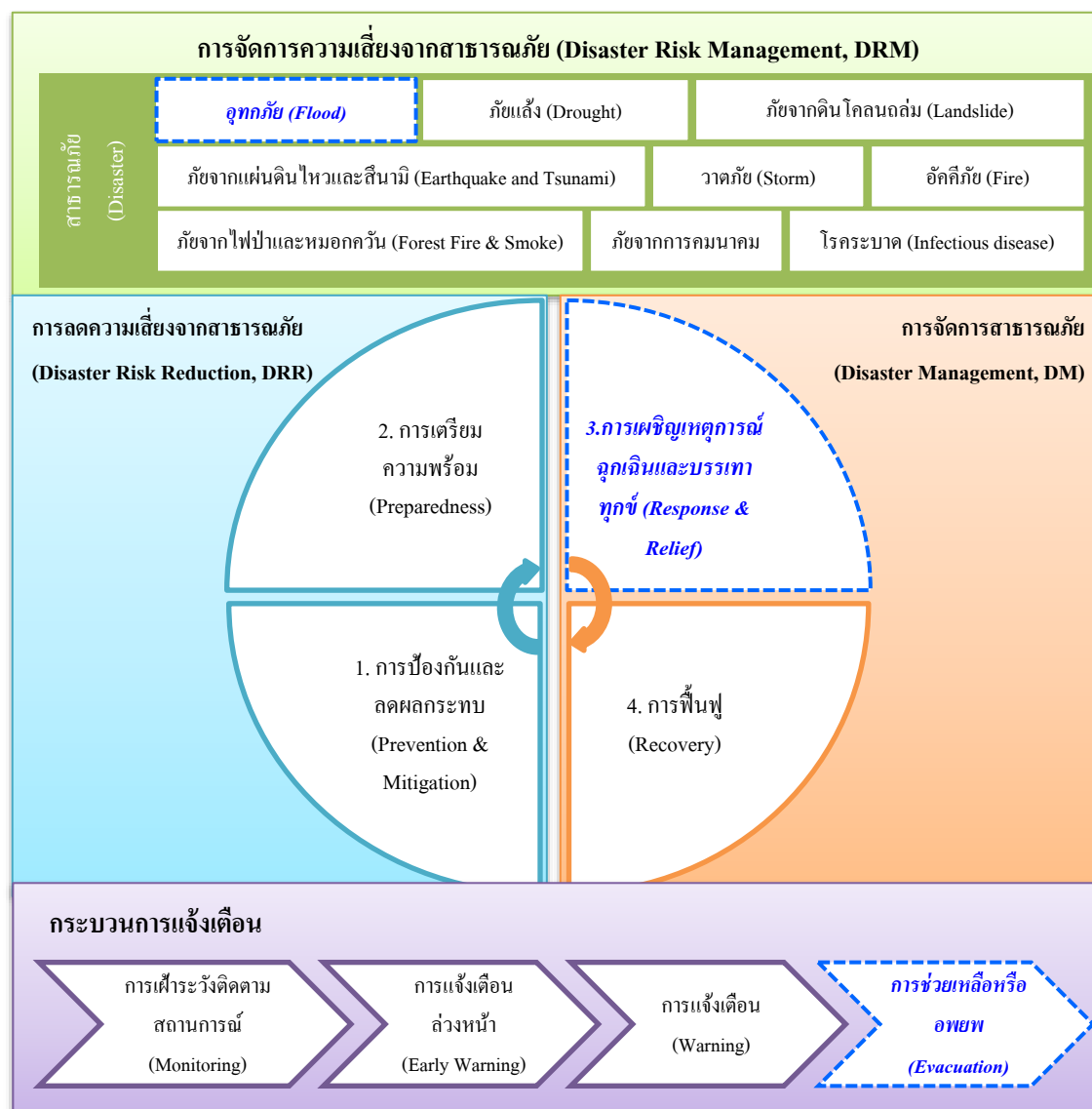
ตารางที่ 6 ผลเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาตัวอย่างจากโปรแกรม LINGO V.16 ในปัญหาการวางแผนเส้นทางช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562

การวางแผนเส้นทางช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย	ดัชนี				X_{ijk}	SB_i (-)	We_i (+)	Y_{ikt}	Vol_i	Z_{ikt}	B_{ikt}	WS_i	ระยะเวลาโดยรวม (นาที)	ระยะเวลาในการคำนวณ (วินาที)
	i	j	k	t										
1-4-3-1	1	4	1	1	1	-	-	550	-	-				
รถคันที่ 1 เกี่ยวที่ 1	4	3	1	1	1	150	300	700	3	3	24.0	20.0		
	3	1	1	1	1	400	400	700	4	7	32.5	3.0		
1-6-1	1	6	1	2	1	-	-	300	-	-				
รถคันที่ 1 เกี่ยวที่ 2	6	1	1	2	1	300	1200	2000	12	12	71.5	10.0	2,292.50	4
1-2-1	1	2	2	1	1	-	-	300	-	-				
รถคันที่ 2 เกี่ยวที่ 1	2	1	2	1	1	300	400	1000	4	6	27.0	30.0		
1-5-1	1	5	2	2	1	-	-	200	-	-				
รถคันที่ 2 เกี่ยวที่ 2	5	1	2	2	1	200	300	1000	3	6	95.0	2.0		

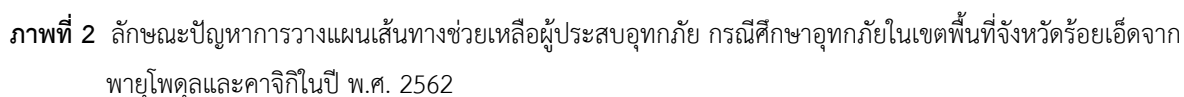
ตารางที่ 7 การทดสอบประสิทธิภาพของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้นำเสนอเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการดำเนินงานในปัจจุบันโดยใช้ค่าร้อยละการพัฒนาสัมพัทธ์ โดยแสดงผลเฉลี่ยของระยะเวลาในการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย และระยะเวลาในการคำนวณในแต่ละรูปแบบของปัญหาการวางแผนเส้นทางช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562

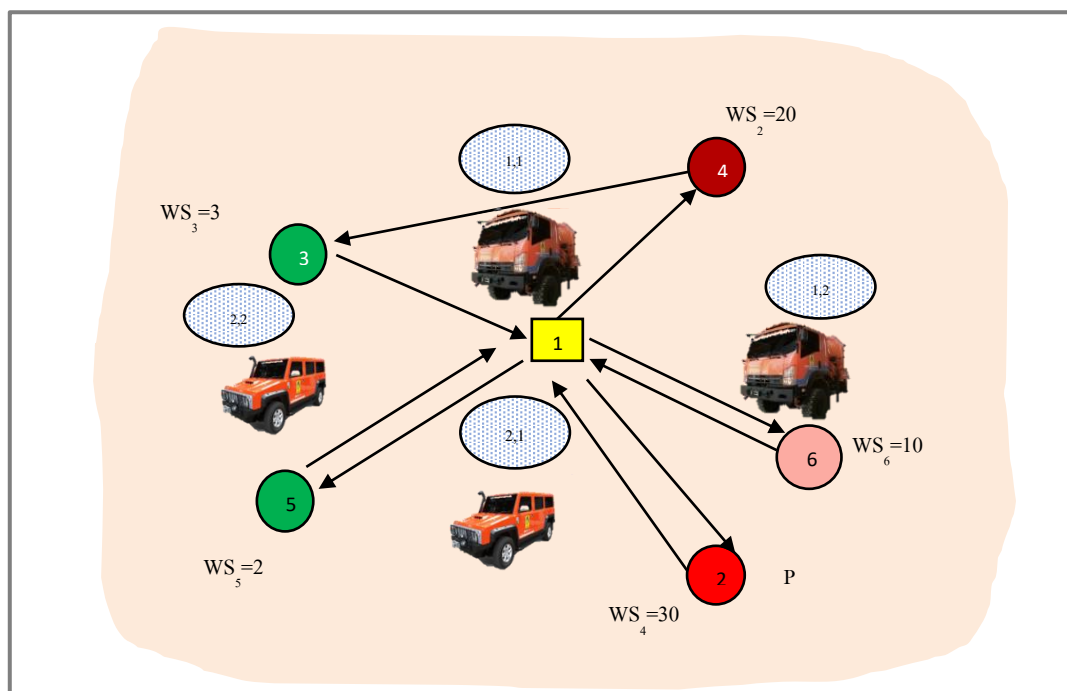
ปัญหา	ปัญหา				รูปแบบการดำเนินงานในปัจจุบัน		รูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น		ร้อยละของการพัฒนาสัมพัทธ์	
	WS_i (ระดับ)	i, j	k	t	ระยะเวลา รวม* (วินาที)	ระยะเวลาในการคำนวณ* (นาที)	ระยะเวลา รวม (วินาที)	ระยะเวลาในการคำนวณ (วินาที)	ระยะเวลารวม เร็วขึ้น (วินาที)	ระยะเวลาในการคำนวณ (วินาที)
1	2	6	2	3	3,281.07	3,600.00	3,185.50	4.66	2.91%	99.87%
2	2	7	2	3	2,629.80	3,600.00	2,435.00	6.65	7.41%	99.82%
3	2	8	2	3	6,527.85	3,600.00	6,217.00	20.86	4.76%	99.42%
4	2	9	2	3	7,408.34	7,200.00	6,386.50	115.56	13.79%	98.40%
5	2	10	2	3	12,110.09	7,200.00	9,535.50	429.49	21.26%	94.03%
6	2	11	2	3	12,950.88	9,000.00	9,737.50	729.07	24.81%	91.90%
7	6	6	2	3	2,407.13	7,200.00	2,292.50	3.40	4.76%	99.95%
8	6	7	2	3	2,629.80	7,200.00	2,435.00	7.02	7.41%	99.90%
9	6	8	2	3	4,453.06	7,200.00	4,201.00	16.17	5.66%	99.78%
10	6	9	2	3	5,327.63	9,000.00	4,477.00	177.40	15.97%	98.03%
11	6	10	2	3	9,600.83	9,000.00	7,442.50	584.96	22.48%	93.50%
12	6	11	2	3	10,979.96	10,800.00	8,073.50	2,026.81	26.47%	81.23%
ค่าเฉลี่ย									13.14%	96.32%

หมายเหตุ * ระยะเวลาในการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย และระยะเวลาในการคำนวณของรูปแบบการดำเนินงานในปัจจุบันอ้างอิงมาจากการสัมภาษณ์ของหัวหน้าฝ่ายเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการของกรณีศึกษา



ภาพที่ 1 การจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัย
(ที่มา: กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย, 2558)





ภาพที่ 4 ผลเฉลยตัวอย่างปัญหาการวางแผนเส้นทางช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย กรณีศึกษาอุทกภัยในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ดจากพายุโพดุลและคาจิกิในปี พ.ศ. 2562