



การประชุมวิชาการ วิศวกรรมแหล่งน้ำ แห่งชาติครั้งที่ 8

“การบริหารจัดการน้ำภายใต้ความเสี่ยง
และความไม่แน่นอน”

Full Paper Proceedings

26 พฤศจิกายน 2021

Online Conference

เอกสารประกอบการประชุมฉบับเต็ม (Full Paper Proceedings)

การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 8
และการประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำระดับนานาชาติ ครั้งที่ 5
The 8th National Conference on Water Resources Engineering &
The 5th International Conference on Water Resources Engineering

การบริหารจัดการน้ำภายใต้ความเสี่ยงและความไม่แน่นอน
Water Resources Management under Risk and Uncertainty

26 พฤศจิกายน 2564

จัดประชุมวิชาการโดย

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์
วิทยาลัยการชลประทาน





สารบัญ

	หน้า
สาส์นจากคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	4
สาส์นจากนายกสมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์	5
สาส์นจากผู้อำนวยการวิทยาลัยการชลประทาน	6
สาส์นจากนายกวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์	7
สาส์นจากอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์	8
หน่วยงานที่ให้การสนับสนุน การจัดการประชุมวิชาการแหล่งน้ำแห่งชาติครั้งที่ 8 และการประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมแหล่งน้ำ ครั้งที่ 5	9
รายนามคณะกรรมการจัดงานประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 8 และการประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำระดับนานาชาติ ครั้งที่ 5	10
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย	13
กำหนดการประชุมวิชาการแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 8 และการประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำระดับนานาชาติครั้งที่ 5	15
รายชื่อบทความที่ได้รับคัดเลือกตีพิมพ์ลงในวารสาร	17
บทความ การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ	18
WM4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำประแสร์ เสวลักษณ์ พุ่มอุสิต และไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์	19
WM22 ผลผลิตของน้ำโครงการชลประทานในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน เพ็ญพิชชา จันทร์มัต, มณฑิรา คงคล้าย, ศุภกฤต พงษ์ภักดิ์ และบัญชา ขวัญยืน	28
บทความ อุตุ-อุทกวิทยา และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	42
CC4 การประเมินแนวทางการคาดการณ์ปริมาณฝนรายฤดูกาลในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยวิธีการทางสถิติร่วมกับดัชนีภูมิอากาศโลก ฤทธิศักดิ์ สกุลแก้ว, นภัสสร รัตนพันธ์ และเกศวรา สิทธิโชค	43
บทความ วิศวกรรมชลศาสตร์	53
HE3 การศึกษาผลกระทบของการขนส่งทางน้ำต่อสภาพชลศาสตร์ในแม่น้ำป่าสัก บริเวณอำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปกรณ์ สุริยะมล และสมฤทัย ทะสะดวง	54



สารบัญ

		หน้า
บทความ วิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล		63
WS0	การศึกษาผลกระทบทางสายตาและแนวทางการจัดการสภาพแวดล้อมภูมิทัศน์ กรณีศึกษา การก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำโครงการปรับปรุงกิจการประปาแผนหลักครั้งที่ 9 กาญจน์ เพ็ญพิช	64
WS2	ผลกระทบของการแพร่ระบาดของโควิด-19 ต่อความต้องการน้ำประปาในจังหวัดภูเก็ต ชรยศ สุรสราญวงศ์, แพรวา จาววงศ์สันต์, จิรเมธ ช่างคล่อม และอดิษฐ์ พรพรหมินทร์	73
บทความ ความเสี่ยงและภัยพิบัติ		83
RD2	การจำลองขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมบริเวณจังหวัดอุบลราชธานี ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS 2 มิติ สุภาพร ทองเต็ม และไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์	84
RD4	การพัฒนาระบบติดตามภัยแล้งด้วยดัชนีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสำหรับประเทศไทย ทิวา โลลูพิมาน, Kay Khaing Kyaw, ณรงค์ฤทธิ์ เหลืองดิลก และปิยมาลัย ศรีสมพร	93
RD5	การประเมินพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและแนวทางการแก้ปัญหาพื้นที่น้ำท่วมในลุ่มน้ำมูลตอนบน ปรียาพร โกษา และธนัช สุขวิมลเสรี	102
RD8	ระบบประเมินความเสียหายภาคเกษตรจากความเสียหายอุทกภัย พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์, ธวัชชัย ดิงสัญชลิ, อิลยาส มามะ และSouliya Keola	113
RD9	การทดลองผลกระทบของเม็ดแห้งที่ไหลผ่านฝายชะลอน้ำแบบเปิด ทศพล พุ่งฝนภูมิ, เอกรินทร์ สุดใจ และสุริยาวัชร ประอ้าย	122



สารบัญ

	หน้า	
บทความ การจัดการคุณภาพน้ำและระบบนิเวศ	131	
WQ0	การศึกษาพฤติกรรมความเค็มรุกตัวในแม่น้ำเจ้าพระยา ณ วันที่ 27-28 ก.พ. 64 และ 7-8 มี.ค. 64 ธีรพล เจริญสุข, ศชาภรณ์ เจตนาวิชัย, ณรงค์ฤทธิ์ เหลืองดิลก, วาทิน ธนาธารพร Kay Khaing Kyaw, ทิชา โลลูพิมาน, อภิมุข มุขตารี, ปิยมาลัย ศรีสมพร, ธนัสพงษ์ โภควนิช และสุรเจตส์ บุญญาอรุณเนตร	132
บทความ เทคโนโลยีสมัยใหม่และการตัดสินใจ	142	
ED1	ระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบลอยน้ำสำหรับแหล่งน้ำในระดับชุมชน ชวิน กันยาวรักษ์, สุรเจตส์ บุญญาอรุณเนตร และสุทัศน์ วิสกุล	143
ED2	เรือสำรวจอัตโนมัติตรวจวัดแบบหลายความถี่แบนกว้างเพื่อสำรวจภูมิประเทศแบบเคลื่อนที่ อำนาจ สมภาร และพงษ์ศักดิ์ จินดาศรี	152



สาส์นจากคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 8 และการประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมแหล่งน้ำ ครั้งที่ 5 ภายใต้หัวข้อ เรื่อง “การบริหารจัดการน้ำภายใต้ความเสี่ยงและความไม่แน่นอน (Water management under risk and uncertainty)” เป็นการประชุมวิชาการซึ่งจัดขึ้นโดยความร่วมมือระหว่างวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาลัยการชลประทาน กรมชลประทาน และสมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อเปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ข้อมูล และทัศนะ ระหว่างนักวิชาการจากหลากหลายหน่วยงานในการแก้ไขปัญหาที่มีอยู่ในปัจจุบัน และพัฒนาแนวทางการดำเนินงานที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทยต่อไป

ผมในฐานะประธานคณะกรรมการจัดงานมีความรู้สึกเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ได้จัดการประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 8 และการประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมแหล่งน้ำ ครั้งที่ 5 ในครั้งนี้ผมขอขอบคุณคณะกรรมการจัดงานทุกท่าน ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ รวมถึงภาครัฐและภาคเอกชนที่ให้การสนับสนุน การดำเนินการ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าทุกท่านจะได้รับประโยชน์จากการประชุมวิชาการในครั้งนี้

รศ.ดร.เชาวน์ อินทร์ประสิทธิ์

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



สารจากนายกสมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์

การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ถือเป็นเวทีสำคัญระดับชาติ อีกเวทีหนึ่งที่เปิดโอกาสให้นักวิชาการ นักวิจัย อาจารย์และบุคลากรทางการศึกษา นิสิตนักศึกษา รวมทั้งวิศวกรจากหลากหลายองค์กร ได้แสดงศักยภาพของตนผ่านทางการนำเสนอผลงาน ที่ได้ผ่านการตรวจคัดกรองคุณภาพ จากผู้ทรงคุณวุฒิ ในฐานะที่สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นองค์กรที่มีวัตถุประสงค์ในการเป็นศูนย์กลาง แห่งความสัมพันธ์ของบรรดาสมาชิก ส่งเสริมการศึกษาและเผยแพร่วิทยาการ จึงมีความยินดี และขอขอบคุณคณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และวิทยาลัยการชลประทาน กรมชลประทาน สถาบันสมทบ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ร่วมเป็นเจ้าภาพการจัดประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 8 นี้

วิศวกรรมชลประทานและทรัพยากรน้ำเป็นพื้นฐานของทุกสรรพสิ่ง โดยเฉพาะ การขับเคลื่อนเศรษฐกิจทั้งภาคเกษตรและอุตสาหกรรม แต่อย่างไรก็ตาม จากสถานการณ์ความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้น การปรับเปลี่ยนบริบทของสังคม จากสังคมเกษตรกรรมไปสู่สังคมอุตสาหกรรม การเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศ ความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยและภัยแล้ง ทำให้การบริหารจัดการน้ำของประเทศไทยตกอยู่ภายใต้ความเสี่ยงและความไม่แน่นอน ดังนั้นวิทยาการด้านการชลประทานและทรัพยากรน้ำ จึงกลายเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะทำให้การบริหารจัดการน้ำมีประสิทธิภาพ เหมาะสม และเป็นธรรม

ในนามของสมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมวิชาการในครั้งนี้ จะสัมฤทธิ์ผลตามวัตถุประสงค์ และสามารถสร้าง ความเข้มแข็งให้กับเครือข่ายวิทยาการด้านการชลประทาน และทรัพยากรน้ำ เพื่อประโยชน์ต่อประเทศไทยสืบไป

ดร.ทองเปลว กองจันทร์

ปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

นายกสมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์



สาส์นจากผู้อำนวยการวิทยาลัยการชลประทาน

วิทยาลัยการชลประทาน กรมชลประทาน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ก้าวสู่ปีที่ 84 ที่ยึดมั่นต่อปณิธานในการสร้างและผลิตทรัพยากรบุคคลให้มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมชลประทานและน้ำ ดังนั้น การได้เป็นส่วนหนึ่งของการประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติครั้งที่ 8 ถือเป็นโอกาสอันดียิ่งในการสร้างความร่วมมือด้านวิชาการระหว่างนักวิชาการ นักวิจัย นิสิตนักศึกษา อาจารย์และบุคลากรทางการศึกษาที่เป็นเครือข่ายคุณภาพในแวดวงทรัพยากรน้ำทั้งระดับประเทศและนานาชาติ ซึ่งนอกจากจะได้เผยแพร่ผลงานวิชาการที่ได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว ยังได้แลกเปลี่ยนความรู้ประสบการณ์ใหม่ที่ทันสมัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคที่การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทยยังคงเผชิญกับความเสี่ยงและความไม่แน่นอนอันเนื่องมาจากหลายปัจจัยหมายรวมถึง การเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศด้วย จึงต้องอาศัยความรู้ทางวิชาการควบคู่ไปกับประสบการณ์เชิงปฏิบัติ เทคโนโลยีที่ทันสมัยและทันสมัยต่อการตัดสินใจในสภาวะก่อนเผชิญเหตุ ระหว่างเผชิญเหตุ และหลักเผชิญเหตุ

วิทยาลัยการชลประทาน ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ได้เปิดโอกาสให้วิทยาลัยการชลประทานเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการประชุมวิชาการครั้งนี้ และยินดีที่จะร่วมมือด้านวิชาการในโอกาสต่อไป

นายชัยยะ พึ่งโพธิ์สภ

ผู้อำนวยการวิทยาลัยการชลประทาน



สาส์นจาก นายกวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

น้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะมนุษย์ ซึ่งใช้ประโยชน์จากน้ำในชีวิตประจำวัน ทั้งทางตรงและทางอ้อม สำหรับการอุปโภคและบริโภค ภาคการเกษตร อุตสาหกรรม รวมทั้งภาคคมนาคมการขนส่ง เป็นต้น และถึงแม้ว่าจะเป็นที่พยายากรที่ไม่หมดไปจากโลกแต่ในหลายประเทศรวมทั้งประเทศไทยต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศซึ่งก่อให้เกิดอุทกภัย และภัยแล้ง รวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นซึ่งมีหลายปัจจัยที่ส่งผลก่อให้เกิดความเสียหาย ทั้งจากธรรมชาติที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ หรือปัจจัยที่เกิดจากการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและทรัพยากรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกันมนุษย์หากไม่มีแนวทางการบริหารจัดการที่เหมาะสม

ในการนี้วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ร่วมกับสถาบันการศึกษา หน่วยงานภาครัฐ เอกชน จัดประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 8 และการประชุมวิชาการนานาชาติ วิศวกรรมแหล่งน้ำ ครั้งที่ 5 ภายใต้หัวข้อ เรื่อง “การบริหารจัดการน้ำภายใต้ความเสี่ยงและความไม่แน่นอน (Water management under risk and uncertainty)” เพื่อเป็นเวทีในการแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ระหว่าง นักวิชาการ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา และผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องในงานวิศวกรรมแหล่งน้ำ ทั้งภาครัฐและเอกชนทั่วประเทศได้พบปะแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประสบการณ์ด้านงานวิจัย ความเชี่ยวชาญในวิชาชีพ และเกิดการถ่ายโอนเทคโนโลยีทันสมัย

การประชุมวิชาการครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ผมถือโอกาสนี้ขอขอบคุณคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาลัยการชลประทาน และสมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์ และคณะกรรมการกลางจัดงานทุกฝ่าย ที่ได้อุทิศเวลาผลักดันให้การประชุมวิชาการฯ ครั้งนี้ให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ รวมถึงภาครัฐและเอกชนที่ให้การสนับสนุนการจัดงานในครั้งนี้จนเกิดผลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาวงการวิชาชีพทางด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำให้เจริญก้าวหน้าและเป็นประโยชน์ต่อสังคมต่อไป

ดร.ธเนศ วีระศิริ

นายก วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์



สาส์นจากอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ได้จัดตั้งขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อดำเนินการทางด้านวิชาการให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ และข้อบังคับของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) โดยมุ่งเน้นการพัฒนา ส่งเสริม และสนับสนุนทางด้านวิชาชีพวิศวกรรมแหล่งน้ำ เพื่อจรรโลงวิชาชีพวิศวกรรมไทยให้เจริญก้าวหน้ายิ่งขึ้นไป

คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ประจำปี พ.ศ.2564 นั้นเป็นคณะอนุกรรมการที่มีวาระการดำเนินงาน 1 ปี โดยมีนโยบายและแผนปฏิบัติการการดำเนินงานของคณะอนุกรรมการฯ มุ่งเน้นงานด้านวิชาการเป็นหลักการประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 8 และการประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมแหล่งน้ำ ครั้งที่ 5 ภายใต้หัวข้อ เรื่อง “การบริหารจัดการน้ำภายใต้ความเสี่ยงและความไม่แน่นอน (Water management under risk and uncertainty)” ซึ่งการประชุมครั้งนี้ประกอบไปด้วยนักวิชาการทั้งในและต่างประเทศ ผู้ปฏิบัติงานในด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ รวมทั้งนิสิต นักศึกษา ที่มาแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ รวมถึงการนำเสนอวิจัยต่าง ๆ อันจะทำให้เกิดประโยชน์แก่บุคคลที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งผู้สนใจในเรื่องแหล่งน้ำ ซึ่งการจัดการประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำฯ นั้นจะมีขึ้นมิได้หากขาดความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้องทุก ๆ ฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นที่ปรึกษาและอนุกรรมการทุก ๆ ท่าน ในคณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ประจำปี พ.ศ.2564 คณะกรรมการกลางจัดงานการประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 8 และการประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมแหล่งน้ำ ครั้งที่ 5 คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาลัยการชลประทาน และสมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์ หน่วยงานภาครัฐและเอกชน บริษัทต่าง ๆ ที่ได้ให้การสนับสนุนทั้งด้านงบประมาณ การประสานงานและด้านอื่น ๆ เพื่อให้การจัดประชุมวิชาการฯ ในครั้งนี้สามารถดำเนินการได้ สุดท้ายนี้ผมขอขอบคุณทุก ๆ ฝ่ายที่เกี่ยวข้องที่ได้ให้การสนับสนุนให้การดำเนินงานของคณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ประจำปี พ.ศ.2564 และคณะกรรมการจัดงานประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 8 และประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมแหล่งน้ำ ครั้งที่ 5 เป็นไปด้วยความราบรื่น และผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผู้ที่ได้เข้าร่วมประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำฯ ในครั้งนี้จะได้รับประโยชน์สมตามความมุ่งหวังทุกประการ

ดร.เกษม ปิ่นทอง

ประธานคณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์



หน่วยงานที่ให้การสนับสนุน การจัดการประชุมวิชาการแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 8
และการประชุมวิชาการแหล่งน้ำระดับนานาชาติ ครั้งที่ 5

1. องค์การจัดการน้ำเสีย
2. บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)
3. กรมทรัพยากรน้ำ
4. การประปานครหลวง
5. วิทยาลัยการชลประทาน
6. สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์
7. โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาดอนเจดีย์ สำนักงานชลประทานที่ 12
8. สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) (สสน.)
9. บริษัท จัดการและพัฒนาทรัพยากรน้ำภาคตะวันออก จำกัด (มหาชน)
10. บริษัท เซเว่น ยูทิลิตี้ส์ แอนด์ พาวเวอร์ จำกัด (มหาชน)
11. บริษัท เอช ทู โอ คอนซัลท์ จำกัด
12. บริษัท คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด (COT)





คณะกรรมการจัดงานประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 8
และ คณะกรรมการจัดงานประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำนานาชาติ ครั้งที่ 5 ประจำปี 2564

ที่ปรึกษา

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. ดร.ทองเปลว กองจันทร์ | ปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์/นายกสมาคมศิษย์เก่า
วิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์ |
| 2. ดร.สมเกียรติ ประจำวงษ์ | เลขาธิการสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ |
| 3. นายภาดล ถาวรฤชรัตน์ | อธิบดีกรมทรัพยากรน้ำ |
| 4. นายศักดิ์ดา วิเชียรศิลป์ | อธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล |
| 5. ดร.สุรสีห์ กิตติมณฑล | อธิบดีกรมฝนหลวงและการเกษตร |
| 6. นายประพิศ จันทร์มา | อธิบดีกรมชลประทาน |
| 7. ดร.ทวีศักดิ์ ธนเดโชพล | รองอธิบดีกรมชลประทาน |
| 8. รศ.ดร.สมิตร ส่งพิริยะกิจ | ประธานคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา วสท. |
| 9. นายชลิต ดำรงค์ศักดิ์ | นายกสมาคมนักอุทกวิทยาไทย |
| 10. นายจรงค์ วัชรินทร์รัตน์ | อธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 11. รศ.น.สพ.ดร.อนุชัย ภิญโญภูมิมนตรี | รองอธิการบดีวิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 12. รศ.ดร.เจษฎา แก้วกล้า | คณะอนุกรรมการอำนวยการด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ กนช. |
| 13. ศ.ดร.สุวัฒน์ จิตตลดากร | ที่ปรึกษาคณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วสท. |
| 14. รศ.ดร.สุจิต คุณธนกุลวงศ์ | คณะอนุกรรมการด้านลดความเหลื่อมล้ำและความจุนในเรื่องการจัดการ
ทรัพยากรน้ำและที่ดินวุฒิสภา |
| 15. รศ.ดร.บัญชา ขวัญยืน | คณะอนุกรรมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำรายภาคในพื้นที่ภาคกลาง |
| 16. นายสาธิต มณีผาย | ประธานอนุกรรมการวิชาการ สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน |
| 17. ดร.วัชระ เสือดี | ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิศวกรรมชลประทาน (ด้านบำรุงรักษา) |

ประธานคณะกรรมการ

- | | | |
|--------------------------------|---|------------------|
| 1. รศ.ดร.เชาว์ อินทร์ประสิทธิ์ | คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน | ประธาน |
| | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | |
| 2. ดร.เกษม ปิ่นทอง | ประธานคณะอนุกรรมการ
สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วสท. | รองประธานคนที่ 1 |
| 3. ผศ.ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์ | หน้าภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | รองประธานคนที่ 2 |



คณะกรรมการฝ่ายวิชาการและการจัดทำ Proceedings

1. รศ.ดร.เอกสิทธิ์ โสสิตสกุลชัย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ประธาน
2. ผศ.ดร.วิษุวัตม์กั แต่สมบัติ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	รองประธาน
3. รศ.ดร.พัชรศักดิ์ อาลัย	รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม	กรรมการ
4. รศ.ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
5. รศ.ดร.อารียา ฤทธิมา	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	กรรมการ
6. รศ.ดร.ธนพร สุปรียศิลป์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
7. รศ.ดร.จรงค์พันธ์ มุสิกวงค์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
8. ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พาณิชย์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	กรรมการ
9. ผศ.ดร.ไพยม สราภิรมย์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
10. ผศ.ดร.สุภัทรา วิเศษศรี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
11. ผศ.ดร.ปกรณ ดิษฐกิจ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	กรรมการ
12. ผศ.ดร.สิตางค์ พิลัยหล้า	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
13. ดร.จตุเทพ วงษ์เพ็ชร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
14. ศ.ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง	คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วสท.	กรรมการ
15. นาวาเอก ดร.พินัย จินชัย	คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วสท.	กรรมการ
16. รศ.ดร.สนธิ วงษา	คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วสท.	กรรมการ
17. ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์	คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วสท.	กรรมการ
18. ดร.สุรเจตส์ บุญญาอรุณเนตร	คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วสท.	กรรมการ
19. ผศ.ดร.นิธิรัชต์ สงวนเดือน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ และเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายพิธีการและต้อนรับ

1. ผศ.ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์	หน้าภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ประธาน
2. ผศ.นิมิตร เติตฉันทพิพัฒน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
3. ดร.เกศวรา สิทธิโชค	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
4. นายรส สุบสการ	วิทยาลัยการชลประทาน	กรรมการ
5. นางสาวอนัญญา ตั้งเศรณี	วิทยาลัยการชลประทาน	กรรมการ
6. ดร.ธนัสพงษ์ โภควณิช	คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วสท.	กรรมการ
7. ดร.สมชาย ชนวัฒน์มา	คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วสท.	กรรมการ
8. ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ และเลขานุการ

**คณะกรรมการฝ่ายจัดหารายได้**

1. นายชัยยะ พิงค์โพธิ์สภ	ผู้อำนวยการ วิทยาลัยชลประทาน	ประธาน
2. รศ.ดร.สมชาย ดอนเจดีย์	รองคณบดีฝ่ายบริหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
3. ดร.ทรงศักดิ์ ภัทรารูตมิชัย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
4. ดร.นพดล คุ้มสุวรรณ	วิทยาลัยการชลประทาน	กรรมการ
5. นายธวัชชัย เป้าหุ้ย	วิทยาลัยการชลประทาน	กรรมการ
6. นายไพฑูรย์ เก่งการช่าง	คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วสท.	กรรมการ
7. นางสาวพจนีย์ เทียงไธสง	วิศวกรรมแหล่งน้ำ วสท.	กรรมการ
8. ดร.สุรศักดิ์ คลังสุภาวิวัฒน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์	กรรมการ และเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายนิทรรศการและสถานที่

1. ผศ.นิมิตร เจริญพันธ์พิพัฒน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ประธาน
2. ดร.จตุเทพ วงษ์เพ็ชร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
3. ดร.ยุทธนา ตาละลักขมณ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
4. นายปรเมนทร์ ชะพินิจ	วิทยาลัยการชลประทาน	กรรมการ
5. นายเกริกฤทธิ์ ทองสีด้า	วิทยาลัยการชลประทาน	กรรมการ
6. นาวาเอก สานิต การสูงเนิน	คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วสท.	กรรมการ
7. ดร.ทรงศักดิ์ ภัทรารูตมิชัย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ และเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายประชาสัมพันธ์

1. ผศ.ดร.จกกรีช พฤษการ	ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	ประธาน
2. ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
3. ดร.ธัญดร ออภะลา	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
4. นางสาวพรพรรณพลอย ชาวเรือ	วิทยาลัยการชลประทาน	กรรมการ
5. นางสาวภิญญาภัทรา ท่าทราย	วิทยาลัยการชลประทาน	กรรมการ
6. ดร.สุประภาพร พัฒน์สิงห์เสนีย์	คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วสท.	กรรมการ
7. ดร.เกศวรา สิทธิโชค	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ และเลขานุการ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย

1. ดร.ธนศร์ สมบูรณ์	กรมชลประทาน
2. ดร.ปัญญา พลแสน	กรมชลประทาน
3. ดร.สุประภาพร พัฒนสิ่งเสนีย์	กรมทรัพยากรน้ำ
4. ผศ.ดร.ปิยธิดา เรืองรัมย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัย
5. ผศ.ดร.สุภัทรา วิเศษศรี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัย
6. รศ.ดร.อดิษฐ์ พรพรหมินทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
7. ผศ.ดร.จิระวัฒน์ กณะสุด	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
8. ผศ.ดร.ณัฐ มาแจ้ง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
9. ผศ.ดร.ยุทธนา ตาละลักษมณ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
10. ผศ.ดร.วรรณดี ไทยสยาม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
11. ผศ.ดร.สมฤทัย ทะสะดวง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
12. รศ.ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
13. รศ.ดร.ปัญญา ขวัญยืน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
14. รศ.ดร.สมชาย ดอนเจดีย์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
15. ผศ.ดร.จตุเทพ วงษ์เพ็ชร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
16. ผศ.ดร.วิษุวัตม์ แต่สมบัติ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
17. อ.ดร.เกศวรา สิทธิโชค	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
18. อ.ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
19. อ.ดร.ทรงศักดิ์ ภัทราวุฒิชัย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
20. อ.ดร.ธัญดร ออกะลา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
21. รศ.ดร.เชิดวงศ์ แสงศุภวานิช	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
22. ผศ.ดร.ศรินยา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
23. ผศ.ทศพล จตุระบุล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
24. ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
25. ผศ.ดร.ภาณุวัฒน์ ปิ่นทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
26. ผศ.ดร.सानิตย์ดา เตียวต้อย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
27. อ.ดร.ณัฐพล แก้วทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
28. ผศ.ดร.ปรียาพร โภชา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
29. ศ.ดร.ชวลิต ชาลีรักษ์ตระกูล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



-
- | | |
|---------------------------------|---------------------------|
| 30. รศ.ดร. สมบัติ ชื่นชูกลิ่น | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 31. ผศ.ดร.ธรรมนุญ รัศมีมาศเมือง | มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 32. ผศ.ดร.ชาญยุทธ กาฬกาญจน์ | มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 33. ผศ.ดร.รัตนา หอมวิเชียร | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 34. รศ.ดร.อารีญา ฤทธิมา | มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 35. อ.ดร.กฤษณ์ส์ สุรเกียรติ์ | มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 36. ดร.วินัย เชาว์วิวัฒน์ | สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ |
-



กำหนดการประชุม
การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 8 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 5
"การบริหารจัดการน้ำภายใต้ความเสี่ยงและความไม่แน่นอน"
ณ วันที่ 26 พฤศจิกายน 2564 (Online Conference)

กำหนดการช่วงเช้า

เวลา	SESSION	กำหนดการ
8.50 – 9.15 น.	MAIN SESSION	<p>ลงทะเบียนเข้างานประชุม</p> <p>พิธีเปิดการประชุม กล่าวเปิดการประชุม โดย - ดร.เกษม ปิ่นทอง (ประธานคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์) - ดร.ธเนศ วีระศิริ (นายก วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์) - รศ.ดร.เชาว์ อินทร์ประสิทธิ์ (คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)</p>
9.15 – 12.00 น.	MAIN SESSION	<p>การบรรยายจาก Key-note speaker Key-note speaker คนที่ 1 - นายลลิต ถนอมสิงห์ (เลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการพิเศษ เพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ) Key-note speaker คนที่ 2 - ดร.สุรสิทธิ์ กิตติมณฑล (เลขาธิการสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ) Key-note speaker คนที่ 3 - Professor Gary Merkley (Senior Supervising Engineer Natural Resources Consulting Engineers, INC)</p> <p>พิธีกรสรุปพิธีช่วงเช้า และนำเสนอกำหนดการและแนวทางการนำเสนอช่วงบ่าย</p>

**กำหนดการช่วงบ่าย**

เวลา	SESSION	กำหนดการ
13.00-16.00 น.	SESSION1	นำเสนอบทความ: WM15, WM18, WM19, WM20, WM21, WM7 WQ1, WQ2 Chairman: รศ.ดร.บัญชา ขวัญยืน Co-chair: ดร.เกศวรา สิทธิโชค
	SESSION2	นำเสนอบทความ: CC6, WS3, RD0, RD3, RD6, RD7, HI2 Chairman: ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์ Co-chair: ผศ.ดร.สุภัทรา วิเศษศรี
	SESSION3	นำเสนอบทความ: HE0, WM4, HE2, WM12, HE3, WM17, HE4 Chairman: ผศ.ดร.วิษุวัฒน์กั แต่สมบัติ Co-chair: ดร. ฉัญดร ออกลา
	SESSION4	นำเสนอบทความ: WM22, WS1, WQ0, WS2, WM5 Chairman: รศ.ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์ Co-chair: ผศ.ดร.นิธิรัชต์ สงวนเดือน
	SESSION5	นำเสนอบทความ: ID0, RD4, RD9, RD8, RD2, RD5 Chairman: ดร.ชูพันธ์ ชมภูจันทร์ Co-chair: ดร.นพดล ไคว้สุวรรณ
	SESSION6	นำเสนอบทความ: CC2, CC3, CC5, ED1, ED2, CC4, WS0 Chairman: ดร.ทรงศักดิ์ ภัทรารุฒิชัย Co-chair: ดร. จุติเทพ วงษ์เพ็ชร
	POSTER	บทความ: CC4, WS0
16.00 น.	MAIN SESSION	พิธีปิดการประชุม กล่าวปิดการประชุม โดย - ดร.เกษม ปิ่นทอง (ประธานคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์) - ดร.ธเนศ วีระศิริ (นายกวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์)



รายชื่อบทความที่ได้รับคัดเลือกตีพิมพ์ลงในวารสาร

Fast track: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

CC5 เปรียบเทียบความชื้นในดินจากข้อมูลดาวเทียม SMAP กับการตรวจวัดด้วย TDR ในพื้นที่นาข้าวภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เอกสิทธิ์ ไชสิตสกุลชัย, อิศเรศ กะการดี, กฤตกานต์ เคลือบมณี, ชลชลิตา ศิริสาขา, ณธศร สุริยะโชติตระกูล, รณชัย กลุ่มมจิต, ยุทธนา พันธุ์กมลศิลป์, มารุต ราชมณี, บุญลือ คะเชนทร์ชาติ, สรรธาร พชสิทธิ์

Normal track: วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

WM5 ความเป็นไปได้ในการลดผลกระทบต่อระบบนิเวศด้านท้ายเขื่อน ด้วยการปรับแผนการระบายน้ำโดยหลักการไหลเพื่อสิ่งแวดล้อม สำหรับลุ่มน้ำแม่กลอง วาสุกีри แซ่เตีย, สมฤทัย ทะสะดวง

WM12 การขับเคลื่อน เชื่อมโยง และพัฒนาการบริหารจัดการน้ำภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย (Spearhead) ดานสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำปีที่ 1 ภาวิสร ชื่นชุ่ม, ธีติธร จุลละพราหมณ์, พงษ์ศักดิ์ สุทธิรินทร์, สุจริต คุณธนกุลวงศ์

WM17 การศึกษาและวิเคราะห์ความแม่นยำเชิงพื้นที่ของข้อมูลฝนพยากรณ์เปรียบเทียบกับข้อมูลฝนตรวจวัดภาคพื้นดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบน ณัฐปภัสร ภูนุช, วิษุวัฒน์ ด้สมบัติ

ID0 การหาขนาดลานสลายพลังงาน สัจจะ เสถบุตร, ไพโรจน์ พันธุ์ชะวงษ์

CC2 การทดสอบความเหมาะสมของทฤษฎีการแจกแจงความถี่สำหรับสภาพการไหลต่ำสุดในลุ่มน้ำปิง และวัง ชนิษฐา บุญมา, สมฤทัย ทะสะดวง

CC3 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนในอนาคต ด้วยแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกในพื้นที่ลุ่มน้ำชี บารมี กันทะวงศ์, เปรม รัชสิวณิชพงศ์

HE0 การศึกษาแนวทางการบรรเทาอุทกภัยพื้นที่อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานีและพื้นที่ใกล้เคียง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ธิญญะ พันมะลี, ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์



-
- HE2 กระบวนการสอบเทียบแบบจำลองชลศาสตร์สำหรับโครงข่ายท่อน้ำประปาโดยอัตโนมัติ
ณัชพล จารุวิมลกุล, จิรเมธ ช้างคล่อม, อติชัย พรพรหมินทร์, สุรัชย์ ลิปิวัฒนาการ
- HE4 การประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลในแบบจำลอง HEC-RAS สองมิติ
วีรภัทร ดวงขวัญ, ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์, ดวงฤดี โฆษิตกิตติวงศ์ ก้องกัญกุล
- WS1 การเฝ้าระวังน้ำสูญเสียสำหรับโครงข่ายท่อประปาด้วยวิธีสมดุลงน้ำ
แพรวา จาววงศ์สันต์, จิรเมธ ช้างคล่อม, อติชัย พรพรหมินทร์, สุรัชย์ ลิปิวัฒนาการ



การบริหารจัดการน้ำ



การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำประแสร์

เสาวลักษณ์ พุ่มอุลิต^{1*} และไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์²

¹นิสิตปริญญาโท, ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, ม.เกษตรศาสตร์, จ.นครปฐม, 73140

²ผศ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, ม.เกษตรศาสตร์, จ.นครปฐม, 73140

*อีเมลผู้รับผิดชอบบทความ: yying_naruk@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำประแสร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำท่า โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย รายปี รายฤดูกาล และรายเดือนจากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำประแสร์ ย้อนหลัง 30 ปี (เดือนเมษายน พ.ศ.2532 – เดือนมีนาคม พ.ศ.2561) นำมาวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลอง TREND และใช้การทดสอบแนวโน้ม 2 วิธี ประกอบด้วย วิธี Mann-Kendall และวิธี Linear Regression โดยพิจารณาแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($P < 0.01$) แนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$) และแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ($P < 0.1$) พบว่า ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายปี วิธี Mann-Kendall และวิธี Linear Regression ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์ ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายฤดูกาล พบว่า ฤดูฝน ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์ ฤดูแล้ง ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์เช่นเดียวกัน และผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือน วิธี Mann-Kendall ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าจำนวน 10 เดือน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1 เดือน และมีแนวโน้มลดลง 1 เดือน วิธี Linear Regression ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำท่าจำนวน 10 เดือน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1 เดือน และมีแนวโน้มลดลง 1 เดือน และวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำท่าด้วยวิธี Moving Average พบว่า แนวโน้มรายปี รายฤดูกาล ที่ 5 ปี 10 ปี มีปริมาณน้ำท่าลดลง แนวโน้มรายเดือน ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 5 ปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 3 เดือน แนวโน้มลดลง 9 เดือน และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 10 ปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 2 เดือน แนวโน้มลดลง 10 เดือน

คำสำคัญ: แบบจำลอง TREND, การวิเคราะห์แนวโน้ม, ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่, อ่างเก็บน้ำประแสร์

Abstract

The runoff analysis of the Prasae Reservoir objective is to study on the runoff changing trend. The data for analysis is comprised average runoff on annual, season, and monthly basis from historical inflows to the Prasae Reservoir in 30 years (April 1989 – March 2018). Mathematical Model TREND is used to analyze data and tested trend with 2 methods. Mann-Kendall and Linear Regression methods are applied by consider significant trend of statistical probability 99% ($P < 0.01$), significant statistical probability 95% ($P < 0.05$), and significant statistical probability 90% ($P < 0.1$). Annual runoff analysis by Mann-Kendall method and Linear Regression method are presented that no changing trend of inflows to the Prasae Reservoir. For seasonal runoff analysis, there are no changing trend of inflows to the Prasae Reservoir in wet and dry season as well. Based on monthly runoff analysis by Mann-Kendall method is presented that no changing trend 10 months, increasing trend 1 month, and decreasing trend 1 month. The analysis of changing trend



of runoff by Moving Average method is presented that annual and seasonal trends at 5 years and 10 years have decreasing runoff. For monthly trend, moving average runoff at 5 years have increasing trend 3 months and decreasing trend 9 months. The moving average runoff at 10 years have increasing trend 2 months and decreasing trend 10 months.

Key words: TREND Model, Trend analysis, Moving Average, Prasae Reservoir

1. บทนำ

จากสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะต่างๆ ของโลก ทำให้สภาพภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงไปอาจทำให้เกิดน้ำท่วมหรือน้ำแล้ง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในงานวิจัยได้ศึกษาทบทวนแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2553 และปี พ.ศ. 2563 ในพื้นที่รับน้ำเหนืออ่างเก็บน้ำประแสร์ พบว่าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 69 ทั้งหมดนี้มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่า จึงนำมาสู่การศึกษาปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำประแสร์ ซึ่งลุ่มน้ำประแสร์เป็นลุ่มน้ำที่สำคัญลุ่มน้ำหนึ่งของจังหวัดระยอง ครอบคลุมพื้นที่ในเขตอำเภอวังจันทร์ อำเภอลือชัย และอำเภอกอฉก มีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่สำคัญคือ อ่างเก็บน้ำประแสร์ โดยสภาพการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำประแสร์ ส่วนใหญ่จะเป็นการใช้น้ำเพื่อการชลประทานในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาประแสร์เป็นหลัก และมีการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และอุตสาหกรรมในพื้นที่ไม่มากนัก จึงยังมีปริมาณน้ำมากเพียงพอที่จะนำมาใช้ในการบริหารจัดการร่วมกับพื้นที่ลุ่มน้ำข้างเคียงคือลุ่มน้ำคลองใหญ่ได้ โดยในปัจจุบันได้มีการวางระบบท่อส่งน้ำ (ระบบสูบน้ำ) เพื่อผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำประแสร์มาเติมให้กับอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ และอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนให้กับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองใหญ่ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่สำคัญในการรองรับการพัฒนาโครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (EEC)

งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำท่าจากแบบจำลอง TREND 2 วิธี คือ วิธี Mann-Kendall

และวิธี Linear Regression และวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำท่า วิธี Moving Average และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนหรือการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำประแสร์ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

2. วิธีการดำเนินการ

2.1 การรวบรวมข้อมูล

ในการวิเคราะห์น้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์แสดงรายชื่อสถานีวัดน้ำท่าที่นำมาวิเคราะห์ ดังตารางที่ 1 และจากงานวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี รายฤดูกาล และรายเดือนจากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำประแสร์ ย้อนหลัง 30 ปี (เดือนเมษายน พ.ศ.2532 – เดือนมีนาคม พ.ศ.2561) แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์

ลำดับที่	ชื่อสถานี	อำเภอ	จังหวัด	พิกัด X	พิกัด Y	ช่วงปีข้อมูล จาก - ถึง	จำนวนปี
1	Z.5	วังจันทร์	ระยอง	781677	1425954	2510 - 2533	24
2	Z.11(1)	แกลง	ระยอง	783906	1422858	2532 - 2546	15
3	Z.11(2)	แกลง	ระยอง	783906	1422858	2548 - 2561	14
4	Z.16	เขาชะเมา	ระยอง	799296	1423515	2522 - 2531	10
5	Z.18	เขาชะเมา	ระยอง	789897	1433737	2532 - 2562	31
6	Inflow PS.	วังจันทร์	ระยอง	778318	1436179	2548 - 2562	15

หมายเหตุ : Z.11 แบ่งเป็น 2 ช่วง

1) Z.11(1) ช่วงปี พ.ศ. 2532-2546 เป็นช่วงก่อนมีอ่างฯประแสร์

2) Z.11(2) ช่วงปี พ.ศ. 2548-2561 เป็นช่วงหลังมีอ่างฯประแสร์



ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีช่วงปี พ.ศ. 2531-2561 ที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำประแสร์

ปี	ปริมาณน้ำท่ารายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)												ปริมาณน้ำท่า(ล้าน ลบ.ม.)		
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี
2532	2.41	4.22	15.07	19.52	24.12	57.12	63.99	8.17	1.35	0.65	0.26	3.30	184.03	16.14	200.17
2533	2.72	15.63	8.83	13.28	13.74	36.81	151.44	15.29	2.59	0.37	0.00	0.00	239.72	20.98	260.70
2534	1.74	7.78	18.35	21.53	11.71	109.48	99.37	8.11	2.34	2.90	1.33	0.15	268.23	16.57	284.81
2535	0.00	0.54	6.19	20.76	110.63	31.52	54.66	27.98	1.77	0.00	0.00	0.00	224.30	29.75	254.05
2536	3.90	3.34	11.02	7.90	42.61	138.65	92.66	11.97	2.23	0.20	0.07	0.85	296.19	19.23	315.42
2537	2.12	10.66	53.82	56.85	35.69	117.46	47.82	4.20	1.64	0.34	0.51	0.16	322.30	8.97	331.27
2538	1.19	10.38	23.85	56.41	69.73	225.50	151.50	13.47	3.79	1.21	0.64	1.07	537.38	21.36	558.74
2539	1.75	16.16	29.32	39.07	44.32	87.98	129.80	58.84	3.10	0.02	0.00	0.00	346.64	63.72	410.36
2540	4.86	11.60	25.31	13.17	71.87	48.05	69.11	14.61	12.15	10.82	7.62	7.26	239.11	57.32	296.43
2541	1.30	5.77	8.91	42.57	59.64	61.43	65.92	12.92	10.34	9.18	8.16	4.44	244.24	46.34	290.58
2542	5.55	52.19	40.60	51.56	53.58	73.50	113.21	70.96	10.85	9.15	7.90	7.58	384.64	111.99	496.62
2543	6.75	11.84	31.96	73.36	27.18	47.99	74.62	12.46	2.98	0.56	1.38	0.00	266.96	24.12	291.08
2544	8.97	22.49	23.01	21.30	6.73	25.06	88.19	27.15	7.44	1.59	0.83	0.55	186.78	46.54	233.31
2545	0.92	34.01	20.96	20.96	24.61	37.85	34.33	14.99	10.87	3.48	2.23	9.84	172.71	42.33	215.04
2546	8.38	12.98	30.69	40.83	34.85	105.84	87.78	7.24	4.25	2.96	2.62	0.92	312.98	26.36	339.34
2547	7.39	23.43	26.82	16.16	43.68	42.86	74.66	2.95	0.78	0.38	0.30	0.55	227.61	12.36	239.97
2548	6.82	3.63	5.64	9.46	8.43	91.86	40.39	11.98	8.16	7.97	3.33	6.67	159.41	44.92	204.33
2549	9.76	30.59	18.51	15.37	27.51	76.26	66.13	2.59	1.12	3.32	3.14	1.89	234.37	21.82	256.18
2550	9.87	20.42	28.50	49.67	35.95	46.75	32.81	1.11	0.02	0.97	0.00	0.02	214.10	11.99	226.09
2551	8.72	37.02	25.81	29.88	36.40	107.46	57.49	4.86	0.18	0.03	0.14	3.65	294.05	17.56	311.62
2552	7.13	8.47	12.53	34.45	19.28	86.79	96.84	5.82	0.01	1.98	1.16	1.57	258.36	17.66	276.02
2553	3.08	17.11	23.30	15.51	74.84	51.69	93.50	3.74	2.07	0.07	2.07	4.19	275.95	15.23	291.18
2554	9.87	7.86	15.18	23.07	87.94	149.22	101.21	6.31	0.11	10.61	1.78	0.42	384.49	29.11	413.59
2555	0.58	11.27	14.65	32.04	12.83	186.30	78.98	8.28	0.87	1.75	1.51	1.94	336.07	14.93	351.00
2556	6.95	0.21	28.43	26.16	20.87	56.69	158.07	78.06	3.21	0.03	0.24	1.15	290.43	89.64	380.07
2557	1.06	3.94	15.94	14.33	23.61	68.99	50.03	2.27	0.35	0.74	0.24	0.73	176.85	5.40	182.25
2558	5.73	2.69	4.21	12.02	36.83	126.14	78.95	2.06	0.00	2.06	0.14	0.00	260.84	9.99	270.83
2559	1.03	4.80	14.91	28.27	32.59	48.83	88.60	4.43	0.04	2.71	1.31	0.97	218.00	10.49	228.49
2560	5.06	25.93	16.30	32.74	75.27	62.67	69.14	1.53	2.50	3.48	0.92	10.82	282.04	24.31	306.35
2561	9.87	36.29	34.93	21.47	44.86	96.75	46.14	1.96	0.25	0.00	0.12	4.01	280.43	16.22	296.65
เฉลี่ย	4.85	15.11	21.12	28.66	40.40	83.45	81.91	14.88	3.25	2.65	1.66	2.49	270.64	29.78	300.42
สูงสุด	9.87	52.19	53.82	73.36	110.63	225.50	158.07	78.06	12.15	10.82	8.16	10.82	537.38	111.99	558.74
ต่ำสุด	0.00	0.21	4.21	7.90	6.73	25.06	32.81	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	159.41	5.40	182.25

2.2 แบบจำลอง TREND

การวิจัยนี้ได้เลือกใช้แบบจำลอง TREND เป็นเครื่องมือในการทดสอบแนวโน้มตามวิธีทดสอบ Linear Regression และวิธี Mann-Kendall แบบจำลอง (Software, 2005) [1] เริ่มต้นพัฒนาขึ้นครั้งแรกในปี 2547 โดย CRC สำหรับ Catchment Hydrology's (CRCCH)

Climate Variability Program ประเทศออสเตรเลีย เพื่อเป็นเครื่องมือในการทดสอบทางสถิติสำหรับแนวโน้ม การเปลี่ยนแปลง และแบบแผนในข้อมูลอนุกรมเวลาอุทกวิทยาและอื่นๆ โดยแบบจำลองมีความสามารถในการทดสอบทางสถิติ ตามวิธีการที่ได้รับการยอมรับจาก WHO

และ UNESCO ปัจจุบัน แบบจำลอง TREND เป็นเวอร์ชันที่ 1.0.2

2.3 การวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณน้ำท่า

2.3.1 วิธี Mann-Kendall [2,3] เป็นการทดสอบทางสถิติแบบไม่มีพารามิเตอร์ ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายสำหรับการใช้วิเคราะห์หาแนวโน้มของอนุกรมเวลาของข้อมูลทางด้านอุทกวิทยา [4] ในการจัดกลุ่มแนวโน้มที่มีนัยสำคัญของแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นและแนวโน้มที่ลดลง และสำหรับอนุกรมเวลา $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis, H_0) คือตัวอย่างของ n เป็นตัวแปรสุ่มที่ไม่ต้องการเงื่อนไขความเป็นอิสระและการแจกแจงเดียวกัน สมมติฐานทางเลือก (Alternative Hypothesis, H_1) สำหรับการทดสอบแบบสองทิศทาง จะมีการแจกแจงของ x_k และ x_j ซึ่งจะมีค่าไม่เหมือนกันกับทุกค่าของ k โดย $j < n$ ด้วย $k \neq j$ สถิติทดสอบ S คำนวณโดยสมการดังนี้ [5]

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k) \quad (1)$$

เมื่อ

$$\text{Sign}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{for } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{for } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{for } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

ค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของสถิติทดสอบ S ดังนี้ [6]

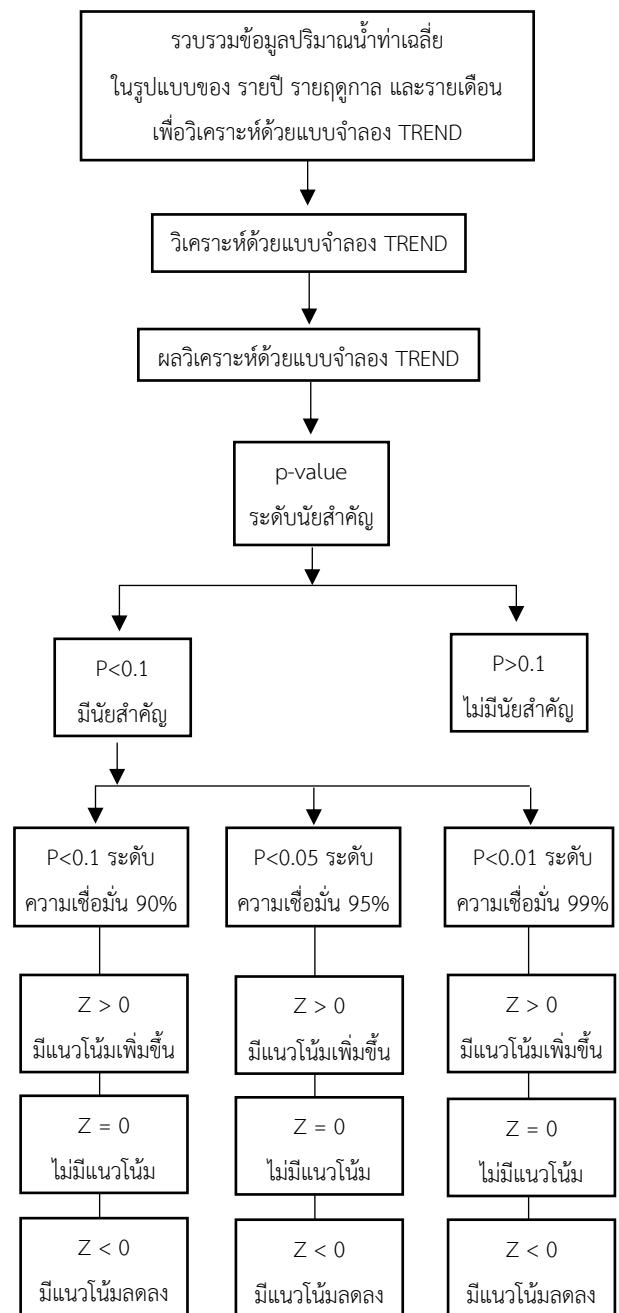
$$E(S) = 0 \quad (3)$$

$$V_0(S) = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^m t_j(t_j-1)(2t_j+5)]}{18} \quad (4)$$

การแจกแจงความโน้มเอียงของ S และแนวโน้มที่มีนัยสำคัญสามารถทดสอบได้ โดยการเปรียบเทียบค่าตัวแปรมาตรฐาน z ในสมการที่ (5) ด้วยการแจกแจงปกติของตัวแปรสุ่มที่ระดับนัยสำคัญที่ต้องการด้วยการเพิ่มขึ้นและลดลงหนึ่งหน่วย [3]

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (5)$$

ค่าบวกของ z ในสมการที่ (5) เป็นการแสดงถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าลบของ z แสดงถึงแนวโน้มที่ลดลง เมื่อทำการทดสอบแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงที่ระดับ α นัยสำคัญ (p-value) ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์แนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ($P < 0.10$) ร้อยละ 95 ($P < 0.05$) และร้อยละ 99 ($p < 0.01$) ดังแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ได้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย



2.3.2 วิธี Linear Regression [1] เป็นการทดสอบทางสถิติแบบมีพารามิเตอร์ ซึ่งมีสมมติฐานว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ และเป็นการทดสอบแนวโน้มแบบเส้นตรงโดยตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (x) และตัวแปรที่สนใจ (y)

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

$$\text{เมื่อ } a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (6)$$

ค่าสถิติทดสอบ S คือ

$$S = \frac{b}{\sigma} \quad (7)$$

$$\text{เมื่อ } \sigma = \sqrt{\frac{12 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2}{n(n-2)(n^2-1)}} \quad (8)$$

ค่าทางสถิติทดสอบ S ตามการแจกแจง Student-t ที่มีองศาอิสระ n-2 อยู่ภายใต้ สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis)

2.5 วิธี Moving Average

Moving Average (MA) หรือ ค่าเส้นเฉลี่ยเคลื่อนที่ เป็นการคำนวณค่าเฉลี่ย (Average) โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังตามที่ระยะเวลาที่กำหนด เช่น ถ้าสนใจค่าของ Moving Average ระยะเวลาที่ย้อนหลัง 5 วัน จะใช้ข้อมูล 5 วันย้อนหลังนับจากวันปัจจุบัน มาคำนวณด้วยสูตรของค่าเฉลี่ยประเภทที่สนใจหรือถ้าสนใจ Moving Average ระยะเวลาที่ย้อนหลัง 10 วัน จะใช้ข้อมูล 10 วันย้อนหลังนับจากวันปัจจุบันมาคำนวณด้วยสูตรค่าเฉลี่ยที่สนใจ

แต่เนื่องจากค่าเฉลี่ยเพียงค่าเดียวไม่สามารถให้ข้อมูลที่เพียงพอต่อมุมมองวิเคราะห์ทางเทคนิค ดังนั้นวิธีการแสดงผลของ Moving Average ออกมาเป็นกราฟเส้นด้วยการเรียงข้อมูลค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้ต่อเนื่องกัน

3. ผลการศึกษาวิจัย

3.1 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำท่าเฉลี่ยด้วยวิธี Mann-Kendall และวิธี Linear Regression แสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำท่า

เฉลี่ยด้วยวิธี Mann-Kendall และวิธี Linear Regression ดังตารางที่ 3 เมื่อค่า Z เป็นบวก (+) แสดงถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น และเมื่อค่า Z เป็นลบ (-) แสดงถึงแนวโน้มที่ลดลง

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย โดยวิธี Mann-Kendall และวิธี Linear Regression

ปริมาณน้ำท่า	วิธี Mann-Kendall		วิธี Linear Regression	
	ค่าทดสอบ Z	ค่าความเชื่อมั่น	ค่าทดสอบ Z	ค่าความเชื่อมั่น
รายปี	0	(a)	-0.578	(a)
ฤดูฝน	0.036	(a)	-0.388	(a)
ฤดูแล้ง	-1.392	(a)	-0.785	(a)
เมษายน	1.873	(d)	2.183	(C)
พฤษภาคม	0.714	(a)	0.716	(a)
มิถุนายน	-0.107	(a)	-0.297	(a)
กรกฎาคม	-0.321	(a)	-0.681	(a)
สิงหาคม	0.25	(a)	-0.139	(a)
กันยายน	0.678	(a)	0.248	(a)
ตุลาคม	-0.714	(a)	-0.994	(a)
พฤศจิกายน	1.356	(a)	0.889	(a)
ธันวาคม	-2.284	(C)	-1.912	(d)
มกราคม	0.375	(a)	0.008	(a)
กุมภาพันธ์	0.036	(a)	-0.689	(a)
มีนาคม	1.356	(a)	0.889	(a)

หมายเหตุ : (a) ไม่มีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
(b) มีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (P<0.01)
(c) มีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P<0.05)
(d) มีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 90 (P<0.1)

1) ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี วิธี Mann-Kendall และวิธี Linear Regression ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์ ไม่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น และไม่มีแนวโน้มที่ลดลง

2) ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายฤดูกาล วิธี Mann-Kendall และวิธี Linear Regression



ฤดูฝน (พฤษภาคม – ตุลาคม) ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์ ไม่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น และไม่มีแนวโน้มที่ลดลง

ฤดูแล้ง (พฤศจิกายน – เมษายน) ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์ ไม่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น และไม่พบแนวโน้มที่ลดลง

3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือน

วิธี Mann-Kendall พบว่า ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าจำนวน 10 เดือน (เดือน พฤษภาคม เดือนมิถุนายน เดือนกรกฎาคม เดือนสิงหาคม เดือนกันยายน เดือนตุลาคม เดือนพฤศจิกายน เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1 เดือน (เดือนเมษายน) และมีแนวโน้มลดลง 1 เดือน (เดือนธันวาคม)

วิธี Linear Regression พบว่า ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าจำนวน 10 เดือน (เดือน พฤษภาคม เดือนมิถุนายน เดือนกรกฎาคม เดือนสิงหาคม เดือนกันยายน เดือนตุลาคม เดือนพฤศจิกายน เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1 เดือน (เดือนเมษายน) และมีแนวโน้มลดลง 1 เดือน (เดือนธันวาคม)

3.2 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำท่าวิธี Moving Average แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยโดยวิธี Moving Average ดังตารางที่ 4

1) ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายปี ของอ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์ มีแนวโน้มลดลง ทั้ง 5 ปี และ 10 ปี

2) ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายฤดูกาล

ผลการวิเคราะห์ ปริมาณน้ำท่ารายฤดูฝน (พฤษภาคม – ตุลาคม) ของอ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์มีแนวโน้มลดลง ทั้ง 5 ปี และ 10 ปี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายฤดูแล้ง (พฤศจิกายน – เมษายน) ของอ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์มีแนวโน้มลดลง ทั้ง 5 ปี และ 10 ปี

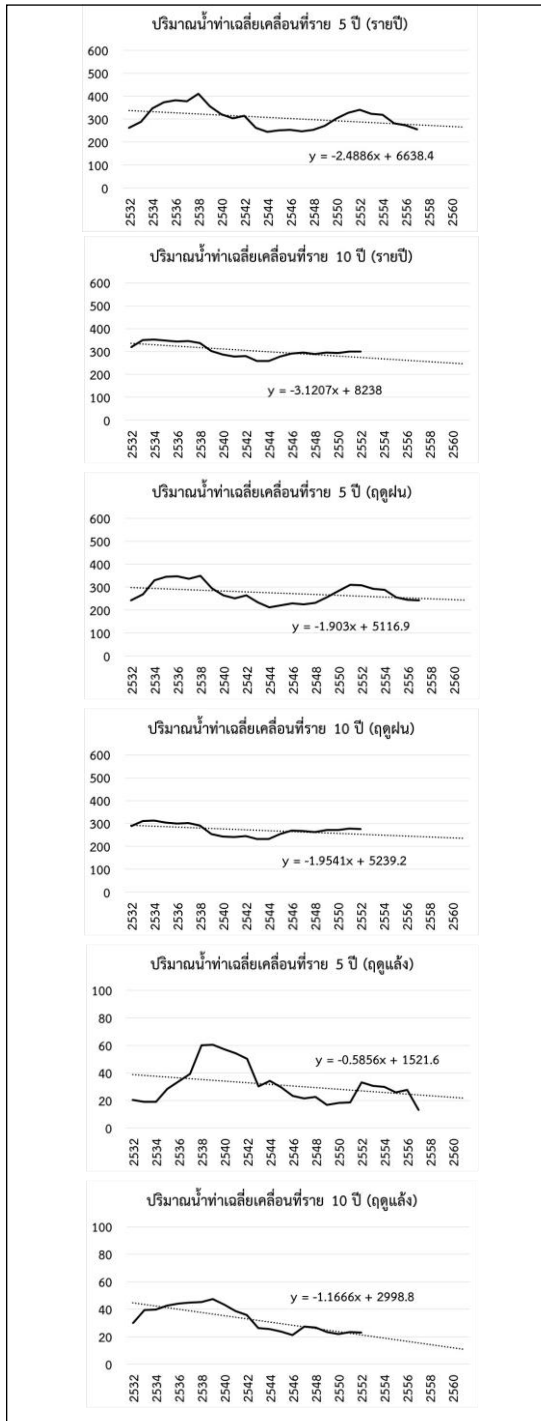
แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 5 ปี และ 10 ปี ของปริมาณน้ำท่ารายปี น้ำท่ารายฤดูฝน และน้ำท่ารายฤดูแล้ง ดังรูปที่ 2

ตารางที่ 4 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ราย 5 ปี และ 10 ปี

ปริมาณน้ำท่า	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	
	5 ปี	10 ปี
รายปี	แนวโน้มลดลง ↓	แนวโน้มลดลง ↓
ฤดูฝน	แนวโน้มลดลง ↓	แนวโน้มลดลง ↓
ฤดูแล้ง	แนวโน้มลดลง ↓	แนวโน้มลดลง ↓
เมษายน	แนวโน้มเพิ่มขึ้น ↑	แนวโน้มเพิ่มขึ้น ↑
พฤษภาคม	แนวโน้มลดลง ↓	แนวโน้มลดลง ↓
มิถุนายน	แนวโน้มลดลง ↓	แนวโน้มลดลง ↓
กรกฎาคม	แนวโน้มลดลง ↓	แนวโน้มลดลง ↓
สิงหาคม	แนวโน้มลดลง ↓	แนวโน้มลดลง ↓
กันยายน	แนวโน้มลดลง ↓	แนวโน้มเพิ่มขึ้น ↑
ตุลาคม	แนวโน้มลดลง ↓	แนวโน้มลดลง ↓
พฤศจิกายน	แนวโน้มเพิ่มขึ้น ↑	แนวโน้มลดลง ↓
ธันวาคม	แนวโน้มลดลง ↓	แนวโน้มลดลง ↓
มกราคม	แนวโน้มลดลง ↓	แนวโน้มลดลง ↓
กุมภาพันธ์	แนวโน้มลดลง ↓	แนวโน้มลดลง ↓
มีนาคม	แนวโน้มเพิ่มขึ้น ↑	แนวโน้มลดลง ↓

3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนเมษายน ของอ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้ง 5 ปี และ 10 ปี



รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 5 ปี และ 10 ปี ของปริมาณน้ำท่ารายปี น้ำท่ารายฤดูฝน และน้ำท่ารายฤดูแล้ง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนพฤษภาคม ของอ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์มีแนวโน้มลดลง ทั้ง 5 ปี และ 10 ปี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนมิถุนายน ของอ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์มีแนวโน้มลดลง ทั้ง 5 ปี และ 10 ปี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนกรกฎาคม ของอ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์มีแนวโน้มลดลง ทั้ง 5 ปี และ 10 ปี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนสิงหาคม ของอ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์มีแนวโน้มลดลง ทั้ง 5 ปี และ 10 ปี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนกันยายน ของอ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์ ราย 5 ปี มีแนวโน้มลดลง และแนวโน้มเพิ่มขึ้น ราย 10 ปี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนตุลาคม ของอ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์มีแนวโน้มลดลง ทั้ง 5 ปี และ 10 ปี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนพฤศจิกายน ของอ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์มีแนวโน้มลดลง ทั้ง 5 ปี และ 10 ปี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนธันวาคม ของอ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์ราย 5 ปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และแนวโน้มลดลง ราย 10 ปี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนมกราคม ของอ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์มีแนวโน้มลดลง ทั้ง 5 ปี และ 10 ปี

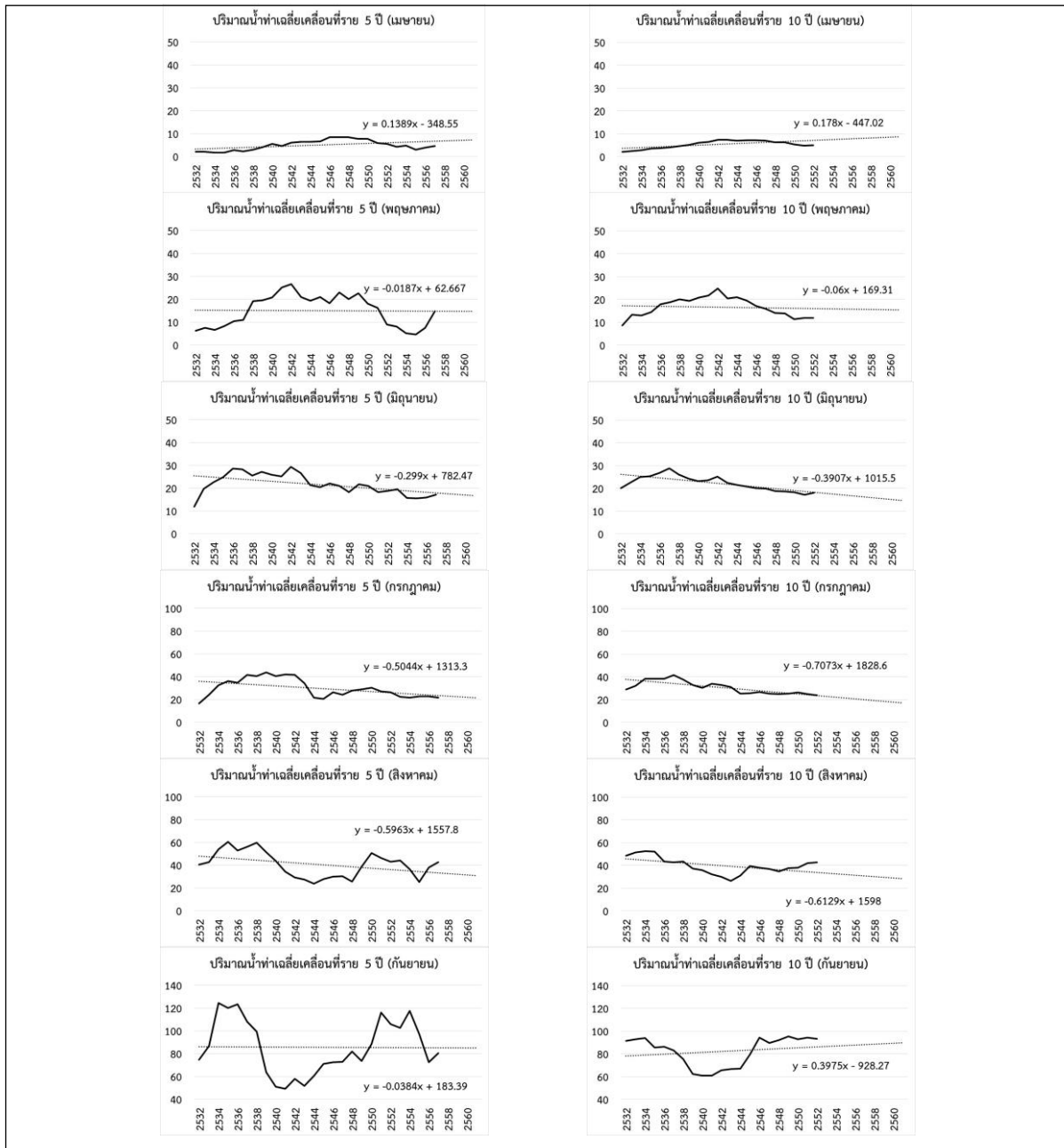
ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนกุมภาพันธ์ ของอ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี



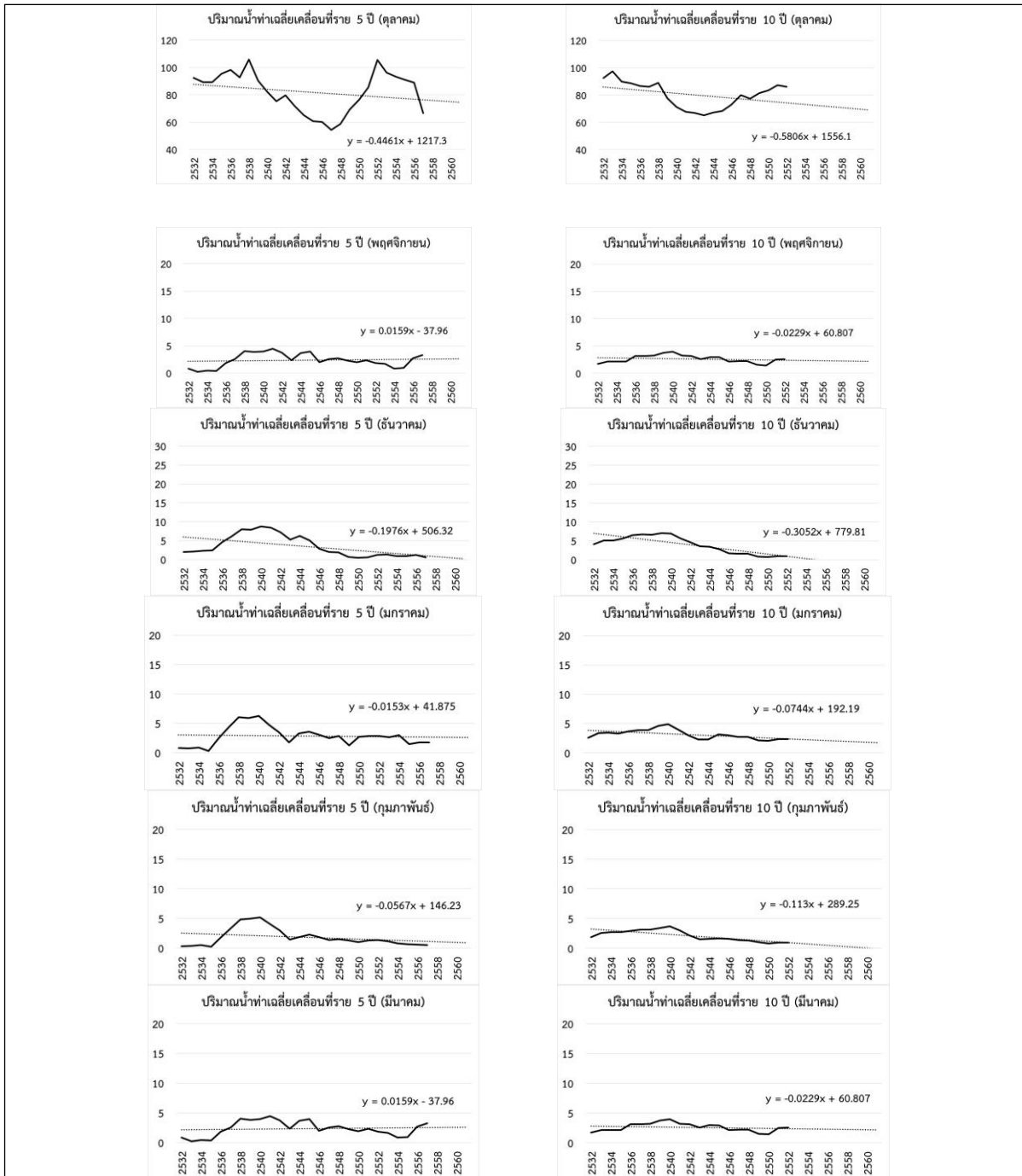
Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ
ประแสร์มีแนวโน้มลดลง ทั้ง 5 ปี และ 10 ปี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนมีนาคม ของ
อ่างเก็บน้ำประแสร์ ช่วงปี พ.ศ.2532 - 2561 ด้วยวิธี
Moving Average พบว่าปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ
ประแสร์มีแนวโน้มลดลง ทั้ง 5 ปี และ 10 ปี

แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 5 ปี และ
10 ปี ของปริมาณน้ำท่ารายเดือนเมษายน เดือน
พฤษภาคม เดือนมิถุนายน เดือนกรกฎาคม เดือนสิงหาคม
เดือนกันยายน เดือนตุลาคม เดือนพฤศจิกายน เดือน
ธันวาคม เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือน
มีนาคม ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 5 ปี และ 10 ปี ของปริมาณน้ำท่ารายเดือน



รูปที่ 3 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 5 ปี และ 10 ปี ของปริมาณน้ำท่ารายเดือน (ต่อ)

จากผลการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณน้ำท่า ทั้ง 3 วิธี พบว่า วิธี Mann-Kendall และวิธี Linear Regression เดือนเมษายนมีนัยสำคัญว่าแนวโน้มจะมีปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำประแสร์เพิ่มขึ้น เดือนธันวาคมมีนัยสำคัญว่าแนวโน้มจะมีปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำประแสร์ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับวิธี Moving Average ขณะที่ผลการวิเคราะห์

รายปี รายฤดูกาล วิธี Mann-Kendall และวิธี Linear Regression ไม่มีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่วิธี Moving Average มีแนวโน้มลดลง ผลการวิเคราะห์รายเดือน วิธี Mann-Kendall และวิธี Linear Regression ไม่มีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญ วิธี Moving Average ส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลง



4. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณน้ำท่าของแบบจำลอง TREND ด้วยวิธี Mann-Kendall และวิธี Linear Regression จากการวิเคราะห์พบว่าช่วงรายปี รายฤดูกาล ไม่มีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือน วิธี Mann-Kendall พบว่า ไม่มีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวน 10 เดือน มีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ($P < 0.1$) เพิ่มขึ้น 1 เดือน และมีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$) ลดลง 1 เดือน วิธี Linear Regression พบว่า ไม่มีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวน 10 เดือน มีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$) เพิ่มขึ้น 1 เดือน และมีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ($P < 0.1$) ลดลง 1 เดือน สำหรับวิธี Moving Average พบว่าการวิเคราะห์ช่วงรายปี รายฤดูกาล ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 5 ปี 10 ปี มีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน การวิเคราะห์ช่วงรายเดือนค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ราย 5 ปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 3 เดือน มีแนวโน้มลดลง 9 เดือน ส่วนค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ราย 10 ปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 2 เดือน มีแนวโน้มลดลง 10 เดือน สำหรับพื้นที่รับน้ำเหนืออ่างเก็บน้ำประแสร์ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 69 (เป็นพื้นที่ปลูกยางพารา ร้อยละ 61 พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันร้อยละ 16 พื้นที่ไม้ยืนต้น ร้อยละ 10 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังร้อยละ 4 พื้นที่ปลูกสับปะรดร้อยละ 5 พื้นที่ปลูกไม้ผลร้อยละ 3) ถึงแม้ผลการวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำประแสร์ อาจจะยังไม่มีความสำคัญที่ชัดเจน หากอนาคตเกษตรกรมีการปรับเปลี่ยนการปลูกพืชเป็นไม้ผลเพิ่มขึ้นซึ่งจะส่งผลให้มีแนวโน้มการใช้น้ำและการเก็บกักน้ำในพื้นที่ตอนบนมากขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำประแสร์ลดลง กรมชลประทานจึงได้มีการวางแผนเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนให้กับอ่างเก็บน้ำประแสร์โดยมีการผันน้ำจากลุ่มน้ำข้างเคียงคือลุ่มน้ำคลองวังโตนดมายัง อ่างเก็บน้ำประแสร์ และก่อสร้างสถานีสูบน้ำคลองสะพาน-อ่างเก็บน้ำประแสร์ เพื่อสูบน้ำกลับมาเติมในอ่างเก็บน้ำ ประแสร์ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณฝ่ายสารสนเทศและพยากรณ์น้ำ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา เจ้าหน้าที่โครงการส่งน้ำ และบำรุงรักษาประแสร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลของขอบคุณ ผศ.ดร.ไชยาพงษ์ เพทประสิทธิ์ ที่ให้คำแนะนำ แนวทางการวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Thepprasit, P. Sopaphun, and N. Cherdchanpipat, "Flood Peak Trend Analysis of the Majot River Basin in Thailand." SWU Engineering Journal. 13 (1),123-131. 2018.
- [2] Trend/Change Detection Software, User Guide, CRC for Catchment Hydrology, Australia, 2005.
- [3] H.B.Man, "Nonparametric tests against trend," Econometrical, vol. 13, no.3 pp. 245 – 259, Jul. 1945.
- [4] M.G. Kendall, "Rank correlation Methods," 4th ed. London: Charles Griffin, 1975.
- [5] S. Yue and C. Wang, "The Mann-Kendall Test Modified by Effective Sample Size to Detect Trend in Serially Correlated Hydrological Series," WARM Journal, vol. 18(3), pp. 201 - 218, Jun. 2004.
- [6] E. Kahya and S. Kalayci, "Trend analysis of Streamflow in Turkey," J. Hydrology, vol. 289, pp. 128-144, Apr. 2004.
- [7] K.H. Hamed, "Trend detection in hydrologic data: The Mann-Kendall trend test under the scaling hypothesis," J. Hydrology, vol. 349, pp. 350-363, Feb. 2008.



ผลิตภาพของน้ำโครงการชลประทานในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน Water Productivity of Irrigation Project in Upper Thachin River Basin

เพ็ญพิชชา จันทรัมย์¹, มณฑิรา คงคล้าย², ศุภกฤต พงษ์ภักษ์³ และบัญชา ขวัญยืน⁴

^{1,2,3,4} ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, จ.นครปฐม, 73140

*อีเมลล์ผู้รับผิดชอบบทความ: monthiria.k@ku.th

บทคัดย่อ

ลุ่มน้ำท่าจีนมีแม่น้ำสายหลักคือแม่น้ำท่าจีน ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม โดยมีพื้นที่ศึกษา 3 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา คือ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุกและโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยา จะให้ความสำคัญกับพื้นที่เพาะปลูกข้าวและอ้อยเพราะเป็นพืชเศรษฐกิจของกลุ่มน้ำท่าจีน ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการศึกษาด้วยแบบจำลองความต้องการน้ำจากโปรแกรม Cropwat แล้วทำการวิเคราะห์หาความต้องการน้ำในฤดูกาลเพาะปลูกทั้งหมด ในประเทศไทยความต้องการน้ำของข้าวมีปริมาณเฉลี่ย 1,200 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และความต้องการน้ำของอ้อยมีปริมาณเฉลี่ย 1,600 – 1,800 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ จากการศึกษาความต้องการน้ำของข้าวและอ้อยในพื้นที่ศึกษามีปริมาณความต้องการน้ำใกล้เคียงกับความต้องการน้ำทั่วไปแล้วทำการประเมินความสามารถด้านการบริหารจัดการน้ำ ผลิตภาพน้ำและผลิต ภาวน้ำชลประทานจากค่าสัมประสิทธิ์การส่งน้ำชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแต่ละแห่งและความคุ้มค่าของ น้ำชลประทาน โดยในลุ่มน้ำท่าจีนมีผลิตภาพน้ำชลประทานของข้าวและอ้อยค่อนข้างต่ำ

คำสำคัญ: ข้าว, อ้อย, ผลิตภาพน้ำ, ผลผลิต, การจัดการน้ำ

Abstract

Tha Chin River Basin has the main river, the Tha Chin River. In which most of the area is agricultural area. There are 3 study areas for water delivery and maintenance projects: Pollathep Operation and Maintenance Project, Sam Chuk Operation and Maintenance Project and Pho Phraya Operation and Maintenance Project. We will focus on rice and sugarcane cultivation areas because they are the economic crops of the Tha Chin River Basin. In this study, a model of water demand from the Cropwat program was conducted. And analyzed the water demand in the whole growing season In Thailand, the water requirement of rice is average 1,200 cubic meters / rai. And the water requirement of sugarcane is average 1,600 - 1,800 cubic meters /rai. From the study of the water demand of rice and sugarcane in the study area, the water demand was Approximate value to that of the general water demand, and the water management capability was assessed. Water productivity and irrigation water productivity from the irrigation water transmission coefficient of each Operation and maintenance project and Value of water content In the Tha Chin River basin, irrigated water productivity of rice and sugarcane is relatively low.

Keywords: Rice, Sugarcane, water productivity, yield, water management



1. คำนำ

ลุ่มน้ำท่าจีน ตั้งอยู่ทางตอนกลางประเทศไทย และอยู่ทางฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา พื้นที่เป็นที่ราบลุ่มริมแม่น้ำ เหมาะกับการทำการเกษตร พื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่นิยมเพาะปลูกข้าวและอ้อย ซึ่งถือเป็นพืชเศรษฐกิจหลักสำหรับการบริโภคในประเทศและส่งออก ปริมาณน้ำหรือแหล่งน้ำที่ใช้สำหรับการเพาะปลูกพืชจึงถือเป็นสิ่งสำคัญ ในการศึกษาเพื่อเลือกทำการศึกษาระบบลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน โดยทั่วไปการปลูกข้าวและการปลูกอ้อยในประเทศไทยจะมีความต้องการน้ำสำหรับการเพาะปลูกจำนวนมาก เฉลี่ยความต้องการใช้น้ำใน 1 ฤดูกาลของการเพาะปลูกข้าวจะใช้น้ำประมาณ 1,500 - 2,000 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และอ้อยมีความต้องการใช้น้ำใน 1 ฤดูกาลประมาณ 2,400 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ซึ่งความต้องการน้ำจะขึ้นอยู่กับปัจจัยการเพาะปลูก บางฤดูกาลเพาะปลูกมีการขาดแคลนน้ำสำหรับการเกษตร เช่น ในช่วงต้นปี 2560 ปริมาณน้ำชลประทานหรือปริมาณน้ำเก็บกักในเขื่อนใหญ่ทางภาคเหนือค่อนข้างน้อย ปริมาณน้ำที่มีไม่สามารถส่งเป็นน้ำชลประทานเพื่อภาคการเกษตรได้ บางพื้นที่จำเป็นต้องงดการทำการเกษตร ดังนั้น ปัญหาความต้องการน้ำและการจัดสรรน้ำควรได้รับการวางแผนที่ดีและมีคุณภาพมากที่สุด ถือเป็นปัญหาที่ต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วน

การจัดสรรน้ำถือว่าเป็นสิ่งสำคัญต่อระบบการส่งน้ำชลประทาน โดยมาจากการคำนวณความต้องการน้ำด้านต่าง ๆ ในแต่ละพื้นที่ เช่น ด้านการเกษตร ด้านการอุปโภคบริโภค และน้ำสำหรับรักษาระบบนิเวศแหล่งน้ำ ในบางพื้นที่อาจรวมน้ำสำหรับด้านอุตสาหกรรม ในปัจจุบันการคำนวณความต้องการใช้น้ำสามารถทำได้หลายวิธีด้วยการคำนวณจากโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์หากต้องการทราบว่า การปลูกข้าวหรือการเพาะปลูกอ้อยต้องใช้น้ำปริมาณเท่าใดจึงจะเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของพืช การประเมินผลผลิตต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยหรือการหาผลิตภาพ(water productivity: WP) (kg m^{-3}) เป็นแนวทางหนึ่งสำหรับ

การประเมินความสามารถในการบริหารจัดการน้ำ[เอกพันธ์ และเอกสิทธิ์, 2564] ประเมินผลผลิต(kg rai^{-1})และผลิตภาพน้ำ(WP, kg m^{-3}) ซึ่งนิยามได้ว่าผลิตภาพน้ำ(WP) คือ ปริมาณผลผลิตในหน่วยกิโลกรัมต่อปริมาณน้ำหนึ่งหน่วย [G.Carracelas, J. Hornbuckle, J. Rosas and A. Roel, 2019] ในปัจจุบันจำนวนประชากร พื้นที่ทำการเกษตรและความต้องการอุปโภคบริโภคมีมาก ดังนั้นการจัดสรรน้ำชลประทานจำเป็นต้องเพียงต่อความต้องการ มีความคุ้มค่า และสามารถเป็นข้อมูลสำหรับเป็นแนวทางการจัดสรรน้ำ การหาผลิตภาพของน้ำจำเป็นต้องทราบข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำพืช ปริมาณผลผลิต ปริมาณความต้องการน้ำที่ใช้เพาะปลูกและข้อมูลอุตุนิยมิวิทยา[G.Carracelas et al, 2019] โดยใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือจำลองการเติบโตของพืช เพื่อนำมาจัดสรรปริมาณการใช้น้ำและประเมินผลผลิตได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือ อาทิ WAPF 2.5 (RID ,2018) ,CWR-RID 5 (RID,2018) ,Cropwat 8.0 (FAO, 2010) ,ROS (RID ,2017)

การศึกษาคำนวณความต้องการน้ำด้วยการใช้แบบจำลองของโปรแกรม Cropwat 8.0 (FAO, 2010) เป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการประเมินการใช้น้ำของพืช ประมาณค่าปริมาณความต้องการน้ำของพืช ประมาณปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ที่กักเก็บไว้ในดินตลอดช่วงเวลาเพาะปลูก [ธเนศ และมัตติกา, 2556] เพื่อนำไปศึกษาปริมาณความต้องการใช้น้ำของข้าว(นาปีและนาปรัง)และอ้อย ($\text{m}^3 \text{rai}^{-1}$) และประเมินผลิตภาพน้ำ (WP, kg m^{-3}) ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยทำการศึกษาในปี 2560 - 2562 นำไปสู่การวางแผนการบริหารจัดการน้ำให้สอดคล้องกับความต้องการน้ำและปริมาณน้ำต้นทุนที่ดีและเหมาะสม

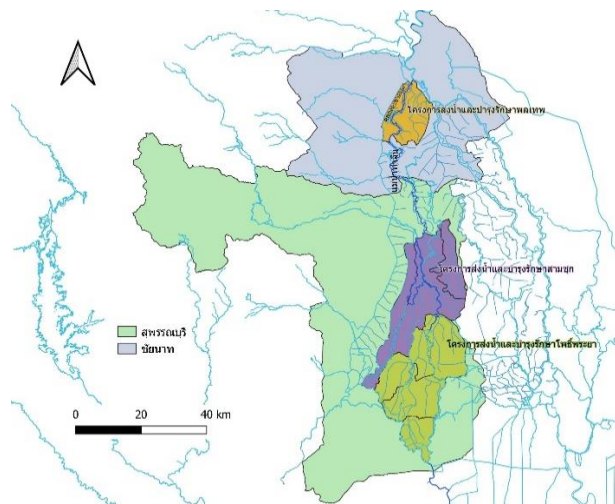
2. การรวบรวมข้อมูลและวิธีการ

2.1 พื้นที่การศึกษา

ดำเนินการศึกษาระบบลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน จังหวัดชัยนาทและจังหวัดสุพรรณบุรี มีลักษณะเป็นพื้นที่ลุ่ม-แม่น้ำ มีแหล่งน้ำธรรมชาติ แม่น้ำลำคลองกระจายอยู่ทั่วไป ในเขต



พื้นที่ชลประทาน 3 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา ได้แก่ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ จังหวัดชัยนาท พื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูก



รูปที่ 1 แสดงพื้นที่ศึกษา

ข้าวมีการเพาะปลูกพืชอื่นในสัดส่วนที่น้อยมาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพจึงส่งน้ำชลประทาน ส่วนใหญ่ให้พื้นที่เพาะปลูกข้าวเป็นหลัก หากไม่มีการส่งน้ำชลประทานเกษตรกรบางรายจะใช้น้ำจากสระน้ำในพื้นที่และพบการใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูกจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาอื่นด้วย โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี สัดส่วนพื้นที่ชลประทานของโครงการส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกข้าว อ้อย และพืชสวน และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยา จังหวัดสุพรรณบุรี มีพื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เพาะ ปลูกข้าว โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยาจึงส่งน้ำชลประทานแก่พื้นที่เพาะปลูกข้าวเป็นหลักหากไม่มีการน้ำชลประทานในบางฤดูกาลที่แห้งแล้งเกษตรกรจะใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติหรือน้ำจากระบบระบายน้ำท้ายโครงการจากโครงการอื่น

ตารางที่ 1 พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาในกลุ่มแม่น้ำทางจินตอนบน

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา	พื้นที่ทั้งหมด (ไร่)	พื้นที่ชลประทาน (ไร่)	ค่าน้ำผันรายปี (มม.)
พลเทพ	112,556	96,300	6,424
สามชุก	366,413	313,569	7,060
โพธิ์พระยา	411,751	330,063	11,743

2.2 การรวบรวมข้อมูล

1.) ข้อมูลปริมาณน้ำท่า (Irrigation water data)

ข้อมูลแต่ละโครงการได้รับข้อมูลจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาทั้ง 3 โครงการและจากสำนักชลประทานที่ 12 จังหวัดชัยนาท

2.) ปริมาณน้ำฝน (Rain data) ทั้ง 3 พื้นที่โครงการได้รับข้อมูลมาจากสำนักชลประทานที่ 12 จังหวัดชัยนาท โดยเลือกสถานีวัดน้ำฝนด้วยการประเมินห้วงน้ำหนักเชิงพื้นที่ วิธีทิสเสน (Thiessen Polygon Method) พื้นที่ของ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพใช้ข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ, โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุกใช้ข้อมูลฝนของสถานีวัดน้ำฝนโครงการส่งน้ำบำรุงรักษาสามชุก และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยาใช้ข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยา

3.) ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก (Study area data) ของแต่ละโครงการได้รับข้อมูลจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาทั้ง 3 โครงการและจากสำนักชลประทานที่ 12 จังหวัด



ชัยนาท และปฏิทินการเพาะปลูกรายโครงการแสดงในตารางที่ 2

4.) ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (Climate data) ได้รับจากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยาชัยนาท (สภข.) โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามชช และ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยาใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยาสุพรรณบุรี

5.) ข้อมูลดิน (Soil data) เนื่องจากผู้ศึกษาไม่ได้ทำการทดสอบภาคสนามเกี่ยวกับความชื้นในดินจากพื้นที่จริง จึงนำค่าความชื้นดินจากโปรแกรม Cropwat มาใช้คำนวณ โดยเลือกดินเหนียว (Black clay soil) สำหรับการวิเคราะห์ความต้องการน้ำของข้าว และเลือกดินทราย (Rad sandy loam) สำหรับวิเคราะห์ความต้องการน้ำของอ้อย

ข้าวและอ้อยที่ทำการหักฝนใช้การมาเป็นความต้องการน้ำชลประทาน (หน่วย mm/dec) แล้วคำนวณปริมาตรความต้องการน้ำของพืชในหน่วยลูกบาศก์เมตร(cubicmeter) และลูกบาศก์เมตร/ไร่ (Cubic meter per rai)

6.) ข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) สืบค้นจากฐาน ข้อมูลกรมชลประทาน(FAO) เลือกชนิดข้าวที่ศึกษาเป็นข้าว กข. อายุการเพาะปลูก 150 วัน และอ้อยน้ำตาลอายุการเพาะปลูก 12 เดือน

7.) ข้อมูลผลผลิต(yield) ได้รับจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยา และข้อมูลผลผลิตของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ, โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่าโบสถ์,โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามชชนั้นและข้อมูลราคาข้าวและอ้อยปี พ.ศ. 2559 ได้รับจากได้จากสำนักงานเศรษฐกิจและการเกษตร

ตารางที่ 2 ปฏิทินการเพาะปลูก

โครงการส่งน้ำ และบำรุงรักษา	พืชที่ส่ง น้ำ	เดือน													
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.		
พลเทพ	ข้าว	█				█								█	
	อ้อย														
สามชุก	ข้าว	█				█								█	
	อ้อย	█													
โพธิ์พระยา	ข้าว	█				█								█	
	อ้อย														

* ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง อ้อย

2.3 ความต้องการน้ำ

นำข้อมูลสภาพอากาศรายเดือน ที่มีข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอุตุนิยมวิทยา ,ปริมาณน้ำฝนรายเดือน โดยเลือกใช้สมการของ USDA Soil Conservation Service, ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) และข้อมูลดินคำนวณในโปรแกรม Cropwat จะได้ค่าความต้องการน้ำของ

2.4 ผลิตภาพของน้ำ

คำนวณผลิตภาพของน้ำชลประทาน (Irrigation Water Productivity : IWP), ผลิตภาพของที่น้ำพืชต้องการ (Water Use Productivity : WUP) และผลิตภาพของน้ำ (Water Productivity : WP) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1) ถึง (6) ต่อไปนี้



$$\text{ผลิตภาพของน้ำชลประทาน(กก./ลบ.ม.)} = \frac{\text{ปริมาณผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว(กก./ไร่)}}{\text{ปริมาณน้ำชลประทาน (ลบ.ม./ไร่)}} \quad (1)$$

$$\text{ผลิตภาพของน้ำที่พืชต้องการ(กก./ลบ.ม.)} = \frac{\text{ปริมาณผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว(กก./ไร่)}}{\text{ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ(ลบ.ม./ไร่) + ปริมาณน้ำฝน(ลบ.ม./ไร่)}} \quad (2)$$

$$\text{ผลิตภาพของน้ำที่พืชใช้จริง(กก./ลบ.ม.)} = \frac{\text{ปริมาณผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว(กก./ไร่)}}{\text{ปริมาณน้ำที่พืชใช้จริง(ลบ.ม./ไร่) + ปริมาณน้ำฝน(ลบ.ม./ไร่)}} \quad (3)$$

$$\text{ผลิตภาพน้ำชลประทาน (บาท/ลบ.ม.)} = \frac{\text{ราคาผลผลิต(บาท/ไร่)}}{\text{ปริมาณน้ำชลประทาน(ลบ.ม./ไร่)}} \quad (4)$$

$$\text{ผลิตภาพน้ำที่พืชต้องการ (บาท/ลบ.ม.)} = \frac{\text{ราคาผลผลิต(บาท/ไร่)}}{\text{ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ(ลบ.ม./ไร่) + ปริมาณน้ำฝน(ลบ.ม./ไร่)}} \quad (5)$$

$$\text{ผลิตภาพน้ำที่พืชใช้ (บาท/ลบ.ม.)} = \frac{\text{ราคาผลผลิต(บาท/ไร่)}}{\text{ปริมาณน้ำที่พืชใช้จริง(ลบ.ม./ไร่) + ปริมาณน้ำฝน(ลบ.ม./ไร่)}} \quad (6)$$

ผลผลิตที่น้อยที่สุดคือค่าเฉลี่ยผลผลิตจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพแสดงให้เห็นว่าพืชได้รับน้ำไม่เพียงพอ

3. ผลลัพธ์และการอภิปราย

3.1 ผลผลิต

ผลผลิตของข้าวในพื้นที่ชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพอยู่ในช่วง 646 - 675 กก./ไร่ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD) เท่ากับ 15, โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุกอยู่ใน ช่วง 713 - 728 กก./ไร่ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7 ,โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยามีปริมาณผลผลิตอยู่ในช่วง 601 - 920 กก./ไร่ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 118 (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง เนื่อง - จากได้รับข้อมูลจากโครงการโพธิ์พระยา ส่วนโครงการพลเทพและโครงการสามชุกนำข้อมูลมาจากสำนักงานเศรษฐกิจและการเกษตร) ค่าเฉลี่ยผลผลิตของข้าวแต่ละโครงการฯ แสดงดังในตารางที่ 3 ซึ่งค่าเฉลี่ย

ต่อความต้องการน้ำของพืช ค่าเฉลี่ยผลผลิตรายปีที่แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าปี 2560 ในฤดูฝนมีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากในปี 2558 - 2559 ประสบปัญหาภัยแล้ง จึงทำให้คุณภาพของดินลดลง ยังไม่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก ปริมาณผลผลิตจึงลดลงตามไปด้วย

ผลผลิตข้าวโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพและโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุกในแต่ละปีมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่วนโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยาจะเห็นได้ว่าในช่วงฤดูฝนปี 2560 มีปริมาณผลผลิตข้าว 601 กก./ไร่, ปี 2561 มีปริมาณผลผลิตข้าว 920 กก./ไร่, ปี 2562 มีปริมาณผลผลิตข้าว 687 กก./ไร่ ทั้งนี้ในปี 2560 และ 2561 เป็นปีที่สภาพอากาศแห้งแล้ง ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งให้



พื้นที่การเกษตรค่อนข้างน้อย จึงส่งผลกับปริมาณผลผลิต และในปี 2561 ข้าวในได้รับปริมาณน้ำที่เพียงพอจึงทำให้มีผลผลิตเพิ่มมากขึ้นในฤดูแล้งในปี 2560 และ 2561 มีปริมาณผลผลิตข้าวที่น้อยกว่าปี 2562 เนื่องจากเป็นปีที่มียปริมาณฝนตกน้อยจึงมีการส่งน้ำแก่พื้นที่เพาะปลูกข้าวมีปริมาณน้อยด้วยโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุกมีผลผลิตอ้อยอยู่ที่ 14,285 กก./ไร่ เนื่องจากไม่ทราบข้อมูลตารางที่ 3 ข้อมูลผลผลิตของข้าวในพื้นที่ชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา 3 โครงการ

ผลผลิตอ้อยปี 2560 ถึงปี 2562 จึงนำข้อมูลของปี 2559 มาใช้ในการคำนวณ ทั้งนี้การเพาะปลูกในช่วงที่สภาพอากาศแห้งแล้ง ปริมาณน้ำไม่เพียงพอกับความต้องการของพืชจะส่งผลทำให้ปริมาณผลผลิตน้อยลงคุณภาพผลผลิตด้อยลง ทำให้อัตราราคาผลผลิตต่ำลงด้วย

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา	ผลผลิตข้าว (กก./ไร่)							
	2560		2561		2562		เฉลี่ย	SD
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง		
พลเทพ	646	646	675	675	675	675	665	15
สามชุก	713	713	719	719	728	728	720	7
โพธิ์พระยา	601	866	920	819	687	786	780	118
เฉลี่ย	653	742	771	738	697	730	722	

3.2 ปริมาณน้ำ

ปริมาณการส่งน้ำชลประทานที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ,โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยาส่งให้พื้นที่การเกษตรมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณความต้องการน้ำของพืชในทุกโครงการสังเกตได้จากรูปที่ 2 โดยทั่วไปความต้องการน้ำของการเพาะปลูกข้าวในไทยมีปริมาณ 1,200 ลบ.ม./ไร่ และความต้องการน้ำของอ้อยมีปริมาณเฉลี่ย 1,700 ลบ.ม./ไร่ จากตารางที่ 4 ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูกข้าวและอ้อยของแต่ละโครงการพบว่า ช่องว่างระหว่างค่าต่ำสุด

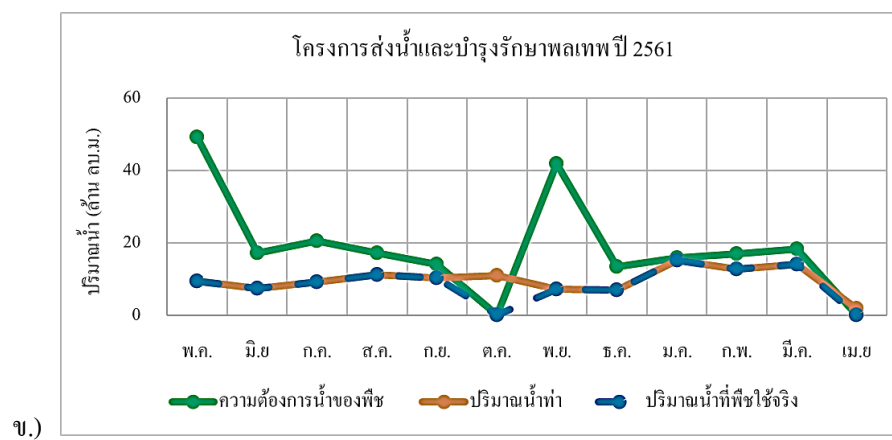
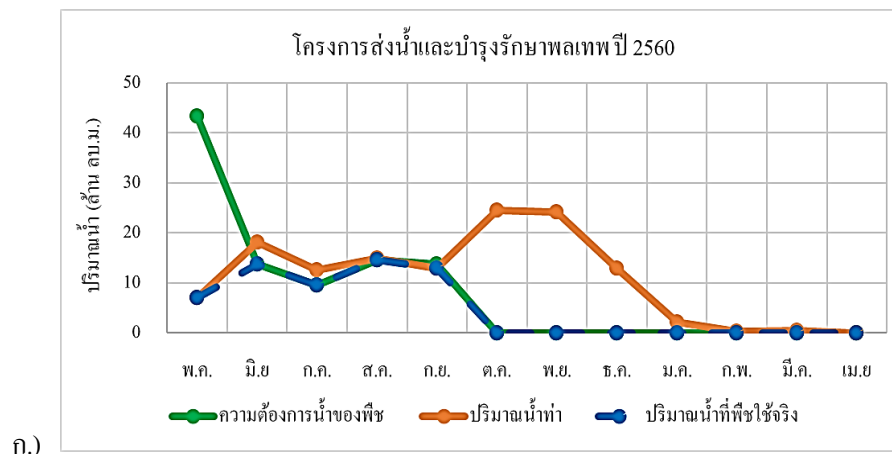
และค่าสูงสุดค่อนข้างกว้างเนื่องจากปัจจัยภายนอก เช่น สภาพอากาศ ปริมาณน้ำฝน ช่วงเวลาที่พิจารณา (ฤดูแล้ง – ฤดูฝน) จึงทำให้พื้นที่การเกษตรและปริมาณน้ำต้นทุนของแต่ละปีไม่เท่ากัน

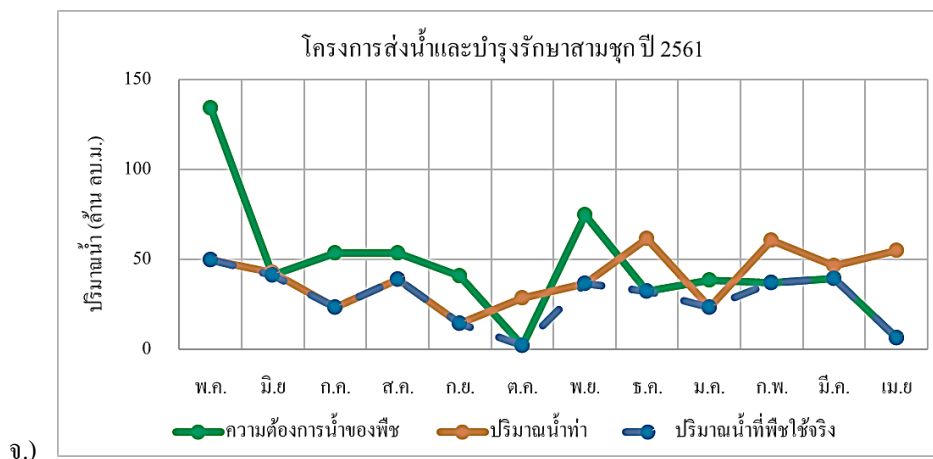
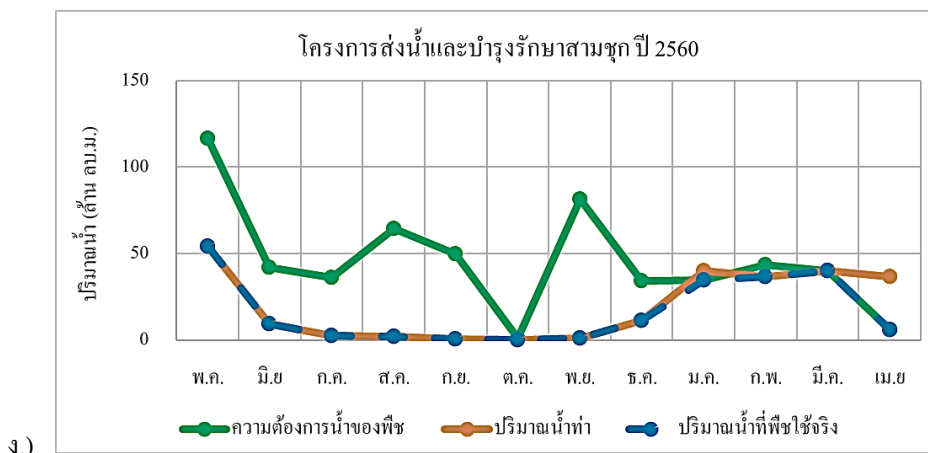
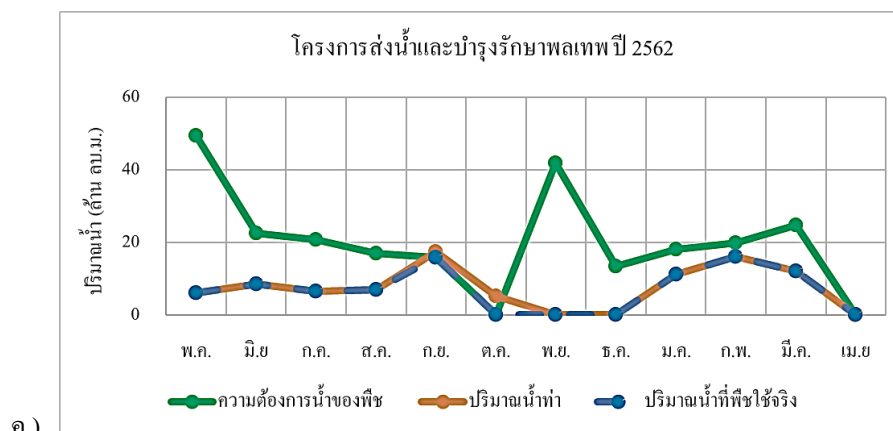
ในการส่งน้ำชลประทานในฤดูแล้งมีความต้องการใช้น้ำชลประทานมากกว่าในฤดูฝน เนื่องจากฤดูฝนมีปริมาณฝนมากกว่าฤดูแล้ง หากพิจารณาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำชลประทานที่มากที่สุดเท่ากับ 1,031 ลบ.ม./ไร่ ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก แต่ยังไม่เพียงพอกับความต้องการน้ำพืช ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้ในบางฤดูกาลเก็บเกี่ยวมีปริมาณผลผลิตน้อยลงเนื่องจากพืชได้รับน้ำไม่เพียงพอความต้องการ

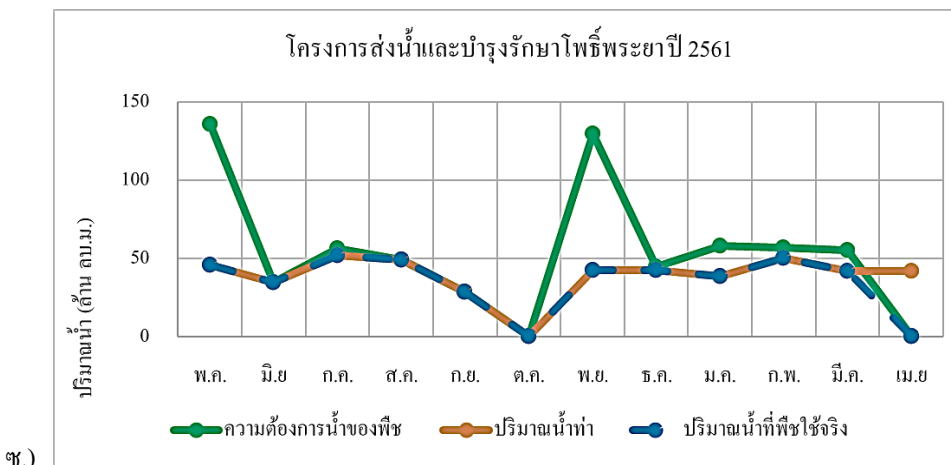
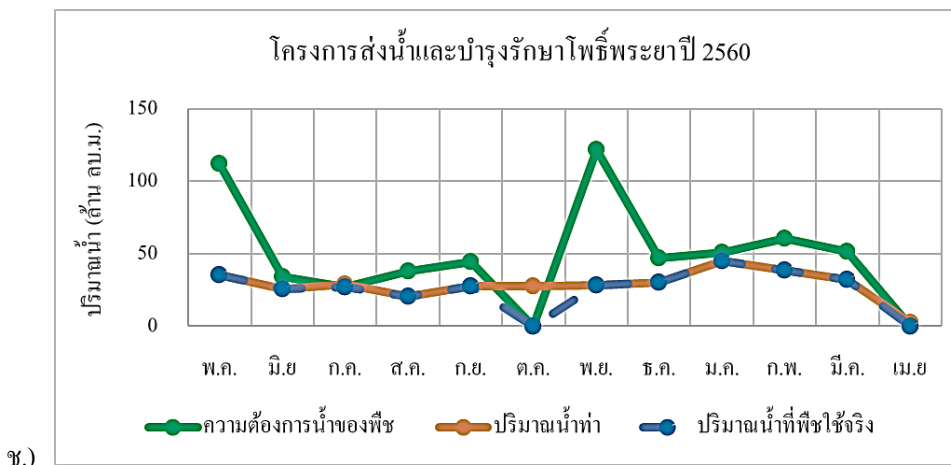
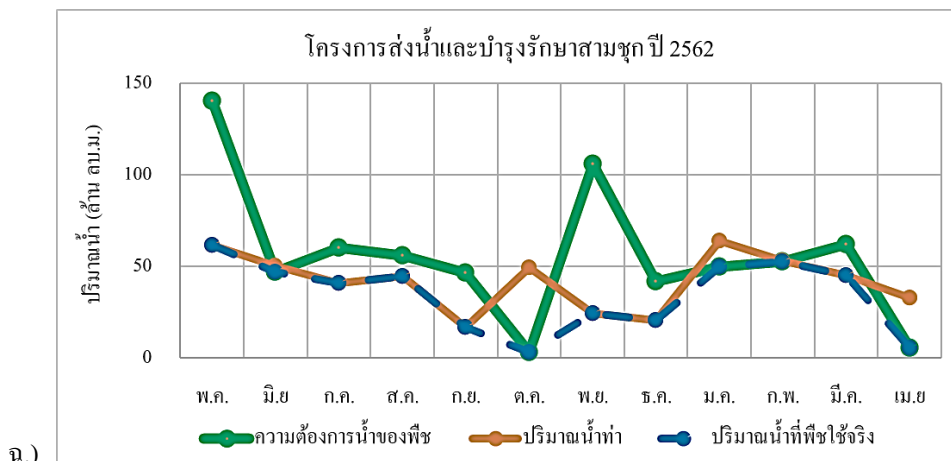


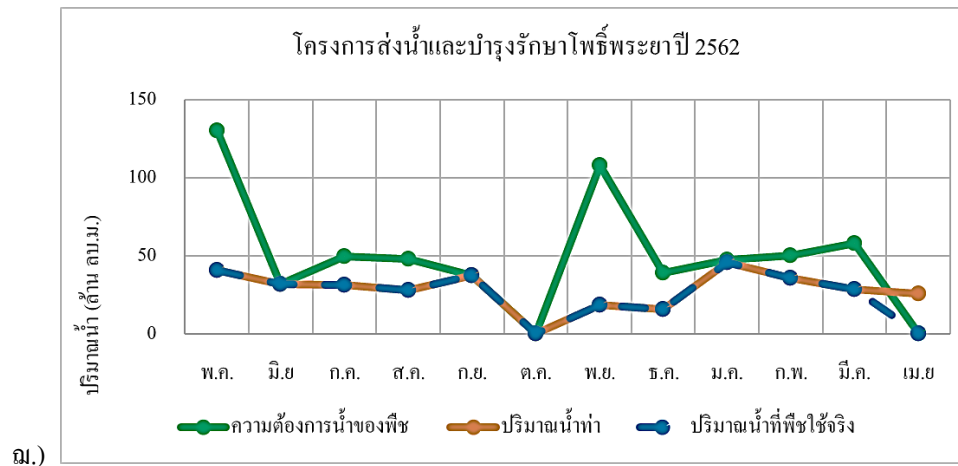
ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งให้ข้าวและอ้อย

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา	ข้าว (ลบ.ม./ไร่)			อ้อย (ลบ.ม./ไร่)		
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
พลเทพ	986	464	666	-	-	-
สามชุก	1,626	245	1,031	1,208	147	743
โพธิ์พระยา	1,038	591	825	-	-	-









รูปที่ 2 กราฟแสดงความต้องการน้ำของพืชและกราฟแสดงความสัมพันธ์ปริมาณน้ำท่า, ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานและปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้จริง

3.3 ผลผลิตภาพน้ำ

ผลผลิตภาพน้ำและผลผลิตภาพน้ำชลประทานจากการศึกษาของทั้ง 3 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามีค่ามากกว่าผลผลิตภาพน้ำที่พืชต้องการทั้งหมด จากตารางที่ 5 – 8 ในปี 2560 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุกและโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยาค่าผลผลิตภาพน้ำจะสูงกว่าปีอื่นๆ เนื่องจากผลกระทบจากภัยแล้งปี 2558 – 2559 ทำให้มีปริมาณน้ำต้นทุนน้อยกว่าปริมาณน้ำที่ต้องการส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างผลผลิตต่อปริมาณน้ำสูงขึ้น โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพจะมีค่าผลผลิตภาพน้ำสูงในปี 2562 ส่วนปี 2560 ฤดูแล้งทางโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพแจ้งเกษตรกรให้งดการปลูกข้าวเนื่องจากปริมาณน้ำต้นทุนไม่เพียงพอ ปัญหาในการวิเคราะห์ผลผลิตภาพน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพประเด็นสำคัญ คือ บริเวณพื้นที่โครงการมีการใช้น้ำจากแหล่งที่มาอื่น มาใช้ในการเพาะปลูก เช่น บ่อตอก แหล่งน้ำธรรมชาติอื่นๆ เมื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์ปริมาณน้ำใช้จริงจะอยู่ในช่วง 490 – 1,500 ลบ.ม./ไร่ ซึ่งค่าต่ำสุดมีปริมาณน้ำน้อยกว่ามากเมื่อเทียบกับค่าการใช้น้ำทั่วไปของข้าว 1,200 ลบ.ม./ไร่ อาจ

ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิต แม้ว่าเกษตรกรมีการใช้น้ำจากแหล่งอื่นนอกจากที่โครงการส่งน้ำส่งให้ แต่ปริมาณผลผลิตที่ได้รับยังน้อยกว่าโครงการอื่นๆ ดังตารางที่ 3 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก ในปี 2560 มีค่าผลผลิตภาพน้ำชลประทานของข้าวเท่ากับ 2.91 ลบ.ม./ไร่ ปริมาณน้ำชลประทานใช้เพียง 245 ลบ.ม./ไร่ หากนำปริมาณน้ำฝนรวมกับปริมาณน้ำชลประทานจะมีปริมาณน้ำเท่ากับ 645 ลบ.ม./ไร่ ซึ่งทำให้ค่าผลผลิตภาพน้ำเท่ากับ 1.11 กก./ลบ.ม. เมื่อพืชได้รับน้ำในปริมาณที่น้อยกว่าความต้องการทำให้ผลผลิตลดลงแต่อย่างไรก็ตามอัตราส่วนผลผลิตต่อปริมาณน้ำที่ใช้ค่อนข้างสูงกว่าในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาอื่นๆ ส่วนผลผลิตภาพน้ำชลประทานของอ้อย อยู่ในช่วง 12.26 – 100.54 กก./ลบ.ม. ค่าผลผลิตภาพน้ำอยู่ในช่วง 17.59 – 27.06 กก./ลบ.ม. ค่าผลผลิตภาพน้ำชลประทาน 100.54 กก./ลบ.ม. เป็นค่าที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากในช่วงฤดูฝนของปี 2560 มีปริมาณฝนมาก จึงมีการส่งน้ำชลประทานน้อย โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยา มีผลผลิตภาพน้ำชลประทานของข้าว เท่ากับ 0.77 – 1.23 กก./ลบ.ม. ผลผลิตภาพน้ำอยู่ระหว่าง 0.52 – 1.14 กก./ลบ.ม. จากการ



วิเคราะห์ผลผลิตภาพน้ำช่วงค่าผลผลิตภาพน้ำอยู่ช่วงใกล้เคียงกัน เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยผลผลิตภาพน้ำข้าวประเทศไทยจะได้ว่ามีค่าประมาณ 1 กก./ลบ.ม. ทั้งนี้ปัจจัยสำคัญในการการเพาะปลูกนอกจากพืชได้รับน้ำเพียงพอกับความต้องการแล้วสภาพอากาศและดินที่มีความเหมาะสมสามารถทำให้ปริมาณผลผลิตมีมากขึ้นและแนวโน้มผลผลิตภาพน้ำจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

มูลค่าผลผลิตข้าวต่อปริมาณน้ำที่ใช้ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพเฉลี่ย 7.68 บาท/ลบ.ม. ,โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุกเฉลี่ย 6.19 บาท/ลบ.ม.และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยา 6.62 บาท/ลบ.ม.

อย่างเห็นได้ชัดยกเว้นปี 2560 ที่แตกต่างไม่มาก สำหรับโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุกในปี 2560 และปี 2561 ฤดูฝนมีความแตกต่างระหว่างข้อมูลของผลผลิตภาพน้ำกับผลผลิตภาพน้ำที่พืชต้องการอย่างชัดเจนและโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยาในปี 2560 และฤดูแล้งปี 2562 มีความแตกต่างของผลผลิตภาพน้ำกับผลผลิตภาพน้ำที่พืชต้องการ

ตารางที่ 5 ผลผลิตภาพของข้าวในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ

		2560		2561		2562	
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ผลผลิตภาพน้ำชลประทาน	(กก./ลบ.ม.)	0.66	-	1.06	0.98	1.22	1.45
ผลผลิตภาพน้ำที่พืชต้องการ	(กก./ลบ.ม.)	0.43	-	0.45	0.51	0.46	0.48
ผลผลิตภาพน้ำ	(กก./ลบ.ม.)	0.58	-	0.92	0.92	1.16	1.37
ผลผลิตภาพน้ำชลประทาน	(บาท/ลบ.ม.)	5.07	-	8.19	7.61	9.51	11.31
ผลผลิตภาพน้ำที่พืชต้องการ	(บาท/ลบ.ม.)	3.29	-	3.48	3.96	3.56	3.70
ผลผลิตภาพน้ำ	(บาท/ลบ.ม.)	4.50	-	7.13	7.15	9.00	10.64

มูลค่าผลผลิตต่อปริมาณน้ำที่ใช้ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก 16.73 บาท/ลบ.ม. จากข้อมูลโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าโครงการอื่นๆ เนื่องด้วยงานวิจัยใช้ข้อมูลราคาเฉลี่ยรายประเทศซึ่งเป็นข้อมูลภาพรวมและโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพเป็นโครงการที่ใช้ปริมาณน้ำชลประทานต่ำกว่าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาอื่นที่ศึกษา เป็นผลทำให้ค่าผลผลิตภาพของข้าวค่อนข้างสูง จากตารางที่ 5 – 8 เมื่อเปรียบเทียบมูลค่าผลผลิตภาพน้ำหน่วย บาท/ลบ.ม. และผลผลิตภาพที่พืชต้องการหน่วย บาท/ลบ.ม. จะเห็นว่าในปี 2560 – 2562 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพมีความแตกต่าง

ค่อนข้างมากเช่นเดียวกัน จากงาน วิจัยผลผลิตภาพน้ำชลประทานจะเห็นได้ว่า ปริมาณน้ำชลประทานที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาส่งให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการแต่เกษตรกรยังสามารถ เพาะปลูกพืชให้มีผลผลิตซึ่งเกษตรกรได้มีการนำน้ำจากแหล่งน้ำอื่นหรือมีการใช้น้ำชลประทานจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาใกล้เคียงมาใช้ในบางโครงการ



ตารางที่ 6 ผลผลิตภาพของข้าวในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก

		2560		2561		2562	
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ผลิตภาพน้ำชลประทาน	(กก./ลบ.ม.)	2.91	0.77	0.97	0.44	0.57	0.53
ผลิตภาพน้ำที่พืชต้องการ	(กก./ลบ.ม.)	0.47	0.51	0.49	0.52	0.50	0.52
ผลิตภาพน้ำ	(กก./ลบ.ม.)	1.11	0.89	0.81	0.66	0.64	0.68
ผลิตภาพน้ำชลประทาน	(บาท/ลบ.ม.)	22.50	6.00	7.53	3.43	4.45	4.11
ผลิตภาพน้ำที่พืชต้องการ	(บาท/ลบ.ม.)	3.64	3.91	3.79	4.02	3.86	4.05
ผลิตภาพน้ำ	(บาท/ลบ.ม.)	8.55	6.92	6.29	5.16	4.97	5.26

ตารางที่ 7 ผลผลิตภาพของอ้อยในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก

		2560		2561		2562	
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ผลิตภาพน้ำชลประทาน	(กก./ลบ.ม.)	100.54	21.28	30.71	12.26	17.34	13.84
ผลิตภาพน้ำที่พืชต้องการ	(กก./ลบ.ม.)	13.83	13.63	14.16	14.06	14.16	13.55
ผลิตภาพน้ำ	(กก./ลบ.ม.)	27.06	23.77	22.28	17.97	17.90	17.59
ผลิตภาพน้ำชลประทาน	(บาท/ลบ.ม.)	92.19	19.52	22.39	8.94	11.95	9.54
ผลิตภาพน้ำที่พืชต้องการ	(บาท/ลบ.ม.)	12.68	12.50	10.32	10.25	9.75	9.34
ผลิตภาพน้ำ	(บาท/ลบ.ม.)	24.82	21.80	16.24	13.10	12.34	12.12

ตารางที่ 8 ผลผลิตภาพของข้าวในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยา

		2560		2561		2562	
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ผลิตภาพน้ำชลประทาน	(กก./ลบ.ม.)	1.02	1.23	0.89	0.86	0.77	1.02
ผลิตภาพน้ำที่พืชต้องการ	(กก./ลบ.ม.)	0.38	0.61	0.61	0.58	0.47	0.56
ผลิตภาพน้ำ	(กก./ลบ.ม.)	0.52	1.08	0.78	0.88	0.72	1.14
ผลิตภาพน้ำชลประทาน	(บาท/ลบ.ม.)	7.87	9.52	6.88	6.67	5.99	7.90
ผลิตภาพน้ำที่พืชต้องการ	(บาท/ลบ.ม.)	2.94	5.08	6.60	4.98	4.44	4.43
ผลิตภาพน้ำ	(บาท/ลบ.ม.)	4.01	8.37	6.08	6.80	5.62	8.87



4. สรุปผล

จากผลการศึกษาผลิตภาพน้ำของข้าวและอ้อยในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำท่าจีนตอนบนทั้ง 3 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพบว่า ผลผลิตของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยามีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation : SD) เท่ากับ 118 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลนี้มีความแตกต่างกันมากเนื่องจากปี 2560 เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำต่ำกว่าปีอื่นมาก อันเป็นปัจจัยมาจากปัญหาภัยแล้งจากปี 2558 - 2559 และปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการอีกด้วย ปริมาณการส่งน้ำหรือน้ำท่าของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาทั้งสามโครงการมีการส่งน้ำที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช แต่ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาทั้ง 3 โครงการมีการใช้น้ำจากแหล่งอื่น เช่น บ่อดอก สระขุด บ่อบาดาล และแหล่งน้ำธรรมชาติอื่นๆมาช่วยในการเพาะปลูก ซึ่งในงานวิจัยไม่สามารถวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำในส่วนนั้นได้

จากปริมาณน้ำที่ส่งผลให้ผลิตภาพน้ำมีค่าสูงกว่าผลิตภาพน้ำที่พืชต้องการในการวิเคราะห์ผลิตภาพซึ่งเป็นในทางที่ดี แต่หากให้ความสำคัญปริมาณผลิตของพืชจะเห็นว่าปริมาณผลิตต่อไร่จะได้น้อยกว่าพื้นที่ได้รับน้ำตามความต้องการน้ำหรือใกล้เคียง

งานวิจัยผลิตภาพน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุก และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยาสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในมองภาพรวมของการวางแผนการจัดสรรน้ำในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หากมีการศึกษาครั้งต่อไป ควรเพิ่มศึกษาปริมาณน้ำที่ได้จากแหล่งอื่นที่ไม่ได้ใช้น้ำชลประทานเพื่อเพิ่มความสามารถในการวิเคราะห์ในครั้งถัดไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณหน่วยงานที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับทำการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย กรมอุตุนิยมวิทยา สำนักชลประทานที่ 12 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสามชุกและโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยา ขอขอบคุณ คุณพลเพชร สมานมิตร ที่ให้คำปรึกษาและคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างยิ่งสำหรับรองศาสตราจารย์ ดร.บัญชา ขวัญยืน ที่ให้คำปรึกษา แนะนำเอกสารและแนวทางการศึกษาค้นคว้าตลอดจนแนวทางการแก้ไขในการศึกษาครั้งนี้จนกระทั่งสมบูรณ์

6. เอกสารอ้างอิง

- ชาญณรงค์ ตั้งคณาทรัพย์. 2551. การวิเคราะห์ผลิตภาพของน้ำสำหรับการปลูกข้าวในพื้นที่โครงการเจ้าพระยาตอนบนโดยใช้แบบจำลองพยากรณ์ผลผลิตพืชและเทคนิคการสำรวจระยะไกล. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- ธนศ แศวหลี, มัตติกา พนมธรรณิจกุล. 2556. การศึกษาการใช้น้ำของพืชที่ปลูกเชิงอนุรักษ์แบบบูรณาการในระบอบเกษตรน้ำฝนบนที่สูง, น. 73-80. ใน แก่นเกษตร 41 ฉบับพิเศษ 2. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น
- สุรสิทธิ์ ปัญญาวรณศิริ, วรเดช ชินพงษ์จิตติวิสต์, และบัญชา ขวัญยืน. 2563. ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวไรซ์เบอร์รี่จากเทคนิคการชลประทานแบบประหยัดน้ำ, น. 128-138. ใน วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ 38 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม 2563 ส่วนการใช้น้ำชลประทาน. 2554. คู่มือการหาปริมาณการใช้น้ำของ



พืชปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และค่าสัมประสิทธิ์
พืช. สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน.

เอกพันธ์ มาเลิศ, เอกสิทธิ์ โขสิตสกุลชัย. 2564. ผลิตภาพ
ของน้ำเชิงพื้นที่สำหรับการปลูกข้าวในจังหวัดชัยนาท,
น. 16-24. ใน วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่ง
ประเทศไทย ปีที่ 27 ฉบับที่ 1. สมาคมวิศวกรรมเกษตร
แห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

อรรถชัย จินตะเวช, ถาวร อ่อนประไพ, เทวินทร์ แก้วเมืองมูล
, ชิชัญชา บุคตาบุญ, เฉลิมรัฐ แสงมณี, และศุภกร
ชินวรรณโณ. 2555. การจำลองผลิตภาพการใช้น้ำใน
การผลิตข้าวนาปีเพื่อการปรับตัวภายใต้การ
เปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแบบ A1B ในพื้นที่ราบ
เชียงใหม่-ลำพูน, น. 107-114. ใน วารสารงานประชุม
วิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัย
นครพนม, นครพนม

G. Carracelas, J. Hornbuckle, J. Rosas & A. Roel.
(2019). Irrigation management strategies to
increase water productivity in *Oryza sativa* (rice)
in Uruguay. (p.161-172). Agricultural Water
Management vol.222



อุตสาหกรรมวิทย์ฯ และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



การประเมินแนวทางการคาดการณ์ปริมาณฝนรายฤดูกาลในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี
โดยวิธีการทางสถิติร่วมกับดัชนีภูมิอากาศโลก

Evaluation of Seasonal Rainfall Forecasting in Phetchaburi River Basin
using Statistical Method together with Large Scale Circulation Indices

ฤทธิศักดิ์ สุกุลแก้ว¹, นภััสสร รัตนพันธ์² และเกศวรา ลิทธิโชค^{3*}

^{1,2,3} ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, จ.นครปฐม, ประเทศไทย

*อีเมลผู้รับผิดชอบบทความ: fengkr@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูกาลเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับการบริหารจัดการน้ำ โดยสามารถใช้เป็นข้อมูลหนึ่งในการสนับสนุนการวางแผนการจัดสรรน้ำล่วงหน้า รวมถึงการวางแผนรับมือภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือการประเมินแนวทางการคาดการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝนของลุ่มน้ำเพชรบุรี 6 เดือนล่วงหน้าของสถานีตรวจวัดฝนจำนวน 12 สถานี โดยมีตัวแปรตั้งต้นในการคาดการณ์จำนวน 4 ตัวแปร ได้แก่ ปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดในอดีต และข้อมูลดัชนีภูมิอากาศโลกจำนวน 3 ดัชนี ได้แก่ Oceanic Nino Index (ONI) Dipole Mode Index (DMI) และ Multivariate ENSO Index Version 2 (MEI V.2) โดยการประยุกต์ใช้วิธีทางสถิติการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Linear Regression) ร่วมกับวิธีการลดอคติ (Bias) ที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการคาดการณ์ ได้แก่ k-Cross validation method โดยการกำหนดให้ข้อมูลที่ใช้สร้างความสัมพันธ์เป็นข้อมูลคนละชุดกับการคาดการณ์ในทุกรอบของกระบวนการคาดการณ์ ตัวแปรทั้ง 4 ตัวข้างต้นได้ถูกนำมาใช้สร้างความสัมพันธ์ได้ทั้งหมด 5 แบบจำลอง ผลการคาดการณ์ที่ได้ถูกประเมินความแม่นยำและความถูกต้องโดยดัชนีทางสถิติ 4 ดัชนี ได้แก่ Coefficient of Determination (R^2), Root Mean Square Error (RMSE) Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) และ Total Volume Error (VE) ผลการศึกษาพบว่าแต่ละสถานีให้ผลการคาดการณ์ที่ดีที่สุดแตกต่างกันไปในการประยุกต์ใช้แต่ละแบบจำลอง โดยผลการคาดการณ์ที่ดีที่สุดได้แก่ สถานี 465008 จากการใช้ตัวแปร ONI, DMI, MEI V.2 และปริมาณฝนในการคาดการณ์ โดยมีค่าดัชนีทางสถิติเท่ากับ R^2 , NSE, RMSE และ VE เท่ากับ 0.27, 0.25, 45.02 มม. และ 0.75% ตามลำดับ

คำสำคัญ: การคาดการณ์ปริมาณฝน, วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ, ดัชนีภูมิอากาศโลก, การตรวจสอบแบบไขว้

Abstract

Seasonal rainfall forecasts plays an important role for water resource management. This information benefits for planning water allocation and can be used for preparedness to cope with extreme events both flood and drought in the near future. The objective of this research is to evaluate the method for rainfall forecasting of 12 rainfall stations during a rainy season of Phetchaburi River basin 6 months in advance. Predictors used in this study were Oceanic Nino Index (ONI), Dipole Mode Index (DMI), Multivariate ENSO Index (MEI V.2) and historical observed rainfalls. Multiple Linear Regression (MLR) was employed in this study together with k-cross validation method to reduce a bias of statistical models. All four predictors were used in various types in MLR, and five statistical models were finally constructed. Coefficient of Determination



(R^2), Root Mean Square Error (RMSE), Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) and Total Volume Error (VE) were used to estimate forecasted rainfalls. Results revealed that the combination of ONI, DMI, MEI V.2 and rainfall presented highest skill of 465008 rainfall station with R^2 , NSE, RMSE and VE of 0.27, 0.25, 45.02 mm and 0.75% respectively.

Keywords: Rainfall forecasting, Multiple Linear Regression, Large Scale Circulation Indices, k-Cross Validation

1. คำนำ

ลุ่มน้ำเพชรบุรีเป็นลุ่มน้ำที่ตั้งอยู่ทางบริเวณภาคตะวันตกของประเทศไทย พื้นที่ในเขตลุ่มน้ำส่วนใหญ่ครอบคลุมจังหวัดเพชรบุรี บางส่วนเป็นพื้นที่ของจังหวัดราชบุรี จังหวัดสมุทรสงครามและจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีการจัดสรรน้ำเพื่อการเกษตร อุตสาหกรรม การอุปโภคบริโภคและการท่องเที่ยว จากความต้องการการใช้น้ำในการทำกิจกรรมเพื่อการดำรงชีวิตที่เพิ่มขึ้นร่วมกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นส่งผลให้เกิดความแห้งแล้งในพื้นที่ ทำให้น้ำที่สามารถนำมาใช้ได้มีไม่เพียงพอต่อความต้องการ นอกจากนี้ยังเกิดน้ำท่วมฉับพลันที่เกิดจากอิทธิพลของพายุดีเปรสชัน พายุโซนร้อนหรือหย่อมความกดอากาศต่ำพัดผ่านส่งผลให้จังหวัดที่อยู่ในเขตลุ่มน้ำเพชรบุรีได้รับผลกระทบ [1] ดังนั้นการคาดการณ์ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับการวางแผนจัดสรรการใช้น้ำและการบริหารจัดการน้ำของพื้นที่ในเขตลุ่มน้ำเพชรบุรีเพื่อทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การคาดการณ์ปริมาณฝนต้องอาศัยข้อมูลและดัชนีที่เกี่ยวข้อง (Predictors) มาประกอบกรวิเคราะห์เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์ เช่น [2] ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากปัจจัยอุณหภูมิตามวิหยาอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์ ENSO ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยใช้ดัชนี Oceanic Nino Index (ONI) ในการวิเคราะห์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ONI มีอิทธิพลต่อตัวแปรอุณหภูมิตามวิหยาในช่วงต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม) และช่วงปลายฤดูฝน (เดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม) [3] ได้ทำการศึกษาหาตัวชี้ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ ENSO ที่มีต่ออิทธิพลการเกิดฝนของ

ประเทศศรีลังกา ซึ่งจากการศึกษาได้ทำให้ Dipole Mode Index (DMI) และ Multivariate ENSO Index (MEI) เป็นปัจจัยตั้งต้นในการคาดการณ์ ซึ่งผลจากการคาดการณ์ทั้งในรูปแบบของการใช้แต่ละปัจจัย และการใช้ปัจจัยร่วมกันอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และ [4] ได้ศึกษาการใช้วิธีการทางสถิติเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ปริมาณฝนเฉลี่ยเป็นตัวแปรตั้งต้น ซึ่งการใช้ปริมาณฝนที่ตรวจวัดได้จริงก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ได้รับความนิยมเพื่อนำมาใช้เป็นปัจจัยในการคาดการณ์เช่นกัน

นอกจากข้อมูลหรือดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ที่ต้องการคาดการณ์จะมีความสำคัญแล้ว การคาดการณ์ปริมาณฝนยังต้องอาศัยวิธีการที่เหมาะสม โดยวิธีการทางสถิติเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก Multiple Linear Regression (MLR) เป็นวิธีการทางสถิติวิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณฝน [5] ได้ทำการวิเคราะห์การถดถอย MLR เพื่อให้ได้สมการในการคาดการณ์ปริมาณฝน จากการศึกษาพบว่าการคาดการณ์มีความแม่นยำที่ยอมรับได้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการน้ำได้ในลำดับต่อไป นอกจากนี้ MLR ยังถูกนำไปใช้ในการศึกษาของ [6] ได้ทำการคาดการณ์ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกของประเทศไทย [7] ได้ทำการคาดการณ์ปริมาณฝนรายเดือนของประเทศอินเดีย โดยวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการคาดการณ์มี 6 วิธี ได้แก่ MLR Multi-layer Perceptron (MLP) Pace regression (PR) Radial Basis Function (RBF) K-star Algorithm และ Bootstrap Aggregating (bagging) และพบว่า MLR ให้ปริมาณฝนคาดการณ์ที่ดีที่สุดจากทั้งหมด และ [8] ได้ใช้วิธี MLR ในการคาดการณ์



ปริมาณฝนในประเทศบังกลาเทศ โดยวิธี MLR สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาแนวโน้มของข้อมูลเพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนการจัดสรรน้ำ

การศึกษาค้นคว้ามีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินถึงแนวทางการคาดการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝนของกลุ่มน้ำเพชรบุรี 6 เดือนล่วงหน้า โดยมีปัจจัยตั้งต้นที่ใช้ในการคาดการณ์ (Predictors) ได้แก่ ดัชนีภูมิอากาศโลก ONI, DMI, MEI V.2 และปริมาณฝนตรวจวัดในพื้นที่ (Rainfall) โดยวิธีทางสถิติ MLR และมีแนวทางการประเมินความถูกต้องด้วยดัชนีทางสถิติ Coefficient of Determination (R^2), Root Mean Square Error (RMSE), Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) และ Total Volume Error (VE) ซึ่งผลการศึกษานี้สามารถประเมินถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้ตัวแปรภูมิอากาศโลก รวมถึงวิธีการที่เลือกใช้ในการคาดการณ์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการคาดการณ์ปริมาณฝนสำหรับใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการวางแผนการบริหารจัดการน้ำได้ต่อไปในอนาคต

2. วิธีการศึกษา

2.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

กลุ่มน้ำเพชรบุรีมีพื้นที่ลุ่มน้ำรวม 6254.45 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ในเขตลุ่มน้ำครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดราชบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ลักษณะลุ่มน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางตัวในแนวทิศตะวันตกถึงทิศตะวันออก มีทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำแม่กลอง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ ทิศตะวันตกติดกับประเทศพม่าทิศตะวันออกติดกับอ่าวไทยโดยมีแม่น้ำเพชรบุรีเป็นแม่น้ำสายหลักของลุ่มน้ำ ทางด้านตะวันตกของลุ่มน้ำจะเป็นเทือกเขาสูงคือเทือกเขาตะนาวศรีซึ่งเป็นที่ต้นกำเนิดของแม่น้ำเพชรบุรี บริเวณอำเภอแก่งกระจานทางตอนกลางของลุ่มน้ำจะมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ และในทางตอนล่างจะมีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล ซึ่งลักษณะพื้นที่จะค่อยๆลาดเตลจากทิศตะวันตกลงมาทางฝั่งทิศตะวันออก มีลำน้ำกระจายอยู่

ทั่วไปโดยลำน้ำส่วนใหญ่จะไหลลงสู่แม่น้ำเพชรบุรีและออกลงสู่ทะเลอ่าวไทยบริเวณอำเภอบ้านแหลม มีความยาวลำน้ำประมาณ 227 กิโลเมตร ความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำ (Average Slope) ประมาณ 1:800 โดยที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีแบ่งออกเป็น 3 ลุ่มน้ำย่อยได้แก่ ลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน ลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำเพชรบุรีตอนล่าง และลุ่มน้ำย่อยห้วยแม่ประจันต์ (รูปที่ 1)

2.2 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

2.2.1 ปัจจัยที่ใช้ในการคาดการณ์ (Predictor)

2.2.1.1 Oceanic Nino Index (ONI)

เป็นค่าดัชนีชี้วัดที่คำนวณจากค่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเล (SST) ที่เปลี่ยนไปจากอุณหภูมิน้ำทะเลปกติ จะคำนวณจากพื้นที่บริเวณที่เรียกว่า Nino 3.4 region ซึ่งจะอยู่บริเวณ 5S-5N และลองจิจูดที่ 120W-170W ค่า ONI ที่มีค่าตั้งแต่ $+0.5^{\circ}\text{C}$ ขึ้นไปจะเป็นช่วงของการเกิด El Nino และที่มีค่าเป็นลบตั้งแต่ -0.5°C ลงมาเป็นค่าของช่วงการเกิด La Nina ONI เป็นค่าที่หน่วยงาน National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ได้ใช้เป็นตัวดัชนีในการทำนายการเกิดปรากฏการณ์ ENSO และใช้ประเมินความแรงของปรากฏการณ์ ถ้าดัชนีอยู่ในช่วงบวกหรือลบ 0.5-0.9 ถือว่าเป็นค่าที่มีกำลังอ่อน ถ้าอยู่ในช่วงบวกหรือลบ 1.0-1.4 ถือว่ามีกำลังปานกลาง และถ้ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 จะถือว่ามีกำลังแรง [9]

2.2.1.2 Dipole Mode Index (DMI)

DMI เป็นค่าดัชนีที่ใช้ชี้วัดสภาวะของปรากฏการณ์ Indian Ocean Dipole (IOD) ซึ่งเกิดขึ้นในบริเวณเส้นศูนย์สูตรของมหาสมุทรอินเดีย โดยจะมีความผันผวนไปมาไม่เป็นคาบแน่นอนของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล มีช่วงการเรียกว่า ชั่วบวก (Positive) ชั่วลบ (Negative) และเป็นกลาง (Neutral) โดยจะส่งผลกระทบต่อภูมิอากาศของประเทศที่อยู่บริเวณมหาสมุทรอินเดีย โดยจะวัดความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวน้ำทะเลระหว่างฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรอินเดีย โดยฝั่งตะวันตกจะใช้

อุณหภูมิที่พื้นที่บริเวณลองจิจูด 50°E-70°E และละติจูด 10°S-0°S และในทางตะวันออกจะใช้อุณหภูมิที่พื้นที่บริเวณ ละติจูด 90°E-110°E และ 10°S-0°S ค่าความแตกต่างที่วัดได้นั้นคือดัชนี DMI ในช่วงที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลทางฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรอินเดียเย็นกว่าปกติ และอุณหภูมิผิวน้ำทะเลของมหาสมุทรอินเดียฝั่งตะวันตกอุ่นกว่าปกติจะเป็นปรากฏการณ์ IOD ขั้วบวก ส่งผลให้ฝนตกน้อยและเกิดความแห้งแล้งในประเทศอินโดนีเซียและออสเตรเลียทางตอนกลางและตอนใต้ ในกรณีที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลทางฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรอินเดียอุ่นกว่าปกติและอุณหภูมิผิวน้ำทะเลของมหาสมุทรอินเดียฝั่งตะวันตกเย็นกว่าปกติจะเป็นปรากฏการณ์ IOD ขั้วลบที่ส่งผลให้เกิดฝนตกหนักผิดปกติทางฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรอินเดียคือประเทศอินโดนีเซียและออสเตรเลีย โดยเฉพาะทางตอนใต้และเกิดความแห้งแล้งขึ้นที่ทางด้านฝั่งตะวันตกของมหาสมุทรอินเดีย ในช่วง IOD ที่มีค่าลบ (Negative) จะก่อให้เกิดฝนตกชุกมากในบริเวณประเทศไทย [10]

2.2.1.3 Multivariate ENSO Index Version 2 (MEI V.2)

เป็นดัชนีที่สามารถบอกถึงความผิดปกติของ El Niño / Southern Oscillation (ENSO) ซึ่งเป็นความแปรปรวนที่เกิดขึ้นของสภาพภูมิอากาศในมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อนและชั้นบรรยากาศ MEI V.2 ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ตัวแปร 5 ตัวแปรคือ Sea level pressure, Sea surface temperature, Zonal wind component, Meridional wind component และ Outgoing longwave radiation ในการใช้ดัชนี MEI ในการทำนายการเกิดปรากฏการณ์ คือในช่วงที่เป็นลบจะหมายถึงมีโอกาสเกิดปรากฏการณ์ La Niña ในช่วงที่เป็นบวกจะมีโอกาสเกิดปรากฏการณ์ El Niño [11]

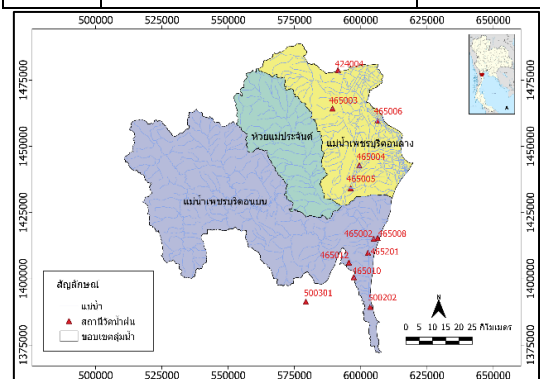
2.2.1.4 ปริมาณฝน (Rainfall)

การศึกษาครั้งนี้ได้นำข้อมูลปริมาณฝนรายวันจากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา

ทั้งสิ้น 12 สถานี แสดงดังรูปที่ 1 บริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรีของช่วงปี พ.ศ.2528 – 2563 (36 ปี) มาใช้ในการศึกษารายละเอียดข้อมูลปริมาณฝน และสถานีตรวจวัดแสดงดังตารางที่ 1 โดยในการศึกษาครั้งนี้ปริมาณฝนได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวแปรตั้งต้น (Predictor) ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยราย 3 เดือน (พฤศจิกายน - มกราคม) ซึ่งเป็นข้อมูลก่อนหน้าปริมาณฝนที่จะถูกคาดการณ์เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลสถานีตรวจวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 12 สถานี

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	ข้อมูลปี (พ.ศ.)
424004	ที่ว่าการอำเภอปากท่อ	2528-2563
465002	สำนักงานเกษตรอำเภอชะอำ	2528-2563
465003	สำนักงานเกษตรอำเภอเขาย้อย	2528-2563
465004	สำนักงานเกษตรอำเภอบ้านลาด	2528-2563
465005	สำนักงานเกษตรอำเภอท่ายาง	2528-2563
465006	ที่ว่าการอำเภอบ้านแหลม	2528-2563
465008	ศูนย์ฝึกอบรมการป่าไม้ชะอำ 246	2528-2563
465010	โครงการพัฒนาป่าไม้เอนกประสงค์	2534-2563
465012	สวนสมเด็จพระศรีนครินฯ อ.ชะอำ	2534-2563
465201	สตอ.เพชรบุรี	2528-2563
500202	สตอ.หัวหิน	2528-2563
500301	สภข.หนองพลับ	2528-2563

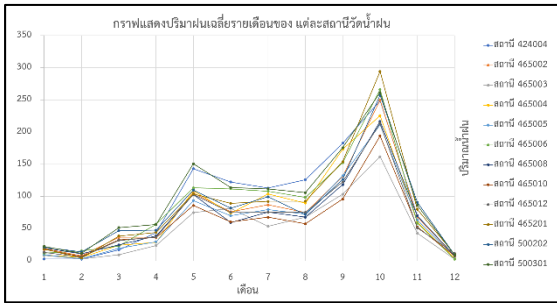


รูปที่ 1 แสดงขอบเขตลุ่มน้ำเพชรบุรีและตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำฝนจำนวน 12 สถานี

2.2.2 ปัจจัยที่ต้องการคาดการณ์ (Predictand)

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์ปริมาณฝนในช่วงฤดูฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี ซึ่ง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลรายวันทั้งสิ้น 36 ปี (พ.ศ. 2528 – 2563) จากสถานีตรวจวัดปริมาณฝนจำนวนทั้งสิ้น 12 สถานีข้างต้น พบว่าช่วงฤดูฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีอยู่ในช่วงระหว่างเดือน สิงหาคม – ตุลาคม (รูปที่ 2) โดยมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของในช่วง 3 เดือนดังกล่าวเท่ากับ 152 มม.



รูปที่ 2 แสดงปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝน

2.3 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis)

เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variable) หลายตัว กับตัวแปรตาม (Dependent Variable) 1 ตัว เพื่อศึกษาว่ามีตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่ร่วมกันคาดการณ์หรืออธิบายการผันแปรของตัวแปรตามได้สามารถแสดงความสัมพันธ์แสดงดังสมการที่ (1)

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k \quad (1)$$

X_i คือ ค่าของตัวแปรอิสระแต่ละตัว

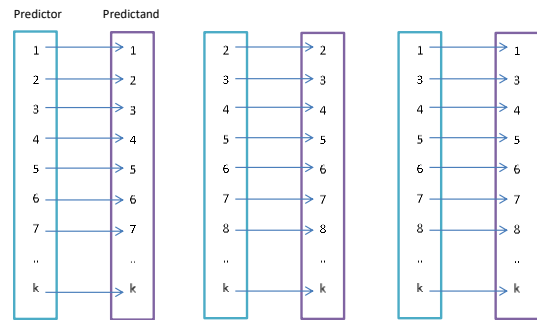
Y คือ ค่าของตัวแปรตาม

k คือ จำนวนตัวแปรอิสระในสมการถดถอย

2.4 วิธีการ k- Cross Validation

วิธีการ k-Cross validation method เป็นวิธีการนำข้อมูลมาหาความสัมพันธ์แสดงดังรูปที่ 3 โดยชุดข้อมูลประกอบไปด้วยข้อมูล Predictor และ Predictand ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดค่า k เท่ากับ 1 (1-year Cross Validation) โดยในแต่ละรอบของการสร้างความสัมพันธ์ชุดข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำมาใช้สร้างสมการความสัมพันธ์ยกเว้นข้อมูล 1 ชุด จะนำไปใช้ในการทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่เกิดจากการสร้างความสัมพันธ์ จากนั้น

จะทำการวนซ้ำจนข้อมูลทุกส่วนหรือในการศึกษานี้เป็นข้อมูลในทุกปีจะถูกนำมาทดสอบ วิธีการนี้จะช่วยลดการเกิดอคติ (Bias) ในการคาดการณ์เนื่องจากในการสร้างสมการความสัมพันธ์ ตัวแปรที่นำมาใช้ในการคาดการณ์และถูกคาดการณ์จะไม่ถูกนำมาใช้ในการสร้างสมการดังกล่าว



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Predictor และ Predictand โดยวิธี k-Cross Validation

2.5 การประเมินค่าความถูกต้องและแม่นยำ

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธีการประเมินผลของข้อมูลประกอบด้วย 4 วิธีการได้แก่ R^2 , RMSE, NSE และ VE วิธีการคำนวณค่า R^2 แสดงดังสมการที่ 2 โดยที่ค่า y คือค่าตรวจวัด p คือค่าคาดการณ์ และ i คือลำดับของข้อมูลจนถึงจำนวนที่ n ซึ่ง R^2 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 หากมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าฝนที่คาดการณ์มีความสัมพันธ์กับฝนที่ตรวจวัดสูง

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(p_i - \bar{p})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2}} \right)^2 \quad (2)$$

วิธีการคำนวณค่า RMSE แสดงดังสมการที่ 3 โดยที่ n คือจำนวนชุดข้อมูลทั้งหมด ซึ่ง RMSE จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - ∞ หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าฝนที่คาดการณ์มีความสัมพันธ์กับฝนที่ตรวจวัดสูง

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum (y_i - p_i)^2} \quad (3)$$

วิธีการคำนวณค่า NSE แสดงดังสมการที่ 4 โดยที่ NSE จะมีค่าอยู่ระหว่าง $-\infty - 1$ หากมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าฝนที่คาดการณ์มีความสัมพันธ์กับฝนที่ตรวจวัดสูง แต่ถ้ามีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าฝนที่คาดการณ์มีความแม่นยำไม่ต่างจากการที่คาดการณ์โดยใช้วิธีการเฉลี่ย ซึ่งหากมีค่าต่ำ

กว่า 0 แสดงว่าฝนที่คาดการณ์มีความแม่นยำต่ำกว่าการคาดการณ์โดยใช้วิธีการเฉลี่ย

$$NSE = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - p_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right) \quad (4)$$

วิธีการคำนวณค่า VE เป็นการคำนวณเพื่อประเมินถึงความแตกต่างของปริมาณฝนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการตรวจวัดและจากการคาดการณ์ โดยที่ n คือจำนวนชุดข้อมูลทั้งหมด แสดงดังสมการที่ 5 โดยที่ VE หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าฝนที่คาดการณ์มีความสัมพันธ์กับฝนที่ตรวจวัดสูง โดยผลของ VE จะมีค่าเป็นร้อยละ

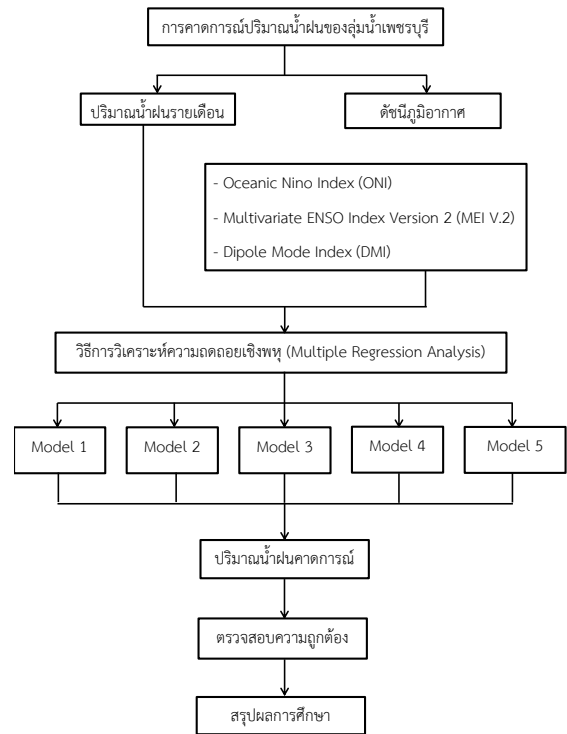
$$VE = \frac{|\sum_{i=1}^n p_i - \sum_{i=1}^n y_i|}{\sum_{i=1}^n y_i} \times 100 \quad (5)$$

2.5 ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษานี้เริ่มจากการรวบรวมตรวจสอบความถูกต้องและทำการเติมข้อมูลน้ำฝนที่ขาดหายด้วยวิธี Inverse Distance Weight (IDW) จากนั้นทำการเลือกตัวแปรตั้งต้น (predictor) ที่นำมาใช้คาดการณ์จำนวน 4 ตัวแปร ได้แก่ DMI, MEI V.2, ONI และ Rainfall ซึ่งเป็นข้อมูลเฉลี่ยสามเดือนของเดือนพฤศจิกายน ธันวาคมของปีก่อนหน้าปีที่คาดการณ์ร่วมกับเดือนมกราคมของปีเดียวกันกับปีที่คาดการณ์ และตัวแปรตาม (predictand) คือปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยในช่วงเดือนสิงหาคม - ตุลาคมของปีที่ทำการคาดการณ์ โดยมีการใช้ปัจจัยร่วมกันแบ่งออกเป็นทั้งหมด 5 แบบจำลอง แสดงดังตารางที่ 2 และประยุกต์ใช้วิธีทางสถิติการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณร่วมกับ k-Cross-validation method จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณฝนที่คาดการณ์กับข้อมูลตรวจวัดโดยใช้ R², RMSE, NSE และ VE แผนผังขั้นตอนการดำเนินการศึกษาแสดงดังรูปที่ 4

ตารางที่ 2 แสดงแบบจำลองที่ใช้ในการคาดการณ์

แบบจำลอง	ดัชนีที่ใช้ในการคาดการณ์
Model 1	DMI, MEI V.2, ONI
Model 2	DMI, MEI V.2, Rainfall
Model 3	MEI V.2, ONI, Rainfall
Model 4	DMI, ONI, Rainfall
Model 5	DMI, MEI V.2, ONI, Rainfall



รูปที่ 4 แสดงแผนผังขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

3. ผลการศึกษา

ผลการคาดการณ์ปริมาณฝน 6 เดือนล่วงหน้าโดยใช้วิธีการ MLR แสดงดังตารางที่ 3 โดยเมื่อนำปริมาณฝนที่คาดการณ์ในช่วงเดือน สิงหาคม - ตุลาคม เปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดในช่วงเดือนเดียวกันระหว่างปี พ.ศ. 2528 - 2563 ของทุกสถานีและในทุกแบบจำลอง 5 แบบจำลองพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R²) อยู่ระหว่าง 0 - 0.27 ค่า NSE อยู่ระหว่าง -0.42 ถึง 0.25 ค่า RMSE อยู่ระหว่าง 36.42 - 79.94 มิลลิเมตร และ Volume Error อยู่ระหว่าง 0.01 - 0.35 %

และจากการตรวจสอบในแต่ละแบบจำลองพบว่าการคาดการณ์ด้วย Model 5 เป็นรูปแบบการใช้ตัวทำนายที่ดีที่สุดของสถานี 465008 แสดงดังตารางที่ 4 มีค่า R² เท่ากับ 0.27 ค่า NSE เท่ากับ 0.25 ค่า RMSE เท่ากับ 45.02 มิลลิเมตร และ Volume Error เท่ากับ 0.75 % และ Model 1 สำหรับสถานี 465008 ให้ค่าที่รองลงมา โดยมีค่า R² เท่ากับ 0.24 ค่า NSE เท่ากับ 0.23 ค่า RMSE



เท่ากับ 46.26 มิลลิเมตร และ Volume Error เท่ากับ 1.38 %

ตารางที่ 3 ผลการคาดการณ์ปริมาณฝนล่วงหน้า 6 เดือน โดยการปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้ตัวทำนายของทุกสถานี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 – 2563

หมายเหตุ: (ค่าต่ำสุด/ค่าสูงสุด)

ตารางที่ 4 สถานีวัดน้ำฝนที่ดีที่สุดในการคาดการณ์ ปริมาณฝนของแต่ละ Model

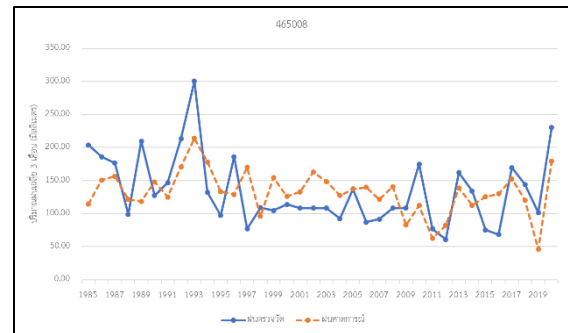
Model	Station Code	R ²	NSE	RMSE (mm)	Volume Error (%)
Model 1	465008	0.24	0.23	46.26	1.38
Model 2	465010	0.20	0.17	45.72	0.20
Model 3	465008	0.22	0.20	46.42	0.57
Model 4	465012	0.17	0.13	56.91	0.84
Model 5	465008	0.27	0.25	45.02	0.75

Model	Station Code	R ²	NSE	RMSE (mm)	Volume Error (%)
1	0.00 / 0.24	-0.30 / 0.23	38.26 / 73.32	0.08 / 2.32	
2	0.00 / 0.19	-0.25 / 0.17	36.69 / 72.53	0.01 / 1.19	
3	0.00 / 0.26	-0.42 / 0.20	36.42 / 79.94	0.12 / 3.27	
4	0.00 / 0.17	-0.26 / 0.13	36.65 / 70.70	0.03 / 1.26	
5	0.00 / 0.26	-0.30 / 0.25	38.13 / 76.19	0.07 / 3.01	

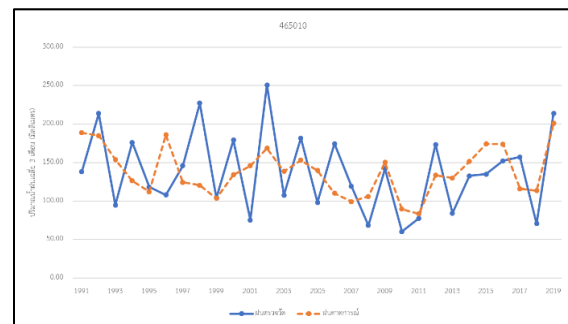
รูปที่ 5 – 9 แสดงผลการคาดการณ์ของแต่ละแบบจำลองที่ให้ผลดีที่สุดสำหรับแต่ละสถานี โดยจะเห็นได้ว่าในภาพรวมโดยส่วนใหญ่ผลของการคาดการณ์จะยังไม่สามารถคาดการณ์ปริมาณฝนในช่วงที่มีปริมาณสูงหรือต่ำมาก (Extreme event) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจากรูปที่ 9 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ให้ผลที่ดีที่สุด แสดงให้เห็นว่าผลที่ได้จากการคาดการณ์มีเส้นแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับฝนที่ได้จากการตรวจวัดมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2540 - 2551 มีปริมาณฝนเฉลี่ยค่อนข้างสูง ในช่วงปี พ.ศ. 2529 - 2539 และ พ.ศ. 2552 - 2562 มีปริมาณฝนเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าที่ตรวจวัด ซึ่งในช่วงปีที่มีปริมาณฝนเฉลี่ย

ที่สูงเช่นปี พ.ศ. 2532, 2536, 2553 และ 2563 แสดงว่าการวิเคราะห์ไม่สามารถแสดงผลที่ใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดได้ ส่วนในช่วงปีที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยที่ต่ำเช่นปี พ.ศ. 2540 การวิเคราะห์ไม่สามารถแสดงผลที่ใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดได้เช่นเดียวกัน

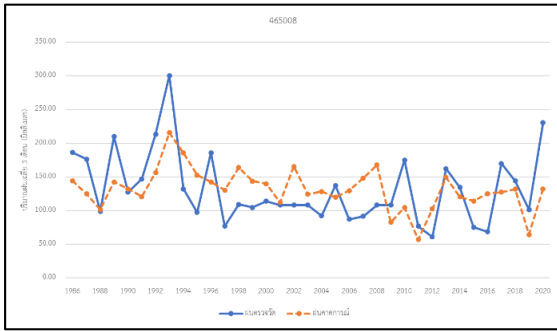
เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้มีการควบคุมรูปแบบตัวแปรที่นำมาเป็นตัวแปรตั้งต้นเพื่อทดสอบว่าการใช้ตัวแปรรูปแบบใดจะส่งผลให้การคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนเข้าใกล้ค่าตรวจวัด จากการวิเคราะห์พบว่าปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้ตัวทำนายที่ใช้ตัวแปร MEI V.2, ONI ร่วมกันจะส่งผลให้มีการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนได้ใกล้เคียงกับที่ตรวจวัดมากขึ้นดังรูปที่ 5, 7 และ 9 และการใช้ตัวแปรดังกล่าวร่วมกันในการคาดการณ์พบว่าผลที่ได้ค่าของ R² และ NSE มีความถูกต้องเพิ่มขึ้น แต่ค่าของ RMSE และ VE จะมีค่าที่แปรปรวนค่อนข้างสูง



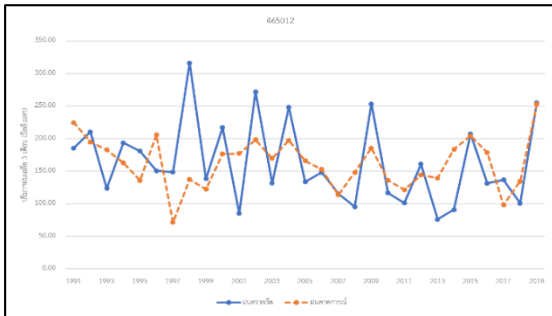
รูปที่ 5 แสดงปริมาณฝนตรวจวัดและจากการคาดการณ์ที่ดีที่สุดของ Model 1



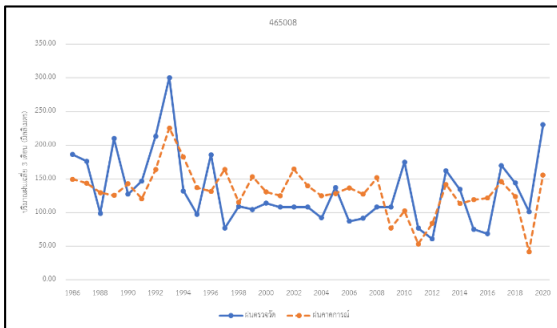
รูปที่ 6 แสดงปริมาณฝนตรวจวัดและจากการคาดการณ์ที่ดีที่สุดของ Model 2



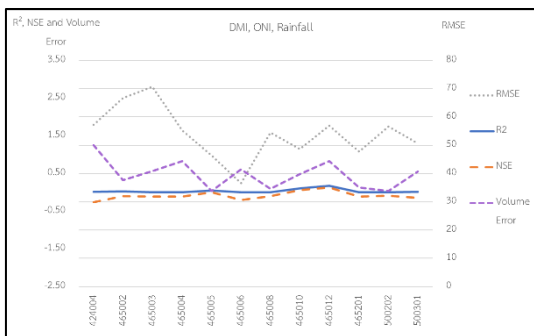
รูปที่ 7 แสดงปริมาณฝนตรวจวัดและจากการคาดการณ์ที่ดีที่สุดของ Model 3



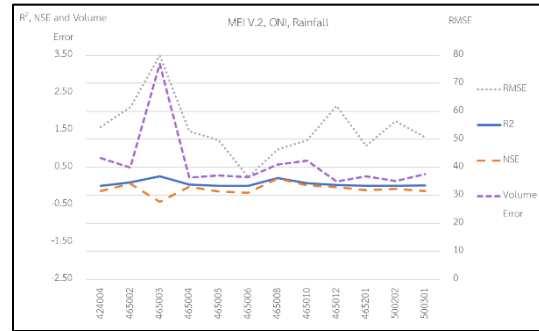
รูปที่ 8 แสดงปริมาณฝนตรวจวัดและจากการคาดการณ์ที่ดีที่สุดของ Model 4



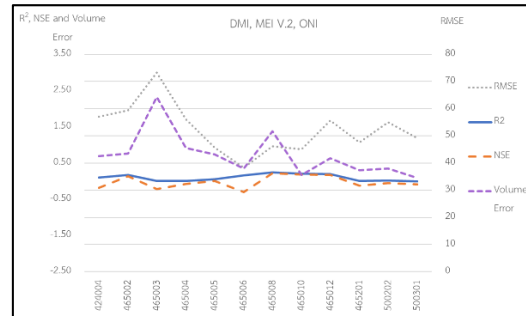
รูปที่ 9 แสดงปริมาณฝนตรวจวัดและจากการคาดการณ์ที่ดีที่สุดของ Model 5



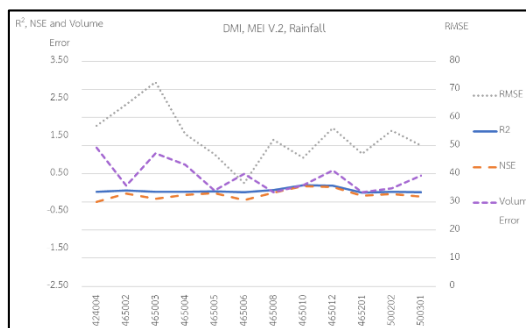
รูปที่ 10 แสดงค่าประเมินประสิทธิภาพของ Model 1 สำหรับทุกสถานีตรวจวัดฝน



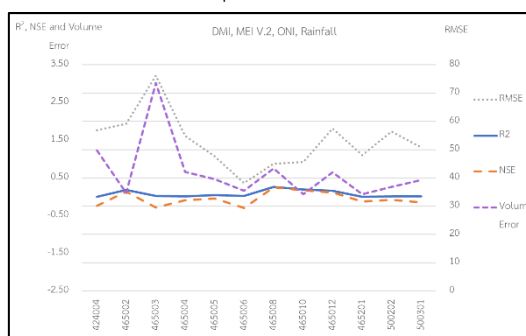
รูปที่ 11 แสดงค่าประเมินประสิทธิภาพของ Model 2 สำหรับทุกสถานีตรวจวัดฝน



รูปที่ 12 แสดงค่าประเมินประสิทธิภาพของ Model 3 สำหรับทุกสถานีตรวจวัดฝน



รูปที่ 13 แสดงค่าประเมินประสิทธิภาพของ Model 4 สำหรับทุกสถานีตรวจวัดฝน



รูปที่ 14 แสดงค่าประเมินประสิทธิภาพของ Model 5 สำหรับทุกสถานีตรวจวัดฝน



รูปที่ 10 – 14 แสดงค่าดัชนีความถูกต้องทั้ง 4 ดัชนีของแต่ละสถานีเมื่อทำการทดสอบกับแบบจำลองทั้งหมด 5 แบบจำลองที่แตกต่างกันไป โดยผลการศึกษาระบุให้เห็นว่าข้อมูลที่แตกต่างกันไปของแต่ละสถานีจะส่งผลให้การทดสอบของแต่ละแบบจำลองได้ผลที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น Model 1 (รูปที่ 10) และ Model 5 (รูปที่ 14) ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุดกับข้อมูลของสถานี 465008 สำหรับค่า R^2 แต่จะเห็นได้ว่า Model 1 นี้ไม่เหมาะกับการทดสอบสำหรับข้อมูลของสถานี 465003 ที่แสดงค่า R^2 และ NSE ของ Model 1/Model 5 ค่อนข้างต่ำโดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.008/0.023 และ NSE เท่ากับ -0.223/-0.291 และในขณะเดียวกันให้ค่าของ RMSE และ VE ที่ค่อนข้างสูง โดยมีค่า RMSE ของ Model 1/Model 5 เท่ากับ 73.32/76.19 มิลลิเมตร และค่า VE เท่ากับ 2.32% /3.01% เป็นต้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้วิธีการรวมถึงตัวแปรตั้งต้นสำหรับข้อมูลปริมาณฝนคนละชุดข้อมูลมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากวิธีการทางสถิติจะมีความอ่อนไหวกับลักษณะของข้อมูลที่น่ามาศึกษาเป็นสำคัญ

4. สรุปผลการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์ปริมาณฝนในช่วงฤดูฝนของกลุ่มน้ำเพชรบุรีด้วยวิธีการทางสถิติ (Statistical modeling) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) ร่วมกับ k-Cross-validation method เพื่อป้องกันการเกิดอคติ (Bias) ที่อาจเกิดขึ้นในการคาดการณ์ โดยมีดัชนีภูมิอากาศโลก 3 ดัชนีได้แก่ DMI, MEI V.2, ONI และปริมาณฝนก่อนหน้า (Rainfall) เป็นตัวแปรตั้งต้น (Predictors) และปริมาณฝนของกลุ่มน้ำเพชรบุรี เป็นตัวแปรตาม (Predictand) ความสัมพันธ์ของดัชนีภูมิอากาศโลกในช่วงเดือนธันวาคม-มกราคม และปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเดือนสิงหาคม-ตุลาคม (Predictand) ได้ถูกนำมาทดสอบความสัมพันธ์ ซึ่งเป็นการคาดการณ์ล่วงหน้า 6 เดือนก่อนช่วงฤดูฝนในช่วงปี 2527-2563 โดยผลจาก

การคาดการณ์จะถูกตรวจสอบความถูกต้องกับปริมาณฝนที่ตรวจวัดในทุกสถานีและทุกแบบจำลอง

ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองแต่ละแบบจำลองจะให้ค่าความถูกต้องของการคาดการณ์แตกต่างกันไปในแต่ละสถานี เนื่องด้วยการศึกษาครั้งนี้เป็นการใช้วิธีการทางสถิติตั้งต้นนั้นลักษณะของข้อมูลปริมาณฝนของแต่ละสถานีจึงมีส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของการคาดการณ์ โดยพบว่าแบบจำลอง Model 5 แสดงผลการคาดการณ์ที่ดีที่สุดสำหรับการศึกษาค้นคว้านี้ อย่างไรก็ตามการทดสอบแบบจำลองและตัวแปรตั้งต้นเป็นสิ่งที่จะต้องดำเนินการก่อนการเลือกใช้แบบจำลองหรือตัวแปรตั้งต้นเมื่อมีการปรับปรุงข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดให้เป็นปัจจุบันในทุกครั้ง เนื่องจากแบบจำลองทางสถิติจะมีความอ่อนไหว (Sensitivity) ต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล นอกจากนั้นการเลือกใช้วิธีการทางสถิติอื่น รวมถึงช่วงเวลาของตัวแปรตั้งต้นที่เลือกใช้ การเลือกใช้ตัวแปรภูมิอากาศโลกเพิ่มเติม และการพัฒนาแนวทางในการคาดการณ์ปริมาณฝนรายเดือน เป็นส่วนสำคัญสำหรับการศึกษาต่อเนื่องในอนาคต เพื่อพัฒนาแบบจำลองให้สามารถคาดการณ์ปริมาณฝนล่วงหน้าได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น ซึ่งแนวทางการศึกษาการคาดการณ์ปริมาณฝนล่วงหน้าด้วยเครื่องมือทางสถิติในการศึกษาค้นคว้านี้สามารถใช้เป็นแนวทางการในการศึกษาและพัฒนาวิธีการให้สามารถประเมินปริมาณฝนอนาคตรายฤดูกาลของประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). (2555). การดำเนินงานด้านการรวบรวมข้อมูลโครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 กลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง กลุ่มน้ำเพชรบุรี. <http://tiwrm.haii.or.th/web/attachments/25basins/19-petchaburi.pdf>, 4 กุมภาพันธ์ 2564.
- [2] กมนทัต มูลศรี และ ภักพวงศ์ พจนารถ. (2562). ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศต่อปริมาณผลผลิตอ้อยในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียง



- เหนือ. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม 15 (2): 46-61. DOI: 10.14456/jem.2019.10
- [3] Thushara De Silva M. and George M. Hornberger. (2019). Identifying El Niño–Southern Oscillation influences on rainfall with classification models: implications for water resource management of Sri Lanka. *Hydrology and Earth System Sciences* 23: 1905-1929. DOI: 10.1016/S0022-1694(96)03340-9
- [4] ณพฐ์ โสภีพันธ์. (2558). ตัวแบบเชิงสถิติเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของจังหวัดนครราชสีมา. วารสารมหาวิทยาลัยรัตนนคร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 23 (2): 56-65.
- [5] เมธัส ยืนประพันธ์. (2561). การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ถดถอย (Linear Regression Analysis) เพื่อให้ได้สมการในการคาดการณ์ปริมาณฝนรายภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ฝั่งตะวันตก และภาคใต้ฝั่งตะวันออก. <http://kmcenter.rid.go.th/kchydhome/pf/2.pdf>, 7 มิถุนายน 2564.
- [6] อัญชลี ชาโชติ และ เกศกนก มีเรือง. (2563). การคาดการณ์ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกของประเทศไทยโดยใช้ดัชนีภูมิอากาศโลก. *โครงการวิศวกรรมชลประทาน ภาควิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*.
- [7] N. Gnanasankaran and E. Ramaraj. (2020). A Multiple Linear Regression Model to Predict Rainfall Using Indian Meteorological Data. *International Journal of Advanced Science and Technology* 29 (8s): 746-758.
- [8] MAI Navid and NH Niloy. (2018). Multiple Linear Regressions for Predicting Rainfall for Bangladesh. *American Journal of Electrical and Computer Science* 6 (1): 1-4. DOI: 10.11648/j.com.20180601.11
- [9] ศูนย์อุตุนิยมวิทยาทะเล กรมอุตุนิยมวิทยา. (2555). Oceanic Nino Index (ONI). <http://www.wamwatt.tmd.go.th/OceanicNinoIndex.pdf>, 9 กุมภาพันธ์ 2564.
- [10] ศูนย์อุตุนิยมวิทยาทะเล กรมอุตุนิยมวิทยา. (2555). Indian Ocean Dipole. <http://www.marine.tmd.go.th/thai/IOD-2555.pdf>, 9 กุมภาพันธ์ 2564.
- [11] National Oceanic and Atmospheric Administration. (2021). Multivariate ENSO Index Version 2 (MEI V.2). <https://psl.noaa.gov/enso/mei/>, 10 กุมภาพันธ์ 2564.



วิศวกรรมชลศาสตร์



การศึกษาผลกระทบของการขนส่งทางน้ำต่อสภาพชลศาสตร์ในแม่น้ำป่าสัก

บริเวณอำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ปกรณ์ สุริยะมล^{1*} และสมฤทัย ทะสดวง²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

*อีเมลผู้รับผิดชอบบทความ: pakorn.sur@live.ku.th¹

บทคัดย่อ

บทความนี้ทำการศึกษาผลกระทบของการจอดเรือในแม่น้ำป่าสักบริเวณ อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งบริเวณพื้นที่ดังกล่าวเกิดปัญหาการร้องเรียนประเด็นเรือพ่วงขนส่งทำให้เกิดตลิ่งพัง โดยทำการวิเคราะห์สภาพการไหลของน้ำด้วยแบบจำลองทางชลศาสตร์แบบ 1 มิติ และ 2 มิติ ในการศึกษาจะทำการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS เพื่ออธิบายระบบที่มีความเสมือนจริงตามธรรมชาติ ซึ่งแบบจำลองการไหลแบบ 1 มิติ เป็นการสร้างแบบจำลองความยาวตลอดลำน้ำตั้งแต่สถานี S.26 และ S.5 ของกรมชลประทาน เป็นขอบเขตเงื่อนไขด้านเหนือน้ำและขอบเขตเงื่อนไขด้านท้ายน้ำ และทำการสอบเทียบและสอบทานแบบจำลอง โดยข้อมูลระดับน้ำจากที่สถานี MD.01 ของกรมเจ้าท่า ผลการศึกษานี้ได้ค่าได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ เท่ากับ 0.023 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.95 และ ดัชนีประสิทธิภาพแบบจำลอง เท่ากับ 0.92 จากนั้นนำข้อมูลไปใช้ในแบบจำลองการไหลแบบ 2 มิติ โดยแบ่งเป็น 3 กรณีศึกษา ได้แก่ กรณีไม่มีเรือเทียบท่า กรณีมีเรือเทียบท่า 1 ฝั่ง และกรณีมีเรือเทียบท่า 2 ฝั่ง โดยประเมินผลกระทบที่รอบปีการเกิดซ้ำที่ 2, 5, 10, 25, 50 และ 100 ปี ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าทั้ง 3 กรณี ช่วงเหตุการณ์ปกติ รอบปีการเกิดซ้ำที่ 2, และ 5 ปี ไม่ส่งผลกระทบต่อตลิ่งแม่น้ำ ซึ่งเหตุการณ์ที่รอบปีการเกิดซ้ำที่ 10 ปี ขึ้นไป จะส่งผลกระทบต่อตลิ่งริมแม่น้ำ

คำสำคัญ: HEC-RAS 1 มิติ, HEC-RAS 2 มิติ, การกัดเซาะตลิ่ง

Abstract

Effects of hydraulics in Pasak. River. In the area where there was a problem with the transport boat causing the bank to collapse. By analyzing water flow conditions using 1D and 2D hydraulic models. In this study, HEC-RAS simulations were analyzed to describe systems with natural virtualization. The 1D flow model is a model for the length of the stream from gauging Station S.26 and S.5 is the boundary of upstream conditions and the Boundary of Conditions downstream. Calibration water level information gauging station MD.01. The result of this study was a Manning's of 0.023 Coefficient of determination of 0.95 Efficiency Index of 0.95. Then simulate the flow in 2D, divided into 3 case studies, i.e. in case of no boat docking. In the case of boat berthing at one side and the case of boat berthing on both sides at return period 2 5 10 25 50 100 years. The result of this study during normal events and return periods 2 and 5 years does not affect the river bank. But during the return period 10 years or more affect the riverbank

Keywords: HEC-RAS 1D, HEC-RAS 2D, Bank erosion



1. คำนำ

การพัฒนากระบวนการขนส่งสินค้าทางน้ำในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาทั้งในอดีตและปัจจุบัน ถือได้ว่าเป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าภายในประเทศและระหว่างประเทศ และทำเรื่องนั้นมีความสำคัญในการเป็นช่องทางในการจัดส่งสินค้าออกไปสู่ตลาดต่างประเทศ การขนส่งทางน้ำเป็นการขนส่งที่มีความประหยัดมากที่สุด และสามารถขนส่งได้คราวละมาก ๆ ดังนั้นการขนส่งทางน้ำยังเป็นระบบการขนส่งที่มีความสำคัญมากทั้งในอดีตและในอนาคต การขยายบทบาทของท่าเรือในแม่น้ำป่าสักจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่อาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่บริเวณรอบ ๆ ท่าเรือ โดยอาจเกิดการกัดเซาะพื้นที่ตลิ่งที่ไม่ใช่โครงสร้างคอนกรีต

การแก้ไขปัญหาจะต้องมีการดำเนินการวิเคราะห์สภาพการไหลในแม่น้ำป่าสัก เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของท่าเรือที่ส่งผลกระทบต่อด้านชลศาสตร์ ซึ่งจำเป็นต้องใช้แบบจำลองทางชลศาสตร์ ในการจำลองสภาพการไหลในแม่น้ำ ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวใช้เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง เพื่อลดผลกระทบที่ส่งผลกระทบต่อแม่น้ำป่าสัก การดำเนินการจอดเรือเทียบท่า ด้วยเรือสินค้าที่มีขนาดใหญ่ จะทำให้ความกว้างลำน้ำช่วงที่มีการจอดเรื่อนั้นแคบลง ซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้สภาพการไหลของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจนอาจส่งผลกระทบต่อการกัดเซาะตลิ่งริมน้ำ ในการศึกษานี้ จะทำการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS (River Analysis System) ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์ด้านชลศาสตร์ พัฒนาโดย Hydrologic Engineering Center (HEC), US Army Corps of Engineering ประเทศสหรัฐอเมริกา

2. วิธีดำเนินการวิจัย

เริ่มต้นจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สำคัญต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง HEC-RAS ซึ่งการสร้างแบบจำลอง HEC-RAS จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ แบบจำลองการไหลแบบ 1 มิติ และแบบจำลองการ

ไหลแบบ 2 มิติ โดยการสร้างแบบจำลองการไหลแบบ 1 มิติ จะเป็นการสร้างแบบจำลองขนาดใหญ่ที่จำลองสภาพการไหลของแม่น้ำป่าสักที่มีความยาวตลอดลำน้ำหลายกิโลเมตรจนถึงตำแหน่งที่มีสถานีวัดน้ำทั้งทางด้านเหนือน้ำและทางด้านท้ายน้ำ เพื่อที่จะใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำมาเป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง จากนั้นจะทำการสอบเทียบพารามิเตอร์ของแบบจำลองการไหลแบบ 1 มิติ เพื่อให้แบบจำลองมีความสอดคล้องกับสภาพการไหลของธรรมชาติ จากนั้นจะทำการสร้างแบบจำลองการไหลแบบ 2 มิติ ตรงลำน้ำพื้นที่ศึกษา เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์ประเมินสภาพการไหลได้อย่างละเอียดทุกบริเวณในพื้นที่ท่าเรือ โดยค่าระดับน้ำที่ได้คำนวณได้จากแบบจำลองตลอดช่วงลำน้ำป่าสักแบบ 1 มิติ จะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าให้กับแบบจำลอง 2 มิติ และพารามิเตอร์ของแบบจำลองการไหลแบบ 2 มิติ จะใช้ค่าพารามิเตอร์เดียวกันกับแบบจำลองการไหลแบบ 1 มิติ แล้วทำการสอบทานค่าระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง 1 มิติ เมื่อได้แบบจำลองการไหลแบบ 2 มิติ ที่ให้ผลการคำนวณได้ค่าใกล้เคียงและสอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัดจริงแล้ว ก็จะใช้แบบจำลองการไหลแบบ 2 มิติ ดังกล่าว มาจำลองกรณีมีเรือสินค้าเทียบท่าเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อไปสำหรับเกณฑ์การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการกัดเซาะตลิ่งและท้องน้ำในแม่น้ำจะใช้เกณฑ์ความเร็วกระแสน้ำที่ยอมรับได้ของแม่น้ำ เท่ากับ 1.00 เมตร/วินาที (AASHTO Model Drainage Manual, 1991) สำหรับรายละเอียดของขั้นตอนการศึกษาและวิธีการต่าง ๆ รวมทั้งทฤษฎีหลักของแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองการไหล การจัดทำแบบจำลอง HEC-RAS 1 มิติและ 2 มิติ และการสอบเทียบ สามารถอธิบายได้เป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีหลักของแบบจำลองทางชลศาสตร์ HEC-RAS

โปรแกรมแบบจำลอง HEC-RAS เป็นโปรแกรมแบบจำลองทางชลศาสตร์ที่พัฒนาโดย Hydraulics Engineering Center US Army Corps of Engineer ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์งานด้านชลศาสตร์ในหนึ่งมิติ (one-

dimensional) และ 2 มิติ (two-dimensional) เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับพื้นผิวน้ำ และสามารถจำลองการไหลได้ทั้งการไหลแบบใต้วิกฤติ (subcritical flow) และเหนือวิกฤติ (supercritical flow) พร้อมทั้งรวมผลของระดับพื้นผิวน้ำ (water surface level) เนื่องจากสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ เช่น สะพาน ฝาย และอาคารชลศาสตร์ เป็นต้น สมการพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณของแบบจำลอง ประกอบด้วย สมการต่อเนื่องแบบ 1 มิติ ดังแสดงในสมการที่ (1) สมการต่อเนื่องแบบ 2 มิติ ดังแสดงในสมการที่ (2) และสมการโมเมนตัม ดังแสดงในสมการที่ (3)

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} + q_1 = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} + q = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(vQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (3)$$

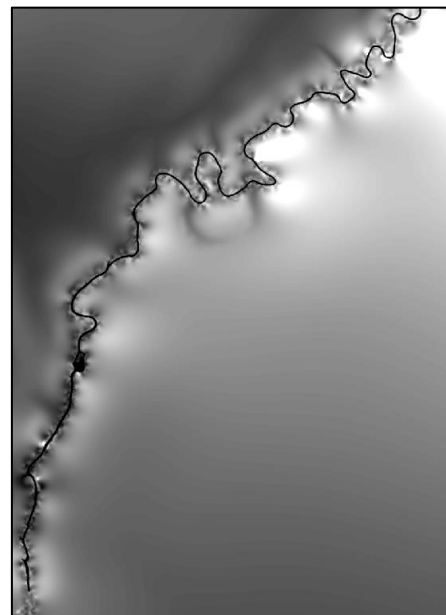
- เมื่อ v = ความเร็วเฉลี่ยในหน้าตัดลำน้ำ (m/s)
 S_f = friction slope
 x = ระยะทางของลำน้ำ (m)
 t = เวลา (s)
 Q = อัตราการไหล (m³/s)
 A = พื้นที่หน้าตัดการไหลของลำน้ำ (m²)
 q_1 = อัตราการไหลต่อระยะทาง (m³/s/m)
 u และ v = ความเร็วเฉลี่ยในหน้าตัดลำน้ำ (m/s)
 g = แรงโน้มถ่วงโลก (m/s²)

2.2 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลอง

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลอง ประกอบด้วย ข้อมูลสำรวจท้องน้ำ และข้อมูลสำรวจค่าระดับน้ำข้อมูลปริมาณน้ำท่า โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.1) ข้อมูลสำรวจท้องน้ำ การศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลสำรวจท้องน้ำจากกรมเจ้าท่า โดยแปลงค่าระดับท้องน้ำตั้งแต่จุดขอบเขตต้นน้ำของแบบจำลองที่ตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำ S.26 จนถึงขอบเขตด้านท้าย

น้ำของแบบจำลองที่ตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำ S.5 แล้วใช้เครื่องมือการประมาณค่าระดับความสูงในช่วงแต่ละช่วงของโปรแกรม ArcGIS ให้กลายเป็นข้อมูล DEM (Digital Elevation Model) ซึ่งข้อมูล DEM ที่ได้จะมีลักษณะดังรูปที่ 1 โดยขอบเขตข้อมูลสำรวจท้องน้ำดังกล่าวจะครอบคลุมพื้นที่ศึกษา เริ่มตั้งแต่บริเวณตำบล ท่าเรืออำเภอ ท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พิกัดประมาณ 686042 N 1609806 E จนถึงบริเวณตำบลหอรด้นไชยอำเภอ พระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พิกัดประมาณ 670784 N 1587878 E



รูปที่ 1 ข้อมูล DEM ระดับท้องน้ำของกรมเจ้าท่า

2.2.2) ข้อมูลสำรวจค่าระดับน้ำและข้อมูลปริมาณน้ำท่า การศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลสำรวจค่าระดับน้ำจากกรมชลประทาน โดยใช้ข้อมูลสำรวจค่าระดับน้ำของสถานีตรวจวัดน้ำท่า 2 สถานี ใช้ในการนำเข้าแบบจำลองขอบเขตเงื่อนไขสถานีต้นน้ำ คือ สถานี S.26 และสถานีท้ายน้ำ คือ สถานี S.5 ซึ่งเป็นสถานีวัดระดับน้ำราย 24 ชั่วโมง ณ 06.00 น. และข้อมูลสำรวจค่าระดับน้ำจากกรมเจ้าท่า คือ สถานีกลางน้ำ MD.01 ซึ่งเป็นสถานีวัดระดับน้ำราย 1 ชั่วโมง โดยข้อมูลสำรวจค่าระดับน้ำดังกล่าวจะใช้ในการสอบเทียบและสอบทานแบบจำลองในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2563 ถึง

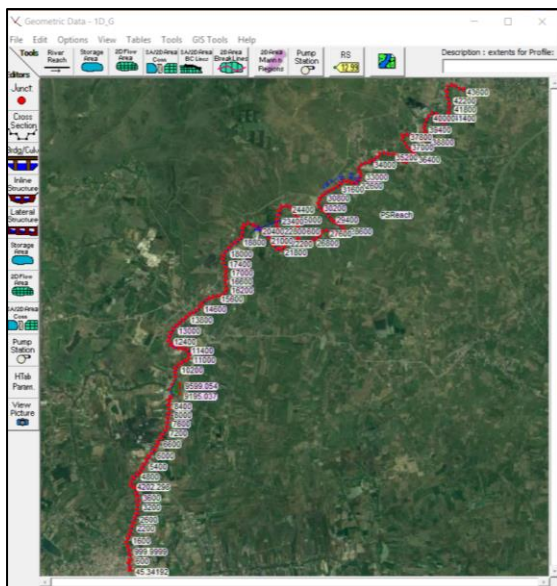
วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2563 ในการสอบเทียบแบบจำลอง ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเดือนน้ำหลาก

2.3 การจัดทำแบบจำลอง HEC-RAS 1 มิติ และ 2 มิติ

สำหรับการจัดทำแบบจำลอง HEC-RAS จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ แบบจำลองการไหลแบบ 1 มิติ และแบบจำลองการไหลแบบ 2 มิติ โดยมีรายละเอียดการจัดทำแบบจำลองดังนี้

2.3.1 การจัดทำแบบจำลอง HEC-RAS 1 มิติ

การจัดทำแบบจำลอง HEC-RAS 1 มิติ โดยทำการสร้าง หน้าตัดลำน้ำทั้งหมด 218 หน้าตัด ความยาวลำน้ำรวม 43.6 กิโลเมตร แสดงดังรูปที่ 2 โดยทำการสมมุติค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ แล้วจะทำการปรับแก้ภายหลัง และใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานี S.26 เป็นข้อมูลขอบเขตเงื่อนไขด้านเหนือน้ำ และ ใช้ข้อมูลค่าระดับน้ำ S.5 เป็นข้อมูลขอบเขตเงื่อนไขด้านท้ายน้ำ ซึ่งทำการจำลองช่วงวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2563 เวลา 06.00 น. ถึง 30 ตุลาคม พ.ศ.2563 เวลา 06.00 น.



รูปที่ 2 ขอบเขตแบบจำลอง HEC-RAS 1 มิติ

2.3.2 การจัดทำแบบจำลอง HEC-RAS 2 มิติ

การจัดทำแบบจำลอง HEC-RAS 2 โดยทำการสร้าง ตารางกริดขนาด 10x10 เมตร มีทั้งหมด 3,967 กริด แสดงดังรูปที่ 3 โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ

ที่ผ่านการสอบเทียบ และใช้ข้อมูลจากแบบจำลอง 1 มิติ ที่ผ่านการสอบเทียบ โดยใช้หน้าตัด กิโลเมตรที่ 7+200 เป็นข้อมูลปริมาณน้ำท่า ซึ่งเป็นขอบเขตเงื่อนไขด้านเหนือน้ำ และใช้ข้อมูลหน้าตัดกิโลเมตรที่ 5+400 เป็นข้อมูลระดับน้ำ ซึ่งเป็นขอบเขตเงื่อนไขด้านท้ายน้ำ โดยการศึกษาที่ใช้ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2563 ถึง วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2563 วิเคราะห์รายวัน สำหรับกรณีที่มีการสมมติฐานให้มีเรือจอดเทียบท่าได้ทำการจำลองขนาดของเรือมีความกว้าง 15 เมตร ความยาว 50 เมตร ความลึกใต้ท้องเรือ 5 เมตร โดยลักษณะของเรือดังกล่าวได้จากกรมเจ้าท่า โดยข้อจำกัดสำหรับการจำลองเรือในแบบจำลอง HEC-RAS 2 มิติ ไม่สามารถการจำลองท้องเรือที่น้ำไหลผ่านด้านล่างได้ จึงทำการจำลองเป็นรูปแบบคั่นป้องกันตลิ่งตามขนาดของเรือ อย่างไรก็ตามความลึกน้ำบริเวณจุดจอดเรือมีค่า 5 ถึง 6 เมตร โดยประมาณ เรือจึงอธิบายได้ว่าความลึกใต้ท้องเรือเท่ากับระดับดินจุดจอดเรือ



รูปที่ 3 ขอบเขตแบบจำลอง HEC-RAS 2 มิติ

2.4 การสอบเทียบและสอบทานแบบจำลอง

เนื่องจากค่าพารามิเตอร์บางค่าที่อยู่ในแบบจำลอง ไม่สามารถทำการตรวจวัดค่าได้โดยตรง นอกจากการประเมินจากลักษณะทางกายภาพของสภาพธรรมชาติโดยเบื้องต้นเท่านั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีการสอบเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวให้มีความ



ถูกต้องแม่นยำตามความเป็นจริงมากที่สุด และเพื่อให้แบบจำลองสามารถใช้เป็นตัวแทนของการศึกษาได้ พารามิเตอร์ที่มีความสำคัญที่จะต้องมีการสอบเทียบสำหรับแบบจำลอง HEC-RAS คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ ในสมการ Manning's formula โดยการใช้การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำ Manning's n ไปเรื่อย ๆ จนกว่าผลวิเคราะห์จากแบบจำลองจะมีความใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดจริงในสนามมากที่สุด ทั้งนี้ ค่าที่แนะนำของ Manning's n เพื่อใช้เป็นค่าเริ่มต้น และเพื่อใช้ช่วยเป็นเกณฑ์ในการหาค่า สามารถพิจารณาได้จากลักษณะทางกายภาพของลำน้ำแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในสมการ Manning'n

ชนิดและลักษณะทางน้ำ	ต่ำสุด	ปานกลาง	สูงสุด
ลำน้ำคดเคี้ยว	0.035	0.045	0.050
ลำน้ำมีวัชพืชและหินมาก	0.045	0.050	0.060
ลำน้ำช่วงที่มีวัชพืชมาก	0.075	0.100	0.150
ลำน้ำช่วงที่ไหลช้า	0.050	0.070	0.080
ลำน้ำสะอาด	0.033	0.035	0.045

ที่มา : ปรับปรุงจาก Bruce R.el al., "Fundamentals of Fluid Mechanics",Iowa State University. Ames,Iowa, USA, 1990, 843 pp

ตัวแปรเพื่อประเมินความแม่นยำของการสอบเทียบ ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้ค่า R^2 และ EI ซึ่งเป็นค่าสถิติที่ได้รับการยอมรับและมีความน่าเชื่อถืออย่างแพร่หลาย (บุษปกร,2555)

สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ (Coefficient of determination: R^2) เป็นค่าทางสถิติที่ใช้อธิบาย สอดคล้องระหว่างข้อมูลตรวจวัดกับผลคำนวณจากแบบจำลอง สำหรับค่า R^2 มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 โดยค่าที่เข้าใกล้ 1 มากขึ้น หมายถึง ปัจจัยทั้งสองมีสอดคล้องกันมากขึ้น ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5)

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - O)(P_i - P)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - O)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - P)^2}} \quad (5)$$

เมื่อ R^2 = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
i = ลำดับที่
n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด
 O_i = ค่าตรวจวัดลำดับที่ i
O = ค่าเฉลี่ยของค่าตรวจวัดทั้งหมด
 P_i = ผลคำนวณจากแบบจำลองลำดับที่ i
P = ค่าเฉลี่ยของผลคำนวณจากแบบจำลอง

ดัชนีประสิทธิผลแบบจำลอง (Efficiency Index: EI) เป็นค่าทางสถิติสำหรับหาประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดย E มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 โดย E = 1 คือโดยค่าที่เข้าใกล้ 1 มากขึ้น หมายถึง ปัจจัยทั้งสองมีสอดคล้องกันมากขึ้น (Nash and Sutcliffe, 1970) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (6)

$$EI = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - O)^2} \quad (6)$$

เมื่อ E = ดัชนีประสิทธิผลแบบจำลอง
i = ลำดับที่
n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด
 p_i = ผลคำนวณจากแบบจำลองลำดับที่ i
 o_i = ค่าตรวจวัดลำดับที่ i
o = ค่าเฉลี่ยของค่าตรวจวัดทั้งหมด

2.5 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

สำหรับค่าอัตราส่วนเฉลี่ยปริมาณน้ำนองสูงสุดต่อปริมาณน้ำนองสูงสุดรายปีเฉลี่ยได้อาศัยข้อมูลจากการศึกษาการวิเคราะห์น้ำท่วมด้วยหลักความถี่ของการเกิดซ้ำ ของธีรวิทย์ แต่งวัฒนะ และสุภัชชา สร้อยทอง (2557) ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่อปริมาณน้ำไหลสูงสุดรายปีเฉลี่ยจากข้อมูลตรวจวัดน้ำของแต่ละสถานี ในลุ่มน้ำป่าสักไว้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนเฉลี่ยปริมาณน้ำนองสูงสุดต่อปริมาณน้ำนองสูงสุดรายปีเฉลี่ย

ลุ่มน้ำ	อัตราการไหลสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่ออัตราการไหลสูงสุดปีเฉลี่ย (ลบ.ม./วินาที)					
	2 ปี	5 ปี	10 ปี	25 ปี	50 ปี	100 ปี
ป่าสัก	0.897	1.452	1.820	2.284	2.629	2.971

ที่มา : ปรับปรุงจาก อีรวินท์ แดงวัฒนะ และสุภัสชา สร้อยทอง (2557)

จากผลการตรวจวัดพื้นที่รับน้ำที่ตำแหน่งขอบเขตด้านเหนือน้ำของแบบจำลอง 2 มิติ มีค่าประมาณ 15,623 ตารางกิโลเมตร โดยเมื่อนำค่าพื้นที่รับน้ำไปคำนวณกับสมการลุ่มน้ำป่าสัก จะได้อัตราการไหลสูงสุดรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 603.76 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และเมื่อนำค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดรายปีเฉลี่ยไปคูณกับอัตราส่วนของ Q_T/Q_F ก็จะได้ปริมาณน้ำหลากสูงสุด ณ ตำแหน่งบริเวณพื้นที่ศึกษาที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 3 เมื่อได้ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ จึงสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้เป็นข้อมูลเงื่อนไขขอบเขตด้านเหนือน้ำของแบบจำลอง HEC-RAS 2 มิติ เพื่อวิเคราะห์สภาพการไหลของน้ำบริเวณท่าเรือที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำหลากสูงสุดสำหรับคาบความถี่การเกิดต่าง ๆ

พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ Q_T (ลบ.ม./วินาที)					
	2 ปี	5 ปี	10 ปี	25 ปี	50 ปี	100 ปี
15,625	541.6	876.7	1098.9	1379.1	1587.4	1793.9

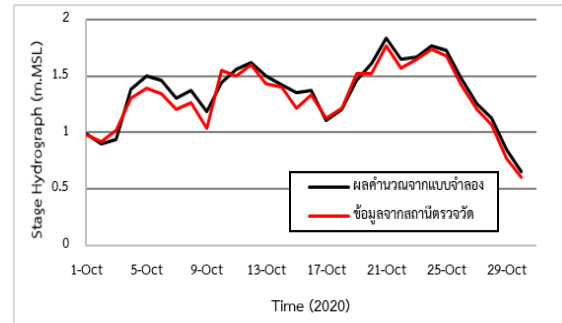
3. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาแบ่งเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ ผลการสอบเทียบแบบจำลอง ผลการวิเคราะห์การไหลของน้ำเหตุการณ์ปัจจุบัน และผลวิเคราะห์สภาพการไหลที่ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

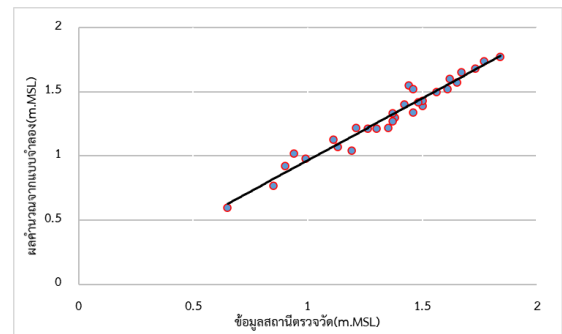
3.1 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง

สำหรับผลการสอบเทียบแบบจำลอง ระหว่างค่าระดับน้ำจากสถานีตรวจวัด MD.01 และระดับน้ำจากแบบจำลอง HEC-RAS แสดงดังรูปที่ 4 โดยช่วงเวลาที่ใช้ในการสอบเทียบแบบจำลองตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.

2563 ถึง 30 ตุลาคม พ.ศ.2563 ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ R^2 เท่ากับ 0.95 และดัชนีประสิทธิภาพแบบจำลอง EI เท่ากับ 0.92 ได้ค่าได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ เท่ากับ 0.023



(ก) ผลการสอบเทียบแบบจำลองตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 30 ตุลาคม พ.ศ.2563



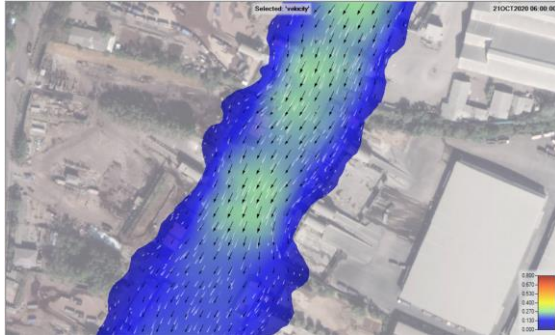
(ข) การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตรวจวัดและผลจากแบบจำลอง

รูปที่ 4 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง

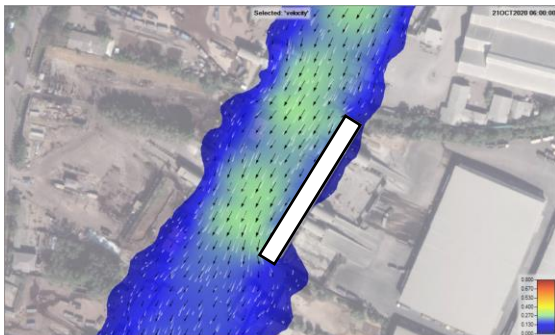
3.2 ผลการวิเคราะห์การไหลของน้ำ เหตุการณ์ปัจจุบัน

จากผลการคำนวณจากแบบจำลองตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึงวันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2563 โดยวิเคราะห์ความเร็วของกระแสน้ำในวันที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2563 เนื่องจากเป็นวันที่มีความเร็วของกระแสน้ำมากที่สุดของเดือนตุลาคม โดยผลการวิเคราะห์การไหลของน้ำเหตุการณ์ปัจจุบันแสดงดังรูปที่ 5 พบว่าค่าความเร็วของกระแสน้ำบริเวณริมตลิ่งแม่น้ำกรณีที่ไม่มีเรือจอดเทียบท่า (ก) มีความเร็วไม่เกิน 0.10 เมตรต่อวินาที และความเร็วของกระแสน้ำบริเวณกลางลำน้ำไม่เกิน 0.20 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วที่ยังไม่ก่อให้เกิดการกัดเซาะ ขณะที่กรณีที่มีการสมมติฐานให้มีเรือที่มีขนาดความกว้าง 15 เมตร ความยาว 50 เมตร จำนวน 3 ลำ ต่อกันมาจอด

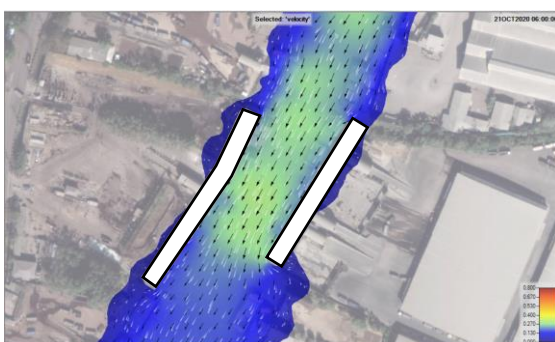
เทียบท่า (ข) มีความเร็วไม่เกิน 0.10 เมตรต่อวินาที และความเร็วของกระแสบริเวณกลางลำน้ำไม่เกิน 0.30 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วที่ยังไม่ก่อให้เกิดการกัดเซาะ และกรณีที่มีการสมมติฐานให้มีเรือทั้ง 2 ฟัน (ค) มีความเร็วไม่เกิน 0.10 เมตรต่อวินาที และความเร็วของกระแสบริเวณกลางลำน้ำไม่เกิน 0.35 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วที่ยังไม่ก่อให้เกิดการกัดเซาะ



(ก) ความเร็วและทิศทางของกระแสจากแบบจำลองกรณีไม่มีเรือเทียบท่า



(ข) ความเร็วและทิศทางของกระแสจากแบบจำลองกรณีมีเรือเทียบท่า 1 ฟัน



(ค) ความเร็วและทิศทางของกระแสจากแบบจำลองกรณีมีเรือเทียบท่า 2 ฟัน

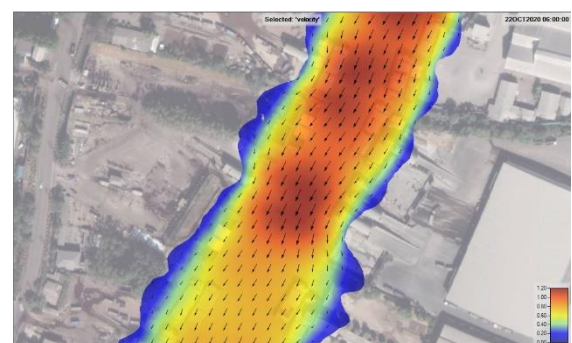
รูปที่ 5 ความเร็วและทิศทางของกระแสจากแบบจำลองเหตุการณ์ปัจจุบัน วันที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2563

3.3 ผลวิเคราะห์เหตุการณ์น้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

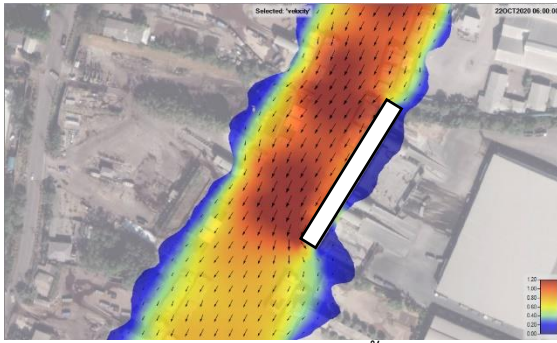
สำหรับผลวิเคราะห์เหตุการณ์น้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ได้ทำการวิเคราะห์ที่รอบปีการเกิดซ้ำที่ 2 ปี 5 ปี และ 10 เนื่องจากตั้งแต่เหตุการณ์น้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10 เป็นต้นไป มีความเร็วกระแสบริเวณตลิ่งและกลางแม่น้ำเกิน 0.90 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วที่ก่อให้เกิดการกัดเซาะ โดยมีผลวิเคราะห์เหตุการณ์น้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ดังตารางที่ 4 และรูปที่ 6 ถึง รูปที่ 8

ตารางที่ 4 ผลวิเคราะห์เหตุการณ์น้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

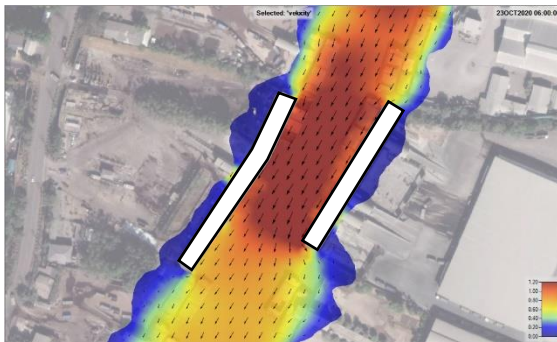
รอบปีการเกิดซ้ำ	กรณีศึกษา	ความเร็วกระแส (เมตร/วินาที)		
		ตลิ่งฝั่งซ้าย	กลางลำน้ำ	ตลิ่งฝั่งขวา
2 ปี	กรณีไม่มีเรือเทียบท่า	0.43	1.10	0.43
	กรณีมีเรือเทียบท่า 1 ฟัน	0.64	1.20	0.43
	กรณีมีเรือเทียบท่า 2 ฟัน	0.39	1.30	0.30
5 ปี	กรณีไม่มีเรือเทียบท่า	0.65	1.40	0.65
	กรณีมีเรือเทียบท่า 1 ฟัน	0.80	1.50	0.65
	กรณีมีเรือเทียบท่า 2 ฟัน	0.77	1.90	0.60
10 ปี	กรณีไม่มีเรือเทียบท่า	0.73	1.50	0.73
	กรณีมีเรือเทียบท่า 1 ฟัน	0.75	1.70	0.75
	กรณีมีเรือเทียบท่า 2 ฟัน	0.96	2.20	0.90



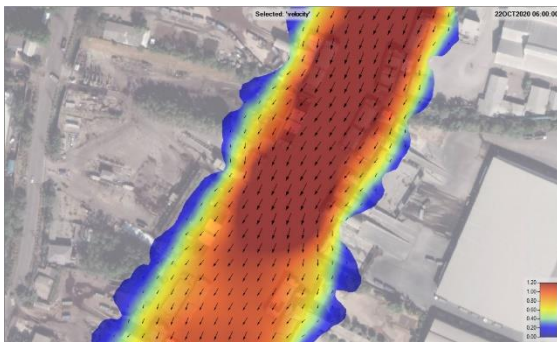
(ก) ความเร็วและทิศทางของกระแสจากแบบจำลองกรณีไม่มีเรือเทียบท่า



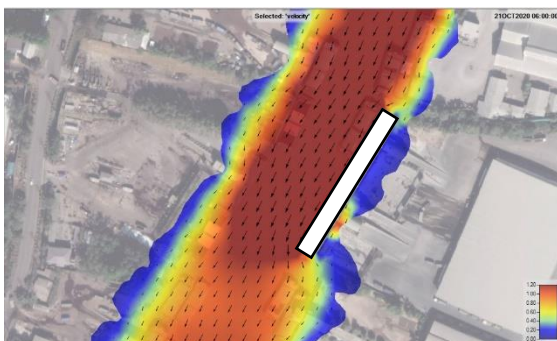
(ข) ความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจากแบบจำลองกรณีมีเรือเทียบท่า 1 ฝั่ง



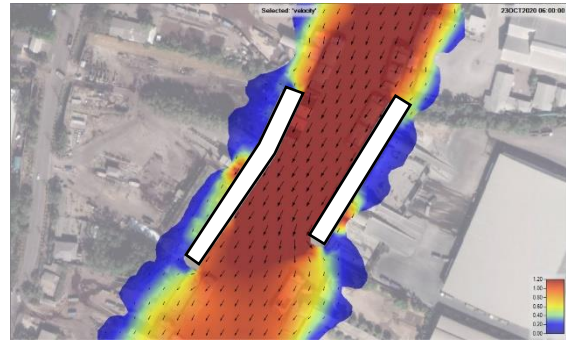
(ค) ความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจากแบบจำลองกรณีมีเรือเทียบท่า 2 ฝั่ง
รูปที่ 6 ความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจากแบบจำลอง เหตุการณ์น้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี



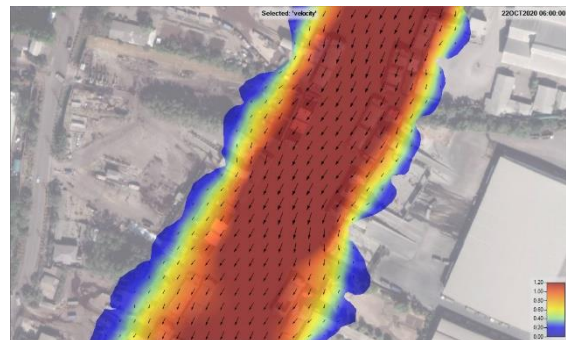
(ก) ความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจากแบบจำลองกรณีไม่มีเรือเทียบท่า



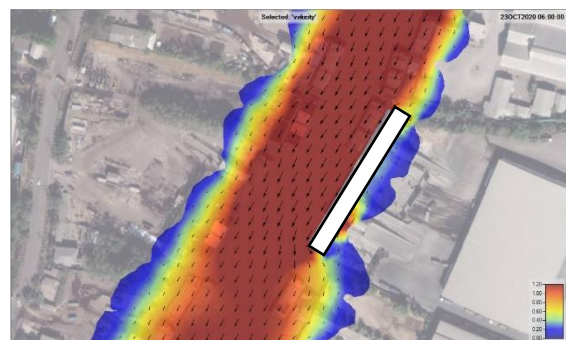
(ข) ความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจากแบบจำลองกรณีมีเรือเทียบท่า 1 ฝั่ง



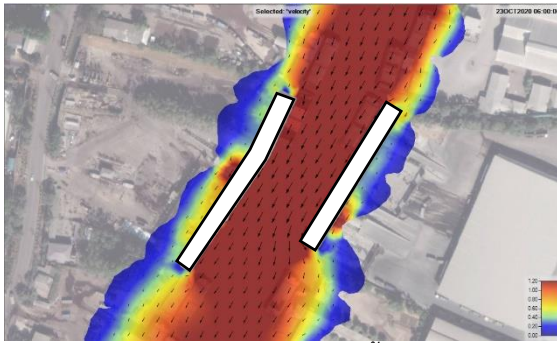
(ค) ความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจากแบบจำลองกรณีมีเรือเทียบท่า 2 ฝั่ง
รูปที่ 7 ความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจากแบบจำลอง เหตุการณ์น้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี



(ก) ความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจากแบบจำลองกรณีไม่มีเรือเทียบท่า



(ข) ความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจากแบบจำลองกรณีมีเรือเทียบท่า 1 ฝั่ง



(ค) ความเร็วและทิศทางของกระแสจากแบบจำลองกรณีมีเรือเทียบท่า 2 ฝั่ง

รูปที่ 8 ความเร็วและทิศทางของกระแสจากแบบจำลอง เหตุการณ์น้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี

4. สรุปผลการศึกษา

จากผลการคำนวณของแบบจำลองจึงสามารถสรุปได้ว่า ในช่วงเหตุการณ์ปกติ ความเร็วของกระแสในแม่น้ำป่าสักทั้ง 3 กรณีไม่เร็วมากนัก ดังนั้นจึงไม่เกิดการกัดเซาะทั้งบริเวณท้องน้ำ และตลิ่งริมแม่น้ำ สำหรับเหตุการณ์น้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ ทั้ง 3 กรณี มีความเร็วกระแสน้ำค่อนข้างสูง โดยค่าความเร็วสูงสุดที่ยอมให้เท่ากับ 1.00 เมตรต่อวินาที ซึ่งความเร็วบริเวณกลางลำน้ำ ตั้งแต่เหตุการณ์น้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ขึ้นไป มีค่าความเร็วเกินเท่ากับ 1.00 เมตรต่อวินาที ดังนั้นอาจเกิดการกัดเซาะขึ้นได้ ในส่วนของความเร็วบริเวณตลิ่งริมแม่น้ำ ตั้งแต่เหตุการณ์น้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10 เป็นต้นไป มีความเร็วเกิน 1.00 เมตรต่อวินาที ดังนั้นการกัดเซาะตลิ่งจะเริ่มตั้งแต่เหตุการณ์น้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี เป็นต้นไป อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์การไหลของกระแสน้ำดังกล่าวเป็นเหตุการณ์ที่เกิดในเวลาสั้น ๆ ไม่ได้เป็นเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นตลอดทั้งปี ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลกระทบการกัดเซาะท้องน้ำและกัดเซาะตลิ่งริมแม่น้ำป่าสัก จะเกิดช่วงเหตุการณ์

น้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำเท่านั้น เมื่อถึงช่วงน้ำแล้งอาจเกิดการทับถมและคืนสภาพทางชลศาสตร์ในแม่น้ำป่าสักให้กลับมาเป็นเหมือนเดิม

ทั้งนี้การวิเคราะห์สภาพทางชลศาสตร์โดยการจัดทำแบบจำลอง บริเวณแม่น้ำป่าสักบริเวณอำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สามารถบอกตำแหน่งจุดที่อาจเกิดการกัดเซาะอันเนื่องจากสภาพทางชลศาสตร์ในลำน้ำ และใช้เป็นแนวทางการแก้ปัญหาได้ตรงจุด เช่น การสร้างกำแพงป้องกันตลิ่ง หรือการลดจำนวนเรือที่จอดเทียบท่า เป็นต้น

5. การอ้างอิง

- [1] Bruce R.el al., "Fundamentals of Fluid Mechanics",Iowa State University. Ames,Iowa, USA, 1990, 843 pp
- [2] AASHTO Model Drainage Manual (1991) by the American Association of State Highway and Transportation Officials. All rights reserved.
- [3] สุนทรี ทับมาโนช. (2555) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ร่วมบูรณาการทุกภาคส่วนแก้ไขปัญหาเรื่องร้องเรียน ประเด็นเรือพ่วงขนส่งทำให้เกิดตลิ่งพังและส่งเสียงดังเวลาตึก. สำนักข่าวกรมประชาสัมพันธ์
- [4] บุษปกร ชันดิธีระกวี. (2555) การประยุกต์แบบจำลอง HEC-RAS เพื่อการจัดการน้ำท่วมในลุ่มน้ำน่านส่วนบน . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์/ กรุงเทพฯ.
- [5] ชีรวิทย์ แต่งวัฒนะ และสุภัชชา สร้อยทอง (2557) การวิเคราะห์น้ำท่วมด้วยหลักความถี่ของการเกิดซ้ำ โดยพิจารณาทั้งลุ่มน้ำรวมสำหรับประเทศไทย ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน/กรุงเทพฯ.



วิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล



การศึกษาผลกระทบทางสายตาและแนวทางการจัดการสภาพแวดล้อมภูมิทัศน์ กรณีศึกษา การก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำโครงการปรับปรุงกิจการประปาแผนหลักครั้งที่ 9

ญาณิ เพลิงพิษ^{1*}

¹ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, จังหวัดปทุมธานี

*อีเมลผู้รับผิดชอบบทความ: taan.ynpp@gmail.com

บทคัดย่อ

การก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำโครงการปรับปรุงกิจการประปาแผนหลักครั้งที่ 9 เป็นโครงการของการประปานครหลวงในการขยายระบบสาธารณูปโภคด้านน้ำประปาเพื่อรองรับต่อการขยายตัวของเมืองและยกระดับคุณภาพชีวิตที่ดีให้กับประชาชน แต่เนื่องด้วยเป็นโครงการใหญ่จึงมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทางภูมิทัศน์ของชุมชนโดยรอบ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบทางสายตาที่อาจเกิดขึ้น และเสนอแนะแนวทางในการจัดการสภาพแวดล้อมภูมิทัศน์ที่จะเกิดขึ้น

การศึกษานี้มุ่งเน้นในการจำลองสภาพแวดล้อมทางภูมิทัศน์ขึ้นเพื่อเป็นสื่อกลางในการศึกษา โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของโครงการเพื่อให้ได้มาซึ่งตำแหน่งที่ตั้งและลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง มีทั้งหมด 9 จุด แล้วทำการสำรวจขอบเขตการมองเห็น ถ่ายภาพและเลือกภาพที่จะใช้เป็นภาพตัวแทนในแต่ละจุดรวม 18 ภาพ สร้างภาพจำลองซ้อนทับภาพถ่าย (Photomontage) เพื่อให้เห็นภาพผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการก่อสร้าง

จากการวิเคราะห์พบว่าพื้นที่ที่มีผลกระทบทางสายตามากที่สุดคือ จุด 9B-5 และ 9C-1 และจากการลงพื้นที่เพื่อทำความเข้าใจกับผู้พักอาศัยบริเวณใกล้เคียงพบจุดที่ต้องได้รับการแก้ไขคือ จุด 9B-1, 9B-5 และ 9C-1 จึงได้นำพื้นที่ดังกล่าวมาเป็นตัวอย่างในการจัดการสภาพแวดล้อมเพื่อบรรเทาผลกระทบทางสายตาโดยวิธีการ 1. พรางสายตาด้วยการจัดภูมิทัศน์โดยรอบ 2. ลดทอน เปลี่ยนรูปแบบหรือลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง 3. ย้ายที่ตั้งสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งผลจากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการจัดการสภาพแวดล้อมภูมิทัศน์ต่อไปในอนาคตได้

คำสำคัญ: สภาพแวดล้อมภูมิทัศน์, ผลกระทบทางสายตา, อุโมงค์ส่งน้ำประปา

Abstract

The construction of waterworks tunnel, the 9th Bangkok Water Supply Improvement is a project of the Metropolitan Waterworks Authority to expand the water supply infrastructure to support the urban expansion and improve the quality of life in the population. However, this megaproject scale could affect the visual environment of the surrounding community; consequently, the purpose of this study to identify the potential visual effects and to suggest guidelines for managing the upcoming visual environment. The study also focused on simulating the landscape environment as an intermediate tool.

Starting from studying the basic information of the project to obtain the location and characteristics of the building, there were 9 sites in total and then surveying the view shed. Secondly, taking photos and choosing 2 photographs of each 9 sites to utilize as a representation, then creating an overlay of the simulation to photomontage from 18 photographs total to visualize the impact that may cause by the construction.



The analysis revealed that the most visually impacted areas were 9B-5, and 9C-1, from the site survey to create an understanding with nearby residents and found out that there were more needed to be corrected at the 9B-1, 9B-5, and 9C-1. Therefore, the area has been used as an example of how to manage the environment in order to mitigate the visual effect by the following methods: 1. Camouflage by arranging the surrounding landscape from eyesight. 2. To reduce and transform buildings' form or appearance. 3. To transfer the buildings' setting. The results of the study can be used as preliminary information for future landscape management.

Keywords: Visual Environment, Visual Effects, Waterworks Tunnel

1. คำนำ

การก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำโครงการปรับปรุงกิจการประปาแผนหลักครั้งที่ 9 เป็นการพัฒนาระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานที่มีพื้นที่ก่อสร้างครอบคลุมเป็นบริเวณกว้าง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมหลายแห่ง อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อประชาชนในหลากหลายมิติ รวมถึงผลกระทบต่อรับรู้ทางสายตาของสิ่งปลูกสร้างใหม่ที่มีลักษณะแปลกแยกจากสิ่งแวดล้อมเดิมจนกลายเป็นมลภาวะทางสายตา ซึ่งนำไปสู่ความขัดแย้งระหว่างผู้ใช้พื้นที่บริเวณโครงการกับผู้ดำเนินโครงการได้ในอนาคต จึงควรมีการศึกษาถึงผลกระทบทางสายตาและแนวทางในการแก้ปัญหา ก่อนการดำเนินขั้นตอนต่อไป

การศึกษาผลกระทบต่อการรับรู้ทางสายตาที่อาจเกิดขึ้นนั้นทำให้ทราบถึงผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมได้ ก่อนที่จะเกิดการก่อสร้างจริงโดยการทำภาพจำลองซ้อนทับกับภาพถ่ายสถานที่จริง เพื่อเป็นสื่อกลางในการทำความเข้าใจต่อประชาชนและชุมชนโดยรอบ สามารถนำไปใช้ในการคาดการณ์และพิจารณาร่วมกันถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นหากเริ่มดำเนินโครงการและหาแนวทางในการบรรเทาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้ รวมถึงเป็นกรณีศึกษาสำหรับการจัดการต่อสภาพแวดล้อมภูมิทัศน์ของโครงการในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาผลกระทบทางสายตาที่อาจเกิดขึ้นได้จากโครงการสาธารณูปโภคขนาดใหญ่ที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในวงกว้าง

2.2 เพื่อใช้ภาพจำลอง (Simulation) ซ้อนทับภาพถ่าย (Photomontage) สร้างความเข้าใจร่วมกันระหว่างผู้จัดทำโครงการและประชาชน เพื่อลดความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างดำเนินการก่อสร้าง

2.3 เพื่อเสนอแนวทางในการบรรเทาผลกระทบทางสายตาของสภาพแวดล้อมที่เกิดสิ่งปลูกสร้างของโครงการ รวมถึงโครงการสาธารณูปโภคด้านน้ำประปาในอนาคต

3. กรอบแนวคิดและขอบเขตของการศึกษา

โครงการปรับปรุงกิจการประปาแผนหลักครั้งที่ 9 เป็นโครงการที่อยู่ในความรับผิดชอบของการประปานครหลวง ซึ่งเป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจสาขาสาธารณูปโภคด้านน้ำประปาเพื่อการอุปโภคและบริโภค ในพื้นที่เศรษฐกิจ 3 จังหวัดหลักของประเทศ คือ กรุงเทพฯ นนทบุรี และสมุทรปราการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขยายกำลังผลิตน้ำประปาและขยายพื้นที่การให้บริการเพื่อรองรับการเจริญเติบโตของเมืองในอนาคต รวมถึงการเพิ่มเสถียรภาพในระบบประปาเพื่อบริหารจัดการความเสี่ยงระบบผลิตน้ำ ในโครงการนี้มีงานก่อสร้างทั้งหมด 7 ประเภท ได้แก่ 1.ระบบผลิตน้ำ 2.อุโมงค์ส่งน้ำ 3.สถานี



สูบน้ำ 4.ถังเก็บน้ำใต 5.สถานีไฟฟ้าย่อย 6.เครื่องสูบน้ำ 7.วางท่อประปา โดยที่การศึกษาในครั้งนี้จะศึกษาในส่วนของงานก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำ [1]

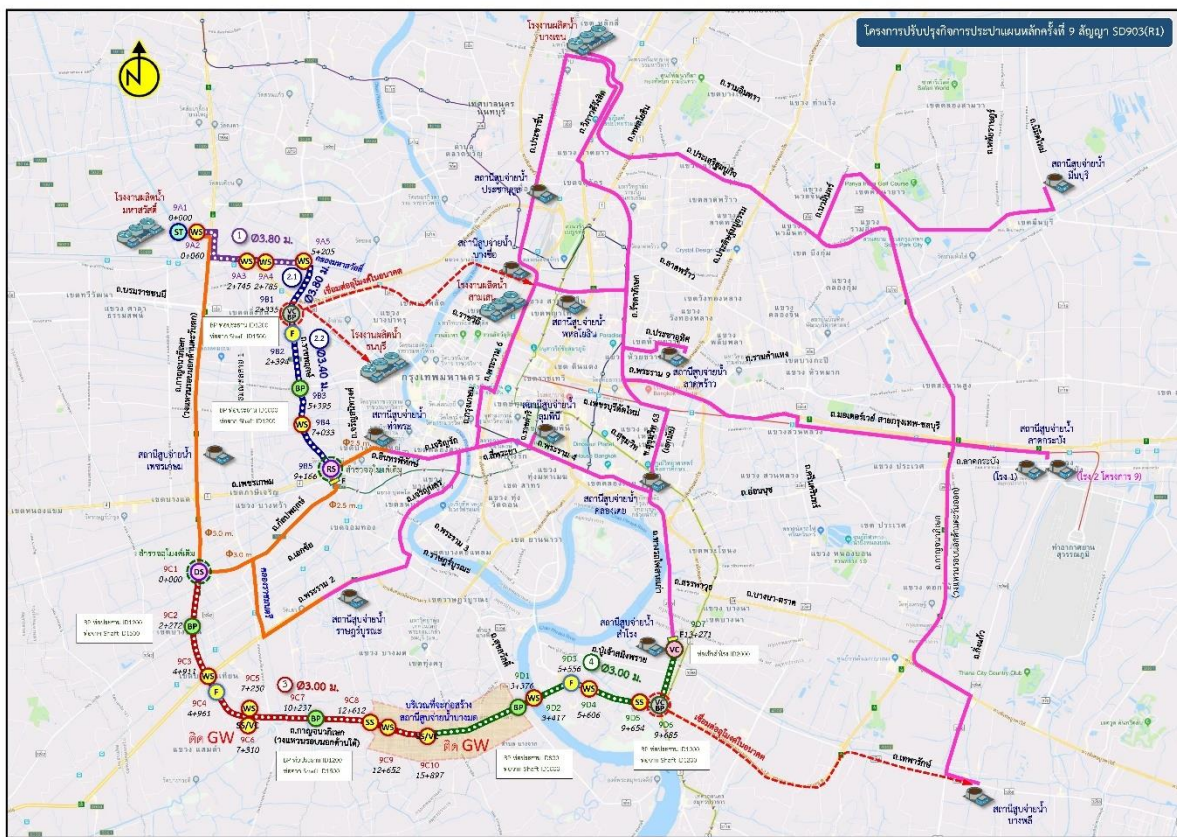
การก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเสถียรภาพและความมั่นคงของระบบส่งน้ำด้วยการก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำจากโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์อีกหนึ่งเส้นทาง พร้อมทั้งก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำเชื่อมฝั่งตะวันออกและตะวันตกเพิ่มอีกเส้นทางหนึ่ง มีระยะทางรวมประมาณ 44 กิโลเมตร ตามรูปที่ 1 ประกอบด้วย [2]

เส้นทางที่ 1 (9A) อุโมงค์ส่งน้ำตามแนวคลองมหาสวัสดิ์จากโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ถึงถนนราชพฤกษ์

เส้นทางที่ 2 (9B) อุโมงค์ส่งน้ำตามแนวถนน ราชพฤกษ์ จากคลองมหาสวัสดิ์ถึงถนนเพชรเกษม

เส้นทางที่ 3 (9C) อุโมงค์ส่งน้ำจากถนนกัลปพฤกษ์ถึงสถานีสูบน้ำบางมด

เส้นทางที่ 4 (9D) อุโมงค์ส่งน้ำจากสถานีสูบน้ำบางมด ไปยังสถานีสูบน้ำสำโรง



รูปที่ 1 แผนผังแสดงเส้นทางก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำ [3]

4. ขั้นตอนในการศึกษา

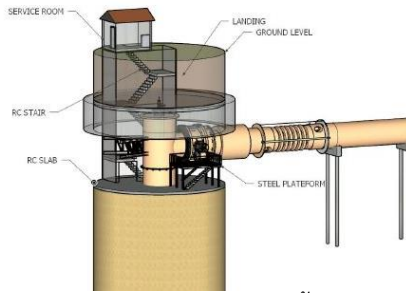
4.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและสร้างภาพจำลอง (Simulation) ของสิ่งปลูกสร้าง

4.1.1 ข้อมูลพื้นฐานของสิ่งปลูกสร้าง

ในงานก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ อุโมงค์ส่งน้ำ (Tunnel) และบ่อ (Shaft) (รูปที่2)

โดยแต่ละจุดจะมีโครงสร้างที่แตกต่างกันตามการออกแบบของวิศวกร

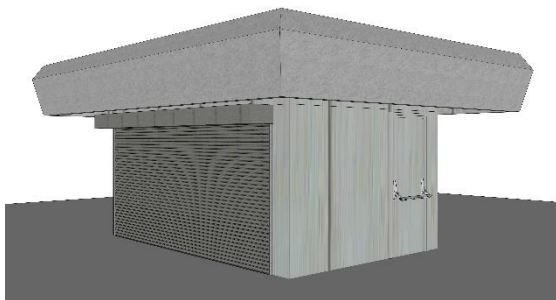
องค์ประกอบที่มีผลกระทบทางสายตาเป็นส่วนโครงสร้างที่โผล่พื้นดินซึ่งสามารถมองเห็นได้ ได้แก่ ห้องซ่อมบำรุง (รูปที่ 3) ท่ออากาศ Manhole และตู้ควบคุมไฟฟ้า (รูปที่ 4)



รูปที่ 2 แบบจำลองต้นแบบอุโมงค์ส่งน้ำและบ่อ ตามการออกแบบของวิศวกร [3]



รูปที่ 3 แบบจำลองต้นแบบท่ออากาศ, Manhole, และ ตู้ควบคุมไฟฟ้า ตามการออกแบบของวิศวกร [5]



รูปที่ 4 แบบจำลองต้นแบบห้องซ่อมบำรุง ตามการออกแบบของวิศวกร [5]

ในเส้นทางการก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำทั้ง 4 เส้นทางนี้ จะมีจุดที่คาดว่าได้รับผลกระทบทางสายตาจากสิ่งปลูกสร้างเหนือผิวดิน คือ 9A-5, 9B-1, 9B-2, 9B-3, 9B-5, 9C-1, 9C-7, 9D-1 และ 9D-6 รวมทั้งสิ้น 9 จุด

แต่ละจุดทำการประเมินผลกระทบทางสายตาที่เกิดจากสิ่งปลูกสร้างโดยใช้ลักษณะผลกระทบทางสายตา[4] 4 ลักษณะ คือ

1. การรบกวน (Disturbance) คือ การที่สิ่งปลูกสร้างปรากฏขึ้นรบกวนเกาะเกาะสายตา ไม่ว่าจะสิ่งปลูกสร้างนั้นจะอยู่ในตำแหน่งใดก็ตาม
2. การคุกคาม (Threaten) คือ การที่สิ่งปลูกสร้างปรากฏในตำแหน่งใกล้เคียงกับอาคารสถานที่ที่มีคุณค่าทำให้ความสวยงาม ความ สง่า ด้อยค่าลง
3. การบดบัง (Obstruction) ทำให้มองไม่เห็น หรือมองเห็นอาคารที่มีคุณค่าได้น้อยลง

4. ความแปลกแยก (Alienation) คือ การที่สิ่งปลูกสร้างปรากฏขึ้นอย่างแตกต่างกันมากกับภูมิทัศน์โดยรอบ

4.2 สํารวจทรัพยากรทางสายตาและกำหนดภาพตัวแทน

เมื่อทราบจุดที่สิ่งปลูกสร้างมีผลกระทบต่อสภาพภูมิทัศน์แล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการลงพื้นที่เพื่อสำรวจทรัพยากรทางสายตา จากที่ตั้งทั้งหมด 9 จุด ได้คัดเลือกภาพตัวแทนมาจุดละ 2 ภาพ โดยการใช้เกณฑ์ในการกำหนดจุดควบคุมการมอง 3 ประการ คือ [6]

1. สมรรถนะการดูดกลืนทางสายตา (Visual Absorbability) คือ คุณสมบัติของพื้นที่ในการลดทอนความโดดเด่นของอาคาร โดยเกิดจากการผสมกันของรูปทรงแผ่นดิน (Landform) พืชพรรณ (Vegetation) และสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ
2. ความอ่อนไหวทางสายตา (Visual Sensitivity) คือ การรับรู้ถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นได้มากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับลักษณะของสิ่งปลูกสร้างและบริเวณโดยรอบว่ามีความคล้ายคลึงหรือขัดแย้ง

3. ทัศนวิสัย (Visibility) คือ ความสามารถในการมองเห็นที่ชัดเจน ขึ้นอยู่กับระยะในการมอง ภาพแวดล้อมสภาพอากาศ

4.3 การสร้างภาพเชิงซ้อน (Photomontage)

โดยการเลือกใช้ภาพถ่ายตัวแทนในแต่ละพื้นที่นำมาประเมินหาจุดควบคุมการมองวิกฤติหรือจุดที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบทางสายตาสูง แล้วตกแต่งภาพให้มี

คุณภาพใกล้เคียงกัน จากนั้นนำภาพจำลองของบ่อแต่ละจุดที่วิศวกรออกแบบมาซ้อนทับกับภาพถ่ายให้มีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ทำให้ได้ภาพที่จะใช้ในการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นตรงตามความเป็นจริงที่จะเกิดขึ้น อย่างน้อยจุดละ 1 ภาพ (รูปที่ 9)

4.4 ประเมินผลกระทบทางสายตา

โดยการหาค่าความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของสิ่งปลูกสร้างและการประเมินจุดควบคุมการมองวิกฤติ

5. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1. การประเมินผลกระทบทางสายตาจากผู้ศึกษา เพื่อใช้ในการศึกษาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากโครงการ 2. การประเมินผลกระทบทางสายตาจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการโดยใช้ภาพเชิงซ้อน (Photomontage) เป็นภาพตัวแทนของโครงการ 3. การเสนอแนวทางในการบรรเทาผลกระทบทางสายตา ได้ผลดังนี้

5.1 การศึกษาผลกระทบทางสายตาที่อาจเกิดขึ้นได้จากโครงการ

5.1.1 การประเมินผลกระทบทางสายตาจากองค์ประกอบของสิ่งปลูกสร้าง ด้วยเกณฑ์การให้คะแนนจากการทำให้เกิดความอ่อนไหวทางสายตา ผ่านการมองเห็นด้วยขนาดแนวราบ ขนาดแนวตั้ง สีเส้นและวัสดุ โดยกำหนดค่าคะแนน ดังนี้

ตารางที่ 1 การให้คะแนนผลกระทบทางสายตาจากสิ่งปลูกสร้าง

องค์ประกอบของสิ่งปลูกสร้าง	สีเส้น/วัสดุ	ขนาดทางแนวราบ	ขนาดทางแนวตั้ง	ผลรวม
ท่ออากาศ	2	1	3	6
Manhole	1	1	1	3
ตู้ควบคุมไฟฟ้า	1	1	2	4
ห้องซ่อมบำรุง	1	3	3	7

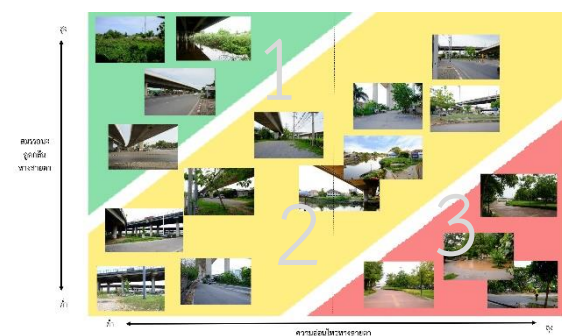
สีเส้น/วัสดุ จากค่าน้ำหนักของสี (Value) จากน้ำหนักอ่อนไปน้ำหนักเข้ม คือ 1-2-3 ตามลำดับ

ขนาดแนวราบ ต่ำกว่า 1 ตารางเมตร ค่าน้ำหนักคือ 1, 1-1.9 ตารางเมตร ค่าน้ำหนักคือ 2, 2 ตารางเมตรขึ้นไป ค่าน้ำหนักคือ 3

ขนาดแนวตั้ง ความสูงต่ำกว่า 1 เมตร ค่าน้ำหนักคือ 1, 1-1.5 เมตร ค่าน้ำหนักคือ 2, 1.5 เมตรขึ้นไป ค่าน้ำหนักคือ 3

5.1.2 การประเมินจุดควบคุมการมองวิกฤติ

จากขั้นตอนการศึกษาและสำรวจทรัพยากรทางสายตาทำให้ได้จุดควบคุมการมองในระยะใกล้และระยะไกล แล้วนำมาประเมินเพื่อหาจุดควบคุมการมองวิกฤติ (Critical Visual Control Point) คือจุดที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบทางสายตาจากการก่อสร้างโครงการสูงโดยใช้เกณฑ์ในการกำหนดจุดควบคุมการมองคือสมรรถนะการดูดกลืนทางสายตา (Visual Absorbability) และความอ่อนไหวทางสายตา (Visual Sensitivity) ในการประเมิน โดยให้จุดควบคุมการมองที่มีผลกระทบสูง (สีแดง) 3 คะแนน ผลกระทบปานกลาง (สีเหลือง) 2 คะแนน ผลกระทบต่ำ (สีเขียว) 1 คะแนน แล้วนำคะแนนที่ได้มาประเมินความสัมพันธ์กับสิ่งปลูกสร้างต่อไป



รูปที่ 8 แสดงความน่าจะเป็นของผลกระทบทางสายตาโดยใช้เกณฑ์ในการกำหนดจุดควบคุมการมอง



เส้นทาง	ที่ตั้ง	ภาพจำลอง	ภาพถ่ายระยะใกล้	ภาพถ่ายระยะไกล	ภาพเชิงซ้อน
เส้นทางที่ 1	9A-5 ที่ตั้ง คลองมหาสวัสดิ์-ราชพฤกษ์				
เส้นทางที่ 2	9B-1 ที่ตั้ง ถนนบรมราชชนนี บ่อที่ 1				
	9B-2 ที่ตั้ง ถนนบรมราชชนนีบ่อที่ 2				
	9B-3 ที่ตั้ง ถนนพราณก-พุทธมณฑล บ่อที่ 1				
	9B-5 ที่ตั้ง ถนนเพชรเกษม				
เส้นทางที่ 3	9C-1 ที่ตั้ง ทางแยกต่างระดับ กัลปพฤกษ์				
	9C-7 ที่ตั้ง ซอยอนามัยงามเจริญ				
เส้นทางที่ 4	9D-1 ที่ตั้ง ถนนสุขสวัสดิ์ บ่อที่ 1				
	9D-6 ที่ตั้ง ทางแยกต่างระดับ ทางรถไฟสายเก่า 2				

รูปที่ 9 แสดงที่ตั้งโครงการ ภาพจำลองสิ่งปลูกสร้าง ภาพถ่ายระยะใกล้ ภาพถ่ายระยะไกลของโครงการ และภาพเชิงซ้อนซึ่งเป็นภาพตัวแทนของโครงการที่จะเกิดขึ้นในอนาคต



ได้ผลการประเมิน คือ ตำแหน่ง 9B-5, 9C-1 ได้รับผลกระทบมาก ตำแหน่ง 9B-1, 9D-1, 9D-6 ได้รับผลกระทบปานกลาง ตำแหน่ง 9A-1, 9B-2, 9B-3, 9C-7 ได้รับผลกระทบน้อย

5.2 การประเมินผลกระทบทางสายตาจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการโดยการถ่ายภาพเชิงซ้อน (Photomontage) เป็นภาพตัวแทนของโครงการ

การจัดทำแผนการก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำนี้ได้มีการพูดคุยทำความเข้าใจระหว่างคณะผู้จัดทำโครงการคือ การประสานครหลวงและผู้ออกแบบ เจ้าของที่ดินคือ กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม, กรุงเทพมหานคร และชุมชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง เช่น ชุมชนริมคลองมหาสวัสดิ์ โดยมีตัวแทนคือองค์การบริหารส่วนตำบลมหาสวัสดิ์, ผู้พักอาศัยโดยรอบสวนสาธารณะจุด 9B-5 เป็นต้น ผลที่ได้รับคือ

เส้นทางที่ 1 (9A) เป็นเส้นทางที่มีความอ่อนไหวต่อชุมชนริมดั้งเดิม ผลหลังจากการประชุมหารือกับ อบต.-มหาสวัสดิ์ และชุมชนโดยรอบเส้นทาง ประชาชนสามารถยอมรับผลกระทบจากการก่อสร้างได้ เนื่องจากการก่อสร้างส่วนใหญ่อยู่ในระดับใต้ดิน มีจุดที่ได้รับผลกระทบทางสายตาที่ตำแหน่ง 9A-5 เพียงจุดเดียว

เส้นทางที่ 2 (9B) เส้นทางที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด เนื่องจากทางเดินที่อยู่บนถนนสายหลัก มีการมองเห็นได้ชัดเจนตลอดเส้นทางจากการสัญจร และมีโครงสร้างที่กระทบบริเวณทางเดินเท้า ผลที่ได้มีการย้ายจุดก่อสร้างจากเดิมในตำแหน่ง 9B-1, 9B-2 และการปรับปรุงภูมิทัศน์ ตำแหน่ง 9B-5

เส้นทางที่ 3 (9C) ได้รับผลกระทบที่จุด 9C-1 เนื่องจากเป็นพื้นที่สวนสาธารณะ โดยหน่วยงานที่รับผิดชอบสวนสาธารณะแห่งนี้เป็นกรุงเทพมหานคร ยอมรับได้ภายใต้เงื่อนไขของการแก้ไขลักษณะสิ่งปลูกสร้างให้สอดคล้องกับสิ่งปลูกสร้างเดิมของสวนสาธารณะ

เส้นทางที่ 4 (9D) ได้รับผลกระทบน้อย เนื่องจากเป็นพื้นที่ได้สะพานยกระดับ ไม่มีชุมชนหรือผู้อยู่อาศัยบริเวณใกล้เคียง

5.3 ข้อเสนอแนะในการบรรเทาผลกระทบทางสายตา

แนวทางในการบรรเทาผลกระทบทางสายตาในแต่ละจุดของโครงการกรณีศึกษาจะมีความแตกต่างกันอยู่กับส่วนประกอบของสิ่งปลูกสร้างและบริบทโดยรอบ รวมถึงความคิดเห็นต่างๆจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง



รูปที่ 10 แสดงภาพจำลองตำแหน่ง 9D-1



รูปที่ 11 ตำแหน่ง 9D-1 เมื่อนำองค์ประกอบที่ไม่เป็นระเบียบออกและจัดภูมิทัศน์ใหม่ให้สวยงาม

การจัดภูมิทัศน์โดยรอบให้สะอาดสวยงาม พรางตาด้วยการจัดภูมิทัศน์เพื่อบดบังสิ่งปลูกสร้าง ลดการรบกวนสายตา



รูปที่ 12 แสดงภาพจำลองตำแหน่ง 9B-5



รูปที่ 13 ตำแหน่ง 9B-5 จัดภูมิทัศน์ใหม่เพื่อพรางสายตาและนำองค์ประกอบบางส่วนของสิ่งปลูกสร้างที่มีผลกระทบทางสายตารุนแรงออก (ห้องซ่อมบำรุง)

การแก้ไขรูปลักษณ์ของสิ่งปลูกสร้าง เช่น เปลี่ยนสีปรับขนาด เปลี่ยนรูปแบบ หรือลดองค์ประกอบบางอย่างของสิ่งปลูกสร้าง เพื่อลดการคุกคาม, บดบัง, หรือลดการแปลกแยก แปลกปลอม ขัดแย้งต่อสภาพแวดล้อม



รูปที่ 14 แสดงภาพจำลองตำแหน่ง 9C-1



รูปที่ 15 ตำแหน่ง 9C-1 ลดขนาด, ถอยร่นและเปลี่ยนสีและวัสดุของสิ่งปลูกสร้างให้เข้ากับอาคารเดิมของพื้นที่

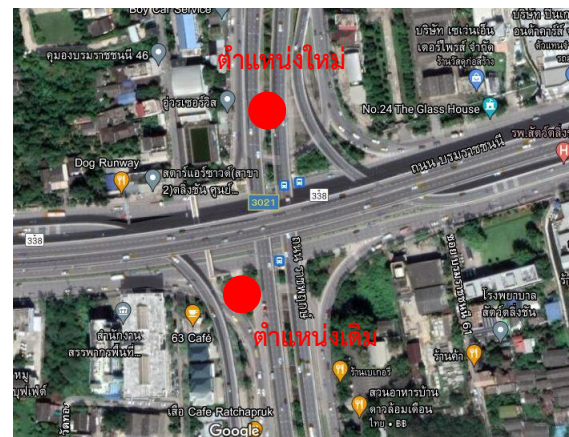
การย้ายตำแหน่ง การถอยร่น การยกเลิกโครงการในกรณีที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมรุนแรง และการลดผลกระทบไม่สามารถทำได้



รูปที่ 16 แสดงภาพจำลองตำแหน่ง 9C-1



รูปที่ 17 ตำแหน่ง 9B-1 ย้ายตำแหน่งใหม่และยกเลิกส่วนห้องซ่อมบำรุง



รูปที่ 18 แผนที่แสดงการย้ายตำแหน่งสิ่งปลูกสร้างจุด 9B-1 [7]

6. ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการนำไปศึกษาต่อ
ผลของการศึกษาและแนวทางการบรรเทาผลกระทบทางสายตาในครั้งนี้ได้รับการประเมินจากผู้ศึกษาและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่อาศัยใกล้เคียงกับโครงการเท่านั้น หากมี



การนำภาพจำลองซ้อนทับภาพถ่ายและผลการศึกษาค้าง
นี้เป็นตัวอย่างในการประเมินโดยประชาชนทั่วไปแล้วอาจ
ทราบถึงความคิดเห็นในภาพรวมของผลกระทบทาง
สายตาและสามารถคาดการณ์ถึงแนวโน้มของการยอมรับ
ผลกระทบทางสายตาและความพึงพอใจในแนวทาง
แก้ปัญหาของโครงการการประปา เพื่อให้เกิดประโยชน์ใน
การจำทำโครงการต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] การประปานครหลวง. (2564). เอกสารประกอบ
งานประชาสัมพันธ์โครงการฯ 9. เข้าถึงเมื่อ 15
มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก [https://web.mwa.co.th/
main.php?filename=project9&t=top](https://web.mwa.co.th/main.php?filename=project9&t=top)
- [2] การประปานครหลวง. (2564). การนำเสนอ
Conceptual Design Report ออกแบบในโครง -
การฯ 9 (วันที่ 26 พฤษภาคม 2563). เข้าถึงเมื่อ 15
มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก [https://web.mwa.co.th/
main.php?filename=project9&t=top](https://web.mwa.co.th/main.php?filename=project9&t=top)
- [3] บริษัท ยูทิลิตี้ ดีไซน์ คอนซัลแตนท์ จำกัด. (2563).
แบบเบื้องต้น งานจ้างออกแบบงานก่อสร้างอุโมงค์
ส่งน้ำ พร้อมงานที่เกี่ยวข้อง เลขที่ SD-903 (R1).
โครงการปรับปรุงกิจการประปาแผนหลักครั้งที่ 9,
มีนาคม, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.
- [4] รุจิโรจน์ อนามบุตร, สินีนาถ ศุภรัตน์เมธี. (2559).
แนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมศิลปกรรมเพื่อลด
ผลกระทบด้านภูมิทัศน์. วารสารหน้าจั่ว 30, D37-
D64.
- [5] บริษัท ยูทิลิตี้ ดีไซน์ คอนซัลแตนท์ จำกัด. (2563).
ตัวแทนวิศวกร. สัมภาษณ์, 25 เมษายน.
- [6] รุจิโรจน์ อนามบุตร, วิลาสินี สุขสว่าง. (2555). คู่มือ
ประเมินผลกระทบทางสายตา จากสิ่งก่อสร้าง
ประเภทอาคาร. สำนักนโยบายและแผน
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ,
ประเทศไทย.

- [7] บริษัท กูเกิล (ประเทศไทย) จำกัด. (2564). Google
maps. เข้าถึงเมื่อ 15 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก
<https://www.google.co.th/maps>



ผลกระทบของการแพร่ระบาดของโควิด-19 ต่อความต้องการน้ำประปาในจังหวัดภูเก็ต Impact of COVID-19 Pandemic on Potable Water Demand in Phuket

ธรรต สุรสรานวงศ์¹, แพรวา จาววงศ์สันต์², จิรเมธ ช้างคล่อม^{3*} และอดิษฐ์ พรพรมินทร์⁴

¹⁻⁴ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

*อีเมลผู้รับผิดชอบบทความ: jiramate.ch@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบของการแพร่ระบาดของโควิด-19 ต่อความต้องการน้ำประปาในจังหวัดภูเก็ต ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวสำคัญของประเทศไทย แต่หลังจากเดือนมีนาคม 2563 จำนวนนักท่องเที่ยวที่เข้ามาเยือนมีจำนวนลดลงอย่างมาก นอกจากนี้ยังพบว่า จำนวนผู้มีงานทำก็ลดลงเมื่อเทียบกับช่วงเวลาปกติเช่นกัน สภาพดังกล่าวส่งผลให้ความต้องการใช้น้ำประปาลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การศึกษานี้ได้นำข้อมูลอัตราการใช้น้ำประปา ข้อมูลประชากรศาสตร์ และข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2558 - เดือนมีนาคม 2564 มาสร้างแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นตรงเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการแพร่ระบาดของโควิด-19 ต่อความต้องการน้ำประปาในจังหวัดภูเก็ต 3 ประเภท ได้แก่ ความต้องการน้ำประปารวม (D_T) ความต้องการน้ำประปาประเภทที่อยู่อาศัย (D_R) และความต้องการน้ำประปาประเภทไม่ใช่ที่อยู่อาศัย (D_N) ผลศึกษาพบว่า D_T มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติกับจำนวนนักท่องเที่ยวที่มาเยือน (N_G) จำนวนคนทำงาน (N_E) จำนวนประชากร (N_P) อุณหภูมิเฉลี่ย (T) ความเร็วลมเฉลี่ย (W) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (H) ขณะที่ D_R สัมพันธ์กับ N_G N_P T และ R และ D_N สัมพันธ์กับ N_G N_E T และ R จากผลลัพธ์นี้ พบว่า จำนวนนักท่องเที่ยวที่มาเยือน N_G ที่ลดลงเป็นปัจจัยส่งผลกระทบต่อความต้องการใช้น้ำทั้งประเภทที่อยู่อาศัย (D_R) และประเภทไม่ใช่ที่อยู่อาศัย (D_N) ลดลงมากที่สุดในจังหวัดภูเก็ต

คำสำคัญ: ความต้องการน้ำ, COVID-19, ประเทศไทย, ภูเก็ต, การท่องเที่ยว

Abstract

This study is analyzed the effect of COVID-19 on water demand in Phuket, The most important tourism in Thailand. But after March 2020, A tourist and persons employed are decrease significantly. Such conditions resulted in a significant reduction in water demand. This study, water consumption, populistic and weather data from January 2015 – March 2021 are used to develop linear regression model for analyzed the impact of COVID-19 on water demand in Phuket in three types (Total Water Consumption (D_T), Resident Water Consumption (D_R) and Non-resident Water Consumption (D_N)). The result shown D_T have statistically relation with the number of guest arrivals (N_G), the persons employed (N_E), population (N_P), average temperature (T), average wind speed (W), and average humidity (H), While D_R have statistically relation with N_G , N_P , T and R . And D_N have statistically relation with N_G , N_E , T and R . From the results, It was found that the decrease in the guest arrivals is the most statistically significant in water demand in resident (D_R) and non-resident (D_N).

Keywords: Water demand, COVID-19, Thailand, Phuket, Tourism



1. คำนำ

จังหวัดภูเก็ต ถือเป็นหนึ่งจุดหมายการท่องเที่ยวที่สำคัญแห่งหนึ่งในประเทศไทย มีจำนวนนักท่องเที่ยวกว่า 1,000,000 คนต่อเดือน มีระยะเวลาพำนักเฉลี่ยประมาณ 4 วัน จำนวนผู้ปฏิบัติงานประมาณ 320,000 คน [1] สร้างรายได้จากการท่องเที่ยวกว่า 450,000 ล้านบาทในปี 2562 คิดเป็น 48.13 % ของผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด [2] จากปัจจัยดังกล่าว ส่งผลให้จังหวัดภูเก็ตมีความต้องการน้ำประปาที่สูงมาก

แต่เมื่อปลายปี 2562 องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้รายงานการแพร่ระบาดโดยไม่ทราบสาเหตุในเมืองอู่ฮั่น ประเทศจีน [3] จนกระทั่งมีการบัญญัติโรคระบาดชนิดนี้ว่า “โควิด-19 (Coronavirus Disease 2019)” [4] โดยในประเทศไทยได้มีการตรวจพบการเข้ามาของโรคตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2563 และเกิดการแพร่ระบาดในระลอกแรกเมื่อเดือนมีนาคม 2563 ซึ่งรัฐบาลก็ได้มีมาตรการในการควบคุมการระบาด รวมถึงออกคำสั่งทางกฎหมายมาบังคับใช้ [5] ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์นักท่องเที่ยวตกค้างในจังหวัดภูเก็ตประมาณ 3,000 คนในช่วงเดือนเมษายน 2563 [6] แต่หลังจากนั้นก็เกิดการระบาดระลอกที่ 2 เมื่อ

เดือนธันวาคม 2563 ส่งผลให้จังหวัดภูเก็ตมีจำนวนนักท่องเที่ยวในปี 2563 เหลือเฉลี่ยประมาณ 250,000 คนต่อเดือน จำนวนผู้ปฏิบัติงานที่เหลือเฉลี่ยประมาณ 300,000 คนต่อเดือน รายได้จากการท่องเที่ยวเหลือประมาณ 100,000 ล้านบาท

ในเดือนกุมภาพันธ์ 2564 รัฐบาลได้จัดหาวัดขึ้นเพื่อทำการฉีดวัคซีนให้กับประชาชนเพื่อให้เกิดภูมิคุ้มกันหมู่ทั่วจังหวัด แต่ก็เกิดการระบาดระลอกที่ 3 เมื่อเดือนเมษายน 2564 และระลอกที่ 4 เมื่อปลายเดือนมิถุนายน 2564 อย่างไรก็ตาม นายกรัฐมนตรีก็ได้ประกาศเตรียมตัวเปิดประเทศในอีก 120 วัน [7] และมีการเปิดโครงการ “Phuket Sandbox” ซึ่งจัดขึ้นเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2564 [8] อันเป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจของจังหวัดภูเก็ตให้กลับมาฟื้นตัวหลังจากประสบปัญหาการท่องเที่ยวซบเซาในช่วงที่ผ่านมา

จากการแพร่ระบาดของโควิด-19 ที่ได้ส่งผลให้จำนวนผู้มาเยือนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ รวมถึงการที่ประชาชนมีพฤติกรรมการใช้น้ำในการชำระล้างสิ่งสกปรกมากขึ้น จึงนำมาสู่การศึกษา โดยใช้ข้อมูลการใช้ข้อมูลนักท่องเที่ยวที่มาเยือน ข้อมูลประชากร และข้อมูล

ตารางที่ 1 การศึกษาผลกระทบของการแพร่ระบาดของโควิด-19 ต่อความต้องการน้ำประปาที่เคยศึกษาก่อนหน้านี

ผู้วิจัย	เมือง/ประเทศ	ตัวแปร / ความถี่ของข้อมูล	วิธีการศึกษา	ผลการศึกษา
Kalbuscha และคณะ [9]	Joinville / Brazil	อัตราการใช้น้ำประปาของจำนวนผู้ใช้น้ำ 64,376 ราย / รายวัน	การทดสอบแบบ non-parametric ของ Wilcoxon & Kruskal-Wallis และแบบจำลองการถดถอย	มีการใช้น้ำที่ลดลงในเชิงพาณิชย์ อุตสาหกรรม และในพื้นที่สาธารณะ แต่มีการใช้น้ำเพิ่มขึ้นในประเภทที่อยู่อาศัย
Lüdtke และคณะ [10]	Harburg / Germany	ปริมาณการใช้น้ำประปา, จำนวนประชากร, อุณหภูมิสูงสุด, ฝน, ความชื้นสัมพัทธ์ / รายชั่วโมง, รายวัน	แบบจำลองการถดถอยพหุคูณ	ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยรายวันช่วงการแพร่ระบาดครั้งแรกเพิ่มขึ้น 14.3% เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันในปีก่อนหน้าที่ยังไม่มีการแพร่ระบาด
Balacco และคณะ [11]	5 เมืองในแคว้น Puglia / Italy	อัตราการไหลในระบบส่งน้ำประปา / ราย 10 นาที	การวิเคราะห์รูปแบบการไหลของน้ำประปาในช่วงก่อน-หลังโควิด-19	มีความต้องการน้ำประปาในช่วง lockdown ล่าช้าลง 2 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับช่วงปกติ
Bich-Ngoc และ Teller [12]	Liège/ Belgium	อัตราการผลิตน้ำประปา, ตัวแปร 4 ชนิด, (แนวโน้ม, วันหยุด, สภาพอากาศ และวันที่ในปฏิทิน) / รายวัน	การประยุกต์แบบจำลองการถดถอยพหุคูณ	มีการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นในช่วงเดือนที่มีการ lockdown เนื่องจากประชาชนอยู่แต่ในบ้าน และเป็นช่วงที่มีอากาศร้อน

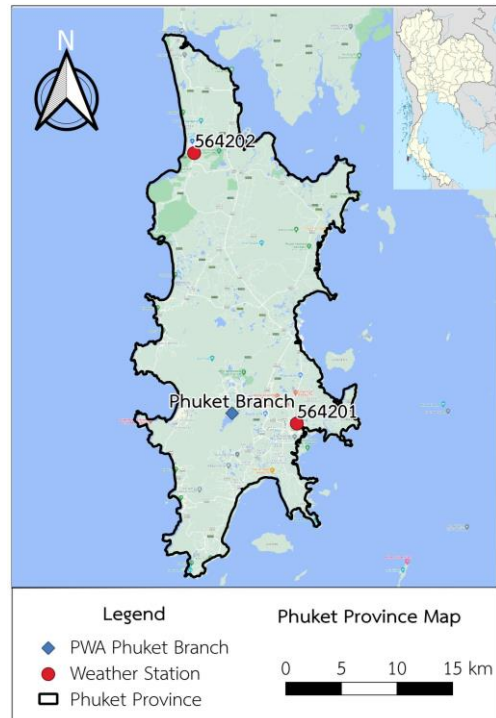
สภาพอากาศเพื่อสร้างแบบจำลองความต้องการน้ำประปา ในจังหวัดภูเก็ตในอนาคต ซึ่งในประเทศไทยยังมีการศึกษา ในลักษณะนี้ค่อนข้างน้อย อีกทั้งยังสามารถนำไปถอด บทเรียนผลกระทบ และประยุกต์ใช้ในการหาความต้องการน้ำประปาในพื้นที่อื่น ๆ ต่อไปในภาวะวิกฤตโรค ระบาดอื่นๆ ได้อีกด้วย ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างการศึกษา ผลกระทบของการแพร่ระบาดของโควิด-19 ต่อความต้องการน้ำประปาในต่างประเทศ

2. วิธีการศึกษา

2.1 พื้นที่ศึกษา

จังหวัดภูเก็ต เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคใต้ของ ประเทศไทย มีลักษณะเป็นเกาะในทะเลอันดามัน พื้นที่ ประมาณ 570 ตร.กม. [13] ดังแสดงในรูปที่ 1 จำนวน ประชากรประมาณ 416,000 คน [14] ประกอบด้วย 3 อำเภอ, 12 เทศบาล และ 6 องค์การบริหารส่วนตำบล [15]

สภาพภูมิอากาศขึ้นกับลมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งนำ ความชื้นและฝนจากมหาสมุทรอินเดียตั้งแต่เดือน พฤษภาคม - ตุลาคม (ฤดูฝน) และลมตะวันออกเฉียงเหนือ ที่นำความแห้งแล้งจากประเทศจีนและความชื้นจากอ่าว ไทยตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน - เมษายน (ฤดูแล้ง) [16] ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมกับการท่องเที่ยว



รูปที่ 1 แผนที่จังหวัดภูเก็ตและสถานีตรวจวัดอากาศ

2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ อัตราการใช้ น้ำประปารายเดือนเป็นตัวแปรตาม ส่วนจำนวน นักท่องเที่ยวที่มาเยือนรายเดือน, จำนวนประชากรรายปี, จำนวนคนทำงานรายไตรมาส และสภาพอากาศรายเดือน เป็นตัวแปรอิสระ ดังแสดงในตารางที่ 2

- ข้อมูลอัตราการใช้ น้ำประปารายเดือนในรูปที่ 2 ได้มาจากการประปาส่วนภูมิภาค สาขาภูเก็ต ตั้งแต่

ตารางที่ 2 ข้อมูลตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

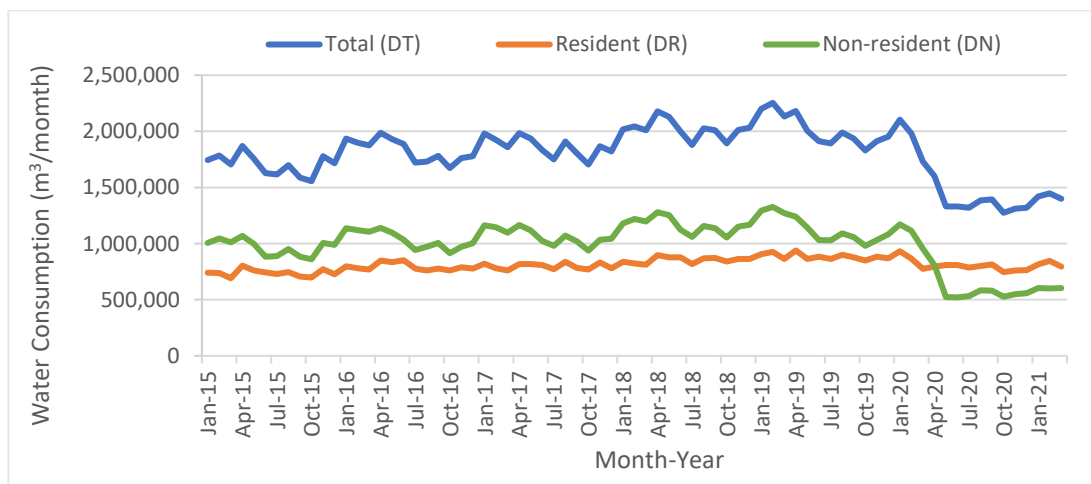
ข้อมูล	ความละเอียด	ขอบเขตพื้นที่	ช่วงเวลา	แหล่งที่มา
1.อัตราการใช้ น้ำประปา (ตัวแปรตาม)	รายเดือน	กปภ. สาขา ภูเก็ต	ม.ค. 2558 – มี.ค. 2564	การประปาส่วนภูมิภาค
2.จำนวนนักท่องเที่ยวที่มาเยือน (ตัวแปรอิสระ)	รายเดือน	จังหวัดภูเก็ต	ม.ค. 2558 – มี.ค. 2564	กระทรวงการท่องเที่ยว และกีฬา
3.จำนวนประชากร (ตัวแปรอิสระ)	รายปี	จังหวัดภูเก็ต	2558 – 2563	สำนักงานสถิติแห่งชาติ
4.จำนวนคนมีงานทำ (ตัวแปรอิสระ)	รายไตรมาส	จังหวัดภูเก็ต	ไตรมาส1/2558- ไตรมาส 1/2564	สำนักงานสถิติแห่งชาติ
5.สภาพอากาศ (ตัวแปรอิสระ)	รายเดือน	จังหวัดภูเก็ต	ม.ค. 2558 – มี.ค. 2564	กรมอุตุนิยมวิทยา



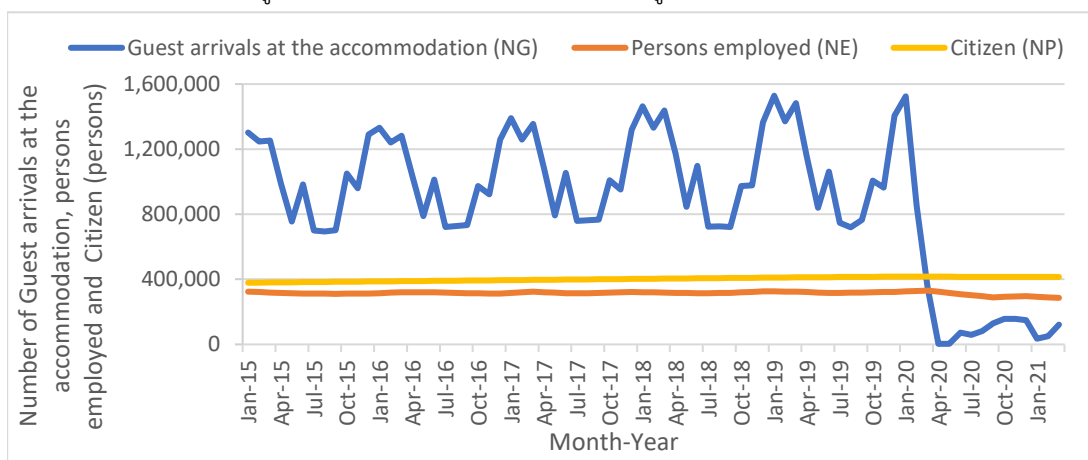
เดือนมกราคม 2558 - เดือนมีนาคม 2564 โดยแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ที่อยู่อาศัย ธุรกิจขนาดเล็ก และธุรกิจขนาดใหญ่ โดยทำการแปลงเป็นข้อมูลอัตราการใช้น้ำประปาเป็น 3 ประเภท ได้แก่ อัตราการใช้น้ำประปารวม (D_T), ประเภทที่อยู่อาศัย (D_R) และประเภทไม่ใช่ที่อยู่อาศัย (D_N) เช่น อุตสาหกรรม, ธุรกิจ เป็นต้น โดยพบว่าช่วงที่มีการ Lockdown (เดือนเมษายน 2563) D_T และ D_N มีจำนวนที่ลดลงเมื่อเทียบกับช่วงปกติที่ยังไม่มีการแพร่ระบาด อย่างไรก็ตาม D_R มีจำนวนลดลงเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับช่วงที่ยังไม่มีการแพร่ระบาด

- ข้อมูลประชากรศาสตร์ ได้แก่ จำนวนนักท่องเที่ยวที่มาเยือนรายเดือน (N_G), จำนวนประชากรรายปี (N_P) และจำนวนผู้มีงานทำรายไตรมาส (N_E) ในรูปที่

3 ได้มาจากกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา [17] และสำนักงานสถิติแห่งชาติ [18,19] ตั้งแต่เดือนมกราคม 2558 - เดือนมีนาคม 2564 โดยข้อมูล N_P และ N_E ได้ทำการแปลงเป็นข้อมูลรายเดือนโดย Linear Interpolation ซึ่งพบว่า N_G ในช่วงที่ไม่มี การแพร่ระบาดมีรูปแบบการเพิ่ม - ลดสอดคล้องกับฤดูกาลท่องเที่ยว แต่เริ่มมีจำนวนที่ลดลงตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 และลดลงเป็นอย่างมากในช่วงที่มีการ Lockdown และมีจำนวนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยนับตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2563 หลังจากที่มีการผ่อนคลายการ Lockdown ส่วน N_E มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยมีรูปแบบสอดคล้องกับ N_G ในขณะที่ N_P มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อเนื่องอย่างช้า ๆ แต่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงจนมีนัยสำคัญในทางสถิติ



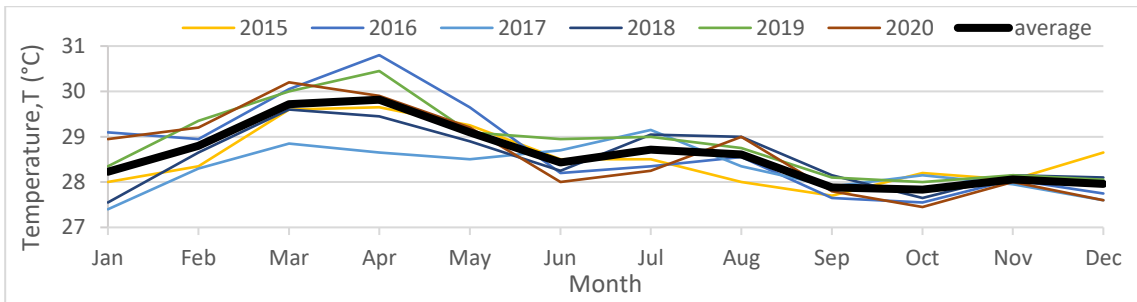
รูปที่ 2 อัตราการใช้น้ำประปารายเดือน (ลูกบาศก์เมตร/เดือน)



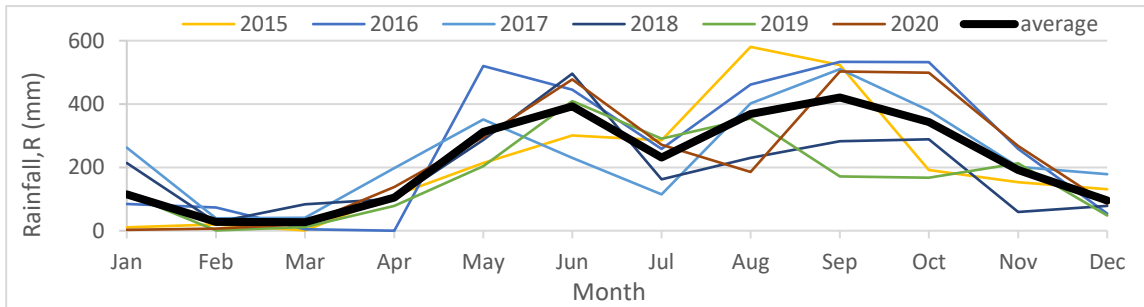
รูปที่ 3 จำนวนนักท่องเที่ยวที่มาเยือน จำนวนประชากร และผู้มีงานทำรายเดือน (คน/เดือน)

- ข้อมูลสภาพอากาศรายเดือน ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยาในรูปแบบที่ 4 - 7 ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย, T (องศาเซลเซียส), ความลึกฝน, R (มิลลิเมตร/เดือน), ความเร็วลมเฉลี่ย, W (น็อต) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย, H (เปอร์เซ็นต์) ตั้งแต่เดือนมกราคม 2558 - เดือนมีนาคม 2564 โดยจากข้อมูลสภาพอากาศราย

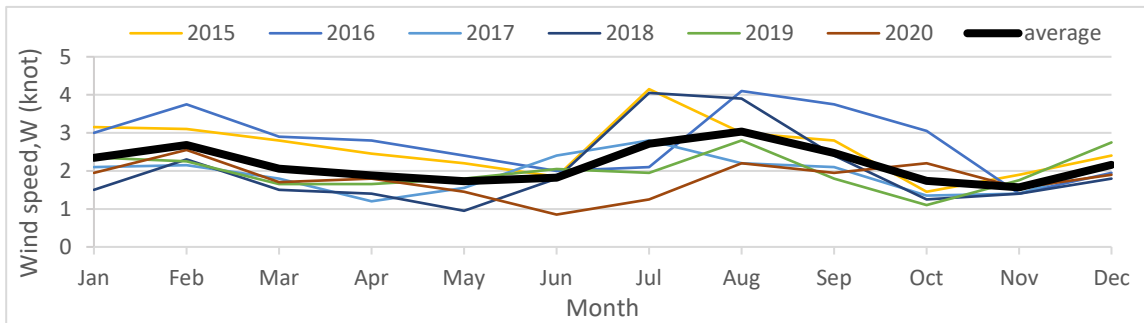
เดือน พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละเดือนค่อนข้างคงที่อยู่ระหว่าง 27-30 องศาเซลเซียส โดยในเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด และเดือนตุลาคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด, ความลึกฝนมีค่าที่ใกล้เคียงกันในฤดูแล้ง แต่มีค่าที่ต่างกันใหญ่ของฤดูฝนของแต่ละปี โดยเดือนมีนาคมมีความลึกฝนเฉลี่ยแต่ละปีต่ำสุด และเดือน



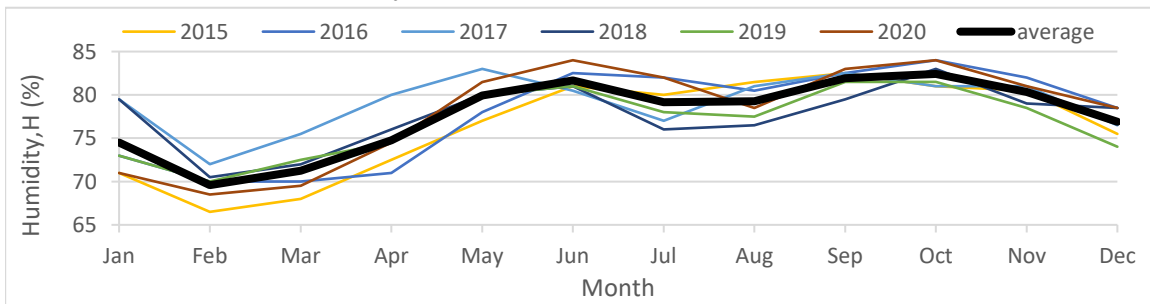
รูปที่ 4 อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน (องศาเซลเซียส)



รูปที่ 5 ความลึกฝนรายเดือน (มิลลิเมตร/เดือน)



รูปที่ 6 ความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน (น็อต)



รูปที่ 7 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือน (เปอร์เซ็นต์)

กันยายนมีความลึกฝนเฉลี่ยแต่ละปีสูงสุด, ความเร็วลมเฉลี่ยมีค่อนข้างคงที่อยู่ระหว่าง 1 - 4 น็อต โดยในเดือนพฤศจิกายนมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำสุด และเดือนสิงหาคมมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยมีลักษณะค่อนข้างใกล้เคียงกันในแต่ละปี โดยเดือนกุมภาพันธ์มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุด และเดือนตุลาคมมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด

2.3 วิธีการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression) [20] โดยเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ที่มากกว่า 1 ตัว กับตัวแปรตาม (Dependent Variable) 1 ตัว ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (1)$$

โดยที่

- X_i คือ ค่าของตัวแปรอิสระแต่ละตัว
- Y_i คือ ค่าของตัวแปรตาม
- k คือ จำนวนตัวแปรอิสระในสมการถดถอย
- β_0 คือ ค่าคงที่ (Constant) ของสมการถดถอย (ใช้ B_0 สำหรับค่าประมาณหรือตัวทำนาย) โดยที่ β_0 เป็นจุดตัด (Intercept) แกน Y ของสมการ
- β_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ของตัวแปรอิสระ X_i โดยที่ค่า β_i แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า X_i ต่อค่า Y_i โดยถ้าค่า X_i เปลี่ยนไป 1 หน่วย จะทำให้ค่า Y เปลี่ยนไป b_i หน่วย
- ε คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (Error or Residual) ของค่า Y

โดยในการสร้างแบบจำลองทำนายความต้องการน้ำประปา ได้ใช้ข้อมูลของตัวแปรตั้งแต่เดือน

มกราคม 2558 – เดือนกันยายน 2563 มาทำการฝึกแบบจำลองโดยคัดเลือกตัวแปรอิสระเพื่อให้ได้สมการถดถอยพหุคูณที่มีนัยสำคัญในเชิงสถิติ (Statistical Significant) มากที่สุด (เลือกเฉพาะตัวแปรที่ค่า P - Value ≤ 0.05) [21] และใช้ข้อมูลของตัวแปรตั้งแต่เดือนตุลาคม 2563 – เดือนมีนาคม 2564 มาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) ของแบบจำลอง โดยการวัดค่าความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) [22] และแปลความหมายค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยวิธีของ Best [23]

3. ผลการศึกษา

3.1 การเลือกตัวแปรที่เหมาะสมในสมการถดถอยพหุคูณ

จากสมการถดถอยพหุคูณ (MLR) โดยเรียงสับเปลี่ยนตัวแปรในทุกรูปแบบ เทียบกับค่าตรวจวัด D_T , D_R และ D_N และคัดเลือกตัวแปรในสมการถดถอยพหุคูณที่มีนัยสำคัญทางสถิติมากที่สุด เมื่อเทียบกับอัตราการใช้น้ำประปาในแต่ละประเภท ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 3-5

3.2 แบบจำลองความต้องการน้ำประปา

เมื่อนำผลการคัดเลือกสมการถดถอยพหุคูณเทียบกับอัตราการใช้น้ำประปาในแต่ละประเภท มาแทนในสมการที่ (1) ก็จะได้แบบจำลองความต้องการน้ำประปารวม (D_T), ประเภทที่อยู่อาศัย (D_R), และประเภทไม่ใช่ที่อยู่อาศัย (D_N) ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

$$D_T = -7905657 + 0.44N_G + 8.64N_E + 6.30N_P + 95861T + 47742W + 15725H \quad (2)$$

$$D_R = -1543896 + 0.08N_G + 4.10N_P + 21446T + 109.29R \quad (3)$$

$$D_N = -3679650 + 0.33N_G + 8.65N_E + 56137T + 219.67R \quad (4)$$



โดยที่

- D_T คือ แบบจำลองความต้องการน้ำประปารวม (ลูกบาศก์เมตร/เดือน)
- D_R คือ แบบจำลองความต้องการน้ำประปาในประเภทที่อยู่อาศัย (ลูกบาศก์เมตร/เดือน)
- D_N คือ แบบจำลองความต้องการน้ำประปาประเภทไม่ใช่ที่อยู่อาศัย (ลูกบาศก์เมตร/เดือน)
- N_G คือ จำนวนนักท่องเที่ยวที่มาเยือน (คน/เดือน)
- N_E คือ จำนวนผู้มีงานทำ (คน/เดือน)
- N_p คือ จำนวนประชากร (คน)
- T คือ อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
- W คือ ความเร็วลมเฉลี่ย (น็อต)
- H คือ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
- R คือ ความลึกฝน (มิลลิเมตร/เดือน)

ตารางที่ 3 ผลการคัดเลือกตัวแปรในสมการถดถอยพหุคูณที่ตัวแปรต้นแต่ละตัวมีค่าที่มียนัยสำคัญทางสถิติ (Statistical Significant) มากที่สุด เมื่อเทียบกับอัตราการใช้น้ำประปารวม, D_T

ตัวแปร	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์	P-Value
จุดตัดแกน (Intercept)	ลบ.ม./เดือน	-7905657	< 0.0001
จำนวนนักท่องเที่ยวที่มาเยือน, N_G	คน/เดือน	0.44	< 0.0001
จำนวนคนมีงานทำ, N_E	คน/เดือน	8.64	0.0031
จำนวนประชากร, N_p	คน/เดือน	6.30	< 0.0001
อุณหภูมิเฉลี่ย, T	องศาเซลเซียส	95861	0.0003
ความเร็วลมเฉลี่ย, W	น็อต	47742	0.0255
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย, H	เปอร์เซ็นต์	15725	0.0021

ตารางที่ 4 ผลการคัดเลือกตัวแปรในสมการถดถอยพหุคูณที่ตัวแปรต้นแต่ละตัวมีค่าที่มียนัยสำคัญทางสถิติ (Statistical Significant) มากที่สุด เมื่อเทียบกับอัตราการใช้น้ำประปาประเภทที่อยู่อาศัย, D_R

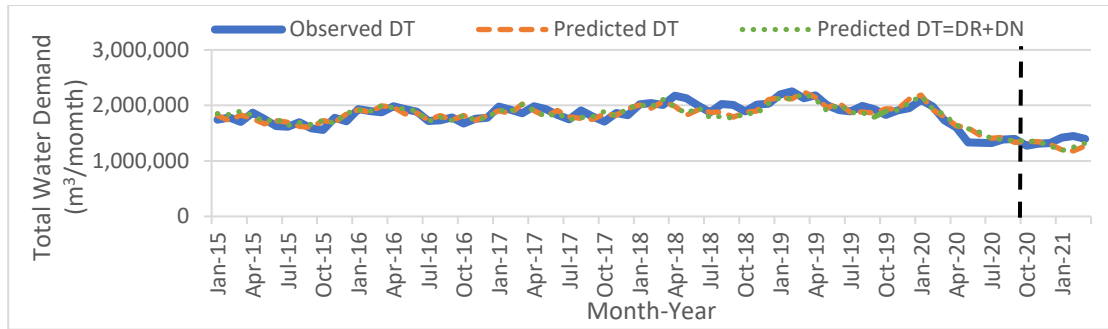
ตัวแปร	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์	P-Value
จุดตัดแกน (Intercept)	ลบ.ม./เดือน	-1543896	< 0.0001
จำนวนนักท่องเที่ยวที่มาเยือน, N_G	คน/เดือน	0.08	< 0.0001
จำนวนประชากร, N_p	คน/เดือน	4.10	< 0.0001
อุณหภูมิเฉลี่ย, T	องศาเซลเซียส	21446	0.0008
ความลึกฝน, R	มิลลิเมตร/เดือน	109.29	0.0011

ตารางที่ 5 ผลการคัดเลือกตัวแปรในสมการถดถอยพหุคูณที่ตัวแปรต้นแต่ละตัวมีค่าที่มียนัยสำคัญทางสถิติ (Statistical Significant) มากที่สุด เมื่อเทียบกับอัตราการใช้น้ำประปาประเภทไม่ใช่ที่อยู่อาศัย, D_N

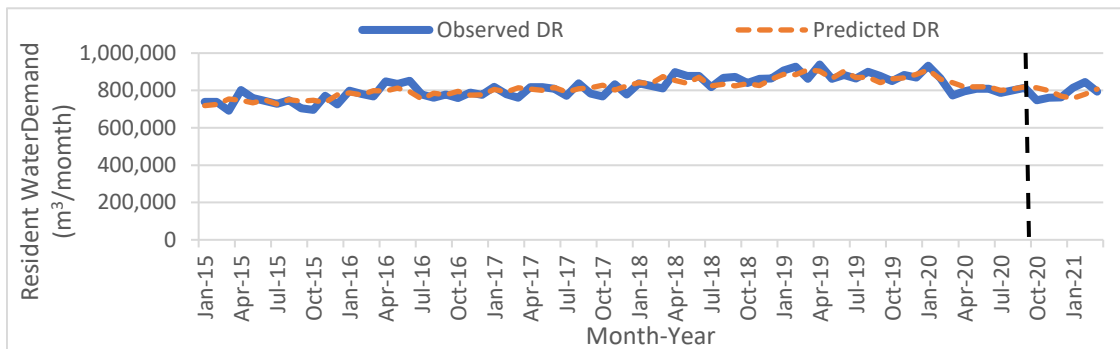
ตัวแปร	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์	P-Value
จุดตัดแกน (Intercept)	ลบ.ม./เดือน	-3679650	< 0.0001
จำนวนนักท่องเที่ยวที่มาเยือน, N_G	คน/เดือน	0.33	< 0.0001
จำนวนผู้มีงานทำ, N_E	คน/เดือน	8.65	0.0002
อุณหภูมิเฉลี่ย, T	องศาเซลเซียส	56137	0.0023
ความลึกฝน, R	มิลลิเมตร/เดือน	219.67	0.0185

เมื่อนำค่าตรวจวัดของตัวแปรใส่ลงในสมการที่ (2), (3) และ (4) จะได้ค่าทำนายความต้องการน้ำประปา รวม (D_T), ประเภทที่อยู่อาศัย (D_R), และประเภทไม่ใช่ที่อยู่อาศัย (D_N) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 8-10 โดยพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

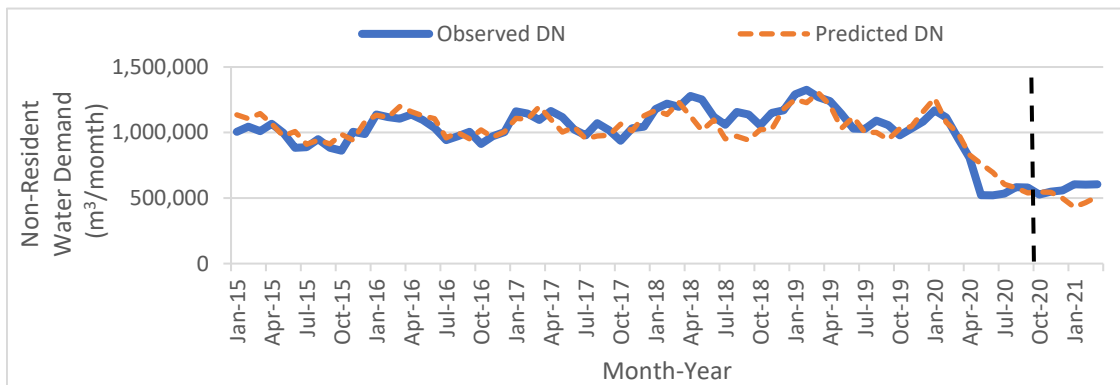
ระหว่างค่าตรวจวัดกับค่าทำนายของแบบจำลองความต้องการน้ำประปา รวม (D_T), ประเภทที่อยู่อาศัย (D_R), และไม่ใช่ที่อยู่อาศัย (D_N) เท่ากับ 0.89, 0.81 และ 0.90 ตามลำดับ ซึ่งถือว่า “มีความสัมพันธ์กันอย่างมาก” ตาม การแปลความหมายค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Best



รูปที่ 8 ผลการเปรียบเทียบค่าทำนายกับค่าตรวจวัด จากแบบจำลองความต้องการน้ำประปา รวม (D_T) โดยใช้ชุดข้อมูลสำหรับการฝึกแบบจำลอง (ก่อนเส้นประ) และสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง (หลังเส้นประ)



รูปที่ 9 ผลการเปรียบเทียบค่าทำนายกับค่าตรวจวัด จากแบบจำลองความต้องการน้ำประปาประเภทที่อยู่อาศัย (D_R) โดยใช้ชุดข้อมูลสำหรับการฝึกแบบจำลอง (ก่อนเส้นประ) และสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง (หลังเส้นประ)



รูปที่ 10 ผลการเปรียบเทียบค่าทำนายกับค่าตรวจวัด จากแบบจำลองความต้องการน้ำประปาประเภทไม่ใช่ที่อยู่อาศัย โดยใช้ชุดข้อมูลสำหรับการฝึกแบบจำลอง (ก่อนเส้นประ) และสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง (หลังเส้นประ)

4. สรุป

การศึกษานี้ได้ศึกษาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการท่องเที่ยวต่อความต้องการน้ำในช่วงการแพร่ระบาดของโควิด-19 เพื่อให้สามารถวางแผนการผลิตประปาหรือหาแหล่งน้ำมาสนับสนุนการใช้น้ำในพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม

จากการศึกษาพบว่า จำนวนนักท่องเที่ยวที่มาเยือน (N_t) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความต้องการใช้น้ำประปาทั้ง 3 ประเภทมากกว่าปัจจัยด้านสภาพอากาศและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ตรวจวัดได้กับค่าทำนายของแบบจำลองความต้องการน้ำประปารวม (D_T), ประเภทที่อยู่อาศัย (D_R), และประเภทไม่ใช่ที่อยู่อาศัย (D_N) เท่ากับ 0.89, 0.81 และ 0.90 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำประปาประเภทที่อยู่อาศัย (D_R) ที่มีแนวโน้มลดลงในช่วงการแพร่ระบาดของโควิด-19 อาจเกิดจากนักท่องเที่ยวที่มาเยือนส่วนหนึ่ง ไม่ได้มาพักในโรงแรมเพียงอย่างเดียว แต่อาจจะมีที่อยู่อาศัยในจังหวัดภูเก็ตสำหรับพักตากอากาศ หรือมีการเข้าพักในประเภทการเช่าที่อยู่อาศัยระยะสั้น (Hostel) ผ่านแอปพลิเคชัน ซึ่งกำลังได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบันเนื่องจากมีราคาที่ถูกกว่าการเข้าพักในโรงแรม [24] โดยจะขอศึกษาถึงผลกระทบปัจจัยดังกล่าวในโอกาสต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนโครงการส่งเสริมการศึกษาระดับปริญญาโท แผนการเรียนแบบ ก. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และทุนวิจัยระดับปริญญาโทจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทุนวิจัยเลขที่ 64/01/WE/M.Eng ขอขอบคุณคุณสุทามาต แก้วประภา เจ้าหน้าที่ กปภ. ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลอัตราการใช้น้ำประปาในจังหวัดภูเก็ต และสำนักบริการดิจิทัล กรมอุตุนิยมวิทยา ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลสภาพอากาศในจังหวัดภูเก็ต จนเป็นผลให้การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานปลัดกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. 2563. **สถานการณ์การท่องเที่ยวในประเทศ รายจังหวัด ปี 2563**. สถิติการท่องเที่ยวและกีฬา. แหล่งที่มา: https://mots.go.th/more_news_new.php?cid=594, 19 กรกฎาคม 2564.
- [2] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2562. **ผลิตภัณฑ์ภาคและจังหวัด แบบปริมาณลูกโซ่ ฉบับ พ.ศ. 2562 (Gross Regional and Provincial Product Chain Volume Measures 2019 Edition)**. ผลิตภัณฑ์ภาคและจังหวัด. แหล่งที่มา: https://www.nesdc.go.th/main.php?filename=gross_regional, 18 กรกฎาคม 2564.
- [3] WHO. 2020. **Pneumonia of unknown cause – China**. Disease outbreak news. แหล่งที่มา: <https://www.who.int/csr/don/05-january-2020-pneumonia-of-unknown-cause-china/en/>, 17 พฤษภาคม 2564.
- [4] WHO. 2020. **WHO Director-General's remarks at the media briefing on 2019-nCoV on 11 February 2020**. WHO Director-General Speeches. แหล่งที่มา: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-remarks-at-the-media-briefing-on-2019-ncov-on-11-february-2020>, 17 พฤษภาคม 2564.
- [5] **ราชกิจจานุเบกษา**. 2563. เล่ม 137. พิเศษ 51 ง. 1.
- [6] มติชน. 2563. **ตม.ภูเก็ต เผยนักท่องเที่ยวต่างชาติ ตกค้างอยู่ในภูเก็ตกว่า 3,000 ราย**. ข่าวภูมิภาค. แหล่งที่มา: https://www.matichon.co.th/region/news_2130000, 18 กรกฎาคม 2564.
- [7] พาณฯ พลเอกประยุทธ์ จันทร์โอชา. 2564. **แถลงการณ์นายกรัฐมนตรี 16 มิถุนายน 2564**. Facebook Page “ประยุทธ์ จันทร์โอชา Prayut



- Chan-o-cha”. แหล่งที่มา:
<https://www.facebook.com/watch/?v=416227752698965>, 19 กรกฎาคม 2564.
- [8] การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. 2564. **General Information – Phuket Sandbox**. Thailand Visitor Info. แหล่งที่มา:
<https://www.tatnews.org/2021/06/initial-information-phuket-sandbox/>, 19 กรกฎาคม 2564.
- [9] A. Kalbuscha, E. Henninga, M. P. Brikalskia, F. V. de Lucab and A. C. Konrathc. 2020. Impact of coronavirus (COVID-19) spread-prevention actions on urban water consumption. **Resources, Conservation and Recycling**. 2020 (163): 1-8.
- [10] D. U. Lüdtker, R. Luetkemeier, M. Schneemann and S. Liehr. 2021. Increase in Daily Household Water Demand during the First Wave of the Covid-19 Pandemic in Germany. **MDPI journal on water science and technology**. 13 (260): 1-13.
- [11] G. Balacco, V. Totaro, V. Lacobellis, A. Manni, M. Spagnoletta and A. F. Piccinni. 2020. Influence of COVID-19 Spread on Water Drinking Demand: The Case of Puglia Region (Southern Italy). **MDPI journal on water science and technology**. 12 (5919): 1-16.
- [12] Nguyen B. N. and J. Teller. 2020. Potential Effects of the COVID-19 Pandemic through Changes in Outbound Tourism on Water Demand: The Case of Liège (Belgium). **MDPI journal on water science and technology**. 12 (2820): 1-10.
- [13] สำนักงานจังหวัดภูเก็ต. 2559. **บรรยายสรุปจังหวัดภูเก็ต**. 34.
- [14] สำนักงานสถิติจังหวัดภูเก็ต. 2563. **สถิติประชากรศาสตร์ ประชากรและเคหะ**. 16.
- [15] กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น. 2563. **รายชื่อองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น**. 227.
- [16] กรมอุตุนิยมวิทยา. 2563. **ภูมิอากาศจังหวัดภูเก็ต**. 3.
- [17] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2563. **สถานการณ์การท่องเที่ยวรายจังหวัด: 2553 – 2563**. สถิติการท่องเที่ยวและกีฬา แหล่งที่มา:
<http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/en/17.aspx>, 20 พฤษภาคม 2564.
- [18] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2564. **จำนวนประชากรจากการทะเบียน จำแนกตามกลุ่มอายุ รายจังหวัด และภาค พ.ศ. 2554 – 2563**. สถิติประชากรศาสตร์ ประชากรและเคหะ. แหล่งที่มา:
<http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/en/01.aspx>, 20 พฤษภาคม 2564.
- [19] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2564. **จำนวนผู้มีงานทำที่อยู่ในแรงงานในระบบและนอกระบบ จำแนกตามกลุ่มอายุ เพศ เป็นรายภาค และจังหวัด พ.ศ. 2554 – 2563**. สถิติแรงงาน. แหล่งที่มา:
<http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/02.aspx>, 20 พฤษภาคม 2564.
- [20] สุทิน ชนะบุญ. 2560. **สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยเบื้องต้น**. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดขอนแก่น, ขอนแก่น.
- [21] Ronald L., Wasserstein and N. A. Lazar. 2016. The ASA Statement on p-Values: Context, Process, and Purpose. **The American Statistician**. 2 (70): 129-133.
- [22] Hair, Joseph F., Black, William C., Babin, Barry J., Anderson and Rolph E. 2010. **Multivariate Data Analysis**. 7th Edition. Pearson, NJ.
- [23] Best and John W. 1977. **Research in Education**. 3rd Edition. Prentice-Hall Inc, NJ.
- [24] สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. 2561. **กรณีศึกษา Airbnb จากธุรกิจการจองห้องพักสู่ธุรกิจไลฟ์สไตล์การท่องเที่ยว**. 8



ความเสี่ยงและภัยพิบัติ



การจำลองขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมบริเวณจังหวัดอุบลราชธานี ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS 2 มิติ The Simulation of Flood Boundary for Ubon Ratchathani Province Using HEC-RAS 2D

สุภาพร ทองเต็ม^{1*} และไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์²

¹นิสิตปริญญาโท, ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, ม.เกษตรศาสตร์, จ.นครปฐม, 73140

²ผศ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, ม.เกษตรศาสตร์, จ.นครปฐม, 73140

*อีเมลผู้รับผิดชอบบทความ: plase4401@hotmail.com

บทคัดย่อ

จังหวัดอุบลราชธานีประสบปัญหาน้ำท่วม ตั้งแต่บริเวณเหนือจุดบรรจบแม่น้ำมูลและแม่น้ำชีผ่านชุมชนเมืองอุบลราชธานีไปจนถึงแก่งสะพือ เนื่องจากมีสภาพเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำและเป็นเส้นทางระบายน้ำหลาก อีกทั้งด้านท้ายแม่น้ำมูลมีเกาะแก่งต่างๆ อยู่กลางลำน้ำจึงเป็นอุปสรรคกีดขวางการไหล ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมของกลุ่มน้ำมูลตอนล่างและลุ่มน้ำชีตอนล่างซึ่งอยู่ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี โดยจำลองเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2562 (เดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน) ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS 2 มิติ ทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองของค่าตัวแปร Manning's n โดยจำลองการไหลของน้ำแบบไม่คงที่ มีขอบเขตการจำลองเริ่มต้นจากสถานีวัดน้ำท่า M.5 ในแม่น้ำมูลและสถานีวัดน้ำท่า E.2A ในแม่น้ำชี ไปจนถึงเขื่อนปากมูล ส่วนปริมาณการไหลเข้าด้านข้างใช้แบบจำลอง NAM ในการประเมินปริมาณน้ำฝนเป็นน้ำท่า และใช้สถานีวัดน้ำท่า M.7 แม่น้ำมูลที่สะพานเสรีประชาธิปไตยทำการทดสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ผลจากการศึกษาพบว่าตัวแปร Manning's n ที่มีค่าใกล้เคียงกับสถานีของกรมชลประทานมีค่าเท่ากับ 0.04 และมีพื้นที่น้ำท่วมจากแม่น้ำมูลและแม่น้ำชีล้นตลิ่ง 393.78 ตร.กม. ส่วนใหญ่อยู่บริเวณอำเภอเขื่องใน และอำเภอเมืองอุบลราชธานี ซึ่งผลจากการวิจัยครั้งนี้จะนำไปสู่การศึกษาแนวทางการบรรเทาอุทกภัยพื้นที่เมืองอุบลราชธานี และพื้นที่ข้างเคียงต่อไป

คำสำคัญ: การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง, แผนที่น้ำท่วม, แบบจำลอง NAM, แบบจำลอง HEC-RAS 2 มิติ, อุบลราชธานี

Abstract

Ubon Ratchathani province has faced flooding from the area above the confluence of the Mun and Chi rivers through the Ubon Ratchathani community to Kaeng Sa Pue due to the condition of a low-lying area and a flooding route. In addition, at the end of the Mun River, there are various islands in the middle of the river obstructing the flow. The objective of this study was to simulate the flood extent of the Lower Mun Basin and Lower Chi Basin in August to September 2019 by using a 2-Dimension HEC-RAS model to calibrate and verify the model from the Manning's n coefficient test that was obtained from the unsteady water flow simulation. The simulation scope started from M.5 station in the Mun River and E.2A station on the Chi River to Pak Mun Dam, the part of lateral inflows used NAM model to estimate rainfall as runoff, and using the M.7 station on the Moon River to calibrate and verify the model. The results of the model showed that Manning's n, which was close to the station of the Royal Irrigation Department was 0.04, and from the simulation of flooded areas, it was found that 393.78 square kilometers of flooded areas of the Mun and Chi rivers were flooded, where the most flood areas are Khueang Nai and Mueang Ubon Ratchathani. The results of this research will lead to further study of flood mitigation approaches in Ubon Ratchathani and surrounding areas.

Keywords: Model calibration and verification, Flood Map, NAM model, HEC-RAS 2D model, Ubon Ratchathani



1. คำนำ

จังหวัดอุบลราชธานี ตั้งอยู่บริเวณทิศตะวันออกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง มีชายแดนติดต่อกับราชอาณาจักรกัมพูชา และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เนื่องจากที่ตั้งและลักษณะสภาพภูมิประเทศของจังหวัดอุบลราชธานีมีแม่น้ำมูลเป็นลำน้ำสายหลักเพียงสายเดียวในการระบายน้ำออกจากพื้นที่ ประกอบกับมีแม่น้ำชีไหลมาบรรจบกับแม่น้ำมูลที่อำเภอเมืองอุบลราชธานี จึงทำให้ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่ดังกล่าวมีปริมาณมากจนเกินความจุลำน้ำ นอกจากนี้ด้านท้ายแม่น้ำมีเกาะและแก่งต่าง ๆ ขวางอยู่ในลำน้ำซึ่งเป็นอุปสรรคกีดขวางปริมาณการไหลของน้ำ ด้วยสาเหตุทั้งหมดนี้จึงทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากเป็นประจำแทบทุกปี โดยเฉพาะในปีที่มีฝนตกหนักต่อเนื่องหลายวันทำให้เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมรุนแรง ดังเช่น ปี พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2562 ซึ่งได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของพายุโพดุล และพายุคาจิกิ จนทำให้เกิดน้ำล้นตลิ่งทั้ง 2 ฝั่งแม่น้ำมูล เข้าท่วมพื้นที่หลายอำเภอของจังหวัดอุบลราชธานี โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ลุ่มต่ำของอำเภอเมืองและอำเภวารินชำราบ ได้รับผลกระทบน้ำท่วมรุนแรงมาก บางแห่งมีระดับน้ำท่วมลึกมากกว่า 4 เมตร ปัจจุบันระดับน้ำท่วมมีความรุนแรงมากกว่าในอดีตเนื่องจากปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การพัฒนาโครงการป้องกันน้ำท่วม และแนวถนนวงแหวนที่กีดขวางการไหล ผลกระทบที่ตามมา คือ พื้นที่รองรับน้ำหลากตามธรรมชาติลดลง ช่องทางน้ำหลากถูกบีบหนัลดการไหลลดลง ล้วนเป็นสาเหตุทำให้ประสิทธิภาพการระบายน้ำลดลง จนทำให้ระดับน้ำท่วมสูงขึ้นกว่าในอดีต หากต่อไปในอนาคตยังมีการพัฒนาโครงการต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มต่ำรองรับน้ำหลาก โดยพิจารณาผลกระทบไม่ครอบคลุมพื้นที่ใกล้เคียง อาจทำให้ปัญหาน้ำท่วมทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อจำลองขอบเขตพื้นที่และความลึกน้ำท่วม จากน้ำล้นตลิ่งแม่น้ำมูลและ

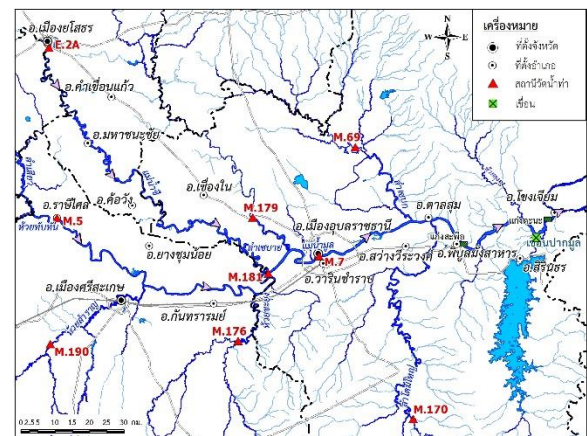
แม่น้ำชี ในปี พ.ศ. 2562 โดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS 2 มิติ จำลองการไหลแบบไม่คงที่

2. พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำชีตอนล่าง เริ่มตั้งแต่สถานีวัดน้ำท่า E.2A แม่น้ำชีอำเภอเมือง จังหวัดยโสธร แล้วไหลผ่านจังหวัดศรีสะเกษและจังหวัดอุบลราชธานี จนไหลไปบรรจบกับแม่น้ำมูลเรียกว่า สบชี-มูล

ลุ่มน้ำมูลตอนล่าง เริ่มตั้งแต่สถานีวัดน้ำท่า M.5 แม่น้ำมูล อำเภอราษีไศล จังหวัดศรีสะเกษ แม่น้ำมูลไหลผ่านจังหวัดศรีสะเกษ 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอราษีไศล อำเภอยางชุมน้อย อำเภอเมืองศรีสะเกษ และอำเภอกันทรารมย์ แล้วผ่านจังหวัดอุบลราชธานี 8 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองอุบลราชธานี อำเภวารินชำราบ อำเภอสว่างวีระวงศ์ อำเภอดอนมดแดง อำเภอตาลสุม อำเภอพิบูลมังสาหาร อำเภอสิรินธร และอำเภอโขงเจียม ไปสิ้นสุดที่เขื่อนปากมูล ดังแสดงพื้นที่ศึกษาในรูปที่ 1

สภาพพื้นที่บริเวณช่วงต่อเนื่องระหว่างแม่น้ำชีและแม่น้ำมูลเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ จึงเป็นพื้นที่ที่มีน้ำท่วมรุนแรงระดับน้ำท่วมสูง ส่งผลให้ชุมชนบริเวณดังกล่าวไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ หน่วยงานของจังหวัดมีมาตรการรองรับโดยจัดตั้งศูนย์อพยพช่วยเหลือประชาชนที่ประสบอุทกภัยจนไม่สามารถอยู่ในที่พักอาศัยได้



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

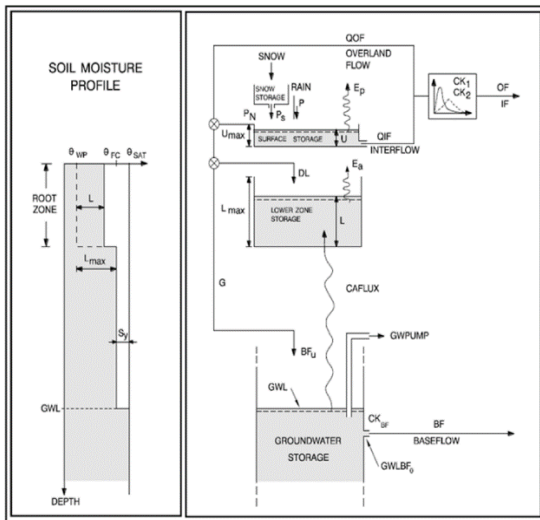


3. วิธีการศึกษา

3.1 ทฤษฎี และแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 แบบจำลอง NAM

แบบจำลอง NAM เป็นการจำลองปริมาณน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำท่า พัฒนาโดย Nielsen และ Hansen จาก Institute of Hydrodynamics and Hydraulics Engineering Technical University of Denmark ใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อยหรือมีการไหลเข้าด้านข้าง การจำลองลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทยสามารถกำหนดให้ปริมาณน้ำจะถูกแบ่งไปเก็บกักไว้ใน 3 ส่วน โดยไม่พิจารณาส่วนของหิมะ ได้แก่ การเก็บกักผิวดิน การเก็บกักของชั้นดินส่วนล่าง และการเก็บกักของน้ำใต้ดิน ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำของสถานีวัดน้ำท่าดัชนี เพื่อหาพารามิเตอร์และตัวแปรของกลุ่มน้ำ แล้วทำการสอบเทียบค่าเหล่านั้น แล้วจึงเลือกกลุ่มน้ำดัชนีที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มน้ำที่ต้องการประเมินปริมาณน้ำท่า โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของกลุ่มน้ำดัชนีในการจำลองปริมาณน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำที่พิจารณา เพื่อเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำท่าในส่วนนี้สำหรับนำเข้าแบบจำลอง HEC-RAS ต่อไป



รูปที่ 2 โครงสร้างแบบจำลอง NAM

3.1.2 แบบจำลอง HEC-RAS

การศึกษาเพื่อวิเคราะห์สภาพน้ำท่วมบริเวณจังหวัดอุบลราชธานี ได้ใช้แบบจำลอง HEC-RAS เวอร์ชัน 6.0 แบบ 2 มิติ ซึ่งพัฒนาโดย Hydrologic Engineering

Center for the U.S. Army Corps of Engineering เป็นการจำลองสภาพการไหลโดยคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับผิวน้ำ ความเร็วการไหลระหว่างกริดเซลล์

แบบจำลองการไหล 1 มิติ และ 2 มิติ มีผลต่อระดับน้ำและพื้นที่น้ำท่วมที่แตกต่างกันในกรณีที่มีความลาดชันลำน้ำไม่สม่ำเสมอ ความลาดชันลำน้ำสูง หน้าตัดลำน้ำมีขนาดที่หลากหลาย ลำน้ำมีความคดเคี้ยว พื้นที่น้ำท่วมมีบริเวณกว้าง ซึ่งแบบจำลอง 2 มิติ มีการคำนวณลักษณะการไหลที่มีความละเอียดและมีเสถียรภาพของการไหลแบบ unsteady สูงกว่า นอกจากนี้ยังสามารถสร้างแบบจำลองได้เร็วกว่า แบบจำลอง 1 มิติ

สมการการไหลไม่คงที่ (unsteady flow) 1 มิติ มีสมการที่เกี่ยวข้อง คือ สมการต่อเนื่อง (continuity equation) และสมการโมเมนตัม (momentum equation) [1] ดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_l \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (2)$$

เมื่อ x = ระยะทางของการไหล (ม.)

t = เวลา (วินาที)

Q = ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)

A = พื้นที่หน้าตัดขวางการไหล (ตร.ม.)

S = หน้าตัดลำน้ำที่มีการเก็บกักน้ำ

q_l = การไหลเข้าด้านข้างต่อหนึ่งหน่วยความยาว

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (ม./วินาที²)

S_f = ความลาดชันแรงเสียดทาน

V = ความเร็วการไหล (ม./วินาที)

Z = ความลึกน้ำวัดจากผิวน้ำถึงระดับอ้างอิง (ม.)

สมการที่เกี่ยวข้องกับการไหลแบบ 2 มิติ คือ สมการความลึกเฉลี่ยของสมการต่อเนื่อง (dept-averaged equations of continuity) และสมการการทรงโมเมนตัมในแนว x และ y (x and y -momentum conservation) [1] แสดงดังสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

เมื่อ t = เวลา (ม./วินาที)

h = ความลึกของน้ำ (ม.)
 u, v = ความเร็วที่ความลึกเฉลี่ย ที่ทิศทาง x และ y

$$\frac{\partial V}{\partial t} + (V \cdot \nabla)V + f_c kV = -g \nabla z_s + \frac{1}{h} \nabla \cdot (v_t h \nabla V) - \frac{\tau_b}{\rho R} + \frac{\tau_s}{\rho h} \quad (4)$$

เมื่อ V = เวกเตอร์ความเร็ว (ม./วินาที)
 g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (ม./วินาที²)
 $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)^T$
 f_c = พารามิเตอร์ Coriolis
 k = หนึ่งหน่วยเวกเตอร์ในแนวแกนตั้ง
 z_s = ระดับผิวน้ำวัดจากระดับอ้างอิง (ม.)
 h = ความลึกของน้ำ (ม.)
 R = รัศมีชลศาสตร์ (ม.)
 τ_b = bottom shear stress
 τ_s = wind surface stress
 ρ = ความหนาแน่นของของน้ำ (กก./ม.³)
 v_t = eddy viscosity tensor

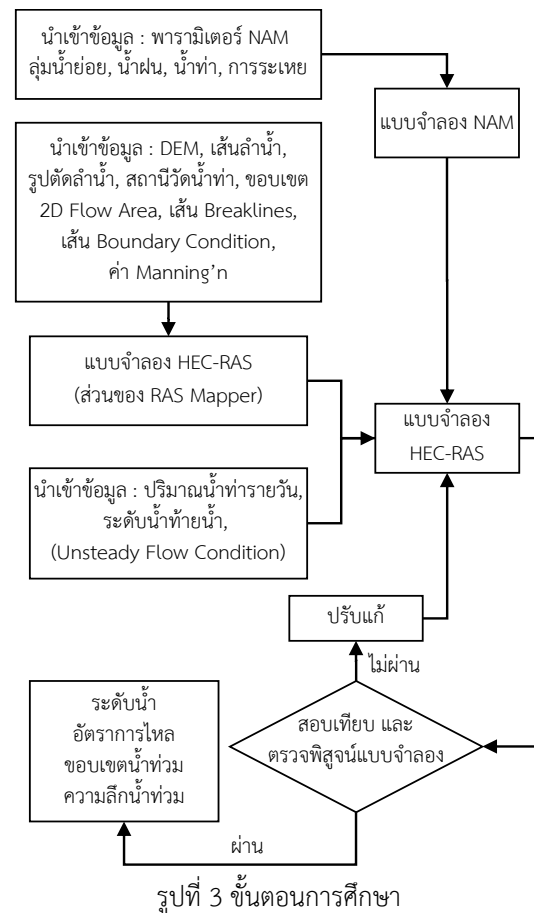
3.2 ขั้นตอนการศึกษา

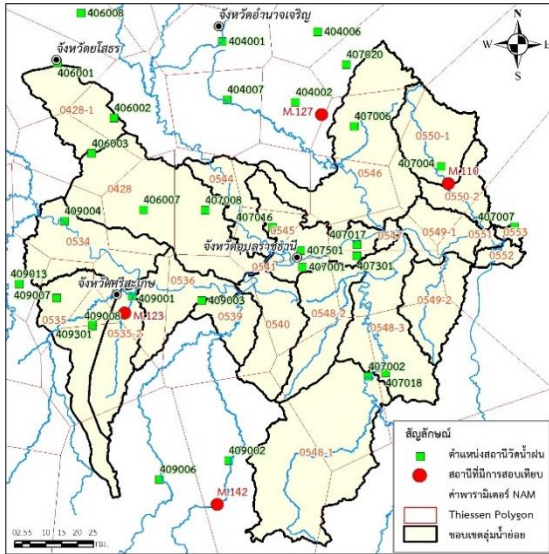
ในการจำลองขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS แบ่งการเตรียมข้อมูลเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) ส่วนของการประเมินปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลปริมาณฝน โดยใช้แบบจำลอง NAM สำหรับการประเมินปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อยที่ไหลเข้าด้านข้าง (lateral flow) และ (2) ส่วนของแบบจำลอง HEC-RAS เป็นการจำลองการไหลแบบ 2 มิติ ดังแสดงขั้นตอนการศึกษาในรูปที่ 3 และมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการประเมินปริมาณน้ำท่า ด้วยแบบจำลอง NAM

รวบรวมข้อมูลพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM จากโครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลักการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ กลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ [2] ดังตารางที่ 1 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ในพื้นที่ลุ่มน้ำมูล มีผลการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองตามเกณฑ์แล้ว ดังตารางที่ 2 จึงนำมาประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของ

พื้นที่ศึกษาได้ โดยรวบรวมข้อมูลน้ำเข้าแบบจำลองตั้งรูปที่ 4 และมีขั้นตอนดังนี้ (1) แบ่งพื้นที่หาขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยหรือลุ่มน้ำที่มีการไหลเข้าด้านข้าง (2) ข้อมูลน้ำฝนรายวันจำนวน 44 สถานี [3] และหาค่าฝนเฉลี่ยโดยวิธี Thiessen เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำย่อย (3) รวบรวมข้อมูลการระเหยรายวันของสถานีตรวจวัดอากาศจำนวน 3 สถานี [3] ได้แก่ โยธธ ตรีสะเกษ และ อุบลราชธานี ในการประเมินน้ำฝนเป็นน้ำท่าจะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลเริ่มต้น เพื่อประเมินการไหลของน้ำในแต่ละพื้นที่รับน้ำย่อยที่จะไหลลงแม่น้ำสายหลักและลำน้ำสาขา โดยจำลองสภาพน้ำท่าอย่างต่อเนื่องเริ่มจากพื้นที่ที่แห้งจนกระทั่งปริมาณน้ำฝนที่กลายเป็นน้ำท่า (Direct Effective Rainfall) รวมถึงการพิจารณาการระเหยในพื้นที่การไหลซึมลงใต้ดิน และการไหลระหว่างชั้นดิน ผลที่ได้จากแบบจำลองจะเป็นปริมาณน้ำท่ารายวันปี 2562 สำหรับนำเข้าสู่ข้อมูลของแบบจำลอง HEC-RAS ในขั้นตอนต่อไป





รูปที่ 4 การเตรียมข้อมูลสำหรับนำเข้าแบบจำลอง NAM

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM

สถานี วัดน้ำท่า	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า									
		U_{max} (มม.)	L_{max} (มม.)	CQOF	CKF	$CK_{1,2}$ (ชม.)	TOF	TIF	TG	CKBF	
M.110	570	10.2	103	0.995	47.81	56.3	0.010	0.028	0.989	3,533	
M.123	387	95.5	679	0.401	41.1	68.5	0.365	0.917	0.794	1,616	
M.127	424	20.9	468	0.959	975	66.7	0.732	0.960	0.983	3,329	
M.142	241	59.5	392	0.443	320.4	51.2	0.040	0.685	0.505	544	

ตารางที่ 2 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง NAM

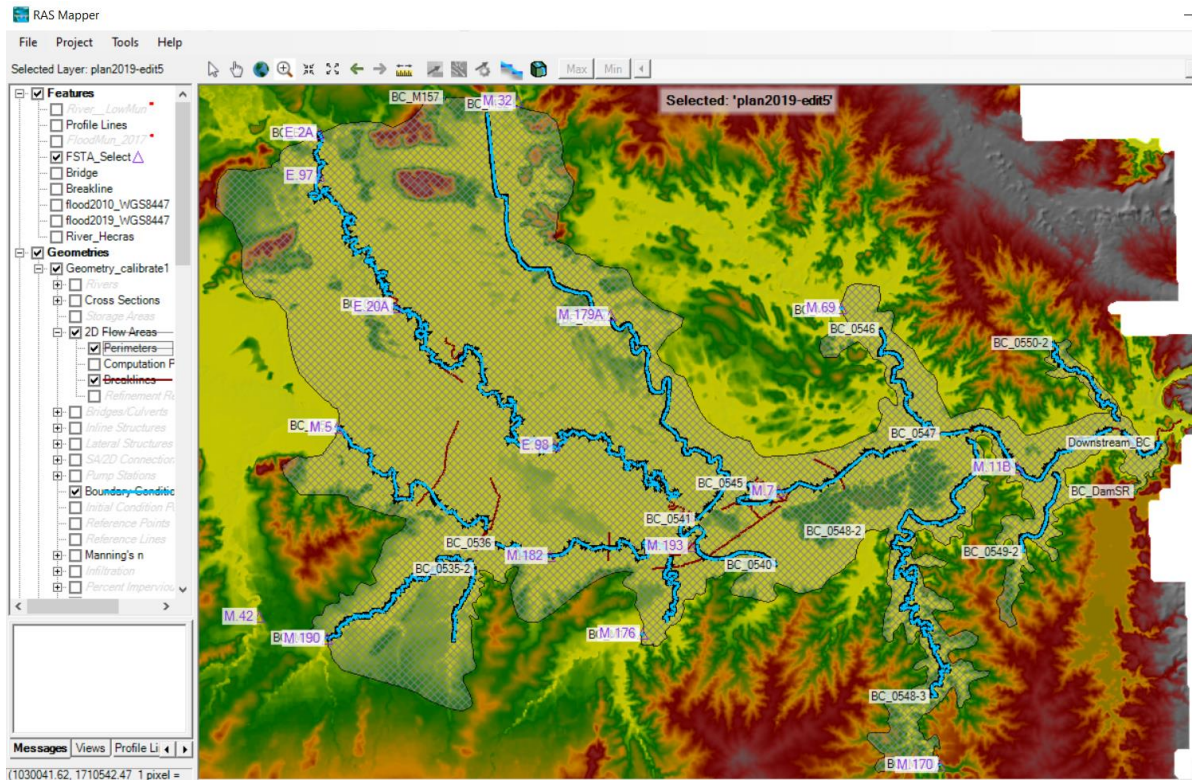
สถานีวัดน้ำท่า	ปริมาณน้ำท่าสะสมที่คำนวณได้ (มม./ปี)	สอบเทียบ	
		แบบจำลอง	ตรวจสอบ
M.110	ปริมาณน้ำท่าสะสมที่ตรวจวัดจริง (มม./ปี)	1,165	879
	ค่าความแตกต่าง (WBL) (%)	0	-5.2
	ค่า R^2	0.729	0.62
	ปริมาณน้ำท่าสะสมที่คำนวณได้ (มม./ปี)	317	386
M.123	ปริมาณน้ำท่าสะสมที่ตรวจวัดจริง (มม./ปี)	317	345
	ค่าความแตกต่าง (WBL) (%)	0	-11.8
	ค่า R^2	0.84	0.7
	ปริมาณน้ำท่าสะสมที่คำนวณได้ (มม./ปี)	590	963
M.127	ปริมาณน้ำท่าสะสมที่ตรวจวัดจริง (มม./ปี)	590	947
	ค่าความแตกต่าง (WBL) (%)	0	-1.7
	ค่า R^2	0.74	0.83
	ปริมาณน้ำท่าสะสมที่คำนวณได้ (มม./ปี)	295	814
M.142	ปริมาณน้ำท่าสะสมที่ตรวจวัดจริง (มม./ปี)	295	708
	ค่าความแตกต่าง (WBL) (%)	0	-15.1
	ค่า R^2	0.65	0.54

ที่มา : โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลักการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ กลุ่มลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ [2]

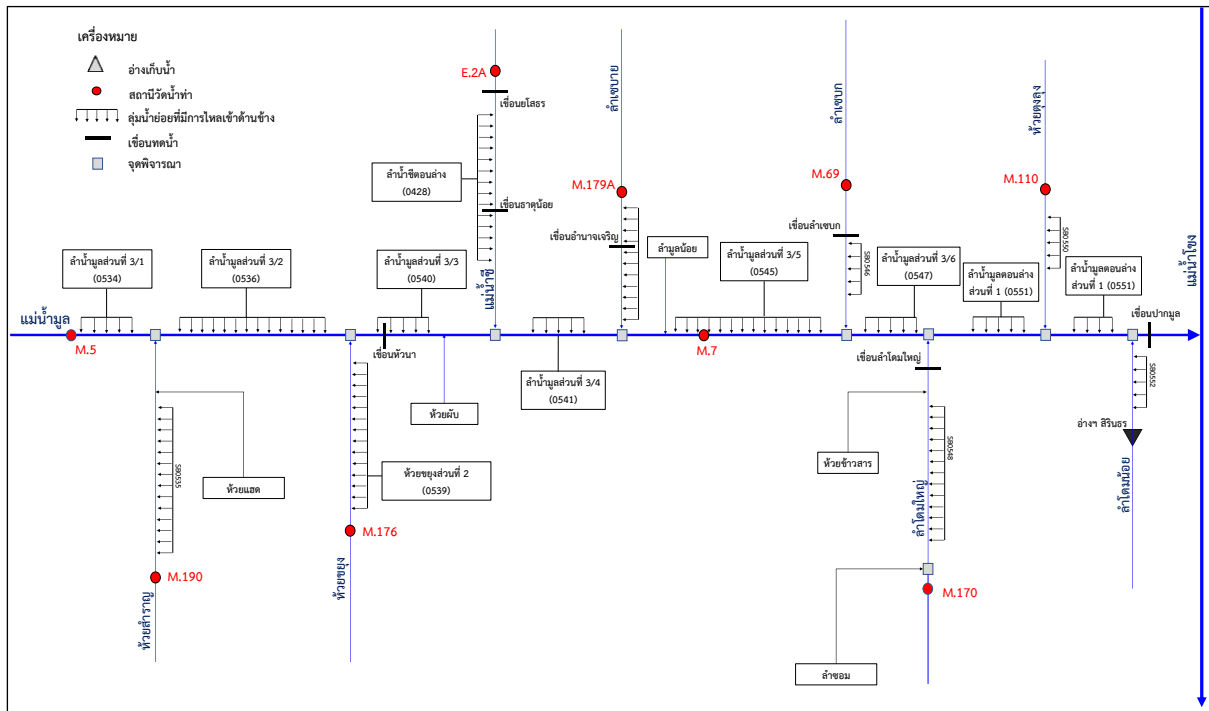
3.2.2 ขั้นตอนการจำลองสภาพการไหล ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS 2 มิติ

แบบจำลอง HEC-RAS มีส่วนของ RAS Mapper ในการนำเข้าสู่ข้อมูล ในการวิจัยนี้ได้นำเข้าสู่ข้อมูลดังนี้ (1)

โครงข่ายลำน้ำสายหลักและลำน้ำสาขาช่วงสถานีวัดน้ำท่า สถานีสุดท้ายก่อนบรรจบแม่น้ำมูล ได้แก่ ลำเซบาย ลำเซบก ห้วยตุ่งลุง ห้วยสำราญ ห้วยชะยุ้ง ห้วยฝับ ลำโดมใหญ่ และลำโดมน้อย 2) ข้อมูลรูปตัดลำน้ำของ สทนช. ปี พ.ศ. 2563 [4] และข้อมูลรูปตัดลำน้ำบริเวณสถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทาน [5] 3) ข้อมูลความสูงเชิงเลข (Digital Elevation, DEM) มีความละเอียดของกริดเซลล์ 5x5 เมตร จากกรมแผนที่ทหาร ซึ่ง DEM ในส่วนของระดับท้องน้ำยังเป็นค่าระดับของผิวน้ำอยู่ จึงต้องปรับแก้ค่า DEM ส่วนที่เป็นลำน้ำ โดยนำรูปตัดที่รวบรวมได้มาสร้าง DEM เฉพาะในลำน้ำขึ้นมาใหม่ แล้วนำไปรวมกับ DEM เดิมของกรมแผนที่ทหาร จะได้ DEM ใหม่ที่มีการปรับค่าระดับของท้องน้ำแล้ว 4) การสร้างกริดเซลล์เป็นขอบเขตสำหรับการจำลองสภาพการไหล (2D Flow Areas) เป็นการลากเส้นขอบเขตพื้นที่ให้ครอบคลุมพื้นที่การไหลทั้งหมด แล้วกำหนดขนาดกริดเซลล์ตามความเหมาะสมของแต่ละองค์ประกอบ 5) การสร้างขอบเขตเงื่อนไขในการรันแบบจำลอง (boundary condition line) สำหรับนำเข้าสู่ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันใช้จากสถานีวัดน้ำท่า ได้แก่ สถานี E.2A M.5 M.190 M.179 M.170 M.179A และ M.69 [6] รวมทั้งข้อมูลปริมาณการระบายน้ำรายวันจากเขื่อนสิรินธร [7] ซึ่งเป็นเงื่อนไขด้านเหนือ (Upper Boundary Condition) และนำเข้าสู่ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อยที่ได้จากแบบจำลอง NAM และใช้ข้อมูลระดับน้ำท่ารายวันบริเวณเหนือเขื่อนปากมูล เป็นเงื่อนไขด้านท้ายน้ำ (Lower Boundary Condition) โดยแสดงการนำเข้าสู่ข้อมูลแบบจำลอง HEC-RAS ดังรูปที่ 5 และ 6) ทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Calibration and Validation) โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าและระดับน้ำท่ารายวันที่สถานี M.7 แม่น้ำมูลที่สะพานเสรีประชาธิปไตย จังหวัดอุบลราชธานี ในปี พ.ศ. 2553 พ.ศ. 2554 และ พ.ศ.2562 ดังแสดงผังองค์ประกอบการจำลองสภาพการไหลดังรูปที่ 6 โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning's n แล้วจึงวิเคราะห์การไหลเพื่อสร้างขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมและความลึกน้ำท่วม



รูปที่ 5 แสดงการนำเข้าข้อมูลแบบจำลอง HEC-RAS

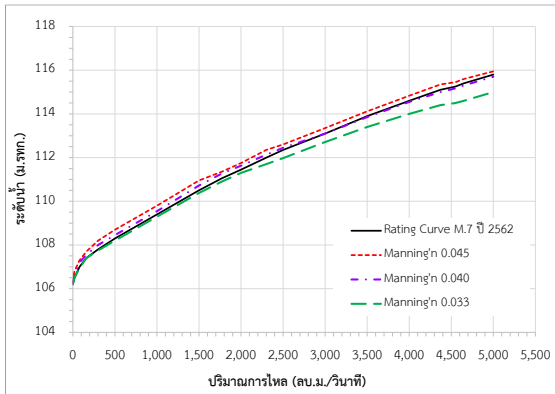


รูปที่ 6 ผังองค์ประกอบการจำลองสภาพการไหล

4. ผลการศึกษา

4.1 การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

การปรับเทียบและสอบเทียบแบบจำลองเพื่อปรับเทียบหาค่า Manning'n ที่เหมาะสมและยอมรับได้ โดยแสดงผลการปรับเทียบในรูปของโค้งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลกับระดับน้ำ (Rating Curve) ปี พ.ศ.2562 ที่สถานี M.7 ของกรมชลประทาน และผลจากการจำลองค่า Manning'n เท่ากับ 0.033 0.040 และ 0.045 พบว่า ค่า $n = 0.040$ มีค่าความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหลใกล้เคียงกับค่าของกรมชลประทาน แสดงดังรูปที่ 7



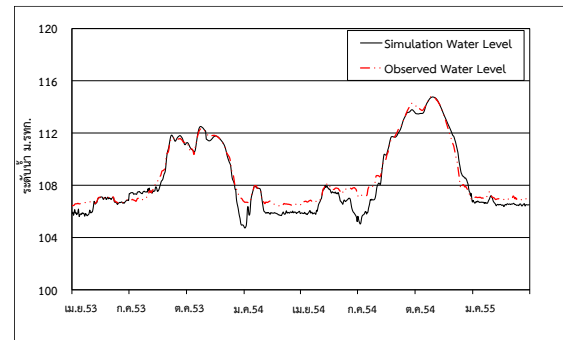
รูปที่ 7 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหลที่สถานี M.7 แม่น้ำมูล

จำลองสถานการณ์น้ำในปี พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2554 ในการสอบเทียบ และการตรวจพิสูจน์แบบจำลองใช้ ปี พ.ศ. 2562 (เฉพาะช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคมเนื่องจากเป็นช่วงเกิดน้ำท่วม) ดังตารางที่ 3 พบว่าผลการสอบเทียบแบบจำลองมีค่า $R^2 = 0.972$ และค่า $RMSE = 0.118$ (ดังแสดงในรูปที่ 8) สำหรับผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองมีค่า $R^2 = 0.978$ และค่า $RMSE = 0.164$ (ดังแสดงในรูปที่ 9) ซึ่งค่า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 และค่า $RMSE$ มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าระดับน้ำจากการตรวจวัดและจากแบบจำลองมีความสัมพันธ์ดี มีความน่าเชื่อถือ

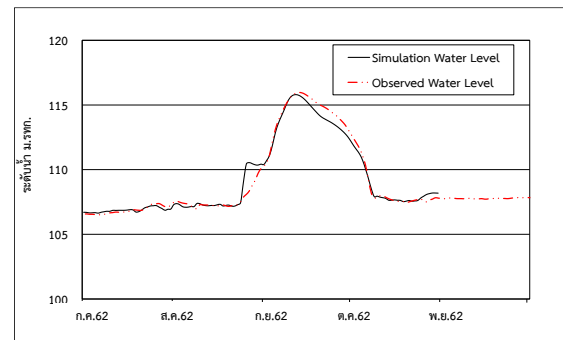
ตารางที่ 3 ผลการสอบเทียบ และการตรวจสอบพารามิเตอร์

ปี พ.ศ.	ผลการสอบเทียบพารามิเตอร์ ตลอดปี (เม.ย. 2562-มิ.ค.2563)		ผลการสอบเทียบพารามิเตอร์ เดือน ก.ค.-ต.ค.	
	RMSE	R^2	RMSE	R^2
2553	0.576	0.957	0.118	0.972
2554	0.507	0.964	0.266	0.979

ปี พ.ศ.	ผลการตรวจพิสูจน์พารามิเตอร์ ตลอดปี (เม.ย. 2562-มิ.ค.2563)		ผลการตรวจพิสูจน์พารามิเตอร์ เดือน ก.ค.-ต.ค.	
	RMSE	R^2	RMSE	R^2
2562	0.367	0.928	0.164	0.978



รูปที่ 8 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง HEC-RAS



รูปที่ 9 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง HEC-RAS

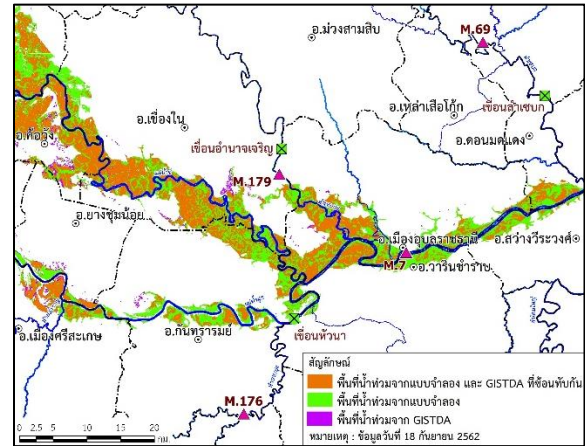
4.2 การจำลองขอบเขตและความลึกน้ำท่วม

ผลการจำลองขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมเนื่องจากน้ำล้นตลิ่งแม่น้ำมูลและแม่น้ำชีบริเวณจังหวัดอุบลราชธานี ของเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2562 แสดงดังรูปที่ 8 มีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 393.78 ตร.กม. (246,115 ไร่) พื้นที่ได้รับความเสียหายจำนวน 43 ตำบล 8 อำเภอ แสดงดังตารางที่ 4 และรูปที่ 10

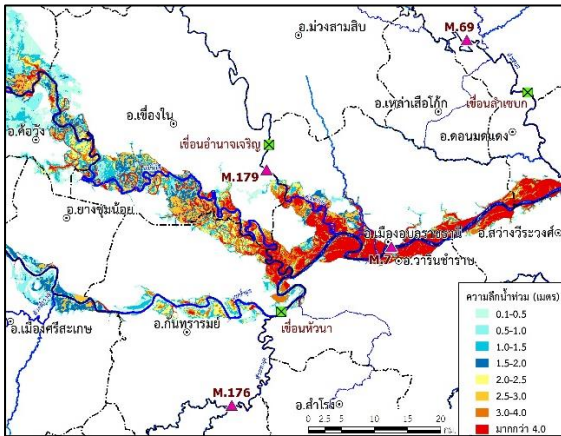


ตารางที่ 4 สรุปพื้นที่และความลึกน้ำท่วมรายอำเภอ

อำเภอ	พื้นที่น้ำท่วม (ไร่)	ความลึกน้ำท่วม เฉลี่ย (เมตร)
เขื่องใน	101,416	1.9
เมือง	84,849	2.8
วารินชำราบ	23,886	3.2
ดอนมดแดง	13,269	3.0
สว่างวีรวงศ์	11,532	2.8
พิบูลมังสาหาร	5,551	1.6
สิรินธร	2,807	1.8
ตาลชุม	2,806	1.8



รูปที่ 11 แสดงพื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลองและจาก GISTDA



รูปที่ 10 แสดงขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมและความลึกน้ำท่วม

ผลการซ้อนทับพื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลองและจาก GISTDA ช่วงวันที่ 18 กันยายน 2562 เป็นช่วงเวลาที่เกิดวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลองมีค่าสูงสุด พบว่าแบบจำลองมีพื้นที่น้ำท่วมจากน้ำล้นตลิ่งแม่น้ำมูลและแม่น้ำชีบริเวณจังหวัดอุบลราชธานีมี 393.78 ตร.กม. และจาก GISTDA มี 226.38 ตร.กม. ซึ่งพื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลองมากกว่า GISTDA เท่ากับ 167.4 ตร.กม. โดยมีพื้นที่น้ำท่วมในบริเวณเดียวกัน 215.17 ตร.กม. (ร้อยละ 95 ของพื้นที่น้ำท่วมจาก GISTDA หรือ ร้อยละ 55 ของพื้นที่น้ำท่วมจากแบบจำลอง) ดังแสดงการซ้อนทับพื้นที่น้ำท่วมดังรูปที่ 11

5. สรุปผล

ค่าสัมประสิทธิ์ Manning's n มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการไหลในแต่ละช่วงฤดูกาล สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำมูลในช่วงฤดูแล้งกรมชลประทานมีการบริหารจัดการประตูระบายน้ำเปิด-ปิดตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งทำให้ลักษณะการไหลของน้ำไม่เป็นไปตามธรรมชาติ พบว่าแบบจำลองให้ผลระดับน้ำในช่วงฤดูแล้งต่ำกว่าสถานีตรวจวัด ส่วนในช่วงน้ำหลากกรมชลประทานจะเปิดประตูระบายน้ำ การไหลเป็นเป็นอิสระ ทำให้ค่าระดับน้ำจากแบบจำลองในช่วงฤดูน้ำหลากใกล้เคียงกับสถานีตรวจวัดของกรมชลประทาน ดังนั้นในการเลือกใช้ค่า Manning's n จึงควรพิจารณาเลือกช่วงเวลาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การนำไปใช้งาน สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาด้านน้ำท่วมจึงเลือกค่า Manning's n ที่ให้ผลปริมาณน้ำและระดับน้ำสอดคล้องกันในช่วงเวลาที่มีปริมาณน้ำมาก

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้และอาจารย์คมสัน ไชโย รวมถึงคุณธีรพล ศิริวัฒน์กุล ที่ให้คำแนะนำในการศึกษาครั้งนี้



7. เอกสารอ้างอิง

- [1] US Army Corps of Engineerings. (2021). HEC-RAS 2D Modeling User's Manual version 6. USA.
- [2] สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนหลักการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ กลุ่มลุ่มน้ำ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. (2563). กรุงเทพฯ.
- [3] กรมอุตุนิยมวิทยา. (2564). ปริมาณน้ำฝนรายวันและปริมาณการระเหยรายวัน. กรุงเทพฯ.
- [4] สำนักทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. (2563). ข้อมูลสำรวจรูปตัดลำน้ำ. กรุงเทพฯ.
- [5] กรมชลประทาน. (2563). ข้อมูลรูปตัดลำน้ำบริเวณสถานีวัดน้ำท่า. กรุงเทพฯ.
- [6] กรมชลประทาน. (2564). ปริมาณน้ำท่ารายวัน. กรุงเทพฯ.
- [7] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2564). ปริมาณน้ำรายวันและระดับน้ำรายวันที่ระบายจากเขื่อนสิรินธรและเขื่อนปากมูล. กรุงเทพฯ.



การพัฒนาระบบติดตามภัยแล้งด้วยดัชนีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสำหรับประเทศไทย

ทิชา โลสุพิมาน^{1*}, Kay Khaing Kyaw², ณรงค์ฤทธิ์ เหลืองดิลก³ และปิยมาลย์ ศรีสมพร⁴

^{1,2,3,4}สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน), กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์
วิจัยและนวัตกรรม, จังหวัดกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

*อีเมลผู้รับผิดชอบบทความ: ticha@hii.or.th

บทคัดย่อ

ภัยแล้งของประเทศไทยทวีความรุนแรงมากขึ้นในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกประกอบกับปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความรุนแรงของสภาพอากาศทั้งปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ส่งผลให้การวิเคราะห์และติดตามภัยแล้งเป็นเรื่องท้าทายสำหรับปัจจุบัน ในประเทศไทยปัญหาภัยแล้งถือเป็นปัญหาสำคัญ เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่ตั้งอยู่บริเวณนอกเขตพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำจากปริมาณน้ำฝนเป็นหลัก จึงมักเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ภัยแล้งเชิงอุตุนิยมนิเวศวิทยา และได้ทำการพัฒนาระบบติดตามภัยแล้งด้วยดัชนีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยร่วมกับปริมาณน้ำฝนสะสมจากฝนดาวเทียม เพื่อใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายวันในระดับจังหวัด โดยดัชนีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งถือเป็นข้อมูลตั้งต้นของระบบซึ่งได้ทำการวิเคราะห์จากข้อมูลเชิงสถิติ ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝน พื้นที่แล้งซ้ำซาก และพื้นที่ชลประทาน ของประเทศไทย ให้คะแนนทุกชนิดข้อมูลในระดับที่แตกต่างกัน และแบ่งระดับความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งด้วยการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ (PSA) ได้ผลลัพธ์เป็นระดับความเสี่ยงของการเกิดภัยแล้งในแต่ละพื้นที่ นอกจากนี้ระบบยังใช้ข้อมูลฝนสะสมจากฝนดาวเทียมที่ปรับปรุงข้อมูลทุกวันเป็นเกณฑ์ในการบ่งชี้และชี้เป้าพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจากปริมาณน้ำฝน โดยระบบติดตามภัยแล้งได้ทำการทดสอบสอบการแจ้งเตือนและตรวจสอบความถูกต้องของระบบในปี 2563 พบว่าระบบมีความถูกต้องเฉลี่ย 80% โดยช่วงฤดูแล้งมีค่าความถูกต้องสูงกว่าในช่วงฤดูฝน เห็นได้ว่าระบบสามารถช่วยในการติดตามและวางแผนในการจัดสรรน้ำในหลายภาคส่วน เพื่อรับมือกับสถานการณ์ภัยแล้งในประเทศไทยได้ทันท่วงที

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่, ดัชนีภัยแล้ง, ภัยแล้ง, ระบบติดตามภัยแล้ง

Abstract

In recent year, Thailand's drought has severed, resulting from climate change and other factors such as extreme weather both rainfall and temperature. This leads to the challenge of drought assessment and monitoring in present. Drought is a major disaster in Thailand, because the most of land use is an agricultural area which locates in non-irrigation and rain-fed area. The area mainly uses precipitation for water usage, causing of water scarcity in dry season. This study focuses on meteorological drought assessment and has developed drought monitoring system using Thailand's drought index and satellite-based rainfall. The system aims to monitor daily drought risk area in provincial scale. Thailand's drought index is an initial input of the system which is calculated from statistical data including annual rainfall, drought frequency, and irrigation area. All statistical data is defined different weight and classified to different risk level using Potential Surface Analysis (PSA) technique. The output of PSA is a drought risk level in provincial scale.



Moreover, the system uses daily satellite-based rainfall as a trigger to indicate the drought risk area from precipitation. The operation system has been developed on 2010. The accuracy of the system is up to 80%, and higher accuracy on dry season while as low accuracy on rainy season. In addition, this system is useful for water management plan to prevent drought in Thailand.

Keywords: Drought, Drought Index, Drought Monitoring System, PSA

1. บทนำ

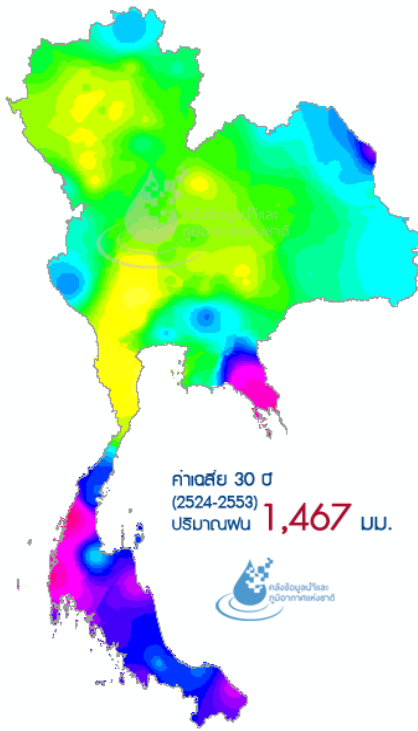
ประเทศไทยประสบกับปัญหาแล้งซ้ำซากมาเป็นระยะเวลายาวนาน โดยเฉพาะในพื้นที่นอกเขตชลประทานที่มีการใช้ปริมาณน้ำฝนเป็นหลักในการอุปโภค-บริโภคซึ่งมักเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง และทำให้เกิดผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกรและความเสียหายทางเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมากทั้งทางด้านเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ที่ต้องอาศัยผลผลิตทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบ ประเทศไทยเคยประสบปัญหาภัยแล้งครั้งรุนแรงในปี 2522, 2537, 2542, 2557 และปี 2560 ที่ส่งผลกระทบเป็นวงกว้างในเกือบทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะในช่วง 10 ปีหลัง ประเทศไทยมีพื้นที่ประสบภัยแล้งซ้ำซากเพิ่มมากขึ้น ซึ่งปัญหาภัยแล้งที่รุนแรงขึ้นเหล่านี้มีสาเหตุหลักมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นหลัก เช่น เกิดจากฝนตกน้อยผิดปกติ ฝนทิ้งช่วง ฝนไม่ต้องตามฤดูกาล และฝนตกนอกพื้นที่รับน้ำของเขื่อน เป็นต้น นอกจากนี้ยังเกิดจากปัญหาแหล่งกักเก็บน้ำไม่สามารถกักเก็บน้ำได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ส่งผลให้น้ำต้นทุนไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำ ปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้ประเทศไทยยังคงเกิดปัญหาภัยแล้งอย่างต่อเนื่อง

ในปัจจุบันการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งของประเทศไทยถือเป็นเรื่องยากและท้าทายเป็นอย่างมาก เนื่องจากปัญหาภัยแล้งมักเกิดจากหลายปัจจัยร่วมกัน เช่น ปริมาณน้ำฝน แหล่งกักเก็บน้ำ และการใช้น้ำ เป็นต้น ดังนั้นจึงยากต่อการวิเคราะห์และคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง การศึกษานี้ได้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจากปริมาณน้ำฝน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนถือเป็น

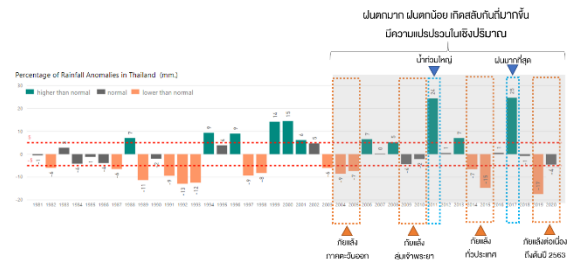
ปัจจัยตั้งต้นและเป็นตัวแปรสำคัญในการเกิดภัยแล้ง จึงได้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนร่วมกับดัชนีภัยแล้งที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับจังหวัด โดยได้ทำการพัฒนาระบบติดตามภัยแล้งเพื่อใช้ในการติดตามและตรวจสอบพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งรายวัน เพื่อช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถรับมือและเตรียมพร้อมในการจัดการน้ำในพื้นที่เสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ลักษณะพื้นที่ศึกษา

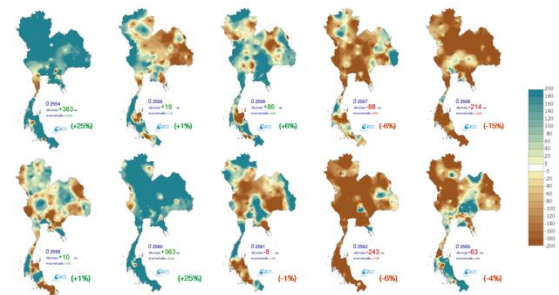
ประเทศไทยมีลักษณะภูมิอากาศส่วนใหญ่เป็นแบบร้อนชื้น มีอุณหภูมิเฉลี่ย 18-34 องศาเซลเซียส และมีปริมาณน้ำฝนรายเฉลี่ยประมาณ 1,467 มิลลิเมตร การกระจายตัวของฝนในประเทศไทยส่วนใหญ่มีฝนมากบริเวณภาคใต้ของประเทศ และฝนน้อยบริเวณภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก และบางส่วนของภาคอีสาน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ปริมาณฝนเฉลี่ย 30 ปี จากคลังข้อมูลน้ำแห่งชาติ สสน.



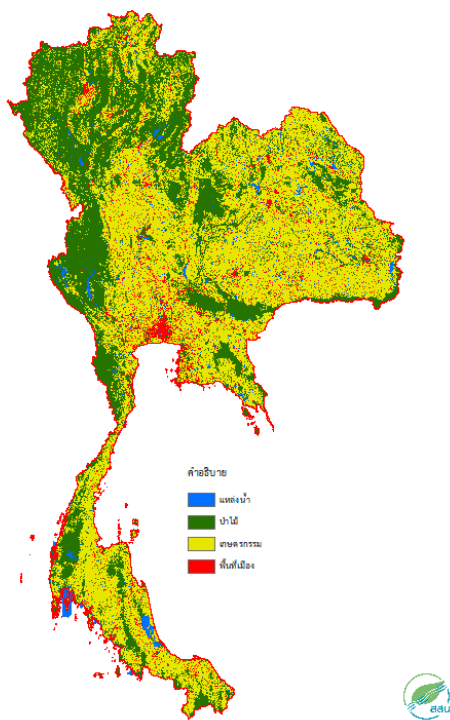
รูปที่ 2 กราฟแสดงผลต่างปริมาณฝนจากค่าปกติตั้งแต่ ปี 2524 - 2563 [2]



รูปที่ 3 ผลต่างปริมาณฝนจากค่าปกติในช่วง 10 ปี (พ.ศ. 2554-2563) [2]

ลักษณะการกระจายตัวของฝนดังกล่าว ทำให้บริเวณภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก และบางส่วนของภาคอีสานมีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำจากปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าส่วนอื่น ๆ ของประเทศ [1] นอกจากลักษณะการกระจายตัวของฝนจะส่งผลกระทบต่อขาดแคลนน้ำแล้วนั้น ยังมีลักษณะความแปรปรวนของสภาพอากาศที่ส่งผลให้เกิดภาวะน้ำท่วม-น้ำแล้งที่รุนแรงขึ้นในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา [2] ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3 ที่ชี้ให้เห็นถึงช่วง 10 ปีที่ผ่านมาประเทศไทยประสบกับความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศ ทำให้เกิดฝนตกมาก ตกน้อย สลับกันถี่มากขึ้น เกิดภาวะน้ำท่วมและน้ำแล้งสลับกันมากขึ้น และในปี 2563 ยังคงเกิดภาวะน้ำแล้งต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2562 ส่งผลให้ปริมาณน้ำในเขื่อนน้อยและไม่เพียงพอต่อการใช้ในการทั้งด้านการอุปโภคและบริโภค รวมถึงขาดแคลนน้ำท่าทางการเกษตร

ด้วยการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ของประเทศไทยเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ดังแสดงในรูปที่ 4 ดังนั้น การขาดแคลนจากการเกิดฝนทิ้งช่วง ฝนน้อย หรือฝนไม่ตกตามปกติ จึงส่งผลโดยตรงต่อปัญหาด้านการเพาะปลูก โดยเฉพาะพืชหลักของประเทศ เช่น ข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง เป็นต้น ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและการส่งออกของประเทศ



รูปที่ 4 การใช้ประโยชน์ที่ดินประเทศไทย
(ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน)

จากปัญหาการแปรปรวนของสภาพอากาศข้างต้น ชี้ให้เห็นว่าปัญหาน้ำท่วมและน้ำแล้งมีโอกาสทวีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคต และส่งผลต่อปัญหาเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะในส่วนของภาคเกษตรกรรม ดังนั้น การมีระบบติดตามหรือระบบคาดการณ์ภัยพิบัติที่ดี จะช่วยส่งผลให้การวางแผนเตรียมรับมือกับปัญหาภัยพิบัติเหล่านี้ดียิ่งขึ้น

3. ระบบติดตามภัยแล้ง

3.1 ดัชนีระดับเสี่ยงภัยแล้ง

ดัชนีระดับเสี่ยงภัยแล้ง ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ หรือ Potential Surface Analysis (PSA) เป็นเทคนิคที่พัฒนามาจากการซ้อนทับข้อมูล (Overlay Technique) โดยมีการกำหนดตัวแปร และให้ค่าน้ำหนักกับตัวแปรต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน [3] โดยในการศึกษานี้กำหนดตัวแปรที่ส่งผลต่อการเกิดภัยแล้งทั้งสิ้น 3 ตัวแปร ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน 30 ปี จากกรมอุตุนิยมวิทยา พ.ศ. 2524 - 2553 พื้นที่เสี่ยงภัย

แล้งซ้ำซาก จากกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2562 และ พื้นที่ชลประทาน จากกรมชลประทาน พ.ศ. 2560 โดยแต่ละตัวแปรได้ทำการแบ่งระดับและให้ค่าคะแนนแตกต่างกันตามผลกระทบต่อการเกิดภัยแล้ง และได้ทำการให้ค่าน้ำหนักในแต่ละตัวแปรต่าง ๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าคะแนนและค่าน้ำหนักของตัวแปร

ตัวแปร	ระดับ	ค่าคะแนน	ค่าน้ำหนัก
ปริมาณน้ำฝน 30 ปี (มิลลิเมตร)	ฝนมาก	1	0.35
	ฝนปานกลาง	2	
	ฝนน้อย	3	
	ฝนน้อยมาก	4	
พื้นที่ชลประทาน	ในเขตชลประทาน	1	0.2
	นอกเขตชลประทาน	4	
	พื้นที่แล้งซ้ำซาก (ในรอบ 10 ปี)	ไม่เคยเกิดภัยแล้ง	
<= 3 ครั้ง	2		
4-5 ครั้ง	3		
>= 6 ครั้ง	4		

ตารางที่ 1 แสดงค่าคะแนนและค่าน้ำหนักของปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง แต่ละตัวแปรจะถูกแบ่งระดับออกเป็น 4 ระดับตามผลกระทบต่อการเกิดภัยแล้ง และได้ทำการให้ค่าคะแนนของแต่ละระดับเป็น 1 - 4 โดยที่ค่าคะแนนน้อยหมายถึงระดับตัวแปรนั้นส่งผลให้เกิดภัยแล้งในระดับต่ำ และค่าคะแนนสูงหมายถึงตัวแปรนั้นส่งผลให้เกิดภัยแล้งในระดับสูง นอกจากนี้แต่ละตัวแปรยังถูกให้ค่าน้ำหนักที่ต่างกัน โดยค่าน้ำหนักรวมกันได้เท่ากับ 1 และตัวแปรที่ส่งผลต่อการเกิดภัยแล้งมากจะมีการให้ค่าน้ำหนักมาก ตัวแปรที่ส่งผลต่อการเกิดภัยแล้งน้อยจะให้ค่าน้ำหนักที่น้อยลงตามลำดับ

ปัจจัยปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30 ปี ได้ทำการแบ่งระดับปริมาณน้ำฝนมาก ปานกลาง น้อย และน้อยมากตามปริมาณน้ำฝนรายภาค [3] ดังแสดงในตารางที่ 2



ตารางที่ 2 เกณฑ์ปริมาณน้ำฝนรายภาค

ปริมาณฝน	ฝน น้อย มาก	ฝนน้อย	ฝนปาน กลาง	ฝนมาก
ภาคอีสาน	<842	842- 1403	1403- 1964	>1964
ภาค ตะวันออก	<1072	1072- 1786	1786- 2500	>2500
ภาคเหนือ	<748	748- 1247	1247- 1745	>1745
ภาคกลาง ภาค ตะวันตก	<717	717- 1195	1195- 1673	>1673
ภาคใต้	<1320	1320- 2199	2199- 3078	>3078

ในส่วนของปัจจัยด้านการชลประทาน ได้ให้ค่าคะแนนตามพื้นที่ในและนอกเขตชลประทาน โดยพื้นที่นอกเขตชลประทานมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งต่ำกว่าพื้นที่นอกเขตชลประทาน ดังนั้น จึงทำการกำหนดคะแนนพื้นที่นอกเขตชลประทานสูงกว่า เช่นเดียวกับปัจจัยพื้นที่ภัยแล้งซ้ำซาก ที่ได้ทำการให้ค่าคะแนนบริเวณที่มีความถี่ในการเกิดภัยแล้งสูงมากกว่าพื้นที่ที่มีความถี่ในการเกิดภัยแล้งต่ำและพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดภัยแล้ง

เมื่อทำการแบ่งค่าคะแนนและค่าน้ำหนักแล้วเสร็จ ตัวแปรต่าง ๆ จะถูกนำมาซ้อนทับกันด้วยโปรแกรม ArcGIS ตามสมการที่ (1)

$$Risk Index = \frac{0.35R + 0.2I + 0.45D}{0.35 + 0.2 + 0.45} \quad (1)$$

โดยที่ R คือ ปริมาณน้ำฝน 30 ปี I คือ พื้นที่ชลประทาน และ D คือพื้นที่ภัยแล้งซ้ำซาก

ผลจากการซ้อนทับข้อมูลทำให้เกิดดัชนีระดับเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยแบ่งเป็น 4 ระดับ ประกอบด้วย บริเวณที่ไม่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งต่ำ พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง

แล้งปานกลาง และพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งสูงดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การระบุค่าระดับเสี่ยงภัยแล้ง

ระดับเสี่ยงภัยแล้ง	ค่าคะแนน
ไม่เสี่ยงภัยแล้ง	0-1
เสี่ยงต่ำ	1-2
เสี่ยงปานกลาง	2-3
เสี่ยงสูง	3-4

3.2 ปริมาณฝนสะสมจากดาวเทียม

ปริมาณฝนสะสมจากดาวเทียม ถูกใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยฝนดาวเทียมที่ใช้ในระบบติดตามภัยแล้งเป็นฝนดาวเทียม PERSIANN-CCS รายวันที่ได้ทำการปรับแก้ความเอนเอียงแล้วเสร็จ [4] และได้ทำการคำนวณฝนรายวันเป็นฝนสะสม 15 วัน เพื่อให้สอดคล้องกับนิยามฝนทิ้งช่วง ที่ระบุการเกิดฝนทิ้งช่วงคือการที่ฝนตกไม่ถึงวันละ 1 มิลลิเมตรติดต่อกัน 15 วัน [5]

โดยปัจจุบัน ระบบติดตามภัยแล้งได้มีการกำหนดเกณฑ์ฝนสะสม 15 ที่ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งออกเป็น 2 ช่วงตามฤดูกาล ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์ปริมาณน้ำฝน

ฤดู	เกณฑ์ฝนสะสม 15 วัน (มิลลิเมตร)
แล้ง	15
ฝน	75

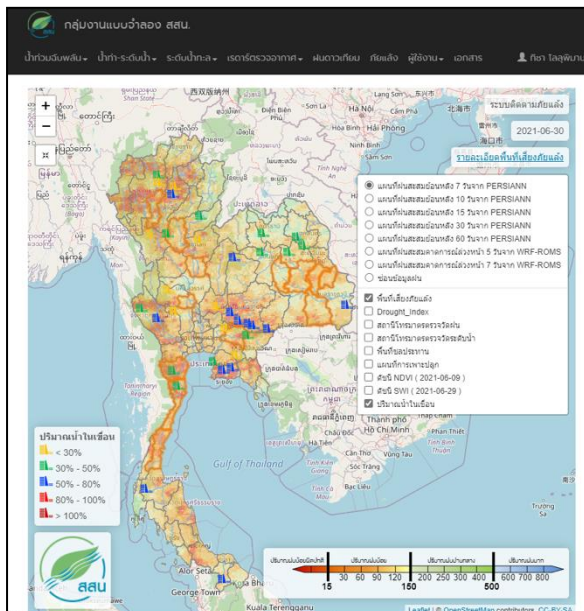
ตาราง 4 แสดงเกณฑ์ฝนสะสม 15 วันที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยในช่วงฤดูแล้งมีเกณฑ์ฝนที่ 15 มิลลิเมตรจากการอ้างอิงตามนิยามฝนทิ้งช่วง และในช่วงฤดูฝนได้ใช้เกณฑ์ในการประเมินพื้นที่ภัยแล้งที่ 75 มิลลิเมตร ซึ่งอ้างอิงจากเกณฑ์ปริมาณฝนเล็กน้อยรายวันของกรมอุตุฯ ที่ให้ค่าฝนเล็กน้อยที่ 0.1 – 10 มิลลิเมตรต่อวัน และได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของค่า

ระหว่าง 0.1 – 10 มิลลิเมตรต่อวัน ในระยะเวลา 15 วัน
จึงได้ค่า 75 มิลลิเมตรเป็นเกณฑ์ในช่วงฤดูฝน

3.3 ระบบติดตามภัยแล้ง

ระบบติดตามภัยแล้งได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการติดตามภัยแล้งรายวันในระดับจังหวัด ด้วยการซ้อนทับข้อมูลดัชนีระดับเสี่ยงภัยแล้งที่ถือเป็นข้อมูลฐานและปริมาณน้ำฝนสะสม 15 วันที่เป็นข้อมูลรายวัน เพื่อให้ได้พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งที่มีความถี่รายวัน

พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งที่ได้จากระบบติดตามภัยแล้งที่ได้จากการซ้อนทับข้อมูลทั้ง 2 ชนิดข้อมูลนั้น ต้องอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด โดยได้กำหนดเกณฑ์สำหรับดัชนีระดับเสี่ยงภัยแล้งต้องอยู่ในระดับเสี่ยงแล้งปานกลาง และเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนตามตารางที่ 2 ระบบจึงแสดงผลจังหวัดที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง โดยระบบจะทำการแสดงผลข้อมูลผ่านระบบ Web-Interface ทุกวันในเวลา 9.00 น. และสามารถเข้าตรวจสอบและติดตามภัยแล้งผ่านทาง website <http://live1.hii.or.th/product/lastest/dashboard/login.php> ของทางสถาบัน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตัวอย่าง Dashboard การแสดงผลระบบติดตามภัยแล้ง

นอกจากจะสามารถติดตามพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจากระบบติดตามภัยแล้ง (รูปที่ 5) ยังสามารถติดตามข้อมูลดาวเทียมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภัยแล้ง เช่น ดัชนีความชื้นในดิน หรือ SWI จากดาวเทียม MeTop-ASCAT และดัชนีพืชพรรณ หรือ NDVI จากดาวเทียม MODIS เป็นต้น และยังสามารถติดตามความเสี่ยงความแห้งแล้งจากการขาดแคลนปริมาณน้ำฝนในอนาคตจากฝนคาดการณ์ 5 และ 7 วัน จากแบบจำลอง WRF-ROMs ได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถ download ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในรูปแบบตารางดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 6 ได้อีกด้วย

พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

จังหวัด	ผลสะสม 15 วัน (มม.)	ฝนคาดการณ์ 7 วัน (มม.)	ไม่ยัง
ร้อยเอ็ด	59.64	118.69	🔍
พิจิตร	60.06	95.46	🔍
ประจวบคีรีขันธ์	61.17	30.05	🔍
มหาสารคาม	68.24	117.9	🔍
ยโสธร	71.15	132.61	🔍

Showing 1 to 5 of 5 entries

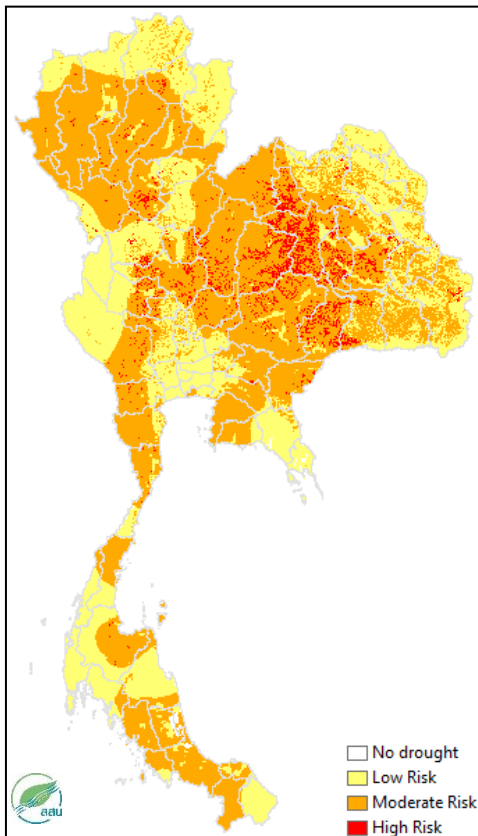
รูปที่ 6 ตัวอย่างตารางพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

นอกจากข้อมูลดัชนี ปริมาณน้ำฝน และข้อมูลจากดาวเทียมต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ระบบยังสามารถติดตามปริมาณน้ำในเขื่อนหลักของประเทศจาก icon ปริมาณน้ำในเขื่อน (รูปที่ 5) ที่แสดงสีแตกต่างกันตามปริมาณน้ำใช้การที่กักเก็บไว้ในเขื่อนต่าง ๆ ถือเป็นอีกองค์ประกอบในการพิจารณาพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งได้อีกด้วย

4. ผลการศึกษา

4.1 ระบบติดตามภัยแล้ง

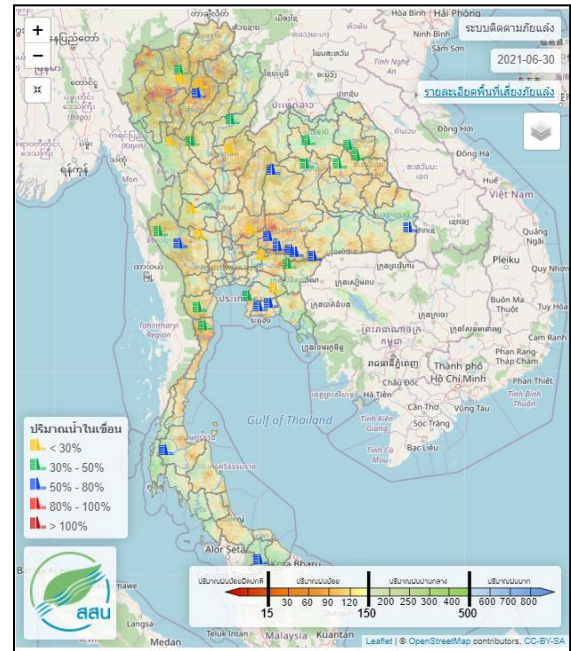
จากการวิเคราะห์ดัชนีระดับเสี่ยงภัยแล้งด้วยวิธีการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ ผลที่ได้จะเกิดดัชนีระดับเสี่ยงภัยแล้ง ซึ่งได้ทำการแบ่งเป็น 4 ระดับดังแสดงในรูปที่ 7 ประกอบด้วย พื้นที่ที่ไม่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งต่ำ พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งปานกลาง และพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งสูง



รูปที่ 7 ดัชนีระดับเสี่ยงภัยแล้งของประเทศไทย

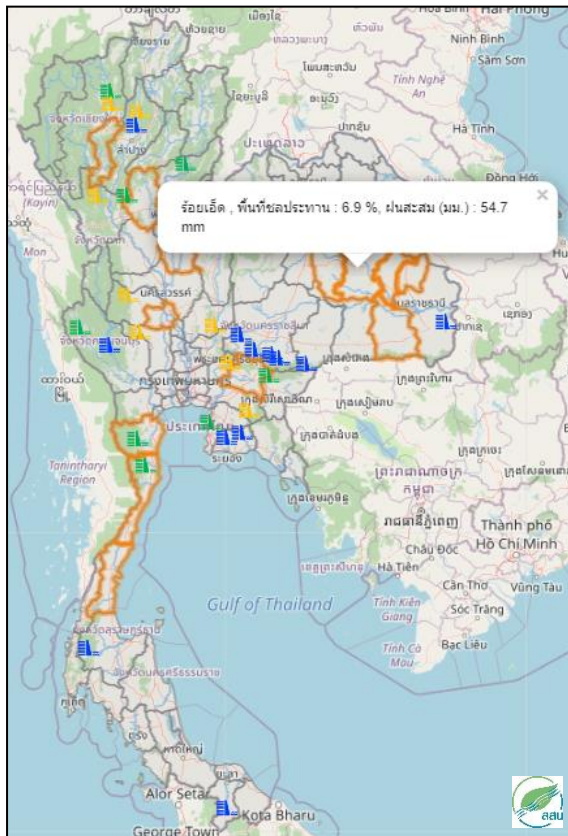
จากดัชนีระดับเสี่ยงภัยแล้ง พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับปานกลาง ทั้งภาคเหนือ อีสาน ตะวันตก และภาคใต้ และพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับสูงส่วนใหญ่อยู่ในภาคอีสานและบางส่วนกระจายอยู่ในบริเวณภาคกลาง ส่วนพื้นที่ความเสี่ยงต่ำส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคกลาง เนื่องจากมีสัดส่วนการชลประทานมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ และกระจายทั่วไปในบริเวณภาคตะวันตก ภาคใต้ และบางส่วนของภาคเหนือ อันเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนสูงนั่นเอง

ในส่วนของปริมาณน้ำฝนสะสมจากดาวเทียม PERSIANN สามารถติดตามได้จากหน้าแสดงผลของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 8 โดยปริมาณน้ำฝนสะสม 15 วันนั้น นอกจากจะใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งแล้ว ยังสามารถใช้ในการติดตามฝนทั้งช่วงในช่วงฤดูฝนได้อีกด้วย โดยพื้นที่ที่มีฝนสะสม 15 วันน้อยกว่า 15 มิลลิเมตรในช่วงฤดูฝน พื้นที่นั้นควรได้รับการเฝ้าระวังฝนทั้งช่วงและเฝ้าระวังการใช้น้ำในบริเวณดังกล่าว



รูปที่ 8 ตัวอย่างฝนสะสม 15 วันจากดาวเทียม PERSIANN (ข้อมูล ณ วันที่ 30 มิถุนายน 2564)

จากการซ้อนทับข้อมูลระหว่างดัชนีระดับเสี่ยงภัยแล้งและปริมาณฝนสะสม 15 วัน ระบบจะทำการรายงานผลพื้นที่ที่เสี่ยงภัยแล้งรายจังหวัดทุกวัน เวลา 9.00 น. โดยจะทำการแสดงผลผ่านหน้าระบบแสดงผลด้วยรูปภาพ และขอบเขตจังหวัดที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งเมื่อคลิกเข้าไปในจังหวัดที่แจ้งเตือน จะสามารถดูรายละเอียดต่าง ๆ ได้ ประกอบด้วย ชื่อจังหวัด ร้อยละของพื้นที่ชลประทานในจังหวัดนั้น และปริมาณฝนสะสม 15 วันย้อนหลัง และมีการแสดงผลในรูปแบบตารางดังกล่าวข้างต้นในรูปที่ 6 ในหัวข้อ 3.3 ซึ่งสามารถ download ข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ผลต่อไปในอนาคตได้อีกด้วย



รูปที่ 9 ตัวอย่างพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจากระบบติดตามภัยแล้ง
(ข้อมูล ณ วันที่ 30 มิถุนายน 2564)

4.2 การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องของการแจ้งเตือนพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ได้มีการตรวจสอบความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบการแจ้งเตือนพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจากระบบร่วมกับประกาศพื้นที่ภัยแล้งจากกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (ปภ.) โดยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องในเดือน มกราคม - กรกฎาคม ปี 2563 เพื่อดูความถูกต้องแม่นยำของการแจ้งเตือน ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 ความถูกต้องการแจ้งเตือนพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง
เดือนมกราคม - กรกฎาคม 2563

รูปที่ 10 แสดงความถูกต้องของการแจ้งเตือนพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจากระบบติดตามภัยแล้ง โดยมีความถูกต้องโดยรวมที่ 80% แต่เมื่อดูความถูกต้องรายเดือน พบว่าในช่วงฤดูแล้งจะมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงเกือบ 100% ในขณะที่ระหว่างฝนทิ้งช่วงในฤดูฝนหรือช่วงเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องลดลงเป็นอย่างมาก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการให้ค่าถ่วงน้ำหนักที่พื้นที่แล้งซ้ำซากซึ่งมักเกิดในช่วงฤดูแล้งมากกว่าปัจจัยอื่น ๆ จึงส่งผลต่อพื้นที่เสี่ยงแล้งในช่วงหน้าฝน รวมทั้งปริมาณฝนที่ตกมากขึ้นในช่วงเริ่มฤดูฝนจึงทำให้เกิดความไม่แน่นอนในการแจ้งเตือนได้ และเกณฑ์พื้นที่ใช้ในช่วงฤดูฝนอาจยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร การตรวจสอบความถูกต้องจึงชี้ให้เห็นว่าเกณฑ์ปริมาณฝนสะสม 15 วันที่ใช้ในช่วงฤดูฝนนั้นควรได้รับการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

5. สรุป

จากการพัฒนาระบบติดตามภัยแล้งด้วยการวิเคราะห์จากดัชนีระดับเสี่ยงภัยแล้งด้วยข้อมูลสถิติปริมาณน้ำฝน พื้นที่ชลประทาน และพื้นที่แล้งซ้ำซากร่วมกับปริมาณฝนในปัจจุบันจากดาวเทียม PERSIANN พบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับปานกลาง โดยเฉพาะในบริเวณภาคอีสานที่มีระดับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจากดัชนีสูงที่ควรได้รับการเฝ้าระวังภัยแล้งเป็นพิเศษ และปริมาณน้ำฝนสะสม 15 วันสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง รวมถึงการเกิดฝนทิ้งช่วงได้ โดยระบบมีความถูกต้องโดยรวมที่ 80% อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความถูกต้องจากเกณฑ์ฝนสะสม 15 วันในระหว่างฝนทิ้งช่วงในฤดูฝนพบว่าเกณฑ์ฝนสะสมยังควรได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น เนื่องจากยังคงมีความถูกต้องต่ำกว่าในช่วงฤดูแล้ง และควรได้รับความถูกต้องเพิ่มเติมเมื่อมีข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบและตรวจสอบเพิ่มมากขึ้น

ระบบติดตามภัยแล้งมีการรายงานผลทุกวัน เวลา 9.00 น. ประชาชนทั่วไปและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง



สามารถสมัครใช้งานได้ผ่านทาง <http://live1.hii.or.th/product/lastest/dashboard/login.php>

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศิริรัตน์ สังข์รักษ์, พัชชาพันธ์ รัตนพันธ์, อาทิตย์ เพ็ชรรักษ์, สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ (2563). ผลกระทบของสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงต่อทรัพยากรน้ำและการจัดการ. วารสารสิ่งแวดล้อม ปีที่ 24 (1)
- [2] สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (2563). สถานการณ์น้ำประเทศไทย ปีพุทธศักราช 2563. สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน), กรุงเทพมหานคร
- [3] อรุมา สรรพสิทธิ์โยธิน (2560). การวิเคราะห์ศักยภาพพื้นที่ทุ่งมหาหิว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยใช้วิธีกำหนดเขตความเหมาะสมของการใช้ที่ดิน (Zoning). กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพมหานคร
- [4] สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (2559). การประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนจากดาวเทียมสำหรับระบบปฏิบัติการเพื่อการคาดการณ์สภาวะน้ำหลาก. สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน), กรุงเทพมหานคร
- [5] ประวิทย์ จันทร์แฉ่ง (2553). การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อความแห้งแล้งในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยาสตรมหาบัณฑิต. วิทยานิพนธ์สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์



การประเมินพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและแนวทางการแก้ปัญหาน้ำท่วมในลุ่มน้ำมูลตอนบน

ปรียาพร โภษา^{1*}, และธัช สุขวิมลเสรี²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, จังหวัดนครราชสีมา, ประเทศไทย

²ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย

*อีเมลผู้รับผิดชอบบทความ: kosa@sut.ac.th

บทคัดย่อ

ลุ่มน้ำมูลตอนบนเป็นพื้นที่ต้นน้ำของจังหวัดนครราชสีมาที่มีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็ว และเป็นพื้นที่ประสบภัยน้ำท่วมในช่วงฤดูฝน การศึกษาป้องกันและลดความเสียหายจากการเกิดน้ำท่วมจึงมีความสำคัญ วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อ (1) ศึกษาศักยภาพการระบายน้ำของลำน้ำสายหลัก (2) ประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมของลำน้ำสายหลัก ณ คาบการเกิดซ้ำ 2 5 10 25 50 100 และ 500 ปี และ (3) จัดทำแนวทางในการบริหารจัดการน้ำเพื่อแก้ปัญหาน้ำท่วม โดยการศึกษานี้ได้ใช้แบบจำลอง HEC RAS ในลุ่มน้ำมูลตอนบน จากผลการศึกษา พบว่า ลุ่มน้ำมูลตอนบนมีศักยภาพการระบายน้ำที่คาบการเกิดซ้ำ 2 ปี (หรือ 159 ลบ.ม. ต่อวินาที) โดยสามารถระบายน้ำได้ดีในช่วงต้นน้ำของแม่น้ำมูลตอนบน สำหรับพื้นที่เกิดน้ำท่วมในลุ่มน้ำมูลตอนบน เริ่มมีพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมตั้งแต่ปริมาณน้ำท่าที่มีคาบการเกิดซ้ำ 2 ปี โดยพื้นที่น้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 2 5 10 25 50 100 และ 500 ปี เท่ากับ 100.59, 228.78, 475.51, 527.86, 546.93, 561.17, และ 595.11 ตร.ม. ตามลำดับ ครอบคลุมทั้ง 8 อำเภอที่อยู่ภายในลุ่มน้ำมูลตอนบน ทั้งนี้ แนวทางการแก้ปัญหาน้ำท่วมประกอบด้วย การเพิ่มศักยภาพการระบายน้ำ การสร้างพนังกั้นน้ำ และระบบเตือนภัยน้ำท่วม นอกจากนี้ การเพิ่มสถานีวัดน้ำท่า การจัดทำระบบฐานข้อมูล และการบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการ ยังเป็นแนวทางการป้องกันน้ำท่วมที่มีความสำคัญ

คำสำคัญ: ศักยภาพการระบายน้ำ, พื้นที่น้ำท่วม, แบบจำลอง HEC RAS, การป้องกันน้ำท่วม, ลุ่มน้ำมูลตอนบน

Abstract

The Upper Mun Basin is a watershed area of Nakhon Ratchasima province that has rapidly developed socioeconomically. It is a flooding area during the rainy season. The study of preventing and reducing flood damage is therefore important. The purpose of this study are to (1) study the drainage potential of the main river, (2) assess the flood risk areas of the main river in a return period 2, 5, 10, 25, 50, 100 and 500 years, and (3) establish guidelines for water management to solve flood problems. This study applies the HEC RAS model in the Upper Mun Basin. According to the study, the Upper Mun Basin has a drainage potential in return period 2 years (or 159 cms). It can drain well in an upstream of the Upper Mun River. For flooded areas, it started flood risk areas from a return period 2 years. The flood areas in a return period 2, 5, 10, 25, 50, 100 and 500 years equal to 100.59, 228.78, 475.51, 527.86, 546.93, 561.17, and 595.11 sq.m. respectively. They cover all 8 districts within the Upper Mun Basin. Flood solutions are included the increased drainage potential, the water barrier and the flood warning system. Moreover, the addition of the runoff stations, database system preparation and integrated water management are important for flood prevention approaches.

Keywords: Drainage potential, Flood area, HEC RAS model, Flood prevention, Upper Mun river basin

1. คำนำ

จังหวัดนครราชสีมาเป็นพื้นที่ต้นน้ำของกลุ่มน้ำมูล ซึ่งเป็นกลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่ และมีความสำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ จังหวัดนครราชสีมา มีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็วและมีผลกระทบต่อการพัฒนาประเทศ ดังนั้น ยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำจึงมีความสำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณา ทั้งนี้ กลุ่มน้ำมูลตอนบนเป็นพื้นที่ต้นน้ำของจังหวัดนครราชสีมา และเป็นพื้นที่ประสบภัยน้ำท่วมในช่วงฤดูฝน [1] การศึกษาป้องกันและลดความเสียหายจากการเกิดน้ำท่วมทั้งแบบมาตรการใช้สิ่งก่อสร้างและมาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้างจึงมีความสำคัญ [2] – [6] เช่น การสร้างพนังกั้นน้ำ [7] – [9] การบริหารจัดการน้ำ และการจัดจรรยาบรรณน้ำ [9] – [13] เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อ (1) ศึกษาศักยภาพการระบายน้ำของลำน้ำสายหลัก (2) ประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมของลำน้ำสายหลัก ณ คาบการเกิดซ้ำ 2 5 10 25 50 100 และ 500 ปี และ (3) จัดทำแนวทางในการบริหารจัดการน้ำ เพื่อป้องกัน รองรับ และแก้ปัญหาด้านอุทกภัย

2. กลุ่มน้ำมูลตอนบน

กลุ่มน้ำมูลตอนบนมีต้นกำเนิดบริเวณสันปันน้ำของกลุ่มน้ำมูล กลุ่มน้ำป่าสัก และกลุ่มน้ำนครนายกสภาพการไหลของน้ำในพื้นที่กลุ่มน้ำมูลตอนบนเกิดจากปริมาณฝนที่ตกพัดพาไปตกตอนต้นของกลุ่มน้ำ เกิดเป็นน้ำท่าไหลผ่านหุบเขา ชายเขา ที่ราบสูง ที่มีความลาดชันมาก และมีที่ราบแคบๆ ริมสองฝั่งลำน้ำ ไหลผ่านอำเภอครบุรี อำเภอโชคชัย อำเภอขามเฒ่าพระเกียรติ และอำเภอพิมาย โดยกลุ่มน้ำมูลตอนบนมีความยาวของแม่น้ำตลอดสายรวมประมาณ 264 กิโลเมตร มีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติประมาณปีละ 454 ล้านลูกบาศก์เมตร

กลุ่มน้ำมูลตอนบนมีพื้นที่กลุ่มน้ำ 2,295.79 ตารางกิโลเมตร หรือ 1,434,868 ไร่ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่

ครอบคลุม 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอครบุรี อำเภอโชคชัย อำเภอเฉลิมพระเกียรติและอำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขอบเขตกลุ่มน้ำมูลตอนบนในจังหวัดนครราชสีมา

3. การจำลองแบบน้ำท่วมด้วย HEC RAS

ในการวิเคราะห์ศักยภาพการระบายน้ำในแม่น้ำมูล และการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำๆ ต่าง ด้วยแบบจำลอง HEC RAS [14] – [17] มีขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

3.1 การรวบรวมข้อมูล

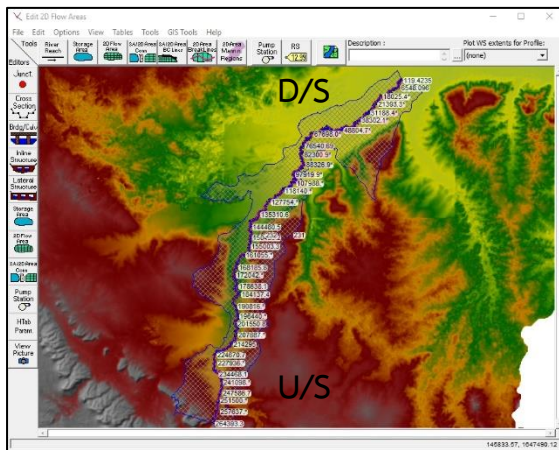
ข้อมูลที่นำเข้าแบบจำลอง HEC RAS ประกอบด้วย เส้นลำน้ำ รูปตัดลำน้ำตามแนวยาว (จำนวน 53 หน้าตัดจากการสำรวจของโครงการวิจัย) DEM (Digital Elevation Map) ปริมาณน้ำท่ารายวัน (สถานี M.173) ข้อมูลทางกายภาพของอาคารชลศาสตร์ แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (เพื่อวิเคราะห์การเลือกค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบผิวของแมนนิ่ง และค่าสัมประสิทธิ์ของอาคารชลศาสตร์ในลำน้ำ)

3.2 การตั้งค่าและจำลองแบบน้ำท่วม

การตั้งค่าและจำลองแบบ มีขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา โดยการสร้าง



โครงข่ายลำน้ำมูลตอนบน โดยกำหนดขอบเขตเส้นลำน้ำที่เกี่ยวข้องของพื้นที่ศึกษา จากนั้นกำหนดสภาพน้ำที่ขอบด้านต้นน้ำของแบบจำลอง (Upstream Boundary) นำเข้าด้วยค่าอัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำท่า M.173 และสภาพน้ำที่ขอบด้านท้ายน้ำของแบบจำลอง (Downstream Boundary) นำเข้าด้วยค่าระดับน้ำที่สถานีวัดน้ำท่า M.184 จากนั้นรันแบบจำลอง HEC RAS แสดงในรูปที่ 2 และเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลองกับสถานีวัดน้ำท่าและข้อมูลเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีต ณ สถานี M.2A โดยใช้ข้อมูลน้ำท่วมในปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2557 มาเป็นปีข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง



รูปที่ 2 การจัดแบบจำลอง HEC RAS

3.3 ปริมาณน้ำท่วม คาบการเกิดซ้ำต่างๆ

การคำนวณหาปริมาณน้ำท่า ณ คาบการเกิดซ้ำ 2 5 10 25 50 100 และ 500 ปี ดำเนินการท่วม โดยใช้การคำนวณด้วยวิธีของ GUMBEL ซึ่งใช้ข้อมูลน้ำท่าสูงสุดรายปีมาคำนวณได้ ดังตารางที่ 1

4. ผลการศึกษาและสรุปผลการศึกษา

4.1 ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง

ในการเปรียบเทียบแบบจำลองได้ทำการเปรียบเทียบที่สถานีวัดน้ำ M.2A โดยทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's n) เพื่อให้แบบจำลองมีความเหมือน

จริงมากที่สุด โดยพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ (R^2) ค่าดัชนี Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) Volume Ratio และ Volume Error [18] – [20] ดังแสดงผลในตารางที่ 2 ซึ่งผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมากกว่าร้อยละ 90

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำท่า ณ คาบการเกิดซ้ำต่างๆ

คาบการเกิดซ้ำ (ปี)	ปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)
2	159
5	367
10	504
25	678
50	807
100	935
500	1231

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง

	การเปรียบเทียบ	การสอบเทียบ
R^2	0.922	0.942
NSE	0.816	0.942
Volume Ratio	96.044	94.882
Volume Error	3.955	-5.117

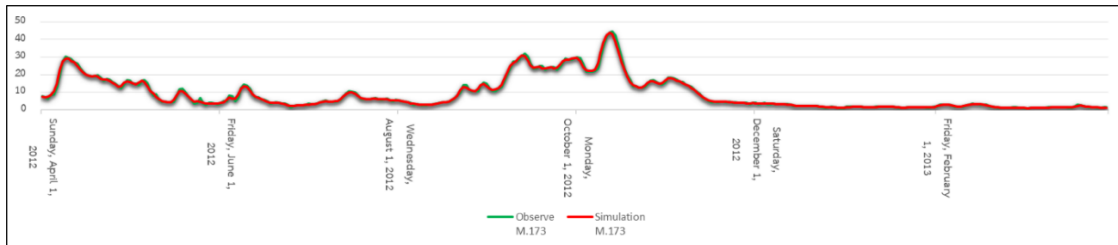
ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง เท่ากับ 0.03 และสำหรับพื้นที่น้ำท่วมถึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระมีค่าเท่ากับ 0.03

การเปรียบเทียบแบบจำลอง ดำเนินการตั้งแต่ 1 เม.ย. 2555 ถึง 31 มี.ค. 2556 และการสอบเทียบแบบจำลอง ดำเนินการตั้งแต่ 1 เม.ย. 2556 ถึง 31 มี.ค. 2557 ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ซึ่งผลที่ได้จากแบบจำลอง HEC RAS มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวัด ดังนั้นแบบจำลองจากการศึกษานี้จึงมีความน่าเชื่อถือที่สามารถนำไปใช้ได้ต่อไป

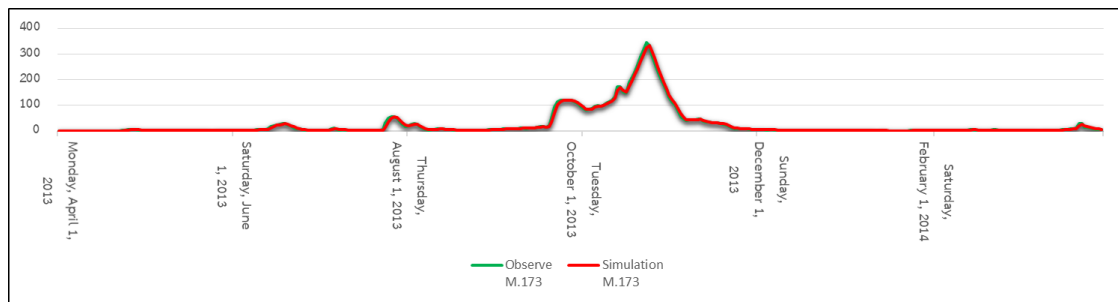
นอกจากนี้ ได้ดำเนินการสอบเทียบขอบเขตน้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลอง HEC RAS กับแผนที่น้ำท่วมที่ผ่านการแปลผลจากภาพถ่ายดาวเทียมของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

หรือ GISTDA โดยตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองด้วยวิธี confusion matrix ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการเปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วม/พื้นที่ไม่ท่วม (ตร.กม.) ณ กริดเดียวกันที่ได้จากแบบจำลองในการศึกษากับพื้นที่น้ำท่วม/พื้นที่ไม่ท่วม ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้มีการ

เก็บข้อมูลจริงจาก GISTDA ว่ามีพื้นที่ซ้อนทับกันเท่าไร ดังแสดงผลในตารางที่ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือ สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้



รูปที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำ M.173



รูปที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลที่สถานีวัดน้ำ M.173

ตารางที่ 3 ผล confusion matrix

GISTDA data (Reference data)	HEC RAS		Row total
	Flood	Non-Flood	
พ.ศ.2555			
Flood	0	2.56	2.56
Non-Flood	0	2,593.23	2,593.23
Column Total	0	2,595.79	2,595.79
พ.ศ.2556			
Flood	34.10	161.47	195.57
Non-Flood	77.68	2,020.63	2,098.31
Column Total	111.78	2,182.1	2,293.88

4.2 ศักยภาพการระบายน้ำ

ศักยภาพการระบายน้ำของแม่น้ำมูลในแต่ละหน้าตัดการไหลของแม่น้ำ สามารถช่วยให้ทราบความสามารถในการระบายน้ำและการลำเลียงน้ำในแม่น้ำ ในสภาวะที่เกิด

น้ำท่วมจะทำให้ทราบว่า ณ จุดใดของแม่น้ำเป็นจุดคอขวดของลำน้ำ ซึ่งทำให้มีการระบายน้ำได้ช้า และเป็นจุดที่ควรมีการเฝ้าระวังเป็นพิเศษ ทั้งนี้ ต้องเป็นจุดที่ควรเพิ่มศักยภาพในการระบายน้ำ โดยศักยภาพการระบายน้ำในโครงการศึกษานี้ ดังแสดงผลในตารางที่ 4 ซึ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพการระบายน้ำจากคาบการเกิดซ้ำ 2 เป็น 50 ปี เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม เนื่องจากตลอดแนวลำน้ำมูลตอนบน ศักยภาพการระบายน้ำส่วนใหญ่อยู่ที่คาบการเกิดซ้ำ 2 ปี

4.3 พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม

ผลการศึกษาการเกิดอุทกภัยในแต่ละคาบการเกิดซ้ำในกลุ่มน้ำมูลตอนบนดังแสดงผลในตารางที่ 5 และรูปที่ 5 ถึง 11 ซึ่งลักษณะการเกิดน้ำท่วมจะเอ่อล้นล้นออกไปและน้ำท่วมเกิดขึ้นหนักบริเวณท้ายน้ำ เนื่องจากต้นน้ำ



เป็นที่ลาดชัน และพื้นที่ท้ายน้ำเป็นพื้นที่ราบ ดังนั้น น้ำจึงไหลลงมาท่วมที่ท้ายน้ำ

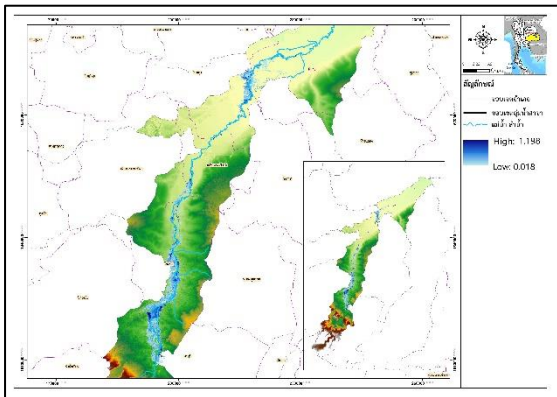
ตารางที่ 4 ศักยภาพการระบายน้ำเดิมในแม่น้ำมูลตอนบน ณ หน้าที่ตัดต่างๆ และศักยภาพการระบายน้ำที่เพิ่มขึ้นจากการขุดลอก

สถานีสำรวจ	กิโลเมตรที่	พิกัด		ที่ตั้ง		ศักยภาพการระบายน้ำ (ลบ.ม./วินาที)	
		UTM_N	UTM_E	ตำบล	อำเภอ	เดิม	ใหม่
X-27-LNM-080	119.42	1698468.268	245372.187	คงใหญ่	พิมาย	527.07	830.87
X-26-LNM-091	6+548.096	1696313.63	244553.712	คงใหญ่	พิมาย	367.00	807.00
X-50-LNM-130	9+021.73	1695575.399	242986.197	คงใหญ่	พิมาย	678.00	807.00
X-49-LNM-135	11+183.96	1695158.426	242291.796	คงใหญ่	พิมาย	504.00	807.00
X-25-LNM-134	14+657.49	1693660.522	241407.961	คงใหญ่	พิมาย	367.00	807.00
X-24-LNM-098	24+761.21	1690684.454	237699.104	ท่าหลวง	พิมาย	504.34	807.90
X-23-LNM-060	34+402.04	1688606.399	235090.036	ท่าหลวง	พิมาย	176.46	811.36
X-48-LNM-048	42+202.34	1686004.184	232483.546	ในเมือง	พิมาย	176.84	811.85
X-22-LNM-031	44+459.51	1685273.33	231679.058	ในเมือง	พิมาย	176.92	811.93
X-47-LNM-016	45+953.5	1685081.944	230552.224	ในเมือง	พิมาย	176.95	812.34
X-21-LNM-044	54+507.33	1684202.963	225851.658	กระเบื้องใหญ่	พิมาย	177.31	812.42
M.184	61+727.4	1683772.796	222719.192	สัมฤทธิ์	พิมาย	507.52	813.20
X-20-LNM-039	64+293.5	1685554.717	223706	กระโทก	โชคชัย	177.76	807.00
X-19-LNM-046	74+507.04	1681271.048	218388.928	สัมฤทธิ์	พิมาย	178.44	807.00
X-46-LNM-003	76+540.69	1680248.81	217836.084	ดอนชมพู	โนนสูง	178.58	807.00
X-18-LNM-021	85+181.11	1676334.343	217377.542	บึง	โนนสูง	179.07	807.00
X-17-LNM-038	94+618.48	1673011.255	216817.749	บึง	โนนสูง	179.67	809.29
X-16-LNM-029	104+522.9	1670005.391	216024.662	บึง	โนนสูง	180.45	809.70
X-15-LNM-043	114+920.9	1668431.187	213596.229	ลำมูล	โนนสูง	181.44	810.24
X-14-LNM-019	124+580.5	1657341.933	202931	ลำมูล	โนนสูง	182.74	810.82
X-45-LNM-032	130+927.8	1665334.016	209808.535	ลำมูล	โนนสูง	183.58	811.02
X-44-LNM-037	131+266	1662943.433	207341.666	ท่าช้าง	เฉลิมพระเกียรติ	508.29	807.00
X-43-LNM-028	132+300.9	1662528.802	207448.598	ท่าช้าง	เฉลิมพระเกียรติ	508.31	807.00
X-42-LNM-025	134+103	1662190.44	207277.79	ท่าช้าง	เฉลิมพระเกียรติ	504.00	807.00
X-41-LNM-018	135+310.6	1661781.657	205933.972	ท่าช้าง	เฉลิมพระเกียรติ	504.00	807.00
X-13-LNM-045	144+480.5	1661195.673	205463.095	ท่าช้าง	เฉลิมพระเกียรติ	378.81	812.09
M.2A	146+715.9	1657685.339	203064.877	พระพุทธ	เฉลิมพระเกียรติ	184.46	807.00
X-40-LNM-082	148+660.8	1655755.022	203411.238	พระพุทธ	เฉลิมพระเกียรติ	504.00	807.00
X-39-LNM-024	149+486.2	1654757.384	203167.027	พระพุทธ	เฉลิมพระเกียรติ	380.42	807.00
X-38-LNM-022	151+530.9	1654106.136	203131.301	พระพุทธ	เฉลิมพระเกียรติ	380.51	807.00
X-12-LNM-005	155+003.3	1652284.21	202754.757	พระพุทธ	เฉลิมพระเกียรติ	381.58	810.30
X-11-LNM-088	164+082.2	1648204.177	200020.995	ด่านเกวียน	โชคชัย	185.28	811.97
X-37-LNM-145	168+185.8	1646492.634	199272.763	ด่านเกวียน	โชคชัย	510.30	814.79
X-35-LNM-069	169+681.5	1645809.809	198782.205	ด่านเกวียน	โชคชัย	504.00	807.00
X-10-LNM-149	174+403.5	1642965.549	198813.921	ด่านเกวียน	โชคชัย	385.48	807.00
X-9-LNM-127	184+137.4	1639007.476	200030.031	ท่าอ่าง	โชคชัย	389.73	807.00

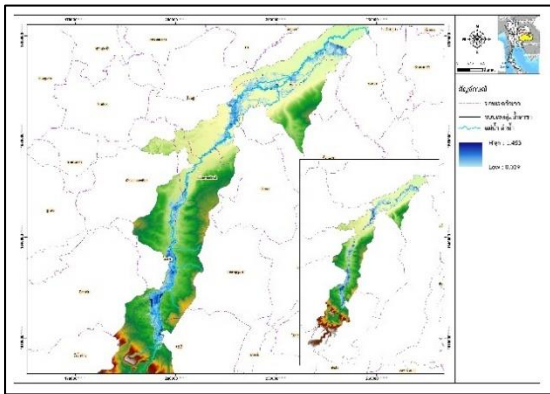


ตารางที่ 5 ผลการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำต่างๆ

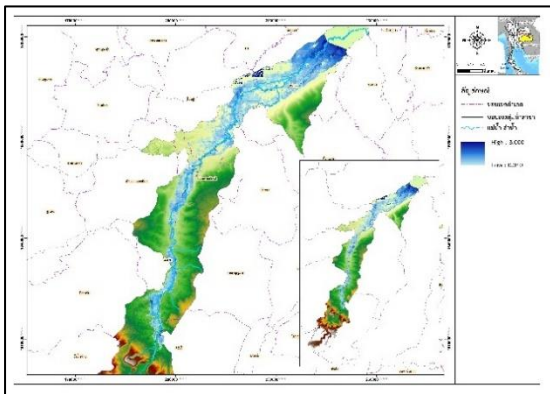
คาบการเกิดซ้ำ	ขนาดพื้นที่น้ำท่วม (ตร.กม.)	ระดับน้ำท่วมต่ำสุด (ม.)	ระดับน้ำท่วมสูงสุด (ม.)
2	100.59	0.018	4.198
5	228.78	0.019	1.453
10	475.51	0.040	3.000
25	527.86	0.041	4.510
50	546.93	0.062	5.061
100	561.17	0.063	5.254
500	595.11	0.066	6.447



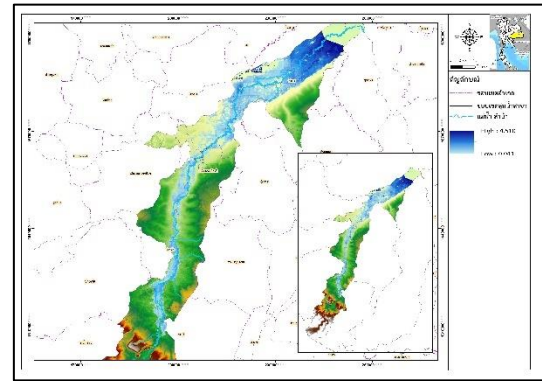
รูปที่ 5 พื้นที่และระดับน้ำท่วมที่คาบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี



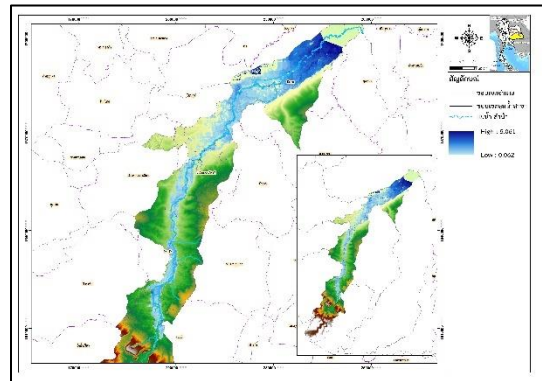
รูปที่ 6 พื้นที่และระดับน้ำท่วมที่คาบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี



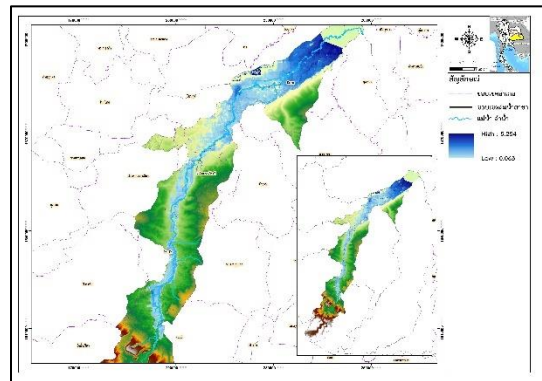
รูปที่ 7 พื้นที่และระดับน้ำท่วมที่คาบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี



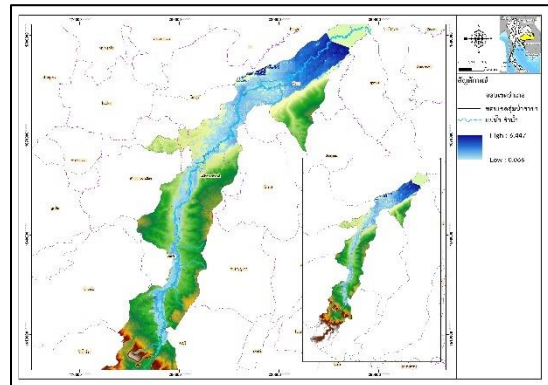
รูปที่ 8 พื้นที่และระดับน้ำท่วมที่คาบปีการเกิดซ้ำ 25 ปี



รูปที่ 9 พื้นที่และระดับน้ำท่วมที่คาบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี



รูปที่ 10 พื้นที่และระดับน้ำท่วมที่คาบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี



รูปที่ 11 พื้นที่และระดับน้ำท่วมที่คาบปีการเกิดซ้ำ 500 ปี



จากผลการวิเคราะห์สภาพการไหลในกลุ่มน้ำมูลตอนบนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวิเคราะห์กรณีศึกษาตามรอบปีการเกิดซ้ำที่ 2 5 10 25 50 100 และ 500 ปี พบว่า ปริมาณน้ำที่ไหลในลำน้ำเกิดการล้นตลิ่งขึ้นและไหลเข้าท่วมพื้นที่ต่างๆ ในแต่ละตำบลในกลุ่มน้ำมูลตอนบน ดังแสดงผลในตารางที่ 6 โดยจำนวนตำบลสูงสุดที่ได้รับความเสียหายจากน้ำท่วมคือ 37 ตำบล ทั้งนี้ทุกอำเภอในกลุ่มน้ำมูลตอนบนมีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม

ตารางที่ 6 จำนวนตำบลและอำเภอที่ประสบภัยน้ำท่วม

คาบการเกิดซ้ำ	จำนวนตำบล	จำนวนอำเภอ
2 ปี	30	8
5 ปี	33	8
10 ปี	37	8
25 ปี	37	8
50 ปี	37	8
100 ปี	37	8
500 ปี	37	8

4.4 แนวทางในการบริหารจัดการน้ำ

จากผลการศึกษาศักยภาพและพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม การวิเคราะห์จากผลการศึกษา และจากการเข้าปรึกษาและรับฟังความคิดเห็นจากสำนักงานชลประทานที่ 8 และสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย จังหวัดนครราชสีมา สามารถสรุปหลักการที่ควรดำเนินการ ดังนี้

4.4.1 การเพิ่มศักยภาพการระบายน้ำ

การเพิ่มศักยภาพการระบายน้ำของแม่น้ำมูลตอนบนเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากศักยภาพการระบายน้ำโดยรวมของแม่น้ำมูลตอนบนสามารถระบายน้ำได้ที่คาบการเกิดซ้ำ 2 ปี ดังนั้น จึงควรเพิ่มศักยภาพของแม่น้ำมูลตอนบน

ให้สามารถระบายน้ำได้ที่คาบการเกิดซ้ำ 50 ปี เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม ดังแสดงในตารางที่ 4

4.4.2 การสร้างพังกั้นน้ำ

การสร้างพังกั้นน้ำในแม่น้ำมูลตอนบน ดังแสดงในตารางที่ 7 และพบว่า แม่น้ำมูลตอนบนควรที่จะสร้างพังกั้นน้ำในหลายช่วงของแม่น้ำ โดยการสร้างพังกั้นน้ำช่วยให้พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมลดลง และทำให้พื้นที่ที่เริ่มเกิดน้ำท่วมลดลงจากคาบการเกิดซ้ำ 2 ปี (อัตราการไหลที่ไหลเข้าแม่น้ำมูลตอนบนด้านท้ายเขื่อนลำมูลบน เท่ากับ 159 ลบ.ม./วินาที) เป็นคาบการเกิดซ้ำ 10 ปี (อัตราการไหลที่ไหลเข้าแม่น้ำลำมูลบนด้านท้ายเขื่อนลำมูลบน เท่ากับ 504 ลบ.ม./วินาที) ดังแสดงในตารางที่ 8 โดยพื้นที่ที่ได้ประโยชน์จากการสร้างพังกั้นน้ำมีดังนี้

- สำหรับคาบการเกิดซ้ำ 10 ปี ได้แก่ ตำบลหนองงูเห่า อำเภอเฉลิมพระเกียรติ ตำบลละลมใหม่พัฒนา อำเภอโชคชัย ตำบลโบสถ์ ตำบลรังกาใหญ่ อำเภอพิมาย
- สำหรับคาบการเกิดซ้ำ 25-500 ปี พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมทั้งในสภาพที่ไม่มีพังกั้นน้ำและมีพังกั้นน้ำมีจำนวนพื้นที่ในตำบลและในอำเภอที่เหมือนเดิม แต่ขนาดพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบลดลง

4.4.3 การเตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม

การเตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม จะสามารถช่วยลดความเสียหายจากการเกิดน้ำท่วม โดยแต่ละลุ่มน้ำสามารถดำเนินการดังนี้

ลุ่มน้ำมูลตอนบน เริ่มมีความเสี่ยงในการเกิดน้ำท่วม ณ คาบการเกิดซ้ำ 2 ปี หรือเมื่อมีน้ำในท้ายเขื่อนมูลบนหรือในช่วงตำบลจะเข้หิน อำเภอครบุรีเท่ากับ 159.00 ลบ.ม.ต่อวินาที หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรที่จะแจ้งประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ชุมชนและที่อาศัยอยู่ริมตลิ่งตลอดจนในพื้นที่ของที่รับน้ำท่วมถึง ดังแสดงในตารางที่ 9



ตารางที่ 7 แนวการสร้างพังกันน้ำในแม่น้ำมูลตอนบน

สถานี (ก.ม.)	ความสูงของคัน/พังกันน้ำ (ม.)		สถานี(ก.ม.)	ความสูงของคัน/พังกันน้ำ (ม.)		สถานี (ก.ม.)	ความสูงของคัน/พังกันน้ำ (ม.)	
	ซ้าย	ขวา		ซ้าย	ขวา		ซ้าย	ขวา
119.42	0.74	0.83	114+920.90	2.2	2.18	178+638.10	-	-
6+548.10	0.54	1.66	146+715.90	1.57	2.08	184+137.40	0.94	0.5
9+021.73	-	-	124+580.50	-	3.59	194+156.20	2.45	2.32
11+183.96	0.19	0.58	130+927.80	-	3.5	200+809.30	1.53	0.79
14+657.49	0.48	1.26	131+266.00	-	-	201+550.80	0.88	2.05
24+761.21	0.67	0.83	132+300.90	0.55	0.3	198+725.20	3.53	3.36
34+402.04	0.77	1.56	134+103.00	-	0.46	204+457.10	0.45	1.66
42+202.34	0.41	1.53	135+310.60	-	-	204+684.40	-	-
44+459.51	0.29	0.16	144+480.50	0.81	1.2	214+295.00	2.17	1.81
45+953.50	1.88	1.83	148+660.80	0.43	0.83	224,670.70	0.85	0.88
54+507.33	2.04	1.56	149+486.20	-	-	234+468.10	2.49	1.31
64+293.50	2.46	1.75	151+530.90	0.98	0.25	244+414.00	1.56	1.17
61+727.40	0.87	0.92	155+003.30	1.18	0.49	246+007.70	0.05	0.1
74+507.04	1.13	2.22	164+082.20	1.21	1.67	247+586.70	1.16	1.54
76+540.69	2.84	3.07	168+185.80	0.92	1.09	248+741.00	1.74	1.84
85+181.11	1.01	2.18	168+768.70	-	-	254+259.80	1.37	1.86
94+618.48	3.44	1.67	169+681.50	0.47	0.51	264+393.30	-	-
104+522.90	1.64	1.14	174+403.50	2.04	1.38			

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบผลกระทบจากน้ำท่วมในกรณีที่ไม่มีการพังกันน้ำและมีพังกันน้ำในแม่น้ำมูลตอนบน

คาบการเกิดซ้ำ	ลักษณะน้ำท่วมในสภาพปัจจุบัน				ลักษณะน้ำท่วมเมื่อมีพังกันน้ำ			
	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.กม.)	ร้อยละพื้นที่น้ำท่วมในตำบล	จำนวนตำบล	จำนวนอำเภอ	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.กม.)	ร้อยละพื้นที่น้ำท่วมในตำบล	จำนวนตำบล	จำนวนอำเภอ
2	100.5885	4.676655	30	8	-	-	-	-
5	228.7794	9.433291	33	8	-	-	-	-
10	475.5098	18.48705	37	8	63.63478	2.833501	33	8
25	527.8561	20.52219	37	8	287.9564	11.19528	37	8
50	546.9286	21.2637	37	8	398.4937	15.49279	37	8
100	561.1731	21.8175	37	8	441.1897	17.15274	37	8
500	595.1087	23.13686	37	8	501.3485	19.49162	37	8

ตารางที่ 9 ปริมาณน้ำท่าที่ต้องเผื่อสำรองในแม่น้ำมูลบน สำหรับเริ่มมีความเสี่ยงในการเกิดน้ำท่วม

กิโลเมตรที่	สถานี				อัตราการไหลที่เผื่อสำรอง (ลบ.ม./วินาที)	พื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบ	
	อำเภอ	ตำบล	UTM-N	UTM-E		อำเภอ	ตำบล
264+393.30	ครบุรี	จระเข้หิน	1603117.763	192816.769	159.00	ครบุรี	ครบุรีใต้, ครบุรี
234+468.10	ครบุรี	ครบุรี	1616910.392	193747.14	160.35	โชคชัย	ท่าลาดขาว, ท่าเยี่ยม, กระโทก, โชคชัย, ท่าอ่าง, ด่านเกวียน
						พิมาย	สัมฤทธิ์
164+082.20	โชคชัย	ด่านเกวียน	1648204.177	200020.995	185.28	เฉลิมพระเกียรติ	พระพุทธ, ท่าช้าง
131+266.00	เฉลิมพระเกียรติ	ท่าช้าง	1662943.433	207341.666	183.61	โนนสูง	บึง, ตอนขมพู



5. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยในโครงการนี้ได้ดำเนินการลงสำรวจ เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ศักยภาพการระบายน้ำและพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC RAS และการวิเคราะห์สรุปผลการศึกษาวิจัย พร้อมกับเข้าปรึกษาและรับฟังความคิดเห็นจากสำนักงานชลประทานที่ 8 และสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย จังหวัดนครราชสีมา พบว่า เพื่อให้มีความสมบูรณ์ของการศึกษาวิจัยในอนาคตและเพื่อให้การดำเนินงานในภาคปฏิบัติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โครงการวิจัยฯ มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1) ในการวิเคราะห์น้ำท่วมข้อมูลปริมาณน้ำท่ามีความสำคัญมาก และจากการศึกษานี้พบว่า จำนวนสถานีวัดน้ำท่ามีไม่เพียงพอ และข้อมูลที่มีก็มีข้อมูลที่ขาดหายไป ดังนั้น การเพิ่มจำนวนสถานีวัดน้ำท่าและการให้ความสำคัญต่อการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ และมีความต่อเนื่องของข้อมูลจึงมีความสำคัญมาก

2) ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ประจวบระบายน้ำ ฝาย และอาคารชลศาสตร์ไม่ควรถ้วน ดังนั้น สำนักงานชลประทานและองค์การบริหารท้องถิ่นที่ได้รับมอบอาคารชลศาสตร์ไปแล้ว ควรให้ความสำคัญต่อการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำท่า

3) แบบจำลอง HEC RAS เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่ไหลในแม่น้ำ โดยไม่คำนึงถึงปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้าง (Side Flow) จากปริมาณน้ำฝน

- ความรุนแรงน้ำท่วมและพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมที่ได้จากการศึกษานี้จึงเป็นเหตุการณ์ที่แสดงผลกระทบที่น้อยที่สุดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ดังนั้น การนำปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อยมาพิจารณาจึงมีความสำคัญมาก เพื่อให้ได้ผลการศึกษาถึงผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วมมีความถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

- การวิเคราะห์ปริมาณน้ำไหลเข้าด้านข้าง (Side Flow) จากปริมาณน้ำฝนและจากปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อย สามารถนำแบบจำลอง HEC HMS มาพิจารณา ก่อน และนำผลการจำลองจากแบบจำลอง HEC HMS เป็นข้อมูลด้านเข้าในส่วนของการไหลเข้าด้านข้างหรือ

side flow ลงในแบบจำลอง HEC RAS ซึ่งในแบบจำลอง HEC RAS มีฟังก์ชันในการใส่ข้อมูลการไหลเข้าด้านข้าง

4) ในสภาวะการเกิดน้ำท่วม การเร่งระบายน้ำออกจากแม่น้ำสายหลักเป็นสิ่งสำคัญ แต่อย่างไรก็ตาม การพิจารณาการเก็บกักและการผันน้ำท่วมหรือน้ำส่วนเกินไปเก็บไว้ในลำน้ำสายรอง บึง หนอง หรือแหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อสำรองน้ำไว้ในฤดูแล้งเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในทุกลุ่มน้ำ ซึ่งจะช่วยลดความเสียหายจากการเกิดน้ำท่วม และมีน้ำใช้ในฤดูแล้ง แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาแนวของลำน้ำรอง และการเชื่อมของลำน้ำรองกับแหล่งเก็บกักน้ำ ควรที่จะดำเนินการศึกษาเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติได้จริง โดยต้องพิจารณาตั้งแต่ต้นน้ำในจังหวัดนครราชสีมาจนถึงปลายลุ่มน้ำที่จังหวัดอุบลราชธานี

5) การจัดทำระบบฐานข้อมูลเพื่อการป้องกันน้ำท่วมและน้ำแล้ง โดยข้อมูลควรประกอบด้วย ปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำฝน สถานีวัดน้ำฝน สถานีวัดน้ำท่า ข้อมูลอากาศ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน เส้นชั้นความสูง ศักยภาพการระบายน้ำได้ในแม่น้ำ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ/เขื่อน พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก พื้นที่น้ำแล้งซ้ำซาก ระบบโทรมาตร เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้อยู่ในรูปแบบของ GIS ตาราง และบรรยายลักษณะ ทั้งนี้ การเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้จะต้องถ่ายทอดทุกหน่วยงาน นอกจากนี้ การอพยพข้อมูลต้องเป็นแบบ รายชั่วโมง รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน รายปี ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2562 และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้การสนับสนุน



เอกสารอ้างอิง

- [1] ปรียาพร และคณะ 2562. การบูรณาการระบบ GIS กับแบบจำลอง HEC RAS เพื่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ขนาดใหญ่. รายงานฉบับสมบูรณ์.
- [2] Seok-Jin Kang, Seung-Jae Lee & Kyung-Hoon Lee (2009) A Study on the Implementation of Non-Structural Measures to Reduce Urban Flood Damage: Focused on the Survey Results of the Experts. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 8(2), 385-392. DOI: 10.3130/jaabe.8.385
- [3] Dhruvesh P Patel , Mrugen B Dholakia. (2019) Feasible Structural and Non- Structural Measures to Minimize Effect of Flood in Lower Tapi Basin. *WSEAS TRANSACTIONS on FLUID MECHANICS*. 5(3), 104-121. ISSN: 1790-5087
- [4] Gabriel Mine, Liliana Zaharia. (2011) Structural and Non-Structural Measures for Flood Risk Mitigation in the Bâsca River Catchment (Romania). *Forum geographic* 10(1), 157-166. DOI: 10.5775/fg.2067-4635.2011.034.i
- [5] J. K. Poussin^{1,2}, P. Bubeck^{1,2,3}, J. C. J. H. Aerts^{1,2}, and P. J. Ward. (2012) Potential of semi-structural and non-structural adaptation strategies to reduce future flood risk: case study for the Meuse. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 3455–347. Doi:10.5194/nhess-12-3455-2012
- [6] Kyunghun Kim , Daegun Han , Deokhwan Kim, Wonjoon Wang, Jaewon Jung, Jungwook Kim and Hung Soo Kim. (2019) Combination of Structural Measures for Flood Prevention in Anyangcheon River Basin, South Korea. *Water* 2019, 11, 2268; doi:10.3390/w11112268
- [7] Zbigniew W. Kundzewic. (1999) Flood protection—sustainability Issues, *Hydrological Sciences Journal*, 44:4, 559-571, DOI: 10.1080/02626669909492252
- [8] Dario Rappazzo and Giuseppe Tito Aronica. (2016) Effectiveness and applicability of flood barriers for risk mitigation in flash flood prone Mediterranean area. DOI: 10.1051/e3sconf/20160712010
- [9] A. Kryzanowski, M. Brilly, S. Rusjan, and S. Schnabl. (2014) A. Kryzanowski, M. Brilly, S. Rusjan, and S. Schnabl. Review “Structural flood-protection measures referring to several European case studies” *Natural Hazards and Earth System Sciences*. January 2014. DOI: 10.5194/nhess-14-135-2014
- [10] Anna Serra-Llobet^{1,a}, Esther Conrad² , Kathleen Schaefer. (2016) Integrated water resource and flood risk management: comparing the US and the EU. *FLOODrisk 2016 - 3rd European Conference on Flood Risk Management*. DOI: 10.1051/e3sconf/20160712010
- [11] Huda A. Qari , Ibrahim Jomoah, Stefano Mambretti. (2014) Flood management in highly developed areas: problems and proposed solutions. *Journal of American Science*. 10(3), 6-15.
- [12] Karin Hansson, Mats Danielson, Love Ekenberg, and Avelino Mondlane. (2014) Essential Features of a Flood Management Policy Framework. *IST-Africa 2007 Conference Proceedings*. ISBN: 1-905824-04-1



- [13] C. Emdad Haque, M. Abul Kalam Azad and Mahed-UL-Islam Choudhury. (2019) Discourse of Flood Management Approaches and Policies in Bangladesh: Mapping the Changes, Drivers, and Actors. *Water* 2019, 11, 2654; doi:10.3390/w11122654
- [14] US Army Corp of Engineers, 2011. HEC-GeoRAS GIS Tool for Support of HEC-RAS using ArcGIS, User's Manual Version 4.3.93, 244 page.
- [15] US Army Corp of Engineers, 2010. HEC-RAS River Analysis System, User's Manual Version 4.1, 766 page.
- [16] US Army Corp of Engineers. (2010) HEC-RAS, River Analysis System Application Guide Version 4.1, 351 page.
- [17] US Army Corp of Engineers (2010) HEC-RAS River Analysis System, Hydraulics Reference Manual Version 4.1, 411 page.
- [18] J. E. Nash and J. V. Sutcliffe. (1970) River flow forecasting through conceptual models: Part 1. A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3), 282-290.
- [19] D. P. Boyle, H. V. Gupta and S. Sorooshian. (2000) Toward improved calibration of hydrologic models: Combining the strengths of manual and automatic methods. *Water Resources Res.*, 36(12), 3663-3674
- [20] K. Fricke. (2014) Analysis and modelling of water supply and demand under climate change, land use transformation and socio-economic development. Ph.D. dissertation, Institute of Geography, Heidelberg University, Germany.



ระบบประเมินความเสียหายภาคเกษตรจากความเสียหายอุทกภัย

พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์^{1*}, ธวัชชัย ดิงสัญชสี², อธิยาส มามะ³ และSouliya Keola⁴

^{1,4}ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

^{2,3}คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, นราธิวาส

*อีเมลผู้รับผิดชอบบทความ: pongsak.su@chula.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาแบบจำลองความเสียหายจากอุทกภัยโดยการประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงโดยจัดทำแผนที่ความเสี่ยงอุทกภัยที่แสดงความเสียหายทางเศรษฐกิจด้านเกษตร บทความนี้ได้ประเมินและวิเคราะห์ความเสี่ยงโดยจัดทำแผนที่ความเสี่ยงอุทกภัยภายใต้สภาพน้ำต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิจากการสำรวจข้อมูลความเสียหายและความสูญเสียในพื้นที่ และข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ภาพถ่ายดาวเทียมที่แสดงแผนที่น้ำท่วม แผนที่เพาะปลูกพืช แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในภาคการเกษตร ผลลัพธ์ที่ได้ประกอบด้วย แผนที่น้ำท่วม แผนที่การเปิดรับความเสี่ยง แผนที่ความเปราะบาง แผนที่ความเสี่ยงภัย ที่สัมพันธ์กับปีน้ำ โดยแผนที่ความเสี่ยงภัยจะประเมินความเสียหายอุทกภัยในรูปแบบปริมาณตัวเงิน ภายใต้มาตรฐานนานาชาติ ได้แก่ การประเมินของธนาคารโลกร่วมกับกระทรวงการคลังของประเทศไทย องค์การความร่วมมือระหว่างประเทศแห่งญี่ปุ่น

คำสำคัญ: แผนที่ภัย, แผนที่การเปิดรับความเสี่ยง, แผนที่ความเปราะบาง, แผนที่ความเสี่ยงภัย, ความเสียหายทางเศรษฐกิจ

Abstract

This paper presents the flood risk model including economic damage assessment. The objective is to develop the flood risk map illustrating economic damage in agricultural sector. This paper showed the evaluation and analysis results of flood risk by using (1) primary data of surveyed damage and loss in study area and (2) secondary data of satellite images of inundation maps, harvested map and land use map in agricultural sector. The outputs of this paper are flood map, exposure map, vulnerability map and risk map of flood. These are developed under the international frameworks of the World bank, Ministry of Finance and Japan International Cooperation Agency.

Keywords: Flood risk map, Rice, Ayutthaya

1. คำนำ

ในปี พ.ศ. 2554 มีสาเหตุจากฝนที่ตกหนักเป็นบริเวณกว้างและสะสมต่อเนื่องตลอดทั้งฤดูฝนจากอิทธิพลของมรสุมและพายุก่อให้เกิดความเสียหายประมาณ 1.4 ล้านล้านบาท (The World Bank, 2012) การบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ที่มีความเสียหายดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากฝนรวมถึงการบริหารจัดการเขื่อน การบริหารจัดการพื้นที่ได้เขื่อนจึง

ขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการน้ำในเขื่อนซึ่งจะก่อให้เกิดทั้งอุทกภัยและภัยแล้งในมิติของพื้นที่ มิติของเวลา อย่างไรก็ตามปัจจุบันผลจากการบริหารจัดการเขื่อนที่อาจทำให้เกิดอุทกภัยและภัยแล้งยังไม่มีกรอบการประเมินออกมาเป็นรูปตัวเงิน ทางที่วิจัยจึงมีแนวความคิดในการผลิตเครื่องมือในการประเมินความเสี่ยงอุทกภัย การกำหนดมาตรฐานในการประเมินความเสี่ยงอุทกภัย ข้อเสนอแนะทางเลือก



เชิงนโยบายการบริหารจัดการอุทกภัย ในรูปแบบมูลค่าทางตัวเงินให้แก่สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อเพิ่มความมั่นคงน้ำด้านการฟื้นตัวจากภัยพิบัติจากน้ำ และนำไปสู่การเพิ่มความมั่นคงด้านน้ำของประเทศ วัตถุประสงค์ของบทความนี้คือ ประเมินความเสียหายภาคเกษตรจากความเสี่ยงอุทกภัย

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

การประเมินความเสี่ยง (RISK ASSESSMENT)

1. การวินิจฉัยความเสี่ยง (RISK IDENTIFICATION)

เป็นการวินิจฉัยความเสี่ยงจากน้ำท่วมว่า เกิดที่ใด เกิดเมื่อไหร่ เกิดอย่างไร และสาเหตุการเกิด เช่น น้ำท่วมในอดีตเกิดจากความสัมพันธ์ของน้ำเหนือที่ปล่อยมาจากเขื่อนที่อยู่ต้นน้ำ ปริมาณฝนในพื้นที่ ปริมาณน้ำที่ไหลจากพื้นที่รอบข้างอย่างไร ผลลัพธ์ที่ได้คือ แผนที่น้ำท่วม (Flood hazard map) ที่ในรอบปีการเกิด (return period) หรือโอกาสในการเกิดต่างๆ อย่างไรก็ตามในบทความนี้จะเสนอแผนที่น้ำท่วมในเหตุการณ์น้ำท่วมปีต่างๆ

2. การวิเคราะห์ความเสี่ยง (RISK ANALYSIS)

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงจาก hazard, exposure และ vulnerability โดยผลลัพธ์คือ แผนที่ความเสี่ยงของอุทกภัยในเหตุการณ์น้ำท่วมปีต่างๆ โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

2.1. สํารวจและรวบรวมข้อมูลความเสียหายจากภาคสนามในประเด็นของความเปราะบางด้าน biophysical

2.1.1. ด้านความเปราะบางด้าน biophysical ทำการสำรวจความเสียหายด้านเศรษฐกิจทั้งด้านเกษตรจากอุทกภัย (เป้าหมายในการสำรวจคือ 500 ตัวอย่างในพื้นที่ ตั้งแต่ท้ายเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ จนถึงลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง และ 50 ตัวอย่างที่เน้นการสำรวจในพื้นที่บริเวณเกาะเมืองอยุธยา รวม 550 ตัวอย่าง)

2.1.2. ประมวลผลข้อมูลจากการสำรวจเป็นแผนที่ความเสียหายจากอุทกภัยหรือแผนที่ความเปราะบาง (Flood vulnerability map)

2.2. รวบรวมข้อมูลและประมวลข้อมูลการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาเพื่อให้ทราบว่าใครหรือกิจกรรมใดได้รับผลกระทบ ผลลัพธ์ที่ได้คือ แผนที่แสดงกิจกรรมทางเศรษฐกิจและประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยและภัยแล้ง (Flood exposure map)

2.3. วิเคราะห์ความเสี่ยงจากอุทกภัยโดยใช้ความสัมพันธ์ของ Flood hazard map, Flood exposure map และ Flood vulnerability map โดยใช้เทคนิคทาง overlay โดยใช้ข้อมูล GIS ผลลัพธ์ที่ได้คือแผนที่ความเสี่ยงของอุทกภัยและภัยแล้ง

3. การประเมินความเสี่ยง (RISK EVALUATION) ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการเปรียบเทียบแผนที่ความเสี่ยงของอุทกภัยภายใต้ภาพฉายต่างๆ ข้อเสนอแนะมาตรการในการบรรเทาผลกระทบจากความเสียหายนั้น รวมถึงการจัดลำดับความสำคัญของมาตรการให้เหมาะสมกับความเสียหายหรือความเปราะบาง โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1. ภาพฉาย (Scenario) การประเมินแผนที่ความเสี่ยงภายใต้ภาพฉายของเหตุการณ์น้ำท่วมปีต่างๆ รวมถึงการประเมินและเปรียบเทียบความเสียหายจากตัวอย่างมาตรการทางนโยบาย (policy options)

จากขั้นตอนการทำงานข้างต้น ทีมวิจัยเลือกใช้ภาษา Python บนโปรแกรม Quantum GIS ในการพัฒนาแบบจำลองเนื่องจากพื้นฐานของโปรแกรมที่ฟรีและสามารถปรับแก้โดยผู้ใช้งานได้เพื่อการเผยแพร่ source code ของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเพื่อนำไปสู่การใช้งานให้กับผู้ที่สนใจ

3. ผลการศึกษา

ในส่วนนี้จะนำเสนอผลการศึกษาประเมินความเสี่ยงอุทกภัยในรูปแบบความเสียหายและความสูญเสียในรูปแบบตัวเงินทั้งทางตรงของภาคเกษตร

ในส่วนของการสอบเทียบแบบจำลอง (verification) กรณีแบบจำลองสำหรับน้ำท่วม ใช้ข้อมูลความเสียหายในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นข้อมูลการประเมินความเสียหาย ความเสียหาย (damage) และความสูญเสีย (loss) ในภาคส่วนต่างๆ จากอุทกภัยในปี 2554 ประเมินโดย

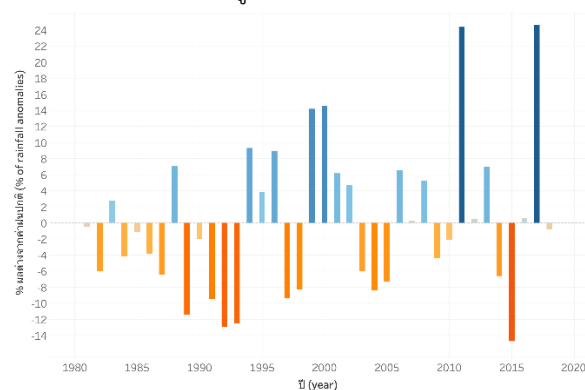


ธนาคารโลกร่วมกับกระทรวงการคลังของไทย (The World Bank (2012)) ทีมวิจัยเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมินี้ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ครอบคลุมการประเมินหลายภาคส่วนภายใต้มาตรฐานระดับนานาชาติ นอกจากนี้ผลการประเมินยังได้รับการยอมรับทั้งระดับประเทศและนานาชาติ โดยมีการอ้างอิงค่าความเสียหายในการบริหารจัดการความเสี่ยงโดยประเทศไทยและองค์การระหว่างประเทศ และสอดคล้องกับแนวทางขององค์การสหประชาชาติ (United Nations, 2003).

ผลการจำลองถูกแสดงใน 3 กรณีศึกษาโดยใช้แผนที่น้ำท่วมจาก GISTDA ได้แก่

- (1) เหตุการณ์น้ำท่วมในปี 2554 (ปีน้ำมาก)
- (2) เหตุการณ์น้ำท่วมในปี 2556 (ปีน้ำมากปานกลาง)
- (3) เหตุการณ์น้ำท่วมในปี 2559 (ปีน้ำปกติ)

โดยใช้การคัดเลือกปีน้ำมาก ปีน้ำมากปานกลาง และปีน้ำปกติ จากข้อมูลฝนปกติเฉลี่ยรายปีในอดีตของประเทศไทย (สสน.) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การคัดเลือกปีน้ำจากค่าผลต่างของฝนปกติเฉลี่ยรายปีในอดีตของประเทศไทย (ที่มา สสน.)

3.1 ผลการวิเคราะห์ความเสียหายและความสูญเสีย.

ทางตรงกรณีสอบเทียบแบบจำลอง (อุทกภัย 2554)

ในบทความนี้ได้นำเสนอผลการสอบเทียบแบบจำลองสำหรับน้ำท่วมในปี พ.ศ. 2554 ภายใต้กรณีศึกษาจังหวัดอยุธยา เนื่องจากเป็นจังหวัดที่ได้รับความเสียหายมากจากน้ำท่วมในปี พ.ศ. 2554 ในทุกกิจกรรมด้านเศรษฐกิจและสังคม เช่น ภาคครัวเรือน นาข้าวในภาคเกษตร โรงงานใน

ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ ภายใต้กรอบการคำนวณความเสียหาย (damage) และความสูญเสีย (loss)

การนำเสนอผลการคำนวณความเสียหาย (damage) และความสูญเสีย (loss) จากแบบจำลองสำหรับน้ำท่วมในปี พ.ศ. 2554 กรณีศึกษาจังหวัดอยุธยาถูกนำเสนอใน 4 รูปแบบ คือ

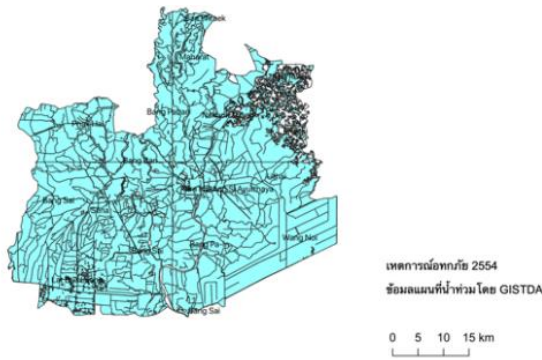
- (1) แผนที่น้ำท่วม (Flood hazard map)
- (2) แผนที่การเปิดรับความเสี่ยงจากอุทกภัย (Flood exposure map)
- (3) แผนที่ความเปราะบางจากอุทกภัย (Flood vulnerability map)
- (4) แผนที่ความเสี่ยงอุทกภัย (Flood risk map)

3.2 แผนที่น้ำท่วม (Flood hazard map)

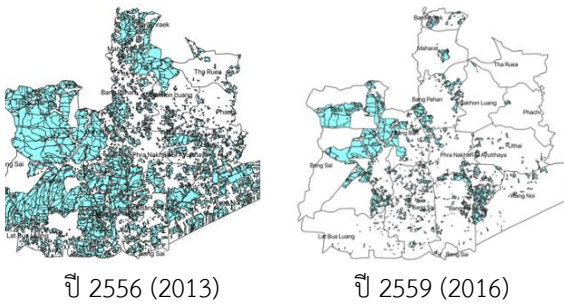
แผนที่น้ำท่วม (Flood hazard map) คือ ขอบเขตน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา อย่างไรก็ตามพื้นที่น้ำท่วมไม่ได้หมายความว่า จะเกิดความเสียหาย (damage) และความสูญเสีย (loss) ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น หากเกิดน้ำท่วมในพื้นที่กิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคม เช่น นาข้าว โรงงาน อุตสาหกรรม บ้านเรือนประชาชน จะเกิดผลกระทบทำให้เกิดความเสียหายและความสูญเสีย ในกรณีนี้ น้ำท่วมจะถูกยกระดับเป็นอุทกภัย แต่หากความเสียหายและความสูญเสียในพื้นที่ที่ไม่มีกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคม เช่น พื้นที่รกร้าง พื้นที่พรุ น้ำท่วมจะไม่ใช่อุทกภัย

ในปี พ.ศ. 2554 แผนที่น้ำท่วมที่ใช้ในแบบจำลองมาจากแผนที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียม จาก สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA

จากรูปที่ 2 และ 3 ที่แสดงแผนที่น้ำท่วมจะเห็นว่า จังหวัดอยุธยาได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมปี 2554 ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัด แต่มีคำถามที่สำคัญว่าพื้นที่น้ำท่วมทั้งหมดนั้น สร้างความเสียหายและสูญเสียต่อกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างไร และยกระดับจากน้ำท่วมเป็นอุทกภัยหรือไม่ จึงจำเป็นต้องพิจารณาข้อมูลแผนที่อื่นควบคู่กันในการบริหารจัดการภัย ได้แก่ แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน



รูปที่ 2 แผนที่น้ำท่วมกรณีจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปี 2554 (2011) (GISTDA)



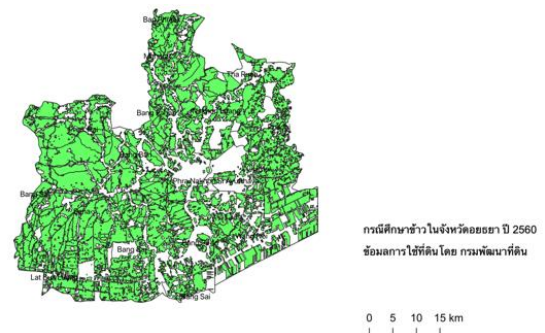
รูปที่ 3 แผนที่น้ำท่วมกรณีจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปี 2556 (2013) และปี 2559 (2016) (GISTDA)

3.3 แผนที่การเปิดรับความเสี่ยงจากอุทกภัย (Flood exposure map)

จากคำถามในประเด็นการยกระดับจากน้ำท่วมเป็นอุทกภัย เราจำเป็นต้องพิจารณาพื้นที่ในมิติของการเปิดรับความเสี่ยงจากอุทกภัย (Flood exposure) ในบทความนี้พิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นหลัก ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินถูกนำมาใช้เพื่อพิจารณาการเปิดรับความเสี่ยงจากอุทกภัย เบื้องต้นมีหลักการคิดความสัมพันธ์ของการเปิดรับความเสี่ยงของพื้นที่ โดยพิจารณาจากเงื่อนไขว่าพื้นที่ดังกล่าวมีความเสียหายหรือความสูญเสียจากอุทกภัยหรือไม่ หากพื้นที่ได้รับความเสียหายหรือความสูญเสียจากเหตุการณ์น้ำท่วม น้ำท่วมจะก่อให้เกิดผลกระทบและยกระดับจากน้ำท่วมเป็นอุทกภัย พื้นที่ภายใต้อุทกภัยจะเป็นพื้นที่ที่มีการเปิดรับความเสี่ยงจากอุทกภัยนั่นเอง

ในขั้นตอนนี้ทีมวิจัยได้เลือกใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในปี 2560 จากกรมพัฒนาที่ดิน เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์การเปิดรับความเสี่ยงพื้นที่จากอุทกภัย ข้อสังเกตที่สำคัญคือ ควรใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษาในช่วงเวลาเดียวกับข้อมูลน้ำท่วมคือ ปี พ.ศ. 2554 เพื่อความสอดคล้องแต่เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องความสมบูรณ์ของชุดข้อมูลทำให้ทีมวิจัยใช้ข้อมูลปี 2560 เป็นหลัก อย่างไรก็ตามแบบจำลองถูกออกแบบให้สามารถเพิ่มข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในปีต่างๆได้หากมีข้อมูลที่สมบูรณ์มากขึ้น

ในบทความนี้เลือกใช้ข้อมูลของการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เกษตรกรรม (A: Agricultural land) ในหมวดนา (A1: paddy field) ประเภทนาข้าว (A101: Active paddy field) และ เพื่อแสดงผลการจำลองภาคเกษตรเนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนที่การเปิดรับความเสี่ยงจากอุทกภัย กรณีข้าวในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปี 2560 (กรมพัฒนาที่ดิน)

3.4 แผนที่ความเปราะบางจากอุทกภัย (Flood vulnerability map)

จากหัวข้อที่ผ่านมา ทีมวิจัยเลือกข้าวในจังหวัดอยุธยาเพื่อแสดงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัย อย่างไรก็ตาม คำถามที่สำคัญคือ ข้าวที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยมีความเปราะบางอย่างไร โดยทั่วไปความเปราะบางในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย ความเปราะบางทาง

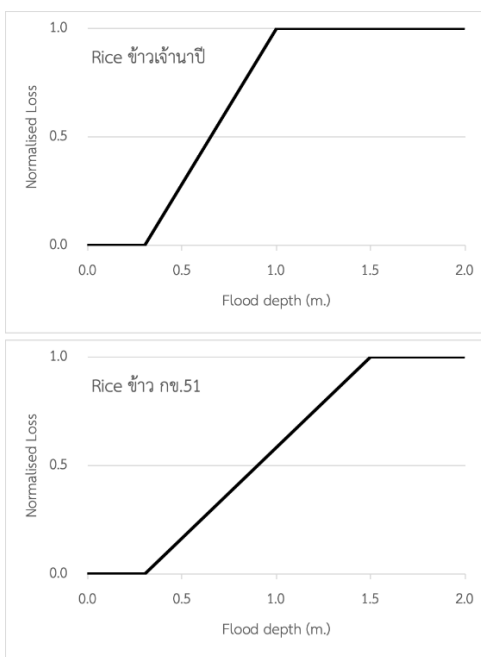
เศรษฐกิจ คือ ผลกระทบทางเศรษฐกิจได้แก่ ความเสียหายและความสูญเสียในรูปแบบของตัวเงินในแต่ละช่วงเวลาที่เหมาะสม ในบทความฉบับนี้นำเสนอความเปราะบางจากอุทกภัยต่อกิจกรรมทางเศรษฐกิจภาคเกษตรกรรม ประเภทข้าว โดยใช้แผนที่ความเปราะบางของข้าวจากอุทกภัย (Flood vulnerability map) โดยเน้นความเปราะบางทางเศรษฐกิจ หรือ ความเสียหายและความสูญเสียในรูปแบบของตัวเงิน

ธนาคารโลกและกระทรวงการคลังไทย (The World Bank, 2012) กำหนดนิยามดังนี้

ความเสียหาย (damage) ผลกระทบทางตรงทางกายภาพของทรัพย์สิน ผลผลิต วัตถุดับ เครื่องจักร และสินทรัพย์ ณ. ขณะที่เกิดภัย

ความสูญเสีย (loss) คือ โอกาสการผลิตที่เสียไปหรือลดลง เช่น การสูญเสียรายได้ ประสิทธิภาพการผลิตที่ลดลง ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง

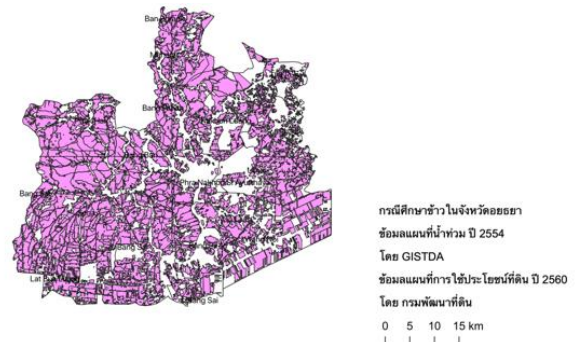
ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายในรูปแบบตัวเงินกับระดับความลึกของน้ำ (Flood-Depth-Damage Curve) ดังแสดงในรูปที่ 5



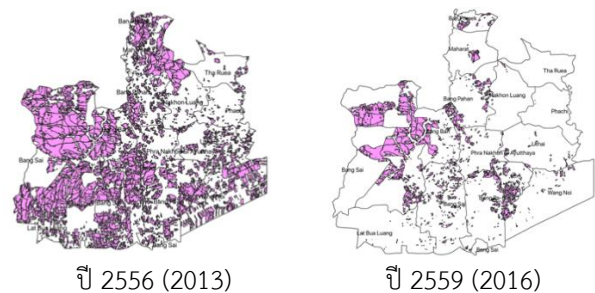
รูปที่ 5 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหาย การสูญเสีย และความลึกของน้ำ

เนื่องจากใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจึงไม่มีความลึกของน้ำท่วม อย่างไรก็ตามในบทความนี้ใช้ค่าความลึก 1.0 ม. เป็นตัวแทนของความลึกน้ำท่วมซึ่งเป็นหนึ่งในสมมติฐานที่ใช้ภายใต้ข้อจำกัดของข้อมูล อีกประเด็นที่สำคัญคือ ไม่ได้พิจารณาเรื่องระยะเวลาของน้ำท่วม ภายใต้สมมติฐานว่า น้ำท่วมระยะเวลานานจะทำให้เกิดความเสียหายทั้งหมด ทำให้ผลการประเมินจะเป็นค่าความเสียหายสูงสุด

ในปัจจุบันข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยข้อมูลทุติยภูมิเป็นหลัก ได้แก่ ข้อมูลทางกายภาพของข้าว เช่น ความทนทานของข้าวต่อความลึกน้ำท่วมจากกรมการข้าว ข้อมูลการปรับปรุงพันธุ์ข้าวใหม่ที่ทนทานต่อน้ำท่วมมากขึ้น อย่างไรก็ตามวิจัยได้มีการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิเพิ่มเติมจากการสำรวจจริงในพื้นที่ โดยใช้แบบสอบถามที่อ้างอิงแนวทางแบบสอบถามของธนาคารโลกและปรับให้เข้ากับบริบทของพื้นที่แผนที่ความเปราะบางจากอุทกภัยแสดงในรูปที่ 6 และ 7



รูปที่ 6 แผนที่ความเปราะบางจากอุทกภัย ฤกษ์ข้าว จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปี 2554



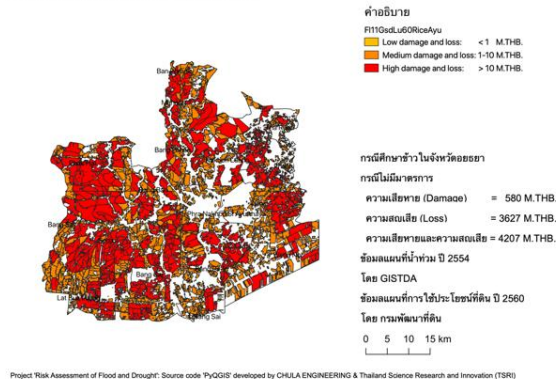
รูปที่ 7 แผนที่ความเปราะบางจากอุทกภัย ฤกษ์ข้าว จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปี 2556 (2013) และปี 2559 (2016)



3.5 แผนที่ความเสี่ยงอุทกภัย (Flood risk map)

แผนที่ความเสี่ยงอุทกภัยแสดงในรูปที่ 8 และ 10

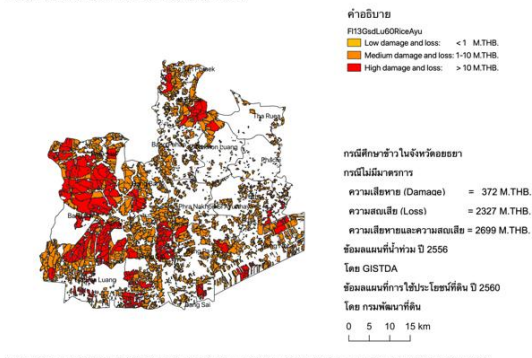
แผนที่ความเสี่ยงอุทกภัย (Flood Risk Map)



Project Risk Assessment of Flood and Drought. Source code "PyQGIS" developed by CHULA ENGINEERING & Thailand Science Research and Innovation (TSRI)

รูปที่ 8 แผนที่ความเสี่ยงจากอุทกภัย กรณีข้าว จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปี 2554

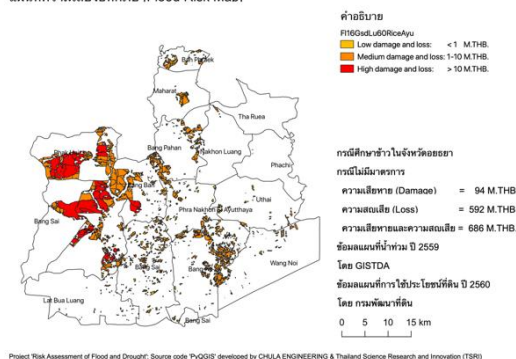
แผนที่ความเสี่ยงอุทกภัย (Flood Risk Map)



Project Risk Assessment of Flood and Drought. Source code "PyQGIS" developed by CHULA ENGINEERING & Thailand Science Research and Innovation (TSRI)

รูปที่ 9 แผนที่ความเสี่ยงจากอุทกภัย กรณีข้าว จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปี 2556

แผนที่ความเสี่ยงอุทกภัย (Flood Risk Map)



Project Risk Assessment of Flood and Drought. Source code "PyQGIS" developed by CHULA ENGINEERING & Thailand Science Research and Innovation (TSRI)

รูปที่ 10 แผนที่ความเสี่ยงจากอุทกภัย กรณีข้าว จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปี 2559

ถูกคำนวณจาก แผนที่น้ำท่วม แผนที่การเปิดรับความเสี่ยงจากอุทกภัย และ แผนที่ความเปราะบางจากอุทกภัย โดยแผนที่ความเสี่ยงอุทกภัยจะแสดงระดับความเสี่ยงในรูปแบบของความเสี่ยงและความสูญเสียในรูปแบบของตัวเงิน เช่น ค่าความเสี่ยงน้ำท่วมน้อย คือ มีความเสียหายและความสูญเสียน้อยกว่า 1 ล้านบาท ค่าความเสี่ยงน้ำท่วมปานกลาง คือ มีความเสียหายและความสูญเสียระหว่าง 1 ถึง 10 ล้านบาท หากมีค่าความเสี่ยงน้ำท่วมสูง คือ มีความเสียหายและความสูญเสียมากกว่า 10 ล้านบาท โดยช่วงของความเสียหายและความสูญเสียนี้เป็นเพียงค่าเริ่มต้นและสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ในบทความนี้ใช้ขอบเขตของแปลงพื้นที่เพาะปลูกเป็นขอบเขตการแสดงค่าความเสี่ยง อย่างไรก็ตามสามารถแสดงในรูปของขอบเขตพื้นที่การปกครอง เช่น ตำบล อำเภอ จังหวัด หรือ ขอบเขตลุ่มน้ำ เช่น ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำย่อย เป็นต้น

ข้อมูลแผนที่ ความเสี่ยงอุทกภัยจะนำไปสู่การสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายเช่น

(1) มาตรการทางวิศวกรรม ได้แก่ การปรับการบริหารจัดการเขื่อน การปรับการปล่อยน้ำโดยใช้ operation rule curve ที่ลดความเสียหายจากอุทกภัย

(2) มาตรการทางการปรับปรุงพันธ์พืช ที่ทนทานต่อน้ำท่วม หรือ ทนทานต่อระดับน้ำที่สูงกว่านำไปสู่การลดความเสียหายจากอุทกภัยของพืชพันธุ์ปกติ

นอกจากนี้ระดับความเสี่ยงที่ต่างกันจะนำไปสู่การตัดสินใจของลำดับความสำคัญของมาตรการที่ต่างกัน เช่น

(1) พื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง ควรใช้มาตรการเร่งด่วน เพื่อให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจฟื้นกลับมาให้เร็วที่สุด บางกรณีอาจต้องใช้มาตรการเชิงโครงสร้าง เช่น ระบบป้องกันน้ำท่วม เป็นต้น

(2) พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่ำ อาจใช้มาตรการที่ไม่ใช้โครงสร้าง เช่น การเตือนภัยหรือข้อมูลและการสื่อสารประชาสัมพันธ์ เป็นต้น

3.6 ผลการวิเคราะห์ความเสียหายและความสูญเสียทางอ้อม กรณีอุทกภัย 2554

บทความนี้ได้วิเคราะห์ความเสียหายและความสูญเสียทางอ้อมโดยการพัฒนาแบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตโดยได้ปรับจากขอบเขตพื้นที่ประเทศไทยไปสู่แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตแบบภูมิภาค (Interregional Input-Output Model) ซึ่งสามารถเชื่อมโยงได้ทั้งมิติภาคการผลิตรวมถึงมิติพื้นที่ภูมิภาคด้วยผลการจำลองกรณีน้ำท่วม 2554 กรณีข้าวในจังหวัดอยุธยา โดยใช้ค่าความเสียหายและการสูญเสียทางตรงที่ประเมินจากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเพื่อวิเคราะห์ว่าผลกระทบทางอ้อมจากห่วงโซ่การผลิตเสียหายอย่างไร หากข้าวในจังหวัดอยุธยาได้รับผลกระทบจากอุทกภัย 2554 และส่งผลกระทบต่อภาคส่วนการผลิตอื่นนอกจาก เกษตรกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมและบริการ รวมถึงส่งผลกระทบต่อภูมิภาคอื่นนอกจากภาคกลาง ได้แก่ กรุงเทพฯ เหนือ อีสาน ใต้ ตะวันออก และตะวันตกอย่างไร แสดงในตารางที่ 1

เบื้องต้นพบว่า เกิดความเสียหายและการสูญเสียทางอ้อมในบางภาคการผลิตของหลายพื้นที่ที่ไม่ได้ประสบอุทกภัย โดยหากค่า GDP ลดลงจากความเสียหายและสูญเสีย 4,207 ล้านบาท จากข้าวในจังหวัดอยุธยา จะทำให้ผลผลิตรวมของประเทศไทยลดลงรวม 6,169 ล้านบาท ซึ่งเป็นผลกระทบมาจากภาคเกษตรและภาคอุตสาหกรรมในภูมิภาคอื่น เป็นหลัก ถึงแม้ภูมิภาคอื่นและภาคส่วนอื่นจะไม่ได้ประสบอุทกภัยโดยตรง แต่มีผลกระทบจากห่วงโซ่การผลิตที่เชื่อมโยงกันทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคนั่นเอง ด้วยเหตุนี้ การกำหนดนโยบายหรือมาตรการจึงควรพิจารณาความเสียหายและความสูญเสียทั้งทางตรงและทางอ้อมเพื่อทราบผลกระทบทั้งหมด และนำไปสู่นโยบายและมาตรการที่มีประสิทธิภาพ

3.7 ผลการประเมินมาตรการลดผลกระทบ

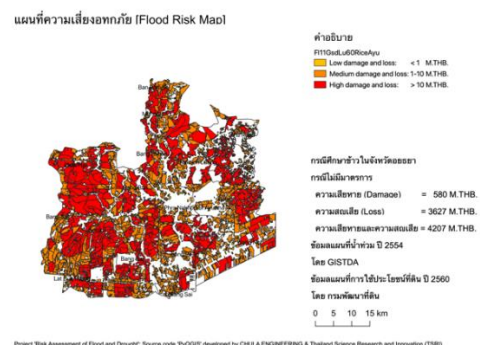
กรณีอุทกภัย 2554

ในบทความนี้แสดงตัวอย่างการประเมินความเสียหายในรูปแบบของตัวเงินจากมาตรการลดผลกระทบกรณีอุทกภัย 2554 แสดงในรูปที่ 11 โดยใช้สมมติฐานการพัฒนาพันธุ์ข้าวที่มีความทนต่อน้ำท่วม ในการลดความ

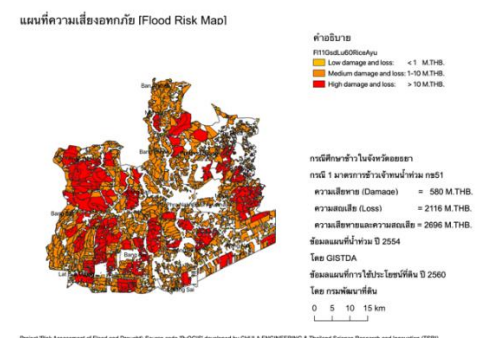
เปราะบางของข้าว ยกตัวอย่างเช่น ข้าว กข51 (RD 51) ซึ่งมีความทนน้ำท่วมฉับพลันในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น คือ มีชีวิตรอดภายใต้สภาพจมอยู่ใต้น้ำได้ราว 12 วัน และหลังจากน้ำลดสามารถฟื้นตัวและให้ผลผลิตได้โดยมีความสูงเฉลี่ยประมาณ 155 เซนติเมตร ผลผลิตเฉลี่ย 536 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมการข้าว) อย่างไรก็ตามการใช้ข้าว กข51 ในกรณีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงตัวอย่างการประเมินมาตรการเท่านั้น ยังไม่มีการพิจารณาความเหมาะสมของ ข้าว กข51 กับสภาพทางกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อม ในพื้นที่ จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพัฒนาพันธุ์ข้าวที่ทนน้ำท่วมที่เหมาะสมกับพื้นที่ดังกล่าวในอนาคต

ข้อสังเกตที่น่าสนใจคือ การใช้พันธุ์ข้าวที่ทนน้ำท่วมจะสามารถลดความสูญเสียของผลผลิตข้าวได้ แต่ไม่สามารถลดความเสียหายที่เกิดในโรงเรือน หรือ อุปกรณ์ เช่น รถไถ เป็นต้น

ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ 2 กรณี (1) กรณีไม่มีมาตรการ และ (2) กรณีข้าวทนน้ำท่วม พบว่า หากใช้ข้าวทนน้ำท่วมจะสามารถลดความสูญเสียลงได้



(ก) กรณีไม่มีมาตรการ



(ข) กรณีมาตรการพันธุ์ข้าวทนน้ำท่วม



4. สรุปผลการศึกษา

โดยสรุป แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถประเมินแผนที่ความเสี่ยงอุทกภัย (Flood risk map) ที่แสดงในรูปแบบความเสียหายหรือตัวเงิน โดยวิเคราะห์จาก (1) แผนที่น้ำท่วม (Flood hazard map) (2) แผนที่การเปิดรับความเสี่ยงจากอุทกภัย (Flood exposure map) และ (3) แผนที่ความเปราะบางจากอุทกภัย (Flood vulnerability map) โดยได้แสดงใน 3 กรณีปีน้ำ คือ (1) เหตุการณ์น้ำท่วมในปี 2554 (ปีน้ำมาก) (2) เหตุการณ์น้ำท่วมในปี 2556 (ปีน้ำมากปานกลาง) และ (3) เหตุการณ์น้ำท่วมในปี 2559 (ปีน้ำปกติ) โดยใช้แผนที่น้ำท่วมจาก GISTDA นอกจากนี้ยังมีการจำลองกรณีมีและไม่มีมาตรการลดผลกระทบจากน้ำท่วม

ในบทความนี้ผู้วิจัยใช้เพียงแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ไม่ใช่แผนที่แสดงการเพาะปลูก หากช่วงที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วม แต่ชาวนาเก็บเกี่ยวไปแล้ว จึงไม่ถือว่าเกิดความสูญเสียในพื้นที่เพาะปลูก แต่จะเกิดความเสียหายจากการเสียโอกาสการใช้พื้นที่ในการเพาะปลูก ในอนาคตเสนอให้ใช้ข้อมูลการเพาะปลูกข้าวจากระบบการติดตามของภาพถ่ายดาวเทียม เช่น ระบบติดตามสถานการณ์การเพาะปลูกข้าวของประเทศไทยจากข้อมูลดาวเทียมโดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

ตารางที่ 1 สรุปผลการจำลองแผนที่ความเสี่ยงอุทกภัย

ปีน้ำท่วม แหล่งข้อมูล	มาตรการ	ผลกระทบทางตรง (ล้านบาท)			ผลกระทบ ทางอ้อม (ล้านบาท)	ผลกระทบ รวม (ล้านบาท)
		ความเสียหาย	ความสูญเสีย	รวม		
2011 ธนาคารโลก	-	552	3906	4458	-	-
2011* ทีมวิจัย	ไม่มี	580	3627	4207	1962	6169
	ข้าวทมน้ำท่วม	580	2116	2696	1257	3953
2013* ทีมวิจัย	ไม่มี	372	2327	2699	1259	3958
	ข้าวทมน้ำท่วม	372	1357	1729	806	2535
2016* ทีมวิจัย	ไม่มี	94	592	686	320	1006
	ข้าวทมน้ำท่วม	94	345	439	205	644

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ถูกพัฒนาภายใต้โครงการวิจัย โครงการประเมินความเสี่ยงของน้ำท่วมและน้ำแล้ง สัญญาเลขที่ SRI6230014 ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสำนักงานวิจัยแห่งชาติ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับการสนับสนุนพื้นที่และทรัพยากรในการวิจัยและจัดทำบทความนี้



เอกสารอ้างอิง

- [1] พงษ์ศักดิ์ และ ธวัชชัย (2564). การประเมินความเสี่ยงของน้ำท่วมและน้ำแล้ง. สกสว. กรุงเทพฯ
- [2] United Nations. (2003). The Rapid Assessment used the Damage and Loss Assessment (DALA),” in Handbook for Estimating the

Socio-Economic and Environmental Impact of Disasters, Economic Commission for Latin America and the Caribbean.

- [3] The World Bank (2012). THAI FLOOD 2011 Rapid Assessment for Resilient Recovery and Reconstruction Planning, Bangkok.



การทดลองผลกระทบของเม็ดแห้งที่ไหลผ่านฝายชะลอน้ำแบบเปิด

ทศพล พงษ์ณัฐ¹, เอกรินทร์ สุดใจ² และสุริยาธู ประอ้าย^{3*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยพะเยา, จังหวัดพะเยา, ประเทศไทย

^{2,3}สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ, จังหวัดพะเยา, ประเทศไทย

*อีเมลผู้รับผิดชอบบทความ: 63103777@up.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการทดลองผลกระทบของเม็ดแห้งที่ไหลผ่านฝายชะลอน้ำแบบเปิด โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาพฤติกรรมการไหลของเม็ดแห้งเคลื่อนที่ผ่านฝายชะลอน้ำแบบเปิดแต่ละรูปแบบและหาความสัมพันธ์การเคลื่อนของเม็ดแห้ง เพื่อบรรเทาภัยพิบัติจากปัญหาดินโคลนถล่ม ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการและแบบจำลองเชิงตัวเลข โดยทดลองฝายชะลอน้ำแบบเปิด 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบจัดเรียงขีด แบบรูปตัววี และแบบรูปตัวอัลฟา การทดลองความลาดชันพื้นผิวการไหล 30 องศา ผลการศึกษาพบว่า ฝายแบบจัดเรียงขีดสามารถดักจับเม็ดแห้งและเกิดแรงกระแทกหน้าฝายสูงสุด ส่วนฝายแบบรูปตัววีให้ค่าแรงกระแทกค่อนข้างสูงเช่นกันซึ่งต่างจากฝายรูปตัวอัลฟา แต่การดักจับเม็ดแห้งไม่ต่างกันมากนัก ดังนั้นฝายรูปตัววีจึงไม่เหมาะในการใช้การกักเศษของแข็ง แบบจำลองเชิงตัวเลขแสดงถึงความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่และความเร็วของเม็ดแห้งพบว่า การสุมเก็บตัวอย่างเม็ดแห้งทั้ง 3 จากแบบจำลองเชิงตัวเลขให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถนำไปเป็นข้อมูลเชิงปริมาณคาดการณ์ความรุนแรงของสถานการณ์เมื่อเกิดดินโคลนถล่ม ในการศึกษาที่สามารถต่อยอดพัฒนาในอนาคตจากแบบจำลองเชิงตัวเลขเป็นการศึกษาความสัมพันธ์การเคลื่อนที่ของดินโคลนให้สามารถประเมินผลกระทบเชิงปริมาณที่ใช้เป็นข้อมูลในการป้องกันภัยพิบัติการไหลหลากของดินโคลน

คำสำคัญ: ฝายชะลอน้ำแบบเปิด, แบบจำลองเชิงกายภาพ, แบบจำลองเชิงตัวเลข, ระเบียบวิธีองค์ประกอบแบบไม่ต่อเนื่อง

Abstract

This article presents an experiment on the effect of dry granular flow through the open check dams. The objectives are to study the flow behavior of dry granular through the open check dam and study the relationship of dry granular movement for application to landslides. Carry out laboratory experiments and numerical models. Three types of open check dams were tested: aligned, V-shaped, and Alpha-shaped, experimental flow slope of 30 degrees. Conclusion: The aligned open check dam has maximum trapping efficiency and impact force. The impact force on the V-shaped open check dam is relatively high compared to the Alpha-shaped open check dam, but the trapping is not much different. Therefore, the V-shaped open check dam is not suitable for solid retention. Numerical models show the relationship between the movement and velocity of dry granular. Three dry granular samples from the numerical model yielded similar experimental results. This can be used as quantitative data to predict the severity of the situation in the incident of the landslides. This study can be developed in the future from a numerical model which studies the relationship of dry granular movement. To be able to assess the quantitative impact used in the prevention of landslide disasters.

Keywords: Open check dam, Physical model, Numerical model, Discrete element method



1. บทนำ

ในช่วงฤดูฝนเกิดปัญหาดินโคลนถล่ม ซึ่งเกิดขึ้นทุกปีในภาคเหนือของประเทศไทย ยกตัวอย่าง วันที่ 28 ก.ค. 2561 บ้านห้วยขาบ หมู่ 7 ต.บ่อเกลือเหนือ อ.บ่อเกลือ จ.น่าน [1] เกิดดินถล่มทับบ้านเรือนประชาชน 4 หลังคาเรือน มีผู้เสียชีวิต 8 ราย (ภาพที่ 1) เป็นครัวเรือนเดียวกัน การป้องกันดินถล่มไม่สามารถป้องกัน 100% เพราะพื้นที่ลาดเขาเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มได้ง่าย ดังนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาพฤติกรรมการไหลของดินโคลนเพื่อประยุกต์ใช้ป้องกันภัยพิบัติเกี่ยวกับดินโคลนถล่ม



ภาพที่ 1 ดินโคลนถล่ม เกิดขึ้นที่บ้านห้วยขาบ หมู่ 7 ต.บ่อเกลือเหนือ อ.บ่อเกลือ จ.น่าน

การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับแรงกระทำจากการทดลองการไหลเม็ดละเอียดแบบทรงกลมในรางผ่านเขื่อนแบบร่องพบว่า สำหรับการจำลองเชิงตัวเลขของระเบียบวิธีองค์ประกอบแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete element method) ความดันที่อยู่ใกล้ร่องเขื่อนอาจสูงกว่าที่อื่น ๆ เกือบสองเท่า ขนาดอนุภาคเป็นอีกตัวแปรสำคัญที่ควรพิจารณา เนื่องจากขนาดอนุภาคมีอิทธิพลอย่างมากต่อระดับความเค้นเฉื่อยของเม็ด การชนกันของอนุภาคเกิดขึ้นระหว่างการเคลื่อนที่ของการไหลของเศษดินถล่ม และปรากฏการณ์การเรียงลำดับอนุภาคที่ชัดเจนขึ้นในช่วงตะกอนสุดท้าย [2-4] ต่อมาการศึกษาผลกระทบและการกระจายการไหล แรงของการไหลของเศษซากในเขื่อนมีการกระจายไม่สม่ำเสมอ แรงกระแทกมีขนาดใหญ่ตรงกลางของช่วงกระแทกและมีขนาดเล็กที่ปลายทั้งสองข้าง มุมเอียงที่มีขนาดใหญ่กว่ามุมเสียดทานของเม็ดและระยะการไหลที่ยาวกว่าส่งผลให้เกิดแรงกระแทก

สูงสุด [5, 6] ทั้งนี้มีการศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองเชิงตัวเลขของประสิทธิภาพการกักเก็บสิ่งกีดขวางยึดหยุ่นพบว่า อนุภาคส่วนใหญ่สามารถดักจับโดยตัวกันแบบยึดหยุ่นได้เมื่อขนาดตาข่ายมีขนาดใหญ่กว่าอนุภาค 90 % ถึง 3 เท่า [7] และมีการทดลองประสิทธิภาพฝายในการดักจับหินกรวดของฝายช่องเปิดแบบแข็ง ได้แก่ ฝายช่องเปิดแบบจัดเรียงซิด และฝายช่องเปิดแบบรูปตัววี [8] เนื่องจากมีการประยุกต์ฝายแบบแยก ยกตัวอย่างเช่นฝายชะลอน้ำแบบเปิดเสาะเข้มนำมาใช้สำหรับการดักจับท่อนไม้ที่ไหลมากับลำน้ำ [9] ในแง่ของการเป็นมิตรและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากนัก เนื่องจากตะกอนทั่วไปสามารถผ่านฝายเสาะเข้มนำไปได้ ยกเว้นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ที่ส่งผลให้เกิดอันตรายจากผู้อยู่อาศัยที่บริเวณปลายลำน้ำ ดังนั้นฝายแบบแยกหรือฝายช่องเปิดจึงเหมาะในการบรรเทาภัยพิบัติการไหลหลากของดินโคลน

การศึกษารั้แงนี้มุ่งเน้นไปที่พฤติกรรมของแรงกระทำบนฝายแบบเปิดแต่ละชนิด เนื่องจากที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาพฤติกรรมของแรงกระทำที่เกิดขึ้นหน้าฝายช่องเปิดเมื่อเม็ดแห่งไหลผ่านฝาย เพื่อพัฒนาข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการไหลของเม็ดแห่งต่อลักษณะการวางตัวของฝายในแบบจำลองเชิงกายภาพและแบบจำลองเชิงตัวเลข โดยซอฟต์แวร์ LMGC90 ในการจำลองการไหลแบบ 3 มิติ ใช้หลักการ Discrete element method (DEM) ซึ่งเป็นการจำลองลักษณะที่ไม่ต่อเนื่องและไม่เป็นเนื้อเดียวกัน [10] เพื่อหาแรงกระทำที่เกิดขึ้นของตำแหน่งฝายหมายเลข 1 ถึง 6 และความสัมพันธ์การเคลื่อนที่ของเม็ดแห่ง

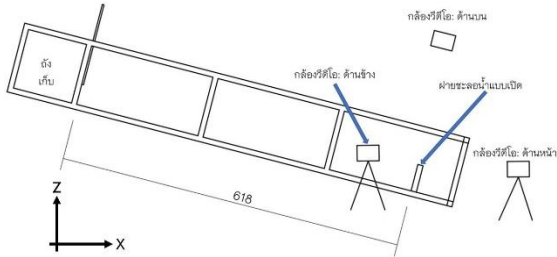
2. ระเบียบการทดลองและผลการศึกษา

2.1 เครื่องมือทดลอง

การทดลองการไหลในห้องปฏิบัติการโดยใช้รางน้ำมีระยะทางการไหล 618 ซม. กว้าง 40.4 ซม. สูง 55.4 ซม. (ภาพที่ 2) ติดตั้งฝายแบบเปิดพร้อมไหลดเซลล์ 6 ตัวเพื่อวัดแรงกระทำแนวตั้งฉากตลอดแนวตั้งมีทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่ 1. จัดเรียงซิด 2. รูปตัววี 3. รูปตัวอัลฟา (ภาพที่ 3) ในการทดลองนี้กำหนดความลาดชันพื้นผิวการ



ไหล 30 องศา โดยใช้ $s/d_{90} = 1.428$ เมื่อ s คือช่องว่างระหว่างขอบฝาย-ขอบฝาย 2.285 ซม., d_{90} คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแห้งที่มีขนาดอื่นเล็กกว่านี้ร้อยละ 90 ขนาด 1.6 ซม. (ภาพที่ 4)

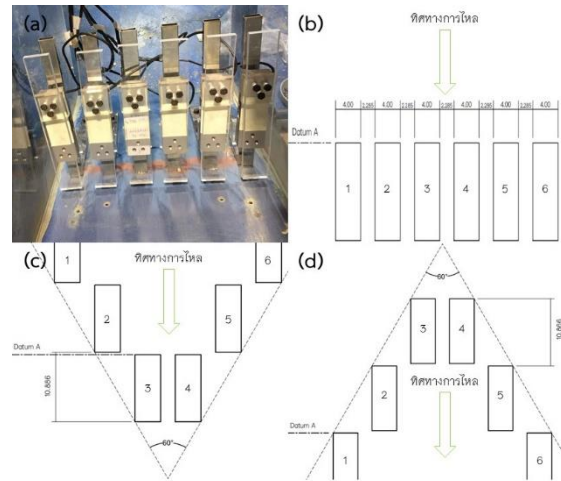


(a)



(b)

ภาพที่ 2 อุปกรณ์การทดลอง; (a) ภาพร่าง (หน่วย: เซนติเมตร), (b) ภาพถ่าย



ภาพที่ 3 ฝายช่องเปิดทั้ง 3 รูปแบบ; a) ภาพถ่ายแบบเรียงซิด, b) ภาพร่างแบบเรียงซิด, c) ภาพร่างแบบรูปตัววี, d) ภาพร่างแบบรูปตัวอัลฟา

2.2 วัสดุการทดลอง

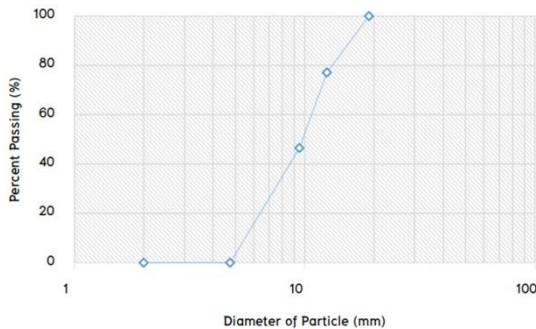
วัสดุที่ใช้เป็นเม็ดแห้งคือ หินกรวดแม่น้ำ ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปทรงหลายด้าน เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายตามท้องถื่น เนื่องจากการใช้ดินโคลนมาทำการทดลองนั้นมีข้อจำกัดหลายอย่างในการทำแบบจำลองทั้งยังเป็นความยุ่งยากในการเตรียมตัวอย่าง ดังนั้นจึงใช้วัสดุที่สามารถทดลองได้ง่ายกว่าเช่น วัสดุแห้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมที่วัสดุเหล่านี้เมื่อไหลผ่านฝายแบบเปิดในการประยุกต์ใช้ป้องกันภัยพิบัติดินโคลนถล่ม

ตารางที่ 1 คุณสมบัติเม็ดแห้ง

ชนิดเม็ดแห้ง	ขนาด	ขนาด	ขนาด
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	0.48 - 0.95	0.96 - 1.25	1.26 - 1.90
จำนวนเม็ด (%)	46.58	30.56	22.87
หน่วยน้ำหนักรวม (กก./ม. ³)	1582.46		
ความหนาแน่น (กก./ม. ³)	2650		
น้ำหนัก (กก.)	30		

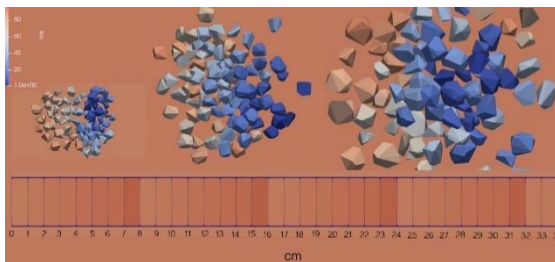


(a)



(b)

ภาพที่ 4 ลักษณะเม็ดแห้งที่ใช้ในแบบจำลองเชิงกายภาพ;
(a) ขนาดเม็ดแห้ง, (b) แผนภาพการกระจายขนาดเม็ดแห้ง



ภาพที่ 5 ขนาดเม็ดแห้งที่ใช้ในแบบจำลองเชิงตัวเลข

2.3 การทดลอง

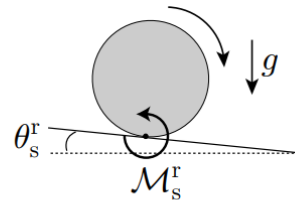
2.3.1 แบบจำลองเชิงกายภาพ

ในทดลองแต่ละครั้งใส่เม็ดแห้งน้ำหนัก 30 กิโลกรัมไว้ในถังเก็บแล้วเปิดฝาปล่อยอย่างรวดเร็วให้เม็ดแห้งไหลลงอย่างอิสระจนกระทบฝายแบบช่องเปิด ผลแรงกระแทกได้จากเม็ดแห้งกระทบกับโพลดเซลล์ที่ติดตั้งหน้าฝายช่องเปิดโดยมีทั้งหมด 6 โพลดเซลล์ โดยแสดงค่าแรงเป็นหน่วยนิวตันและเวลาเป็นหน่วยมิลลิวินาที การเก็บค่าแรงกระแทกหน้าฝายแบบช่องเปิดเป็นจุดประสงค์หลักของแบบจำลองเชิงกายภาพ

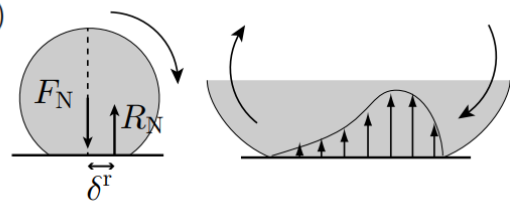
2.3.2 แบบจำลองเชิงตัวเลข

แบบจำลองเชิงตัวเลขถูกป้อนค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน เม็ดแห้ง-พื้นราง = 0.452, เม็ดแห้ง-เม็ดแห้ง = 0.525 ซึ่งได้จากกระบวนการลองผิดลองถูก จากภาพที่ 5 เป็นลักษณะและขนาดเม็ดแห้งที่สุ่มตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.48 เซนติเมตร ถึง 1.9 เซนติเมตร ตามการกระจายเม็ดแห้ง (ภาพที่ 4(b)) จุดประสงค์ในการทดสอบแบบจำลองเชิงตัวเลขคือหาความสัมพันธ์การเคลื่อนที่และความสัมพันธ์ความเร็วของเม็ดแห้ง (สุ่มตัวอย่าง 3 เม็ดแห้ง) โดยค่าพารามิเตอร์ทุกรายการถูกป้อนข้อมูลตามแบบจำลองเชิงกายภาพ

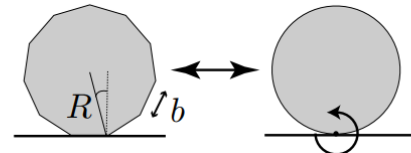
(a)



(b)



(c)



ภาพที่ 6; (a) ความลาดชันต่ำที่สุด θ_s^r เพื่อให้เม็ดเริ่มกลิ้งบนระนาบ โดยจำลองจากแรงเสียดทานจากการกลิ้ง M_s^r , (b) ความต้านทานการกลิ้งมาจากความไม่สมดุลของแรงปฏิกิริยาที่บริเวณสัมผัสเมื่อใช้แรงที่ทำให้กลิ้ง, (c) ความต้านทานการกลิ้งของอนุภาครูปหลายเหลี่ยมสามารถจับคู่กับอนุภาคทรงกลมที่มีการเสียดสีแบบหมุนได้ [11]

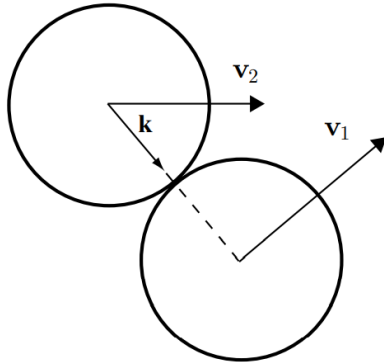
แรงต้านทานต่อการเคลื่อนที่แบบหมุนเรียกว่าแรงเสียดทานจากการกลิ้ง จากมุมมองมหภาคและสมมติว่ามีจุดสัมผัสที่เหมาะสมที่สุดระหว่างส่วนต่อประสานโค้ง แรงเสียดทานของการหมุนสามารถจำลองได้โดยการเพิ่มแรงปฏิกิริยาที่จุดสัมผัสด้วยแรงบิดของปฏิกิริยา M_s^r (ภาพที่ 6 (a)) โดยการเปรียบเทียบกับกฎ Amontons-Coulomb



ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานการกลิ้งแบบสถิต μ_s^r ของลูกปัด บนระนาบถูกกำหนดโดย

$$M_S^r = \mu_s^r R_N \mathcal{R} \quad (1)$$

เมื่อ M_S^r คือแรงบิดชั้นต่ำที่ทำให้ทรงกลมเคลื่อนที่, R_N คือแรงปฏิกิริยาตั้งฉาก (ภาพที่ 6 (b)), \mathcal{R} คือรัศมีของทรงกลมและ μ_s^r คือแรงเสียดทานการหมุนแบบไดนามิก (ภาพที่ 6 (c))



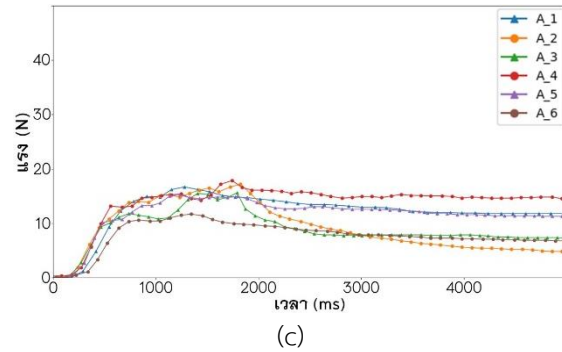
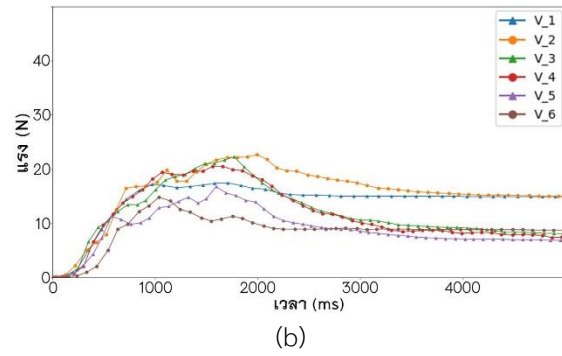
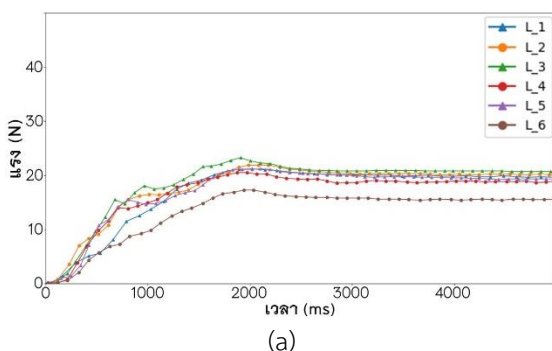
ภาพที่ 7 การชนกันระหว่างสองอนุภาค [11]

$$(v_2' - v_1') \cdot k = -e(v_2 - v_1) \quad (2)$$

โดยที่ e คือสัมประสิทธิ์ความไม่ยืดหยุ่นมีค่า $0 \leq e \leq 1$, v_1 และ v_2 คือความเร็วเริ่มต้นของอนุภาค, v_1' และ v_2' คือความเร็วหลังการชนและ k คือเวกเตอร์หน่วยที่เรียกว่าเวกเตอร์การชน (ภาพที่ 7) ซึ่งกำหนดทิศทางจากศูนย์กลางของอนุภาคที่สองไปยังอนุภาคที่หนึ่ง

2.4 ผลการทดลอง

พฤติกรรมแรงกระแทกบนฝายแต่ละชนิดถูกแสดงตามหมายเลขของฝายได้แก่ หมายเลข 1 ถึง 6 ตามภาพที่ 3 (b), (c), และ(d) ซึ่งแรงกระแทกที่ได้วัดตามแนวตั้งของหน้าตัดการไหลถูกแสดงในรูปแบบความสัมพันธ์กับเวลา (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 แรงกระแทกบนฝายช่องเปิด; (a) ฝายช่องเปิดแบบเรียงชิด, (b) ฝายช่องเปิดแบบรูปตัววี, (c) ฝายช่องเปิดแบบรูปตัวอัลฟา

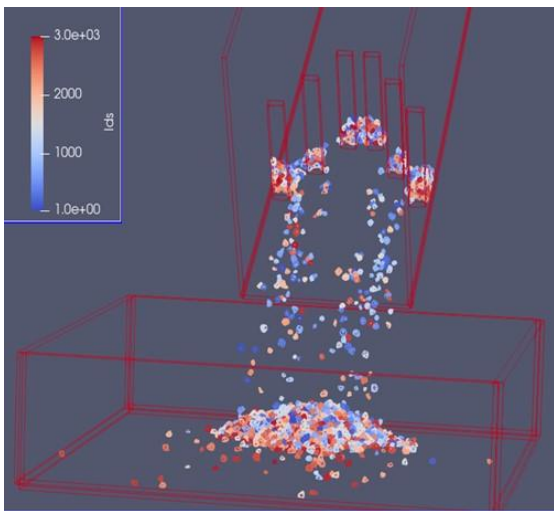
2.4.1 ผลการจำลองเชิงกายภาพ

ภาพที่ 8(a) แสดงผลของแรงกระแทกเนื่องจากการไหลของเม็ดแห้งพบว่า แรงที่กระทำต่อฝายสูงสุดเกิดขึ้นที่ฝายหมายเลข 3 และต่ำสุดคือ ฝายหมายเลข 6 ทั้งนี้แรงกระแทกที่เกิดขึ้นตั้งแต่ฝายหมายเลข 1 ถึง 5 นั้นไม่แตกต่างกันมากนักเพราะลักษณะการก่อดำของเม็ดแห้งหน้าฝายมีความสูงลักษณะเป็นแนวระนาบซึ่งมีความสูงมากที่สุด 12.7 ซม.

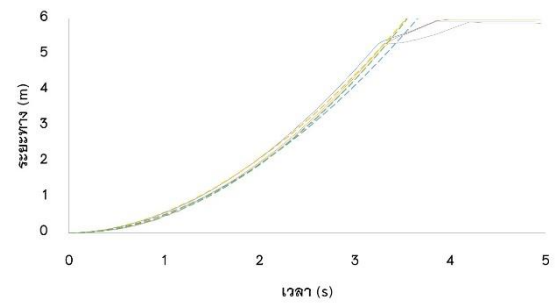
ภาพที่ 8(b) แสดงผลของแรงกระแทกมีความผันผวนค่อนข้างมาก จุดสูงสุดของแรงกระแทกใกล้เคียงกับฝายช่องเปิดแบบเรียงชิด แต่เมื่อเวลาผ่านไปขนาดของแรงกระแทกลดลงและคงที่หลังจากนั้น แรงกระแทกสูงสุดเกิดขึ้นที่ฝายหมายเลข 2 สังเกตได้ว่าฝายหมายเลข 5 มีขนาดแรงสูงสุดมากกว่าฝายหมายเลข 6 แต่หลังจากนั้นขนาดฝายหมายเลข 6 มีขนาดแรงที่สูงกว่าเพราะเมื่อเวลาผ่านไปเม็ดแห้งที่ถูกฝายดักอยู่ก่อนหน้านั้นได้พังทลายลงบางส่วนแล้วไหลผ่านฝายไปในภายหลัง ความสูงของการก่อดำสูงสุด 9 ซม.

ภาพที่ 8(c) แสดงผลของแรงกระแทกของฝายช่องเปิดแบบรูปตัวอัลฟาที่มีขนาดต่ำสุดจากฝายช่องเปิดทั้ง 3 รูปแบบ ลักษณะแรงกระแทกฝายหมายเลข 1 4 5 และ 6 เมื่อแรงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงจุดสูงสุดและเมื่อเวลาผ่านไปแรงมีขนาดลดลงไม่มากนักต่างจากฝายหมายเลข 2 และ 3 ซึ่งแรงเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดหลังจากนั้นมีขนาดแรงลดลงอย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่าเม็ดแห้งที่กองหน้าฝายหมายเลข 2 และ 3 เมื่อเวลาผ่านไปเม็ดแห้งได้พังทลายลงบางส่วนแล้วไหลผ่านฝายไปในภายหลัง

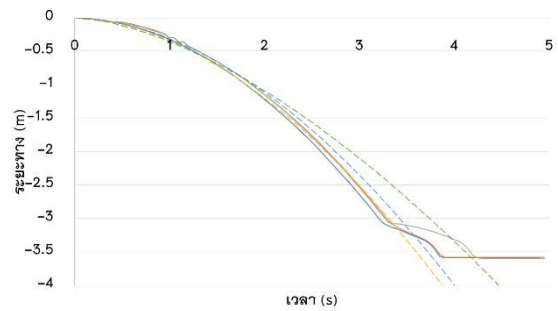
พฤติกรรมการไหลของเม็ดแห้งที่ผ่านฝายทั้ง 3 รูปแบบแสดงให้เห็นว่า เมื่อเม็ดแห้งกระทบฝายรูปแบบขีดเรียงขีดเม็ดมีพฤติกรรมทับถมขึ้นหน้าฝายจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดแรงที่กระทำระยะยาวลดลงไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับแรงวิกฤต ดังนั้นฝายชนิดนี้ มีประสิทธิภาพดักจับมากที่สุด ส่วนฝายรูปแบบรูปตัววีแสดงให้เห็นว่า เมื่อเม็ดแห้งเข้ากระทบหน้าฝายทำให้เกิดพฤติกรรมการทับถมของเม็ดแห้งหน้าฝายอย่างรวดเร็วในระยะเวลานั้น ๆ และหลังจากนั้นเม็ดแห้งจึงพังทลายแล้วไหลผ่านฝายไปเหมือนกรณีฝายรูปแบบรูปตัวอัลฟา แต่เนื่องจากฝายรูปแบบรูปตัวอัลฟาแรงวิกฤตที่เกิดขึ้นต่ำกว่าเพราะพฤติกรรมของเม็ดแห้งที่ไหลเข้ากระทบหน้าฝายจากตรงกลางมีการผ่อนแรงกระแทกและกระจายเม็ดแห้งเข้าด้านข้าง



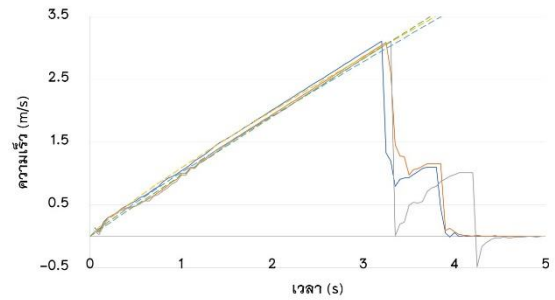
ภาพที่ 9 แบบจำลองเชิงตัวเลขของการทดสอบฝายช่องเปิดแบบรูปตัวอัลฟา



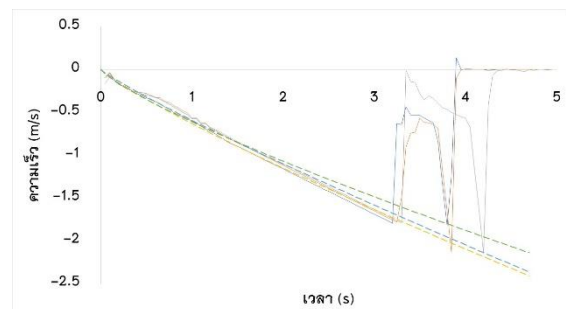
(a)



(b)



(c)



(d)

— dry granular 1 — dry granular 2 — dry granular 3
- - - trend line 1 - - - trend line 2 - - - trend line 3

ภาพที่ 10 ผลการทดลองของเม็ดแห้งจากแบบจำลองเชิงตัวเลขแสดงในความสัมพันธ์กับเวลา; (a) การเคลื่อนที่ทางแกน X, (b) การเคลื่อนที่ทางแกน Z, (c) ความเร็วทางแกน X, (d) ความเร็วทางแกน Z



2.4.2 ผลการจำลองเชิงตัวเลข

จากภาพที่ 10(a) และ 10(b) การเคลื่อนที่ของเม็ดแห้งทั้งแกน X และ Z มีความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้งคว่ำกับแกนตั้งหรือระยะทางทำให้ทราบว่าความสัมพันธ์ความเร็วมีลักษณะเป็นเชิงเส้นตามภาพที่ 10(c) และ 10(d) ระยะเวลาการเคลื่อนที่ของเม็ดแห้งที่มีระยะทาง 6.18 เมตรใช้เวลา 3.2 วินาทีถึงชนกับสิ่งกีดขวางเห็นได้จากภาพที่ 10(c) และ 10(d) เป็นความสัมพันธ์ความเร็วและเวลา จะเห็นได้ว่าเมื่อเม็ดแห้งเกิดการชนกับสิ่งกีดขวาง เม็ดแห้งบางก้อนจะลดความเร็วจนเหลือ 0 แล้วจึงเคลื่อนที่ เม็ดแห้งบางก้อนมีความเร็วที่ติดลบหรือสวนทางกับแกนแสดงให้เห็นว่าเกิดการเคลื่อนที่ตรงกันข้ามกับระยะทางที่เป็นบวกซึ่งเรียกว่าการสะท้อนกลับ ดังนั้นการไหลของเม็ดแห้งที่มีความลาดชัน 30 องศา มีความเร็วการไหลมีอัตราเพิ่มขึ้นค่อนข้างคงที่เป็นเชิงเส้นจึงสรุปได้ว่าความเร่งการเคลื่อนที่ของเม็ดแห้งมีค่าคงที่ ในตารางที่ 2 และ 3 แสดงความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่และความเร็วของแกน X และ Z โดยที่ตัวแปร y คือระยะทางหรือความเร็ว ตัวแปร x คือเวลา ของเม็ดแห้งที่เคลื่อนที่ก่อนชนกับสิ่งกีดขวาง

ความสัมพันธ์การเคลื่อนที่และความสัมพันธ์ความเร็วของเม็ดแห้งจากผลการจำลองเชิงตัวเลขสามารถนำไปเป็นข้อมูลในการประเมินลักษณะการเคลื่อนที่และความเร็วของเม็ดแห้งก่อนเข้าชนกับสิ่งกีดขวาง เพื่อเป็นการคาดการณ์ความรุนแรงของสถานการณ์เมื่อเกิดดินโคลนถล่ม

ตารางที่ 2 สรุปความสัมพันธ์การเคลื่อนที่ของเม็ดแห้งจากผลการจำลองเชิงตัวเลข

เม็ดแห้ง	ความสัมพันธ์การเคลื่อนที่แกน X		ความสัมพันธ์การเคลื่อนที่แกน Z	
	สมการ	R ²	สมการ	R ²
1	$y = 0.5769x^{1.854}$	0.9998	$y = 0.3394x^{1.8203}$	0.9996
2	$y = 0.5217x^{1.8838}$	0.9997	$y = 0.3094x^{1.8448}$	0.9994

3	$y = 0.4797x^{1.9949}$	0.9999	$y = 0.3549x^{1.6171}$	0.9944
---	------------------------	--------	------------------------	--------

ตารางที่ 3 สรุปความสัมพันธ์ความเร็วของเม็ดแห้งจากผลการจำลองเชิงตัวเลข

เม็ดแห้ง	ความสัมพันธ์ความเร็วแกน X		ความสัมพันธ์ความเร็วแกน Z	
	สมการ	R ²	สมการ	R ²
1	$y = 1.0886x^{0.8769}$	0.999	$y = 0.6321x^{0.865}$	0.9986
2	$y = 1.0158x^{0.9173}$	0.9983	$y = 0.593x^{0.8942}$	0.9975
3	$y = 0.9691x^{0.9751}$	0.9985	$y = 0.6106x^{0.8109}$	0.9915

3. สรุป

ผลการทดลองสำหรับฝ่ายทั้ง 3 รูปแบบพบว่าฝ่ายแบบเรียงชิดสามารถกักเศษและเกิดแรงกระแทกหน้าฝ่ายสูงสุดจากการไหลของเม็ดแห้ง ส่วนฝ่ายแบบรูปตัววีให้ค่าแรงกระแทกค่อนข้างสูงซึ่งต่างจากฝ่ายรูปตัวอัลฟาแต่การกักเศษไม่ต่างกันมากนัก ดังนั้นฝ่ายรูปตัววีจึงไม่เหมาะในการใช้การกักเศษของแข็ง

ผลการทดลองแบบจำลองเชิงตัวเลขให้ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจที่แน่นอน (R² มีค่าใกล้เคียง 1) ทำให้สามารถหาความสัมพันธ์การเคลื่อนที่และความเร็วได้อย่างแม่นยำ แต่ต้องอาศัยค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง ทั้งนี้ยังสามารถหาความสัมพันธ์ความเร็วได้จากความสัมพันธ์ความเร็วพบว่า ในการไหลของเม็ดแห้งมีค่าความเร่งค่อนข้างคงที่ สามารถพิสูจน์ได้จากการทำอนุพันธ์สมการ ดังนั้นจากความสัมพันธ์ที่ได้จากแบบจำลองเชิงตัวเลขสามารถนำไปใช้ในการคาดการณ์ความรุนแรงของสถานการณ์เมื่อเกิดดินโคลนถล่ม

ในงานวิจัยนี้สามารถต่อยอดการศึกษาในอนาคตโดยการใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขของระเบียบวิธีองค์ประกอบแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete element method) หาความสัมพันธ์การไหลของเม็ดแห้งในสภาวะต่าง ๆ เพื่อใช้ประเมินผลกระทบเชิงปริมาณที่ใช้ในการ



ออกแบบป้องกันภัยพิบัติการไหลหลากของดินโคลนและสามารถจำลองความเสียหายเนื่องจากภัยพิบัติดินโคลนถล่ม

4. กิตติกรรมประกาศ

คณะกรรมการโครงการวิจัย การทดลองผลกระทบของเมตต์แห่งที่ไหลผ่านฝายชะลอน้ำแบบเปิด การประยุกต์ใช้ในการบรรเทาภัยจากการไหลหลากของดินโคลน สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนงบประมาณทุนอุดหนุนการวิจัย จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้วิจัยขอกราบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยาที่ได้จัดสรรพื้นที่ในการติดตั้งแบบจำลองทางกายภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ ห้องปฏิบัติการ Laboratoire de Mécanique et Génie Civil (LMGC), Université de Montpellier ประเทศฝรั่งเศสที่ได้ให้คำแนะนำและการใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข Discrete element Method รวมถึงนิสิตสาขาวิศวกรรมโยธาที่ช่วยเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือในระหว่างการทำดำเนินการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณอาจารย์เยาวภา มูลเจริญ เป็นทั้งอาจารย์ที่ปรึกษาเรื่องต่าง ๆ และเป็นทั้งคู่ชีวิตที่คอยให้กำลังใจในการเขียนบทความครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Chiang Mai News. (2561). ดินโคลนถล่ม ในภาคเหนือ เชียงใหม่เสี่ยง 21 อำเภอ จาก <https://www.chiangmainews.co.th/page/archives/767621/>

[2] Leonardi A., Goodwin G.R., Pirulli M. (2019). The force exerted by granular flows on slit dams. Acta Geotechnica 14, 1949-1963. DOI: 10.1007/s1140-019-00842-6

[3] Cui Y., Choi C., Liu L., Ng C. (2018). Effects of particle size of mono-disperse granular flows impacting a rigid barrier. Nat Hazards 91, 1179-1201. DOI: 10.1007/s11069-018-3185-3

[4] Qing-Zhao Z., Qing P., Ying C., Ze-Jun L., Zhen-Ming S., Yuan-Yuan Z. (2019). Characteristics of landslides-debris flow accumulation in mountainous areas. Heliyou 5, e02463. DOI: 10.1016/j.heliyou.2019.e02463

[5] Zhao H., Yao L., You Y., Wang B., Zhang C. (2018). Experimental study of the debris flow slurry impact and distribution. Shock and Vibration 2018, Article ID 5460362. DOI: 10.1155/2018/5460362

[6] Ahmadipur A., Qiu T. (2018). Impact force to a rigid obstruction from a granular mass sliding down a smooth incline. Acta Geotechnica (2018) 13, 1433-1450. DOI:10.1007/s11440-018-0727-5

[7] Tan D.Y., Feng W.Q., Yin J.H., Zhu Z.H., Qin J.Q. (2020) Numerical study of retention efficiency of a flexible barrier in mitigating granular flow comparing with large-scale physical modeling test data. Acta Geotechnica (2021) 16, 433-448. DOI: 10.1007/s11440-020-01036-1

[8] Silva M., Costa S., Canelas R.B., Pinheira A.N., Cardoso A.N. (2016). Experimental and numerical study of slit-check dams. International Journal of Sustainable Development and Planning 11(2), 107-118. DOI: 10.2495/SDP-V11-N2-107-118

[9] Bavarian Environment Agency (2017). Sediment and woody debris transport-countermeasures. Federal state of Bavaria

[10] Donze F.V., Richefeu V., Magnier S.A. (2009). Advances in Discrete Element Method Applied to Soil, Rock and Concrete



Mechanics. Electronic Journal of
Geotechnical Engineering.

[11] Andreotti B., Forterre Y., Pouliquen O. (2013).
GRANULAR MEDIA. Cambridge University
Press, New York, NY, USA, 23-29.



การจัดการคุณภาพน้ำและระบบนิเวศ



การศึกษาพฤติกรรมความเค็มรุกตัวในแม่น้ำเจ้าพระยา

ณ วันที่ 27-28 ก.พ. 64 และ 7-8 มี.ค. 64

ธีรพล เจริญสุข^{1*}, ศุภักษรณ์ เจตนาวิชย์¹, ณรงค์ฤทธิ์ เหลืองดิลก¹, วาทิน ธนาธารพร¹, Kay Khaing Kyaw¹,
ทิวา โลสุพิมาน¹, อภิมุข มุขตารี¹, ปิยะมัลย์ ศรีสมพร¹, ธนัสพงษ์ โกควนิช² และสุรเจตส์ บุญญาอรุณเนตร¹

¹ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน), จังหวัดกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

² ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, จังหวัดกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

*อีเมลผู้รับผิดชอบบทความ: theerapol.c@hii.or.th

บทคัดย่อ

ในช่วงหน้าแล้งน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยามีปริมาณน้อยทำให้เกิดปัญหาความเค็มรุกตัว ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในการผลิตน้ำประปาและน้ำใช้เพื่อการเกษตร โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2564 ความเค็มรุกตัวมีความรุนแรงมากที่สุดตั้งแต่มีการตรวจวัด ณ สถานีตรวจวัดสำแล ค่าความเค็มสูงถึง 2.53 กรัม/ลิตร ในวันที่ 30 ม.ค. 64 เวลา 20.40 น. สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ ร่วมกับ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ดำเนินการสำรวจภาคสนามเพื่อศึกษาพฤติกรรมความเค็มรุกตัวในแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงน้ำเกิด (27-28 ก.พ. 64) และน้ำตาย (7-8 มี.ค. 64) โดยแบ่งการสำรวจเป็น 2 รูปแบบ คือ การสำรวจตามแนวลำน้ำเจ้าพระยาตั้งแต่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาถึงบางไทร และการสำรวจตามแนวตัดขวางบริเวณปากคลองประปาโดยทำการตรวจวัดเป็นรายชั่วโมงต่อเนื่อง 25 ชม. ครอบคลุมรอบน้ำขึ้น-น้ำลง ผลการสำรวจตามแนวลำน้ำเจ้าพระยาแสดงว่า ความเค็มบริเวณปากแม่น้ำช่วงต้นมีการแบ่งชั้นของน้ำ โดยน้ำบริเวณผิวหน้าน้ำจะมีความเค็มน้อยกว่าและเพิ่มขึ้นตามความลึก ตั้งแต่บริเวณโรงพยาบาลศิริราชถึงสถานีตรวจวัดสำแล ความเค็มตามความลึกมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลงมวน้ำผสมกันได้ดีมากขึ้น ผลการสำรวจตามแนวตัดขวาง พบว่า มีการแบ่งชั้นน้ำอ่อนๆในช่วงเวลาสั้นๆ ขณะน้ำลงในช่วงต้นส่งผลให้เกิด Enhanced estuarine circulation ดึงให้ความเค็มสามารถรุกเข้าไปทางต้นน้ำได้มากขึ้น ลักษณะดังกล่าวจะเห็นได้ชัดเจนขึ้นขณะที่มีการผสมของมวน้ำได้น้อยลงในช่วงน้ำตาย จากการศึกษา พบว่า พฤติกรรมการกระจายตัวของความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงน้ำทำน้อยเป็นแบบ Well mixed estuary อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องสำรวจภาคสนามเพิ่มเติมในอนาคตเพื่อที่จะอธิบายกลไกที่ทำให้ค่าความเค็มสูงขึ้นกว่าที่ผ่านมา โดยอุณหภูมิน้ำทะเลอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การแยกชั้นของน้ำทะเลชัดเจนขึ้นในช่วงต้นปี

คำสำคัญ: ความเค็มรุกตัว, แม่น้ำเจ้าพระยา, สำแล, Well mixed estuary

Abstract

During the dry season, the water in the Chao Phraya River is low, which causes salinity intrusion problems that have affected the quality of water used for domestic purposes and agriculture. According to measurements taken at the Samlue station, the salinity intrusion was particularly intense in 2021. The salinity reached to the highest point of 2.53 g/l at 8:40 p.m on 30th January 2021. The Hydro Informatics Institute (HII) and the Faculty of Fisheries, Kasetsart University conducted a survey to study the salinity intrusion behavior in the Chao Phraya River during the spring tide (27-28 Feb. 20) and the neap tide (7-8 Mar. 20) by dividing the survey into two forms. The first was a longitudinal survey of the Chao Phraya River



from the river mouth to the Bang Sai district, and the second was a cross-sectional survey of the Chao Phraya River around the canal mouth of Prapa with continuous measurements for 25 hours covering high and low tides. The longitudinal section of the Chao Phraya River reveals that the salinity of the estuary was stratified. The surface water is less salty, and it gets saltier as it goes deeper. There were few changes in salinity with the depth and water mass mixing better from Siriraj Hospital to Samlae station. Another finding from the Chao Phraya River cross-sectional survey was the presence of soft stratification in a short period of time. The onset of neap tide has resulted in increased estuarine circulation, with salinity intrusion extending far upstream. This is more noticeable during the neap tide because there is less mixing of water masses. The study discovered that the Chao Phraya River's salinity distribution behavior during low runoff was that of a well-mixed estuary. However, the survey should be expanded in the future to better understand the mechanism behind why salinity was so high in the past. One of the factors that makes seawater stratification obvious in the early years could be the temperature of the sea.

Keywords: Chao Phraya, Salinity intrusion, Samlae station, Well mixed estuary

1. บทนำ

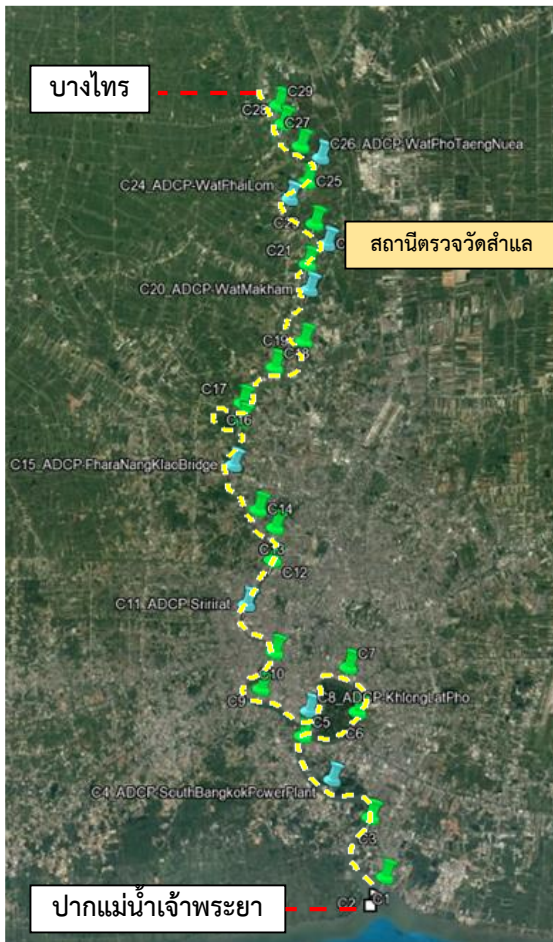
ในช่วงหน้าแล้งน้ำเค็มจากทะเลมักจะรุกเข้าไปในแม่น้ำเจ้าพระยา ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการผลิตน้ำประปา การใช้น้ำเพื่อการเกษตร ทำให้ส่งผลเสียต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนและเศรษฐกิจ ซึ่งการบริหารจัดการปัญหาในปัจจุบันทำได้โดยการติดตามค่าการตรวจวัดความเค็มจากสถานีตรวจวัดต่างๆ ของการประปานครหลวง [2] และกรมควบคุมมลพิษ ที่ตำแหน่งต่างๆ ในแม่น้ำเจ้าพระยา และการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 1 มิติเพื่อทำนายค่าความเค็ม [1] ควบคุมไปกับการบริหารการระบายน้ำหรือการผันน้ำจืดจากแหล่งน้ำอื่นเพื่อผลักดันมวลของน้ำเค็มให้เคลื่อนตัวลงปลายทางปากแม่น้ำเพื่อลดค่าความเค็มของน้ำให้ต่ำกว่าค่า 0.5 PSU ที่บริเวณปากคลองประปา ซึ่งตั้งอยู่ที่ อ.สามแฉะ จังหวัดปทุมธานี

อย่างไรก็ตามมาตรการที่ใช้อยู่ในปัจจุบันบางครั้งยังไม่สามารถลดความเค็มของน้ำบริเวณปากคลองประปาได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยตลอด ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาถึงลักษณะพลวัตของลิ่มความเค็มบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา เพื่อให้ได้มาซึ่งความเข้าใจของลักษณะการรุกของน้ำเค็มเชิงลึกแบบ 3 มิติ

ผลการศึกษานี้จะทำให้ทราบถึงพฤติกรรมความเค็มรุกตัวในแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อเป็นแนวทางการศึกษาวางแผนการบริหารจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป และจะทำการสำรวจในช่วงกลางเดือนตุลาคมที่ลิ่มความเค็มเริ่มรุกเข้ามาก เดือนพฤศจิกายน ธันวาคม มกราคม และกุมภาพันธ์ ตามลำดับ

2. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่สำรวจเริ่มตั้งแต่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาถึงอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระยะทางโดยรวม 100 กม. ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

3. อุปกรณ์สำรวจ

ดำเนินการสำรวจด้วยเรือสปีทโบ๊ทและเรือท้องแบนที่ตำแหน่งต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย

3.1 เครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปร

Multi-parameter CTD

เครื่องมือนี้สามารถวัดค่าพารามิเตอร์หลักๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ค่า conductivity หรือค่าการนำไฟฟ้า ค่าอุณหภูมิและค่าความเค็ม ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปร

4.2 เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำตามความลึก (Current profiler) รุ่น River Ray

เครื่องมือนี้สามารถวัดค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าความลึกน้ำ ความเร็วกระแส น้ำ อัตราการไหลและรูปตัดลำน้ำ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำตามความลึก

3.3 เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำตามความลึก

Current profiler รุ่น Workhorse Sentinel 1200 kHz

เครื่องมือนี้สามารถวัดค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าความลึกน้ำ ความเร็วกระแส น้ำ อัตราการไหลและรูปตัดลำน้ำ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำตามความลึก

4. ขั้นตอนการสำรวจ

การสำรวจแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาน้ำเกิด ระหว่างวันที่ 27-28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 และช่วงเวลาน้ำตายระหว่างวันที่ 7-8 มีนาคม พ.ศ. 2564 ดังรูปที่ 5 แผนการสำรวจ โดยในแต่ละช่วงเวลา ดำเนินการสำรวจ แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ การสำรวจตามลำน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยาและการสำรวจตามแนวหน้าตัดแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณพื้นที่ปากทางเข้าคลองประปา รายละเอียดของแต่ละการสำรวจเป็นดังต่อไปนี้

4.1 การสำรวจตามลำน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยา

Chao Phraya River's longitudinal-section survey

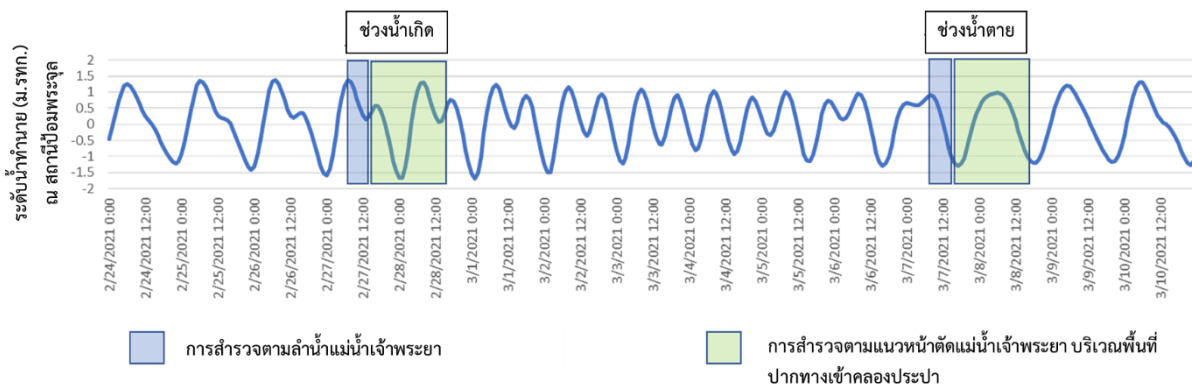
การสำรวจตามลำน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยาด้วยเรือสปีดโบ๊ทสำรวจ ณ ตำแหน่งต่างๆ ดังแสดงรูปที่ 1 จำนวนสถานีสำรวจทั้งหมด 29 สถานี แบ่งเป็นสถานีหลัก (สีฟ้า)

8 สถานีและสถานีรอง (สีเขียว) 21 สถานี โดยที่สถานีหลักจะมีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความเค็มและอุณหภูมิตามความลึก ทำการตรวจวัดด้วยเครื่อง Multi-parameter CTD ดังรูปที่ 6 และตรวจวัดค่าความเร็วและทิศทางกระแส น้ำตามความลึกด้วยเครื่อง ADCP รุ่น Workhorse Sentinel 1200 kHz ดังรูปที่ 7 ส่วนสถานีรอง ทำการตรวจวัดค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความเค็มตามความลึกด้วยเครื่อง AAQ-RINKO เพียงอย่างเดียว

โดยทำการลากเรือสำรวจ จากคณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ศาสตร์ และหย่อนเรือลงแม่น้ำเจ้าพระยาที่โรงเรียนนายเรือ อ. สมุทรปราการพร้อมด้วยทีมคณะสำรวจ หลังจากนั้นเดินทางที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ทำการสำรวจเริ่มต้นแต่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี C1) ขึ้นไปทางเหนือจนถึงสถานีสุดท้าย (สถานี C29)



รูปที่ 6 ตัวอย่างการสำรวจด้วยอุปกรณ์ Multi-parameter CTD



รูปที่ 5 แผนการสำรวจ



รูปที่ 6 ตัวอย่างการสำรวจด้วยอุปกรณ์เครื่องวัดความเร็วกระแสไฟฟ้าตามความลึก



รูปที่ 8 ตัวอย่างการสำรวจด้วยอุปกรณ์ Multi-parameter CTD ณ บริเวณปากคลองประปา

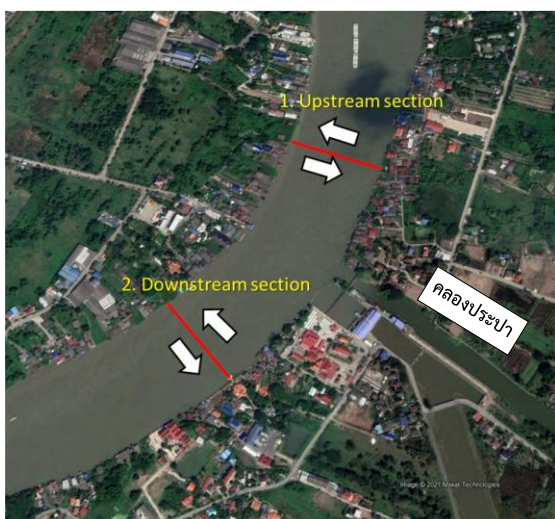
4.2 การสำรวจตามแนวหน้าตัดแม่น้ำเจ้าพระยา

Chao Phraya River's cross-sectional survey

การสำรวจตามแนวหน้าตัดแม่น้ำเจ้าพระยา โดยทำการสำรวจเหนือน้ำ (Upstream section) และท้ายน้ำ (Downstream section) บริเวณปากคลองประปา ดังรูปที่ 7 โดยทำการตรวจวัดเป็นรายชั่วโมงต่อเนื่อง เป็นเวลา 25 ชั่วโมงตามแผนการสำรวจ โดยทำการตรวจวัดค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความเค็มของน้ำด้วยเครื่อง Multi-parameter CTD ดังรูปที่ 8 และตรวจวัดปริมาณน้ำท่าเครื่อง ADCP รุ่น River Ray ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ตัวอย่างการสำรวจด้วยอุปกรณ์ ADCP ตรวจวัดปริมาณน้ำท่า ณ บริเวณปากคลองประปา



รูปที่ 7 ตำแหน่งตรวจวัดตามแนวหน้าตัดลำน้ำ

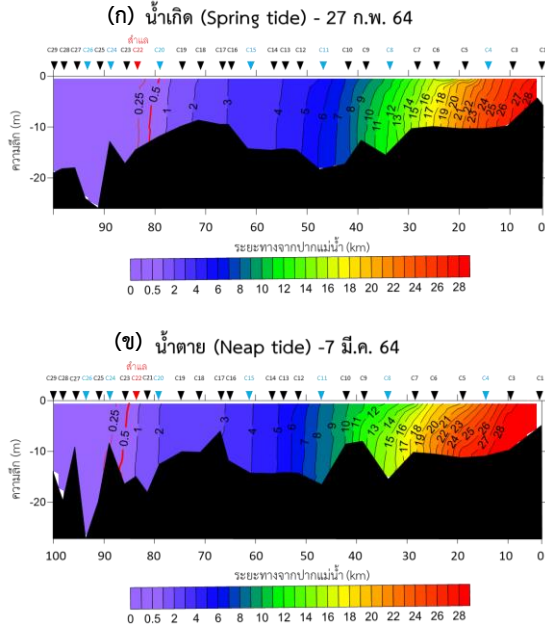
5. ผลการสำรวจ

ผลการสำรวจการศึกษาพฤติกรรมความเค็มรุกตัวในแม่น้ำเจ้าพระยา สรุปได้ดังต่อไปนี้

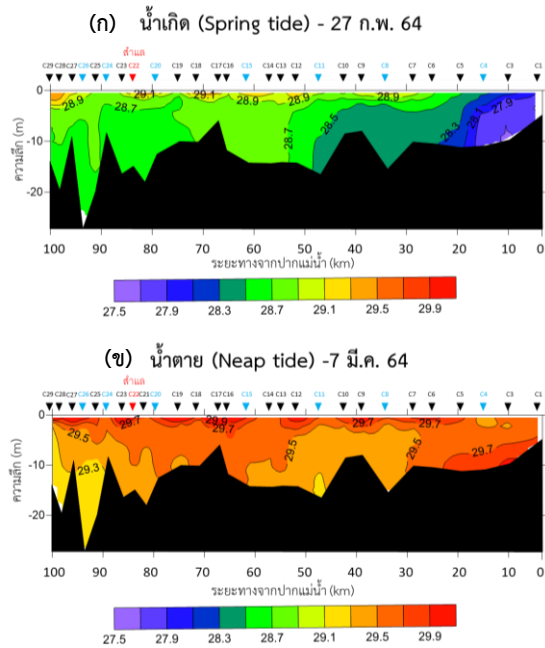
5.1 ผลการสำรวจตามลำน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา

ผลการสำรวจตามลำน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา แสดงในรูปที่ 10 ถึงรูปที่ 12 วันที่ 27 ก.พ. 64 (น้ำเกิด) ค่าความเค็มจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา เท่ากับ 28 PSU และค่าความเค็มลดลงตามระยะทาง ณ สถานีสำแลมีค่าความเค็มน้อย

กว่า 0.25 PSU ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ผลิตน้ำประปา แต่ใน
ขณะเดียวกันวันที่ 7 มี.ค. 64 (น้ำตาย) ค่าความเค็มอยู่ที่
1.00 PSU ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ผลิตน้ำประปา

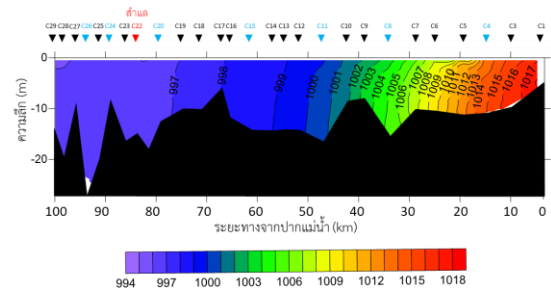


รูปที่ 10 ผลการตรวจวัดความเค็มตามลำน้ำเจ้าพระยา
(ก) ช่วงน้ำเกิดและ (ข) ช่วงน้ำตาย

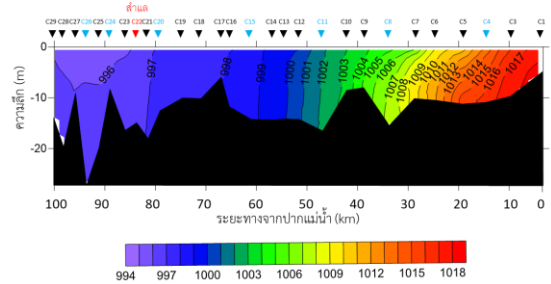


รูปที่ 11 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิตามลำน้ำเจ้าพระยา
ในช่วงน้ำเกิดและน้ำตาย

(ก) น้ำเกิด (Spring tide) - 27 ก.พ. 64



(ข) น้ำตาย (Neap tide) - 7 มี.ค. 64



รูปที่ 12 ผลการตรวจวัดค่าความหนาแน่นน้ำตามลำน้ำ
เจ้าพระยาในช่วงน้ำเกิดและน้ำตาย

5.2 ผลการสำรวจตามแนวหน้าตัดแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณปากคลองประปา

5.2.1 ผลการสำรวจคุณภาพน้ำตามแนวหน้าตัด แม่น้ำเจ้าพระยา

ผลการสำรวจแสดงในรูปที่ 13 ถึงรูปที่ 14 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของ Profile ของความเค็ม อุณหภูมิและความหนาแน่นในรอบน้ำขึ้น-น้ำลง ครบหนึ่งรอบต่อเนื่องเป็นเวลา 25 ชั่วโมง

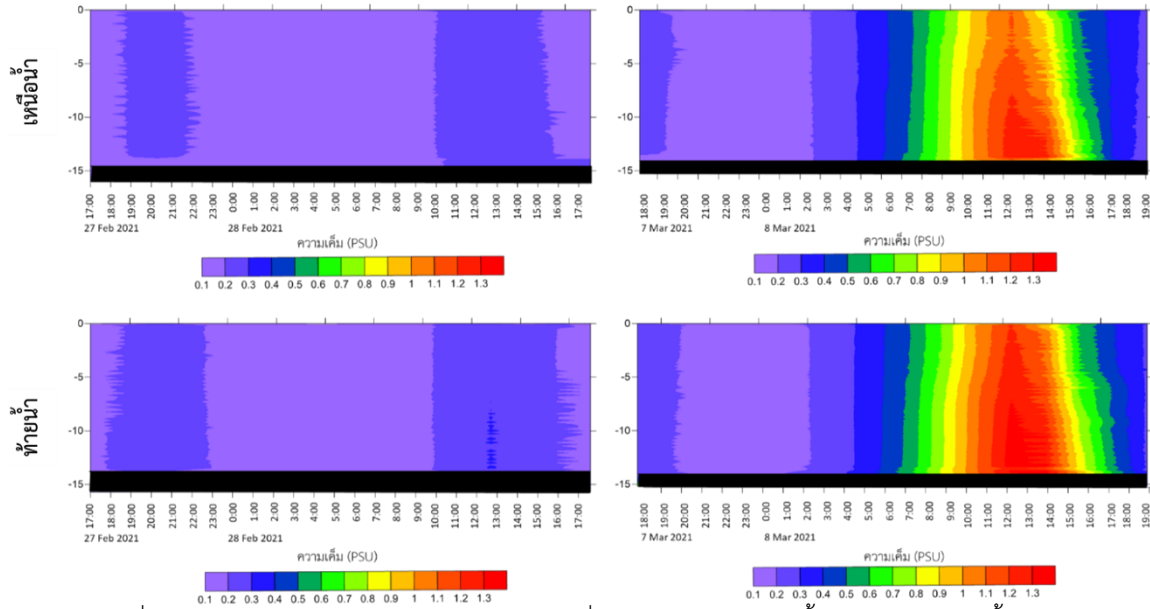
ณ วันที่ 27 - 28 ก.พ. 64 (น้ำเกิด) ค่าความเค็มเหนือน้ำและท้ายน้ำบริเวณลำแล มีค่าอยู่ระหว่าง 0.10 - 0.30 PSU โดยมีช่วงเวลาที่ความเค็มสูงขึ้น ณ เวลา 18.00 - 23.00 น. และ 10.00 - 16.00 น. ตามลำดับ

ณ วันที่ 7-8 มี.ค.64 (น้ำตาย) ค่าความเค็มเหนือน้ำและท้ายน้ำบริเวณลำแล มีค่าอยู่ระหว่าง 0.10 - 1.30 PSU โดยมีช่วงเวลาที่ความเค็มสูงขึ้น ณ เวลา 18.00 - 19.00 น. และ 03.00 - 16.00 น. ตามลำดับและค่าความเค็มสูงสุด ณ วันที่ 8 มี.ค.64 13.00 น



(ก) น้ำเกิด (Spring tide): 27-28 ก.พ. 64

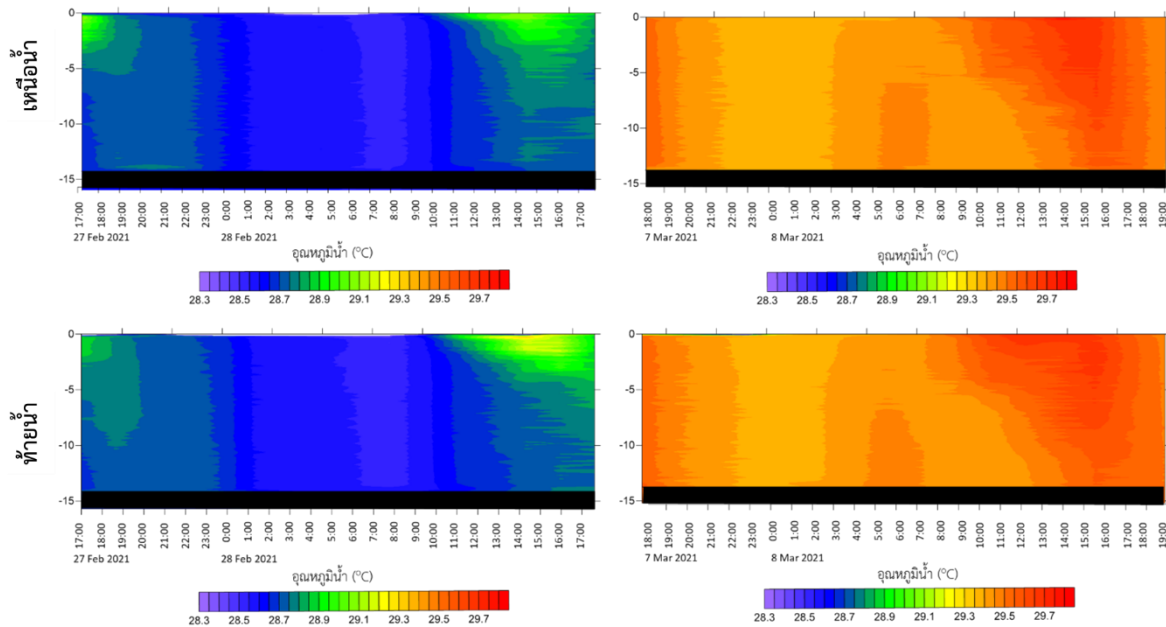
(ข) น้ำตาย (Neap tide): 7-8 มี.ค. 64



รูปที่ 13 ผลการตรวจวัดค่าความเค็มตามความลึกที่บริเวณสำแล (ก) ช่วงน้ำเกิดและ (ข) ช่วงน้ำตาย

(ก) น้ำเกิด (Spring tide): 27-28 ก.พ. 64

(ข) น้ำตาย (Neap tide): 7-8 มี.ค. 64



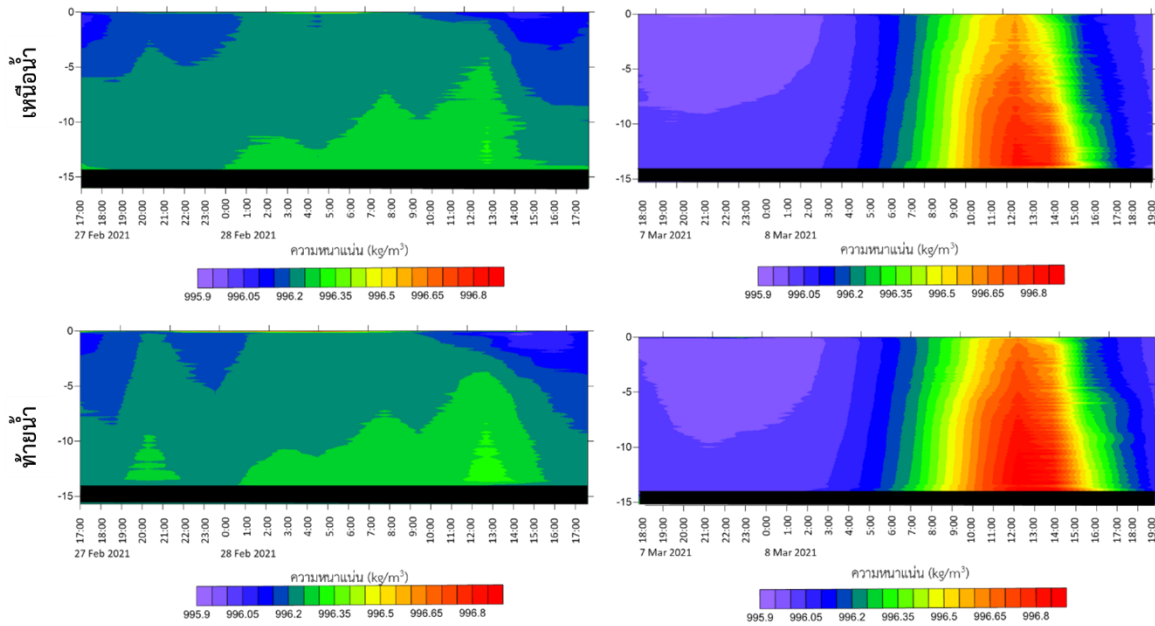
รูปที่ 14 ผลการตรวจวัดค่าอุณหภูมิน้ำตามความลึกที่บริเวณสำแล

(ก) ช่วงน้ำเกิดและ (ข) ช่วงน้ำตาย



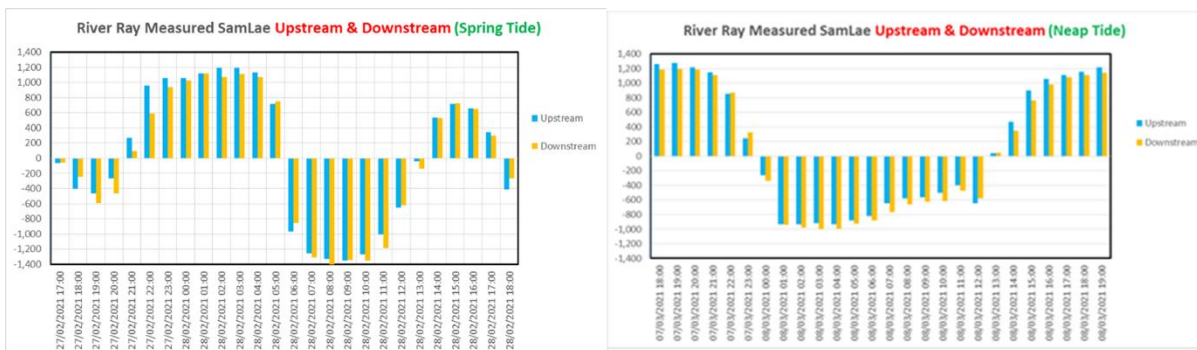
(ก) น้ำเกิด (Spring tide): 27-28 ก.พ. 64

(ข) น้ำตาย (Neap tide): 7-8 มี.ค. 64



รูปที่ 15 ผลการตรวจวัดค่าความหนาแน่นตามความลึกที่บริเวณลำแล

(ก) ช่วงน้ำเกิดและ (ข) ช่วงน้ำตาย



รูปที่ 16 ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำเหนือน้ำและใต้น้ำปากคลองประปา

(ก) ช่วงน้ำเกิดและ (ข) ช่วงน้ำตาย

5.2.2 ผลการสำรวจปริมาณน้ำท่า บริเวณปากคลองประปา

ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำท่าพบว่า บริเวณลำแลได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-น้ำลงอย่างมากส่งผลให้เกิดการไหลของน้ำย้อนกลับไปทางต้นน้ำ โดยใช้ช่วงน้ำเกิดอาจจะส่งผลให้มีปริมาณน้ำท่า ติดลบ (ไหลไปทางต้นน้ำ) ได้ถึงประมาณ 1,400 ลบ.ม./วินาที และในช่วงน้ำตาย 1,000 ลบ.ม./วินาที ดังรูปที่ 16

6. สรุปผลการสำรวจ

ผลการสำรวจการศึกษาพฤติกรรมความเค็มรุกตัวในแม่น้ำเจ้าพระยา สรุปได้ดังต่อไปนี้

6.1 สรุปผลการสำรวจตามลำน้ำแม่เจ้าพระยา

สรุปผลการสำรวจตามลำน้ำแม่เจ้าพระยา แสดงในรูปที่ 10 ถึงรูปที่ 12 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิ น้ำ ความเค็มและค่าความหนาแน่นมีความแตกต่างกันตามตำแหน่งต่างๆ สถานีตรวจวัดบริเวณปาก



แม่น้ำมีลักษณะน้ำที่เย็นกว่า เค็มกว่า และหนาแน่นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสถานีตรวจวัดทางต้นน้ำ โดยมีการเปลี่ยนแปลงตามความลึกแบ่งออกเป็นสองช่วง คือ ช่วงบริเวณสถานี C4 โรงไฟฟ้าพระนครใต้ ถึง C10 สะพานปลากรุงเทพ ซึ่งทำให้บริเวณดังกล่าวเกิดการแบ่งชั้นน้ำจากความหนาแน่นของน้ำทำให้มีการไหลเวียนแบบ 3 มิติ โดยสมบูรณ์ โดยพื้นที่หลังจากสถานีที่ C11 โรงพยาบาลศิริราช ถึง C22 สำแล มีลักษณะการกระจายตัวของความหนาแน่นของน้ำแบบ well-mixed การไหลเวียนเป็นแบบ 2 มิติ ไม่มีการแบ่งชั้นของน้ำอย่างชัดเจน ลักษณะดังกล่าว ทำให้อาจจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามความลึกของค่าความเร็วและทิศทางกระแสน้ำที่บริเวณใกล้ปากแม่น้ำ มากกว่าบริเวณใกล้สถานีสำแล

เมื่อเปรียบเทียบผลการสำรวจในช่วงน้ำเกิดและน้ำตาย พบว่า ในช่วงน้ำเกิด มวลน้ำมีการผสมผสานกันตามความลึกมากกว่าในช่วงน้ำตาย และมีการรุกล้ำของน้ำเค็มน้อยกว่าในช่วงน้ำตาย โดยค่าความเค็มบริเวณสำแลในช่วงน้ำเกิดมีค่าประมาณ 0.25 PSU เมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงน้ำตายซึ่งมีค่า ประมาณ 1 PSU ลักษณะเช่นนี้บ่งบอกถึงความสำคัญของการศึกษาถึงความเค็มของแม่น้ำเจ้าพระยาในเชิงลึกแบบ 3 มิติ

6.2 สรุปผลการสำรวจตามแนวหน้าตัดแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณปากคลองประปา

โดยทำการสรุปผลการสำรวจตามแนวหน้าตัดแม่น้ำเจ้าพระยา ดังต่อไปนี้

6.2.1 ผลการสำรวจคุณภาพน้ำตามแนวหน้าตัดแม่น้ำเจ้าพระยา

ผลการสำรวจแสดงในรูปที่ 13 ถึงรูปที่ 14 แสดงให้เห็นว่า ในช่วงน้ำเกิดและน้ำตาย มวลน้ำที่ต้นน้ำและท้ายน้ำมีคุณสมบัติแตกต่างกันเล็กน้อย โดยมวลน้ำที่ท้ายน้ำมีค่าความเค็มและความหนาแน่นสูงมากกว่าบริเวณเหนือน้ำ ระยะทางระหว่างเหนือน้ำและท้ายน้ำประมาณ 400 เมตร โดยค่าความหนาแน่นและความเค็มที่สูงขึ้นบริเวณท้ายน้ำ เป็นผลมาจากการสูบน้ำเข้าคลองประปาบริเวณ

สำแล ลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามเวลา เมื่อน้ำไหลขึ้นไปทางต้นน้ำขณะที่น้ำขึ้น จะส่งผลให้ค่าความเค็มและความหนาแน่นของน้ำเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่น้ำลงค่าความเค็มและความหนาแน่นบริเวณผิวน้ำลดลงเร็วกว่าบริเวณน้ำลึก ส่งผลให้เกิดการแบ่งชั้นอย่างอ่อนๆ ชั่วคราว ในช่วงน้ำเกิด ความเค็ม อุณหภูมิและความหนาแน่นน้อยกว่าในช่วงน้ำตาย

6.2.2 สรุปผลการสำรวจปริมาณน้ำท่า บริเวณปากคลองประปา

ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำท่าพบว่า ค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 25 ชั่วโมง (Tidal averaged discharge) ในช่วงน้ำเกิดมีปริมาณน้ำท่าต้นน้ำเท่ากับ 75 ลบ.ม./วินาที และท้ายน้ำเท่ากับ 15 ลบ.ม./วินาที และในช่วงน้ำตายปริมาณน้ำท่าเหนือน้ำเท่ากับ 69 ลบ.ม./วินาที และท้ายน้ำเท่ากับ 17 ลบ.ม./วินาที ซึ่งผลการตรวจวัดสามารถใช้คำนวณปริมาณการสูบน้ำดิบเข้าคลองประปาที่สำแล เท่ากับ 60 ลบ.ม./วินาที ณ วันที่ 27-28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 และ เท่ากับ 52 ลบ.ม./วินาที ณ วันที่ 7-8 มีนาคม พ.ศ. 2564 และพบว่า ปริมาณน้ำสูญเสียก่อนถึงสถานีสำแล เท่ากับ 52% โดยคำนวณจากข้อมูลการระบายน้ำที่สำคัญจากกรมชลประทาน

7. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลตรวจวัดระยะยาวที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของการประปานครหลวงอาจจะสามารถตั้งสมมติฐานได้ว่า การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าความเค็มที่บริเวณสำแล ระหว่างเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 ซึ่งไม่สัมพันธ์อย่างตรงไปตรงมากับการระดับน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและปริมาณน้ำท่าที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา อาจจะเกิดจากกระบวนการการไหลเวียนแบบ 3 มิติ ซึ่งอาจจะทวีความรุนแรงขึ้นจากลักษณะความหนาแน่นของน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา โดยความหนาแน่นของน้ำทะเลที่ปากแม่น้ำ ร่วมกับ Tidal mixing ในช่วงต้นปี ธันวาคม - กุมภาพันธ์ อุณหภูมิที่น้ำทะเลในอ่าวไทยตอนในเย็นและเค็มและมีปริมาณน้ำท่าน้อย จึง



ทำให้เกิด Salt wedge พัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องในแม่น้ำเจ้าพระยา สังเกตได้จากความเค็มที่ค่อยๆ สูงขึ้นตามลำดับที่สถานีต่าง ๆ ตั้งแต่ปากแม่น้ำไล่ไป ลักษณะดังนี้จะทำให้เกิดการแบ่งชั้นในช่วงน้ำตายซึ่งเป็นช่วงที่ลึมนจะพัฒนาและรุกคืบเข้าไปในแม่น้ำได้เร็วที่สุด ในช่วงน้ำเกิด Tidal mixing มีพลังงานเพียงพอที่จะทำให้การแบ่งชั้นทำให้ความเค็มของน้ำที่ผิวน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งแม้ว่าจะมีการเพิ่มประมณน้ำท่า ก็จะไม่สามารถลดความเค็มที่ผิวน้ำได้เนื่องจากมีการ mix อย่างต่อเนื่อง

อย่างไรก็ดี เมื่ออุณหภูมิน้ำทะเลที่ปากแม่น้ำเพิ่มขึ้นตามฤดูกาล กระบวนการพัฒนาลึมนความเค็มจึงลดลง ลึมนความเค็มเคลื่อนตัวลงมาใกล้ปากแม่น้ำ ลักษณะการไหลเวียนบริเวณต้นน้ำลดทอนลงเป็นแบบ 2 มิติมากขึ้น ซึ่งตรงกับช่วงเวลาที่เรทำการสำรวจกระบวนการไหลเวียนแบบ 3 มิติจึงอยู่แค่พื้นที่ปากแม่น้ำและจะเพิ่มมากบริเวณขึ้นในช่วงน้ำตาย ส่งผลให้ความเค็มจะเพิ่มสูงขึ้นบริเวณสำคัญในช่วงน้ำตายแทนที่จะเพิ่มขึ้นในช่วงน้ำเกิดเช่นเดียวกับช่วงธันวาคม-กุมภาพันธ์

อย่างไรก็ตามข้อสมมติฐานนี้ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนใหญ่ที่ผิวน้ำ และมีข้อมูลเชิงลึกแบบ 3 มิติจำกัด ในอนาคตควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมระหว่างซึ่งอาจจะจัดเตรียมแบบจำลองอุทกพลศาสตร์แบบ 3 มิติพร้อมกับการสำรวจภาคสนามเพิ่มเติมเฉพาะระหว่างช่วงเดือนธันวาคม-มีนาคมซึ่งเป็นช่วงที่คาดว่าน่าจะมีการรุกของน้ำเค็มบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำท่าจีนและแม่น้ำแม่กลองในอนาคตมากที่สุดเพื่อศึกษาพฤติกรรมความเค็มรุกตัวและทำการศึกษาจัดทำแผนการบริหารจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) ขอขอบคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้อนุเคราะห์อุปกรณ์การสำรวจและร่วมการสำรวจและศึกษาพฤติกรรมความเค็มรุกตัวในแม่น้ำเจ้าพระยาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Theerapol K.W.P. (2021) . Monitor and Analyzing Salinity intrusion using Salinity Intrusion Forecast System in the Chao Phraya River During Tropical Pabuk 2019. Proceedings of 25th National Convention on Civil Engineering, July 15-17, 2020, Chonburi, Thailand.
- [2] <http://rwc.mwa.co.th/page/home/>



เทคโนโลยีสมัยใหม่และการตัดสินใจ



ระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบลอยน้ำสำหรับแหล่งน้ำในระดับชุมชน

ชวิน กันยาวรรักษ์^{1*}, สุรเจตส์ บุญญาอรุณเนตร² และสุทัศน์ วิสกุล³

^{1,2,3}สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ(องค์การมหาชน), จังหวัดกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

*อีเมลผู้รับผิดชอบบทความ: chawin@hii.or.th

บทคัดย่อ

การวางแผนการใช้น้ำให้เพียงพอในตลอดทั้งปีนั้นจำเป็นต้องทราบข้อมูลสถานะระดับน้ำของแหล่งน้ำซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ภัยแล้ง ประเทศไทยมีแหล่งน้ำขนาดเล็กของชุมชนหรือระดับท้องถิ่นที่มีอยู่เป็นจำนวนมากประมาณ 140,000 แห่ง [1] ดังนั้นต้องอาศัยคนเข้าไปจดบันทึกซึ่งมีความยากลำบากในการเข้าพื้นที่ ทำให้ขาดความต่อเนื่องของข้อมูล หากมีอุปกรณ์ที่สามารถลดการใช้กำลังคนและมีการส่งข้อมูลระดับน้ำของแหล่งน้ำได้อย่างอัตโนมัติต่อเนื่อง จะทำให้สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการวางแผนการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และหากมีข้อมูลจากแหล่งน้ำเหล่านี้มารวมกันจะให้นำไปสู่การช่วยสนับสนุนการวางแผนบริหารจัดการน้ำในภาพรวมได้ ระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบพุนลอยน้ำจึงถูกวิจัยและพัฒนาขึ้น เพื่อนำไปติดตั้งตามแหล่งน้ำที่อยู่ตามชุมชนที่ไม่มีเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งเน้นการออกแบบให้ใช้งานง่าย ติดตั้งสะดวก และราคาประหยัด โดยติดตั้งหัววัดความความลึกน้ำแบบ Hydrostatic Level Sensor และอุปกรณ์ระบุพิกัด GPS เพื่อระบุตำแหน่งของแหล่งน้ำที่ทำการตรวจวัด ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ อาศัยพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่พร้อมระบบชาร์จพลังงานด้วยโซลาร์เซลล์ โดยมีพื้นที่ศึกษาทดสอบการทำงานติดตั้งระบบใน อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น และ อ.สันติสุข จ.น่าน

คำสำคัญ: ระบบตรวจวัดขนาดเล็ก, ระดับน้ำ, แหล่งน้ำขนาดเล็ก, ภัยแล้ง, พุนลอย

Abstract

Planning for adequate water consumption throughout the year, it is necessary to know the water level status of water resources, which is an important basic information especially in the drought situation. Thailand has about 140,000 small reservoirs at community and local levels. It requires people to take notes in the area where access is difficult causing a lack of continuity of information. If there is a device that can reduce the number of manpower and continuously transmit water level data of the water resources automatically. This will enable data to be used for effective water use planning. If data from these water resources is integrated, it will lead to supporting overall water management planning. Therefore, a small buoyant water level measurement system was researched and developed. This small buoyant is aimed to be installed at water resources in communities where they do not have an automatic water level measurement device. The equipment is designed to easy to use, convenient to install and economical. It is equipped with a Hydrostatic Level Sensor and a GPS locator to determine the location of water resources being measured, transmit data via mobile network relying on electric power from batteries with a solar cell charging system. There are pilot areas to test the installation of the system in Nam Phong District, Khon Kaen Province and Santisuk District, Nan Province.

Keywords: Micro-monitoring system, Water level, Air pressure, Water resources, Drought, buoy

1. คำนำ

ข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุนของแหล่งน้ำ จำเป็นต่อการนำมาวางแผนบริหารการใช้น้ำเพื่อให้มีปริมาณน้ำเพียงพอสำหรับให้ชุมชนและพื้นที่โดยรอบสามารถอุปโภคและบริโภคตลอดทั้งปี โดยเครื่องมือส่วนใหญ่ที่ใช้ในการวัดระดับน้ำจะมีหลากหลายประเภท เช่น ไม้มบรรทัดน้ำแบบพองอากาศ แบบลูกลอย แบบคลื่นเสียงสะท้อน [2][3] เป็นต้น ซึ่งปกติแล้วจะเป็นการติดตั้งโครงสร้างสถานีที่อยู่บนฝั่ง และจำเป็นต้องมีการดูแลรักษา แต่เนื่องจากแหล่งน้ำในพื้นที่ชุมชนส่วนใหญ่มีเพียงการติดตั้งไม้มบรรทัดน้ำ ทำให้ต้องอาศัยคนไปคอยดูระดับน้ำที่เหลือนอยู่ ซึ่งหลายแห่งอยู่ห่างไกลพื้นที่ชุมชนจึงทำให้เดินทางลำบาก

ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการวิจัยพัฒนาระบบตรวจวัดที่ส่งข้อมูลระดับน้ำจากระยะไกล ทำให้ได้ข้อมูลระดับน้ำเพื่อนำมาประเมินหาปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ เพื่อปรับแผนการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบลอยน้ำดังรูปที่ 1 เป็นอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นให้มีขนาดเล็ก ติดตั้งง่าย ใช้สำหรับตรวจวัดระดับความลึกของน้ำแบบอัตโนมัติ และส่งข้อมูลมายังส่วนกลาง ทำให้สามารถนำไปใช้ตามแหล่งน้ำของชุมชนต่างๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดมาประเมินสถานการณ์น้ำต้นทุนและช่วยในการวางแผนบริหารจัดการการใช้น้ำให้เหมาะสม ซึ่งงานวิจัยนี้จะเน้นการออกแบบระบบให้ใช้งานสะดวก ติดตั้งง่าย และราคาถูก เป็นหลัก



รูปที่ 1 ระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบลอยน้ำ

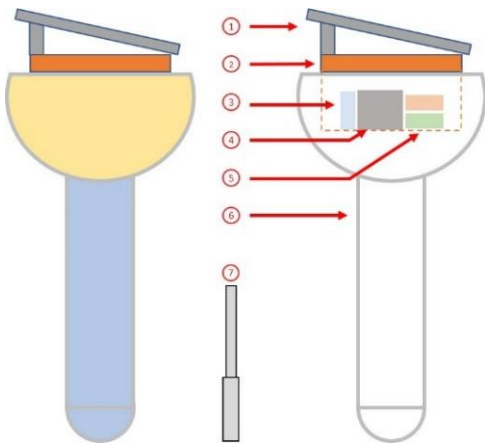
2. รายละเอียดของระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบลอยน้ำ

2.1 การออกแบบและส่วนประกอบของระบบ

ระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบลอยน้ำถูกออกแบบให้มีความเรียบง่ายและใช้วัสดุที่สามารถหาได้ตามท้องตลาด โดยแบบออกเป็น 2 ส่วนหลัก ส่วนที่หนึ่งคือทุ่นลอยน้ำโดยนำแนวคิดทุ่นตะกั่วตกปลามาใช้ที่มีส่วนลอยพื้นเหนือน้ำและส่วนที่จมอยู่ใต้น้ำ อีกทั้งยังให้มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่ต่ำ เพื่อป้องกันการพลิกคว่ำของระบบหากโดนคลื่นน้ำกระทบเข้ามา ซึ่งชุดถ่วงน้ำหนักจะทำมาจากท่อพีวีซีบรรจุก้อนกรวด และบริเวณที่อยู่ผิวน้ำวัสดุภายนอกจะทำมาจากโฟเบอร์ไรเควทที่ภายในฉีดโฟมเพื่อช่วยในการลอยน้ำและป้องกันการรั่วซึมของน้ำ ภายในตัวทุ่นจะมีกล่องพลาสติกกันน้ำสำหรับใส่อุปกรณ์ ส่วนที่สองคือส่วนวงจรควบคุมและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่ทำหน้าที่แปลงค่าจากเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำและส่งข้อมูลต่างๆมายังส่วนกลาง ดังแสดงรายละเอียดโครงสร้างของทุ่นส่วนต่างๆดังกล่าวในรูปที่ 2 และ 3 และตารางที่ 1 ตามด้านล่าง



รูปที่ 2 ภายในและภายนอกของระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบลอยน้ำ

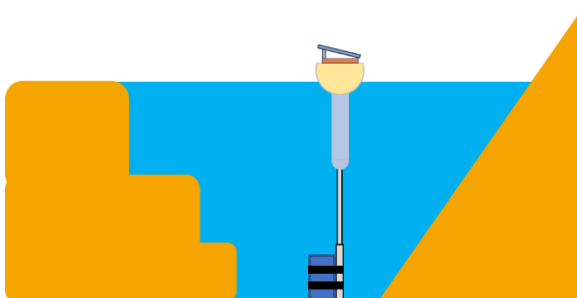


รูปที่ 3 รายละเอียดชิ้นส่วนของอุปกรณ์

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบลอยน้ำ (ในรูปที่ 3)

หมายเลข	รายละเอียด
1	แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 12 โวลต์ 5 วัตต์
2	กล่องใส่อุปกรณ์กันน้ำ
3	เครื่องควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 10 แอมป์
4	แบตเตอรี่ LiFePo4 ขนาด 12 โวลต์ 6 แอมป์
5	วงจรถวลหลัก
6	ทุ่นลอยน้ำและชุดถ่วงน้ำหนัก
7	เซนเซอร์วัดระดับน้ำ ย่านความลึก 15 เมตร

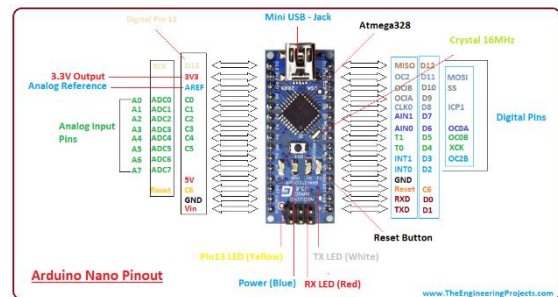
การติดตั้งระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบลอยน้ำ จะเลือกในแหล่งน้ำที่เป็นบริเวณน้ำนิ่ง ใกล้กับตำแหน่งที่ลึกที่สุด หรือจะเป็นบริเวณใกล้กับสันขอบของแหล่งน้ำ เพื่อความสะดวกในการติดตั้ง และสามารถตรวจวัดได้ตลอดช่วงเวลาของปี ดังแสดงในรูปที่ 4 ด้านล่างนี้



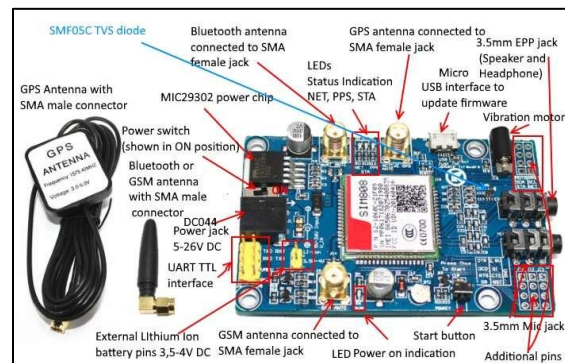
รูปที่ 4 ตัวอย่างการติดตั้งใช้งานของระบบ

2.2 ระบบควบคุมการทำงานหลัก

ระบบควบคุมการทำงานหลักจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ 1) ส่วนควบคุมหลัก ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบ อาทิเช่น แปลงข้อมูลตรวจวัดจากหัววัดเป็นค่าระดับความลึกของน้ำ โดยเลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Nano (ATmega328) ที่เป็นรูปแบบ Arduino Platform [4] ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 2) ส่วนสื่อสาร ทำหน้าที่ส่งข้อมูลมายังส่วนกลางผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยเลือกใช้บอร์ด SIM808 ที่รองรับเครือข่ายสัญญาณแบบ GPRS อีกทั้งยังสามารถรับสัญญาณระบุตำแหน่งพิกัดทางดาวเทียม(GPS) ได้ ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งสองส่วนมีความเหมาะสมทั้งเรื่องการรองรับกับอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในระบบนี้ และยังหาซื้อได้ง่ายราคาถูก สามารถซ่อมแซมบำรุงรักษาได้สะดวกและรวดเร็ว



รูปที่ 5 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Nano



รูปที่ 6 บอร์ดสื่อสารผ่านสัญญาณเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ SIM808 GPRS/GPS

โดยเซนเซอร์วัดระดับน้ำที่ติดตั้งในระบบนี้เป็นหัววัดความลึกน้ำแบบ Hydrostatic Level Sensor โดยเลือกย่านวัดที่สามารถวัดความลึกได้ลึกสุดที่ 15 เมตร ดังรูปที่ 7 โดยมีรายละเอียดคุณสมบัติดังตารางที่ 2



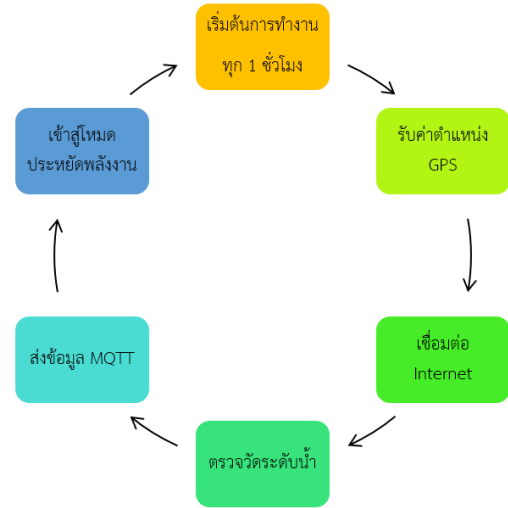
รูปที่ 7 หัววัดความลึกน้ำ

ตารางที่ 2 คุณสมบัติหัววัดความลึกน้ำ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ย่านการวัด	15 เมตร
ความยาวสาย	20 เมตร
สัญญาณเอาต์พุต	4-20 มิลลิแอมป์
ความแม่นยำ	0.5%
แรงดันไฟฟ้า	9-30 VDC
วัสดุท่อหุ้ม	สแตนเลส 304
วัสดุท่ออะพรม	สแตนเลส 316L
มาตรฐานการป้องกันน้ำ	IP 68

ระบบนี้มีหลักการทำงานโดยรวมคือ ระบบจะเริ่มดำเนินการทำงานตามเวลาที่กำหนดไว้ โดยระบบจะเริ่มรอรับข้อมูลตำแหน่งพิกัดทางดาวเทียม (GPS) และเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เพื่อเตรียมสำหรับการส่งข้อมูล จากบอร์ดสื่อสาร จากนั้นระบบควบคุมจะทำการอ่านและแปลงค่าจากเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำ และทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่กำหนด ก่อนจะส่งข้อมูลแบบ MQTT Protocol (Message Queuing Telemetry Transport) [5][6] ที่เป็นรูปแบบที่นิยมใช้สำหรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ในปัจจุบันหรือที่เรียกว่า อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT: Internet of Things) เมื่อทำการส่งข้อมูลสำเร็จ ระบบจะเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงาน และเมื่อถึงเวลาที่

กำหนดก็จะเริ่มการทำงานดังที่กล่าวในข้างต้นต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 หลักการทำงานของระบบ

2.3 ระบบพลังงานไฟฟ้า

ระบบพลังงานไฟฟ้าจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ อุปกรณ์ควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ โซลาร์เซลล์ และแบตเตอรี่ โดยทั้ง 3 ส่วนจะเชื่อมต่อกันดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งผังไหลจะถูกส่งไปเชื่อมต่อเข้ากับระบบควบคุมการทำงานหลักเพื่อให้ระบบดังกล่าวทำงาน



รูปที่ 9 แสดงการเชื่อมต่อระบบพลังงานไฟฟ้า

โดยระบบใช้โซลาร์เซลล์ขนาด 12 โวลต์ 5 วัตต์ ในการประจุพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ และใช้ชุดควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ 10 แอมป์ ในการควบคุมการทำงานทั้งควบคุมการชาร์จและการใช้งานของ

ระบบ เพื่อป้องกันการเสียหายกับแบตเตอรี่จากการใช้งานจนค่าแรงดันแบตเตอรี่ต่ำกว่าที่กำหนด และแบตเตอรี่เป็นชนิด ลิเทียมไอลอนฟอสเฟต (LiFePo4) ขนาด 12 โวลต์ 6 แอมป์ ในการให้พลังงานไฟฟ้าแก่ระบบ ดังแสดงรูปตัวอย่างอุปกรณ์ในรูปที่ 10 11 และ 12 ตามลำดับ



รูปที่ 10 โซลาร์เซลล์ขนาด 12 โวลต์ 5 วัตต์



รูปที่ 11 เครื่องควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ 10 แอมป์

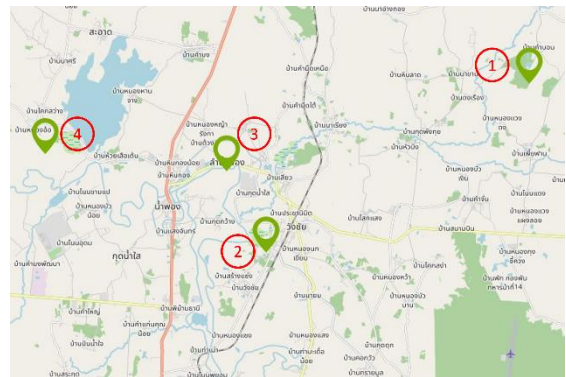


รูปที่ 12 แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอลอนฟอสเฟต 12 โวลต์ 6 แอมป์

3 การศึกษาทดลองสำหรับติดตั้งและเก็บข้อมูล

3.1 พื้นที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบระบบต้นแบบโดยการติดตั้งในพื้นที่แหล่งน้ำจริง เพื่อทำการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบ โดยมีการติดตั้งใน 2 พื้นที่ ได้แก่ อำเภอ น้ำพอง จังหวัดขอนแก่น และอำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน โดยได้รับความร่วมมือจากกรมทรัพยากรน้ำ สำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 4 จังหวัดขอนแก่น และกรมชลประทาน โครงการชลประทานน่าน สำนักงานชลประทานที่ 2 ที่สนับสนุนการติดตั้ง ดังแสดงรายละเอียดแหล่งน้ำที่ใช้ติดตั้งอุปกรณ์ ในรูปที่ 13 และ 14 กับตารางรายชื่อที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ทำให้สามารถนำระบบต้นแบบไปติดตั้งได้หลายๆจุดพร้อมกัน เพื่อง่ายต่อการลงพื้นที่สำหรับการติดตั้งและเก็บข้อมูล

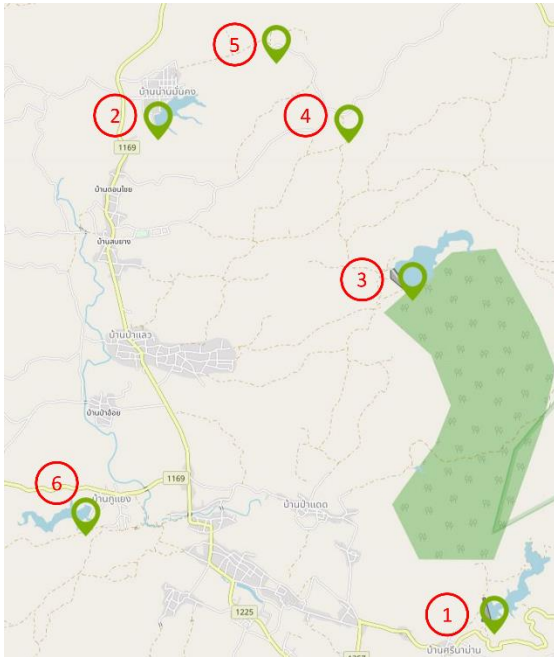


รูปที่ 13 ตำแหน่งแหล่งน้ำที่ติดตั้งอุปกรณ์ อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น

ตารางที่ 3 รายชื่อแหล่งน้ำที่ติดตั้งอุปกรณ์

ณ อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น

หมายเลข	ชื่อแหล่งน้ำ
1	แหล่งน้ำบ้านคำบอน ต.บัวเงิน
2	แหล่งน้ำบึงห้วยชัน ต.วังชัย
3	แก้มลิงบึงปากดงเทียว ต.ลำน้ำพอง
4	แหล่งน้ำหนองอ้อ ต.สะอาด



รูปที่ 14 ตำแหน่งแหล่งน้ำที่ติดตั้งอุปกรณ์ อำเภอสันตสุข จังหวัดน่าน

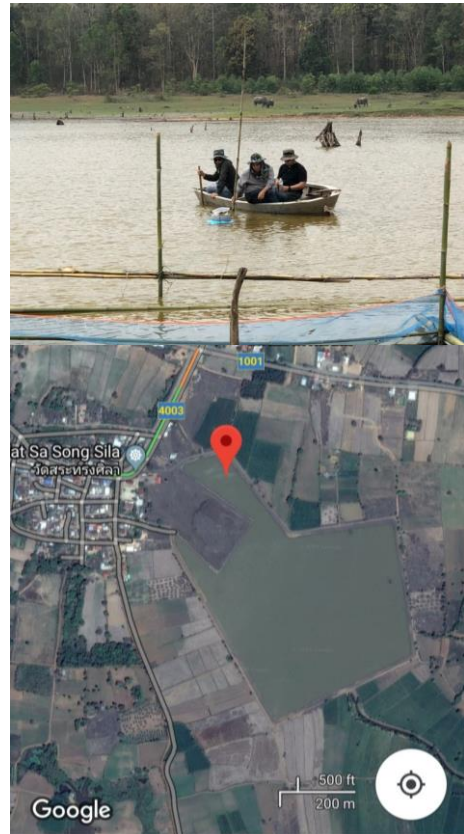
ตารางที่ 4 รายชื่อแหล่งน้ำที่ติดตั้งอุปกรณ์
ณ อำเภอสันตสุข จังหวัดน่าน

หมายเลข	ชื่อแหล่งน้ำ
1	อ่างเก็บน้ำน้ำพงษ์ ต.พงษ์
2	อ่างเก็บน้ำขอนแก่นสอง ต.ป่าเลหวาง
3	อ่างเก็บน้ำยาง ต.ป่าเลหวาง
4	อ่างเก็บน้ำห้วยข้าวหลาม ต.ป่าเลหวาง
5	อ่างเก็บน้ำห้วยลากป็น ต.ป่าเลหวาง
6	อ่างเก็บน้ำภูแยง ต.ทุ่งพงษ์

3.2 ขั้นตอนการศึกษา

3.2.1 สำรวจพื้นที่สำหรับหาจุดติดตั้ง

โดยจะใช้วิธีการหยั่งความลึกด้วยสายวัดหรืออุปกรณ์สำรวจความลึกที่มีอยู่ เพื่อหาจุดที่ลึกที่สุดที่สามารถปล่อยได้หรือบริเวณที่กำหนด เพื่อกำหนดแนวตั้งสมอและหัววัดความลึกของน้ำ แต่ต้องเป็นจุดที่น้ำนิ่งหรือมีการเคลื่อนไหวน้อยเพื่อป้องกันการโดนน้ำพัดพาไปจากจุดวัด และทำให้ค่าการวัดคลาดเคลื่อน ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 ตัวอย่างการสำรวจจุดติดตั้งอุปกรณ์

3.2.2 เตรียมอุปกรณ์และการติดตั้ง

หลังจากได้ตำแหน่งสำหรับติดตั้ง ขั้นตอนต่อไปคือเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ โดยเริ่มจากเชื่อมต่อสายไฟจากแบตเตอรี่ สายโซลาร์เซลล์ เข้ากับระบบควบคุมการชาร์ตแบตเตอรี่ ตามลำดับ เพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่องควบคุมการชาร์ตแบตเตอรี่ จากนั้นเริ่มเปิดระบบควบคุมหลักเพื่อตรวจสอบการทำงาน ทั้งการอ่านค่าระดับน้ำ การส่งข้อมูล ว่าทำงานตามลำดับที่กำหนดไว้หรือไม่ เมื่อทุกระบบทำงานได้ตามที่กำหนดไว้จึงทำการปิดฝากันน้ำทาซิลิโคนตรงบริเวณรอยต่อของฝาเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำเข้ากล่องเก็บอุปกรณ์ไฟฟ้าอีกทางหนึ่ง และทำการผูกสมอเพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ ดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 การเตรียมอุปกรณ์ก่อนนำไปติดตั้ง

ส่วนการติดตั้งอุปกรณ์ระบบตรวจวัดระบบน้ำขนาดเล็กแบบทุ่นลอยนั้น จำเป็นต้องมีกรรูกผูกเชือกสำหรับผูกเชือกเพื่อทิ้งสมลงในแหล่งน้ำ และหากมีหลักให้ผูกยึดในบริเวณนั้นก็นำเชือกมาผูกเพิ่มไว้อีกทาง เพื่อป้องกันการโดนน้ำพัดหรือบางสิ่งมาชนทำให้ออกจากบริเวณที่กำหนด ซึ่งจะส่งผลให้เซนเซอร์วัดระดับน้ำตรวจวัดคลาดเคลื่อนได้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 17 และ 18 ตามลำดับ



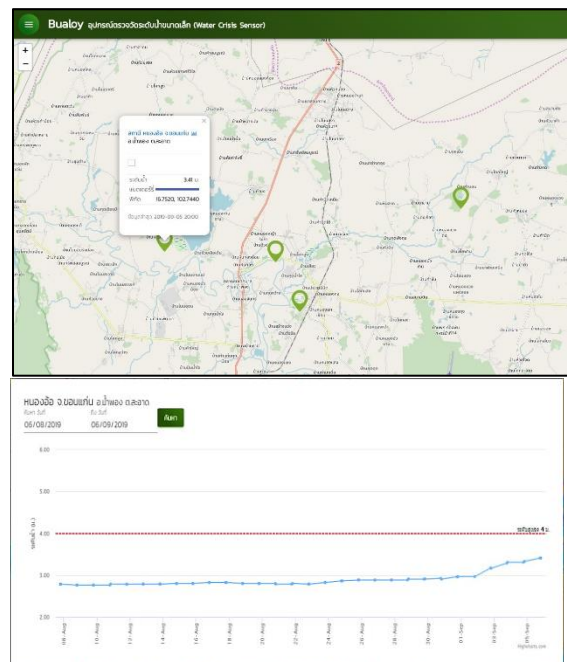
รูปที่ 17 การติดตั้งอุปกรณ์ระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบลอยน้ำ



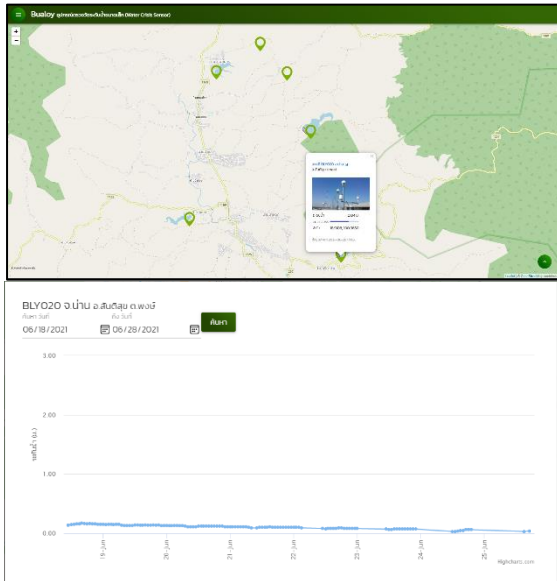
รูปที่ 18 ตัวอย่างอุปกรณ์ระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบลอยน้ำหลังติดตั้ง

3.2.3 ข้อมูลจากการทดลอง

เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบนี้เป็นการพัฒนาเพื่อทดสอบระบบการตรวจวัดขนาดเล็กที่สามารถติดตามระดับน้ำในแหล่งน้ำที่อยู่ตามชุมชนเพื่อนำมาสนับสนุนในการวางแผนการใช้น้ำ ดังนั้นจึงตั้งค่าให้ระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบลอยน้ำส่งข้อมูลอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง โดยข้อมูลจะเป็นความลึกของน้ำเทียบกับตำแหน่งที่ปล่อย และสามารถนำข้อมูลมาดูแนวโน้มของปริมาณน้ำในแหล่งน้ำนั้นๆ ซึ่งข้อมูลที่ตรวจวัดได้จะส่งมาเก็บยังฐานข้อมูลส่วนกลาง และเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์สำหรับการวางแผนการจัดการน้ำ โดยตัวอย่างข้อมูลจะแสดงดังในรูปที่ 19 และ 20



รูปที่ 19 ตัวอย่างข้อมูลจากแหล่งน้ำในพื้นที่อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น



รูปที่ 20 ตัวอย่างข้อมูลจากแหล่งน้ำในพื้นที่
อำเภอสนมตีสขุ จังหวัดน่าน

4 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางการปรับปรุง

4.1 ปัญหาและอุปสรรค

จากการเก็บข้อมูลตลอดทั้งช่วงดำเนินการติดตั้งและการได้รับข้อมูลที่ส่งมายังส่วนกลางทำให้รวบรวมอุปสรรคที่พบได้ดังนี้

4.1.1 การติดตั้งเซนเซอร์

โดยจากการติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบหลายๆ ลักษณะที่ทำให้เห็นความสำคัญของการปล่อยเซนเซอร์วัดระดับน้ำลงในน้ำ เนื่องจากเซนเซอร์ที่ใช้เป็นแบบใช้ความดันของเหลวทำให้จุดสัมผัสแรงดันในน้ำมีความเสี่ยงเสียหายได้ง่ายหากปล่อยลงถึงพื้นน้ำแล้วจมดิน หรือปล่อยลักษณะโยนลงไปอย่างแรง ทำให้ค่าที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนหรืออาจส่งผลให้ไม่สามารถวัดได้ เป็นต้น

4.1.2 การติดตั้งอุปกรณ์

การติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบนั้น จำเป็นต้องใช้เรือในการนำไปปล่อยบริเวณจุดที่ต้องการ หากไม่มีเรือจะทำให้การเข้าถึงยังจุดติดตั้งที่ต้องการเป็นไปได้ยาก จึงจำเป็นต้องติดตั้งใกล้กับขอบของแหล่งน้ำแทน ทำให้

ข้อมูลความลึกที่ได้นั้นไม่ใช่จุดที่ลึกที่สุด และเสี่ยงต่อการตื่นเงินในหน้าแล้ง

4.1.3 การส่งข้อมูล

เนื่องจากอุปกรณ์ทั้งหมดถูกบรรจุอยู่ในกล่องกันน้ำที่อยู่ภายในทุ่นลอย ทำให้เสารับส่งสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่บรรจุภายในกล่องดังกล่าวได้รับสัญญาณได้ไม่ดีพอ และลักษณะทุ่นที่ลอยเหนือผิวน้ำเล็กน้อย ส่งผลให้การส่งข้อมูลมีการขาดหายไปบ่อยครั้ง

4.2 แนวทางการปรับปรุง

จากข้อมูลต่างๆที่ปัญหาจากการติดตั้งและปัญหาจากการใช้งาน ของระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบลอยน้ำ ทำให้เห็นว่าต้องปรับปรุงในส่วนของโครงสร้างลอยน้ำให้สามารถนำกล่องใส่อุปกรณ์กันน้ำอยู่เหนือน้ำมากกว่าตัวต้นแบบ และสามารถติดตั้งเสารับสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ให้อยู่เหนือโครงสร้างให้มากที่สุดเท่าที่สามารถจะทำได้ เพื่อการรับสัญญาณได้ดีที่สุดสำหรับการส่งข้อมูลที่ต่อเนื่อง และพัฒนาตัวโครงสร้างให้สามารถสะดวกต่อการนำไปปล่อยลงน้ำได้ง่ายขึ้น โดยพึ่งพาเรือให้น้อยที่สุด เพื่อความคล่องตัวและสะดวกต่อการติดตั้งอุปกรณ์มากขึ้น

ในด้านเซนเซอร์วัดระดับน้ำนั้นจำเป็นต้องมีการออกแบบชุดติดตั้งเซนเซอร์ในน้ำเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถวางเซนเซอร์ในน้ำให้ได้ตำแหน่งที่ดีที่สุดสำหรับการตรวจวัด

5 สรุปผลการศึกษาเบื้องต้น

จากการเก็บข้อมูลทำให้ได้เห็นข้อจำกัดของระบบต้นแบบนี้ที่จะมีการตรวจวัดที่คลาดเคลื่อนหากตำแหน่งหัววัดที่ติดตั้งนั้นตื่นเงินหรืออยู่ในน้ำตื้นเกินไป ดังที่เห็นจากกราฟในรูปที่ 20 แต่หากมีระดับน้ำที่เหมาะสมแล้วนั้นจะทำให้สามารถนำข้อมูลมาประเมินแนวโน้มปริมาณน้ำได้

ระบบตรวจวัดระดับน้ำขนาดเล็กแบบลอยน้ำยังอยู่ในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลการติดตั้งและใช้งานของ



เรือสำรวจอัตโนมัติตรวจวัดแบบหลายความถี่แบนกว้างเพื่อสำรวจความลึกท้องน้ำแบบเคลื่อนที่

อำนาจ สมภาร^{1*} และพงษ์ศักดิ์ จินดาศรี²

^{1,2} สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน), จังหวัดกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

*อีเมลผู้รับผิดชอบบทความ: amnat@hii.or.th

บทคัดย่อ

การบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องมีข้อมูลของน้ำที่ถูกต้องครบถ้วน ในการสำรวจพื้นผิวใต้น้ำในอดีตที่ผ่านมาทำได้โดยการสุ่มหยั่งแบบจุด ทำให้เกิดข้อจำกัดด้านการติดตามการสะสมของตะกอนของพื้นที่แหล่งน้ำ ส่งผลให้การหาความสัมพันธ์ระหว่างความจุและระดับน้ำมีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลอันเป็นปัจจุบันมาก ส่งผลให้การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการกักเก็บน้ำความคลาดเคลื่อนมาก งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเรือสำรวจทางน้ำที่มีขนาดเล็กเคลื่อนย้ายสะดวกสามารถควบคุมได้ในระยะไกล อุปกรณ์ในระบบประกอบด้วยเครื่องตรวจวัดความลึกหลายความถี่แบนกว้าง (Echo Sounder Multi frequency Multi beam) ที่ส่งคลื่นความถี่เสียงหลายความถี่ตั้งแต่ 200 Hz ถึง 700 Hz มีการกวาดมุมกว้าง 210 องศา มีการปรับแก้ค่าความเร็วของคลื่นเสียงเมื่อเดินทางในน้ำที่ความลึกแตกต่างกันด้วยค่าจากการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดความเร็วเสียงใต้น้ำ (Sound Velocity Profiler: SVP) เมื่อนำมาประกอบรวมเป็นระบบกับอุปกรณ์ระบุตำแหน่ง (Inertial Navigation System: INS) ที่ติดตั้งเสารับสัญญาณจากดาวเทียมแบบ 2 เสาเพื่อทราบทิศทางและการเคลื่อนที่โดยรับค่าปรับแก้จากสถานีโครงข่ายงานรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) ร่วมกับแบบจำลองความสูงยี่ออยด์ประเทศไทยและระบบควบคุมการนำทางแบบอัตโนมัติ (Auto NAV Control System) อุปกรณ์ทั้งระบบเมื่อประสานการทำงานร่วมกันสามารถตรวจวัดความลึกของท้องน้ำได้ใกล้เคียงกับความลึกจริงโดยเทียบกับการตรวจวัดเครื่องวัดความเร็วเสียงใต้น้ำที่แสดงค่าความลึกแบบจุด (SVP) ผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปแบบ 3 มิติที่มีค่าความลึกเป็นค่าระดับทะเลปานกลาง (ม.รทก.) ระบบสามารถนำออกข้อมูลเพื่อนำไปใช้งานในรูปแบบข้อมูลอักษร ที่แสดงเป็น XYZ file แสดงเป็นข้อมูลค่าพิกัดภูมิศาสตร์และแสดงข้อมูลความลึกเป็นข้อมูลพื้นผิวใต้น้ำแบบเชิงเส้น (Vector) และแบบภาพ (Raster) ที่สำคัญสามารถแสดงผลข้อมูลปริมาตรน้ำที่เป็นข้อมูลขณะสำรวจได้ งานวิจัยนี้ได้ใช้พื้นที่ทดสอบที่บ่อดินหนองจอก เขตหนองจอก แขวงหนองจอก เขตกรุงเทพมหานคร

คำสำคัญ: เรือสำรวจอัตโนมัติ, เครื่องตรวจวัดความลึกหลายความถี่แบนกว้าง, ภาพความลึกท้องน้ำแบบ 3 มิติ, แบบจำลองความสูงยี่ออยด์

Abstract

Accurate water management requires accurate water storage information. In the past, surveys of underwater surface were done by random point surveys, causing limitations in monitoring sediment accumulation of water resources and the relationship between capacity and water level is very inaccurate from current data. As a result, the analysis of water storage volume data has large discrepancies. This research is the development of a small, easy-to-carry and controllable survey boat. The system consists of a wide-band Multifrequency Multibeam Echo Sounder, that transmits multiple frequencies from 200 Hz to 700 Hz, with 210-degree wide-angle sweep. The velocity of sound waves in water is adjusted with the Sound



Velocity Profiler (SVP). The Echo Sounder assembled as a system with Inertial Navigation System (INS) that equipped with two satellite antennas to receive corrections from the Kinetic Satellite Surveying Network (RTK GNSS Network), together with Thailand Geoid Model and the automatic navigation control system. The whole system, when working together, can measure the water depth close to the actual depth, compared to the depth measurement with SVP, and can display the results in 3D format showing the depth as the mean sea level value (MRT). The system can export the data as text file, XYZ file, geographic coordinate data and displayed depth data in vector and raster underwater surface data. The most important feature is displaying water volume data during the survey. This research was conducted using the testing area at Nong Chok soil pond, Nong Chok district, Nong Chok sub-district, Bangkok.

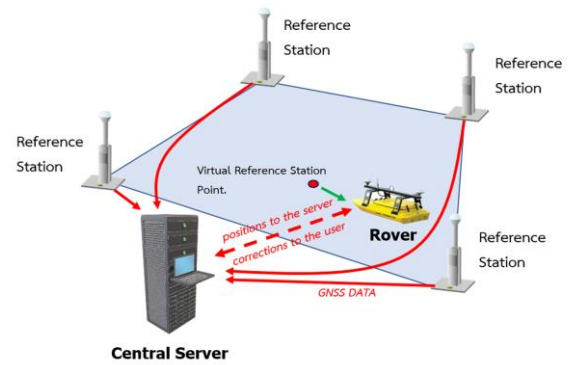
Keywords: Automated survey boats, Echo Sounder Multifrequency Multibeam depth probe, The 3D subsurface depth model, Geoid elevation models.

1. บทนำ

เทคโนโลยีการสำรวจในปัจจุบันได้ใช้ประโยชน์จากสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมในการหาค่าพิกัดตำแหน่งและค่าระดับความสูง แต่ค่าความคลาดเคลื่อนยังมีอยู่เนื่องจากความหน่วงสัญญาณจากชั้นบรรยากาศ ต่อมาจึงมีการติดตั้งสถานีโครงข่ายงานรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลนนิ่งให้การส่งค่าปรับแก้ความหน่วงจากชั้นบรรยากาศให้กับอุปกรณ์สำรวจภาคสนามโดยส่งสัญญาณผ่านโครงข่ายโทรศัพท์ จึงทำให้เกิดความรวดเร็วในการสำรวจมากขึ้น จึงเกิดเป็นแนวคิดการรังวัดแบบจลนนิ่งโดยอาศัยระบบเครือข่ายหรือ NRTK (Network-based Real Time Kinematic) ให้มีความถูกต้องทางตำแหน่งในระดับเซนติเมตร จากเทคโนโลยีดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดค่าพิกัดตำแหน่งแบบจุดเดียวให้มีการถ่ายค่าพิกัดตำแหน่งกระจายออกไปรอบทิศทางด้วยความถี่แสงที่อาศัยการสะท้อนกลับทำให้ทราบพิกัดตำแหน่งปลายทางใช้งานในการสำรวจทางบก [1-2] ใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดและทราบพิกัดตำแหน่งแบบหลายจุดในครั้งเดียวผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นแผนที่ภาพ 3 มิติ Mobile Mapping System (MMS) งานวิจัยนี้ได้ใช้เป็นแนวทางการประกอบโครงสร้างและการวางอุปกรณ์ งานวิจัยต่อมาเป็นการพัฒนาอุปกรณ์สำรวจทางน้ำ [3] ที่ทราบพิกัดพื้นผิวดินน้ำ งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงโครงสร้างของ

อุปกรณ์ของงานสำรวจทางน้ำซึ่งได้ใช้เป็นแนวทางในการกำหนดอุปกรณ์ที่จำเป็นและความสำคัญของอุปกรณ์แต่ละส่วนในการติดตั้งและการควบคุมระบบบนเรือสำรวจ การพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้สำรวจอีกงานเป็นการสำรวจทางอากาศ [4] โดยได้นำ INS มาใช้ในระบบเพื่อทราบพิกัดตำแหน่งของเครื่องที่อ้างอิงสู่พื้นหลักฐาน World Geodetic System 1984 (WGS84) ให้ทราบพิกัดตำแหน่งแล้วมีการถ่ายค่าพิกัดตำแหน่งไปที่พื้นผิวด้วยความถี่แสง จากเทคโนโลยีที่กล่าวมาเป็นการพัฒนาการสำรวจทางอากาศและทางบกที่มีการตรวจวัดแบบครั้งเดียวหลายจุด ทำให้การสำรวจสามารถนำมาวิเคราะห์ภายหลังจากสำรวจได้ งานวิจัยที่ได้กล่าวถึงนี้มีการสำรวจที่แตกต่างกันแต่จะมีวิธีการที่เหมือนกันคือตรวจวัดค่าพิกัดตำแหน่งแบบจุดเดียวแล้วจำลองพื้นผิวส่วนที่ไม่ได้ตรวจวัดออกมาผลลัพธ์ที่จะมีความคลาดเคลื่อนสูงแต่ทำได้เร็วและค่าใช้จ่ายน้อย และการสำรวจที่ตรวจวัดจุดเดียวแล้วมีการถ่ายค่าพิกัดตำแหน่งกระจายออกไปรอบทิศทางด้วยความถี่แสงในพาหะที่เป็นอากาศและใช้ความถี่เสียงในพาหะที่เป็นของเหลว การสำรวจแบบนี้มีค่าความถูกต้องสูงกว่าแต่ค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ก็สูงตาม

จากงานพัฒนาการสำรวจที่กล่าวเบื้องต้น การสำรวจทางน้ำมีการพัฒนาแล้วหลายรูปแบบ มีตั้งแต่เรือขนาดเล็กที่สำรวจแม่น้ำ [5] วิธีการสำรวจจะเป็นการสุ่มหยั่งแบบจุดโดยใช้อุปกรณ์สำรวจจริงวัดแบบจลน์ ทำการวัดระดับความลึกของพื้นผิวใต้น้ำ ในการสำรวจแบบนี้สามารถนำมาสร้างเป็นภาพพื้นผิวใต้น้ำแบบ 3 มิติ ที่ให้เห็นความลึกได้แต่ผลลัพธ์ที่ยังมีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริงอยู่เนื่องจากการสำรวจแบบสุ่มหยั่งแบบจุดเมื่อนำมาจัดทำเป็นภาพ 3 มิติก็จะสร้างส่วนที่ไม่ได้ทำการตรวจวัดด้วยโปรแกรม งานวิจัยนี้ใช้เป็นแนวทางการพัฒนาเรือสำรวจเพราะมีขนาดเล็กที่มีการประยุกต์ใช้การระบุตำแหน่งจากสัญญาณจากดาวเทียม และมีงานวิจัยที่มีการพัฒนาเรือสำรวจขนาดเล็กแต่ใช้ความถี่เสียงแบบจุดเดียวความถี่เดียวในการใช้กับงานสำรวจพื้นผิวใต้น้ำ [6] โดยได้มีการพัฒนาเรือขนาดเล็กที่มีขนาดความยาว 130 เซนติเมตรกว้าง 35 เซนติเมตร ควบคุมด้วยรีโมทและติดตั้งอุปกรณ์สำรวจในเรือ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นการสำรวจแบบจุดเดียว เป็นการใช้เรือขนาดเล็กในการสำรวจและควบคุมได้จากระยะไกลจึงได้นำมาเป็นแนวทางของระบบการควบคุม ผลลัพธ์ที่ได้จากงานนี้ใช้วิธีการเฉลี่ยค่าให้ได้ผลลัพธ์แบบภาพ 3 มิติ แต่ผลลัพธ์ที่ได้ยังมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงอยู่เนื่องจากการเป็นจำลองและสร้างจุดในส่วนที่ไม่ได้ตรวจวัด ยังมีวิธีการที่สำรวจโดยตรวจวัดแบบกระจายจุดจำนวนมาก [7] โดยมีการใช้คลื่นความถี่เสียงตรวจวัดแบบมุมกว้างติดตั้งในเรือขนาดกลางทำให้การตรวจวัดมีการตรวจวัดพื้นผิวใต้น้ำได้ครอบคลุมเต็มพื้นที่เมื่อนำมาจัดทำเป็นภาพ 3 มิติจึงมีภาพที่ใกล้เคียงกับพื้นผิวใต้น้ำและวัตถุที่อยู่ใต้น้ำ ในการใช้เครื่องตรวจวัดที่ใช้คลื่นความถี่เสียงตรวจวัดแบบมุมกว้างจะมีขนาด และน้ำหนักมาก การใช้งานจึงติดตั้งที่เรือขนาดกลาง จึงใช้เป็นแนวทางทางด้านเทคนิคการตรวจวัดที่แบบหลายจุดและมีความถูกต้องใกล้เคียงพื้นผิวใต้น้ำจริง



รูปที่ 1 สถานีโครงข่ายงานรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ให้ทำการส่งค่าปรับแก้ความหน่วงจากชั้นบรรยากาศให้กับอุปกรณ์สำรวจภาคสนาม

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้วมีการพัฒนาในขนาดของเรือที่ใช้ต่างกัน งานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลที่มีการวิจัยที่กล่าวถึงมาทำการพัฒนาต่อและสร้างระบบสำรวจพื้นผิวใต้น้ำแบบหลายจุดติดตั้งบนเรือขนาดเล็ก ขนย้ายง่ายมีการเชื่อมต่อรับค่าปรับแก้ชั้นบรรยากาศโดยอาศัยระบบเครือข่ายหรือ NRTK ที่ทราบพิกัดตำแหน่งแบบทันทีแสดงระบบการเชื่อมต่อในรูปที่ 1 มีการทำงานด้วยพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ปฏิบัติงานได้ครั้งละ 4 ชั่วโมงต่อการประจุแบตเตอรี่ 1 ครั้ง

2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับเรือสำรวจและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้เป็นการใช้เครื่องตรวจวัดแบบคลื่นความถี่เสียงแบบหลายความถี่มุมกวาดกว้าง โดยมาประยุกต์ใช้กับเรือขนาดเล็กเพื่อให้ขนย้ายง่าย ใช้งานสะดวก เริ่มจากการหาขนาดเรือที่เหมาะสมและหาอุปกรณ์ตรวจวัดที่เหมาะสมโดยงานวิจัยได้เรือที่มีขนาดกว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 180 เซนติเมตร อุปกรณ์ตรวจวัดด้วยคลื่นความถี่เสียงหลายความถี่มุมกวาดกว้างเป็นของ Nobit iWBMSe มีขนาดกว้าง 24.5 เซนติเมตร ยาว 37.4 เซนติเมตร สูง 18.5 เซนติเมตร น้ำหนัก 11 กิโลกรัม เป็นขนาดที่ติดตั้งได้เหมาะสมในการประกอบกับเรือที่กำหนดไว้แล้วนั้น

การวัดระยะใต้ผิวน้ำจะใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่เรียกว่า Sound Navigation And Ranging (SONAR) ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดที่ใช้คลื่นความถี่เสียง [8] มีหลักการทำงาน

เช่นเดียวกับการวัดระยะในอากาศที่เรียกว่า Radio Detection And Ranging (RADAR) ทั้ง 2 แบบเป็นการวัดระยะด้วยคลื่นความถี่เหมือนกันแต่แตกต่างกันที่พาหะนำในการเคลื่อนที่ของคลื่น ในน้ำจะใช้คลื่นความถี่ต่ำที่เป็นความถี่เสียงเนื่องจากสามารถเคลื่อนที่ผ่านของเหลวได้ดีกว่าและไปได้ไกลกว่าแสดงข้อมูลในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบระยะทางกับคลื่นความถี่ในการเดินทางน้ำทะเลที่อุณหภูมิ 12.5 องศาเซลเซียส

f (kHz)	R (km)	λ (m)
0.1	1000	15
1	100	1.5
10	10	0.15
100	1	0.015
1000	0.1	0.0015

λ = ความยาวคลื่น

f = ความถี่มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz)

R = ระยะทาง

จากข้อมูล [8] ความเร็วของเสียงในน้ำทะเลมีค่าตามสมการที่ 1 ในการคำนวณหาความเร็วเสียงในน้ำทะเลจะต้องมีค่าที่ใช้ประกอบคือค่าอุณหภูมิค่าความเค็มและระยะความลึก

$$C = 1449.2 + 4.6T - 0.055T^2 + 0.00029T^3 + (1.34 - 0.010)(S - 35) + 0.016D \quad (1)$$

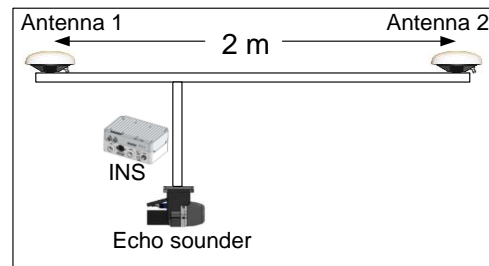
T = อุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส

S = ความเค็มใน 1/1000

D = ความลึกเป็นเมตร

C = ความเร็วเสียงในน้ำทะเล

ระบบสำรวจที่ออกแบบและจัดทำได้ใช้ Echo sounder ของ Norbit iWBMS [9] อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบรวมคือ Inertial Navigation System (INS) และเสาอากาศแบบ 2 เสา เสาอากาศหลักในการรับค่าพิกัดคือ Antenna 1 ส่วน Antenna 2 จะเป็นตัวให้ทราบทิศระยะห่างระหว่างเสาอากาศกำหนดที่ 2 เมตร Echo sounder ติดตั้งในตำแหน่งล่างสุดใต้ผิวน้ำ



รูปที่ 2 ลักษณะติดตั้งอุปกรณ์ Echo sounder กับ Antenna และ INS

ในการจัดทำอุปกรณ์เพื่อติดตั้งให้สามารถใช้งานได้ร่วมกันมีทฤษฎีประกอบซึ่งเป็นการถ่ายโอนค่าพิกัดตำแหน่งไปตามอุปกรณ์ซึ่งมีการกำหนดค่าตำแหน่งมุมของ X, Y, Z ที่แตกต่างกันแต่ให้ปรับเปลี่ยนให้ทั้งระบบมีการฟ้องถ่ายเปลี่ยนมุมไปหากันให้ถูกต้อง [10] หากมีการถ่ายมุมผิดจะมีผลในขั้นตอนประมวลผลรวมกันข้อมูลผลลัพธ์ที่ออกมาจะไม่ถูกต้องอ้างอิงกระบวนการในรูปที่ 3 สมการที่ (2) ที่เป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่าง INS กับ Echo sounder อธิบายดังสมการต่อไปนี้

$$P_{INS} = R_{SBPS} + d_{TSD} \quad (2)$$

P_{INS} เป็นค่าพิกัดตำแหน่งของ INS ($X_{INS}, Y_{INS}, Z_{INS}$)

R_{SB} เป็นการปรับทิศทางการหมุนถ่ายลักษณะการวางมุมของ Echo sound (X_s, Y_s, Z_s) กับ INS ($X_{INS}, Y_{INS}, Z_{INS}$)

P_s เป็นค่าพิกัดตำแหน่ง (X, Y, Z) ของจุดตรวจวัด

d_{TSB} เป็นการเปลี่ยนถ่ายค่าพิกัดระหว่าง INS ($X_{INS}, Y_{INS}, Z_{INS}$) กับ Echo sound (X_s, Y_s, Z_s)

สมการที่ (3) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของค่าพิกัดตำแหน่งเมื่อมีการเคลื่อนไหวของ INS ในอาการเอียงซ้ายขวา (Roll), การเปลี่ยนทิศทาง (Heading) และการยกหัวขึ้นหรือกดหัวลง (Pitch) เมื่อมีการเคลื่อนไหวก็จะมีการเปลี่ยนท่าทางและพิกัดจาก $X_{INS}, Y_{INS}, Z_{INS}$ ไปเป็น X_L, Y_L, Z_L

$$PL = RINS \cdot PINS \quad (3)$$

PL เป็นพิกัดตำแหน่งและมุมใหม่ที่เปลี่ยนแปลงไป (X_L, Y_L, Z_L)

RINS เป็นมุมระหว่าง INS ($X_{INS}, Y_{INS}, Z_{INS}$) กับท่าใหม่ INS ที่เปลี่ยน

PINS เป็นพิกัดตำแหน่งใหม่ของ INS ($X_{INS}, Y_{INS}, Z_{INS}$)

สมการที่ (4) และสมการที่ (5) เป็นการเปลี่ยนถ่ายค่าพิกัดอ้างอิงสู่พื้นหลักฐาน World Geodetic System 1984 (WGS84) มีค่าแสดงตำแหน่งในพิกัด X, Y, Z

$$PG = RL \cdot PL + RECEF \quad (4)$$

$$(\text{Corrected}) = PECEF - RL \cdot RINS \cdot dTA \quad (5)$$

PG เป็นพิกัดตำแหน่งที่อ้างอิงพื้นหลักฐาน WGS84 (X_G, Y_G, Z_G)

RL เป็นการปรับเปลี่ยนมุมการทิศทางไปสู่พื้นหลักฐาน WGS84 โดย R_α, R_ϕ

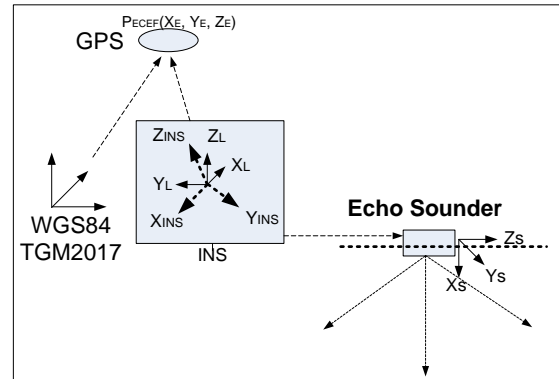
RECEF เป็นค่าตำแหน่งของเสาอากาศที่อ้างอิงพิกัดตำแหน่งของโลก (X_E, Y_E, Z_E)

RINS เป็นมุมระหว่าง INS ($X_{INS}, Y_{INS}, Z_{INS}$) และมุมตามค่าพิกัดท้องถิ่น (X_L, Y_L, Z_L)

dTA เป็นค่าที่เปลี่ยนระหว่างศูนย์กลางของเสาอากาศและค่าศูนย์กลางของ INS ในค่าพิกัด X, Y, Z

จากการเปลี่ยนถ่ายค่าพิกัดตามมุมของอุปกรณ์ตามสมการที่กล่าวมาจะได้ผลลัพธ์ที่เป็น Point Cloud ในค่าพิกัด X, Y, Z ที่อยู่ในพื้นหลักฐาน WGS84 แปลงค่าความสูงเหนือทรงรีมาเป็นค่าความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง หรือความสูงออร์โธเมตริก (Orthometric height) โดยใช้ข้อมูล TGM2017 ของกรมแผนที่ทหาร สิ่งหนึ่งที่สำคัญคือการจัดการเวลาของอุปกรณ์แต่ละตัวที่นำมาจัดหาระบบที่จัดทำได้มีการควบคุมการทำงานให้อุปกรณ์

ทุกรายการให้สามารถทำงานร่วมกันบนพื้นฐานเวลาเดียวกันซึ่งระบบทั้งหมดที่มาจาก INS อุปกรณ์ทั้งหมดเมื่อทำงานจะเก็บข้อมูลด้วยโปรแกรมควบคุมจากคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3 ลักษณะการเปลี่ยนถ่ายมุมของอุปกรณ์แต่ละส่วน
2.2 อุปกรณ์

เรือสำรวจที่จัดทำในงานวิจัยนี้มีลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ตามรูปที่ 4 ระบบได้แยกการทำงานตามอุปกรณ์ -ระบบควบคุมการนำทางแบบอัตโนมัติ (Auto NAV Control System) เป็นระบบนำหนทาง ทำหน้าที่นำทางและแสดงผลทิศทางการเคลื่อนที่มาที่สถานีควบคุมภาคพื้น เมื่อสั่งการให้มีการสำรวจแบบอัตโนมัติจะทำการควบคุมการขับเคลื่อนให้สำรวจตามเส้นทางที่กำหนด หากมีการควบคุมการขับเคลื่อนด้วยรีโมทจะแสดงทิศทางการเคลื่อนที่มาที่สถานีภาคพื้น

-อุปกรณ์ระบุตำแหน่ง INS ทำหน้าที่ระบุพิกัดตำแหน่งที่ถูกต้องโดยรับค่าสัญญาณปรับแก้จากสถานีโครงข่ายงานรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ที่ทำการส่งค่าปรับแก้ความหน่วงจากชั้นบรรยากาศให้ ส่งผลให้ทราบพิกัดตำแหน่งของจุดตรวจวัดแบบทันที ค่าพิกัดตำแหน่งที่ได้ในช่วงสำรวจจะส่งข้อมูลให้ Auto NAV เพื่อสำหรับกำหนดทิศทางการขับเคลื่อนและแสดงทิศและเส้นทางขณะสำรวจให้สถานีภาคพื้น ในขั้นตอนประมวลผลค่าพิกัดที่ได้จะถูกฝังถ่ายไปให้อุปกรณ์ตรวจวัด Echo sounder เพื่อถ่ายค่าพิกัดไปยังจุดสำรวจพื้นผิวใต้น้ำ

-ระบบหยั่งน้ำแบบหลายความถี่ (Multi Frequency Multi beam Echo Sounder) ทำหน้าที่ตรวจวัดพื้นผิว

ได้นำโดยการส่งคลื่นความถี่เสียง 200 Hz ถึง 700 Hz มี การกวาดมุมกว้าง 210 องศา สามารถวัดความลึกได้ตั้งแต่ 0.5 เมตรถึง 275 เมตร

-แบตเตอรี่ Battery เป็นอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าให้กับ ระบบ ได้แบ่งการจ่ายไฟฟ้าเป็น 2 ส่วนคือระบบขับเคลื่อนที่จ่ายไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ซ้ายและขวา อีกชุดจ่าย ไฟฟ้าให้กับระบบตรวจวัด, ระบบนำหน, คอมพิวเตอร์ ควบคุม

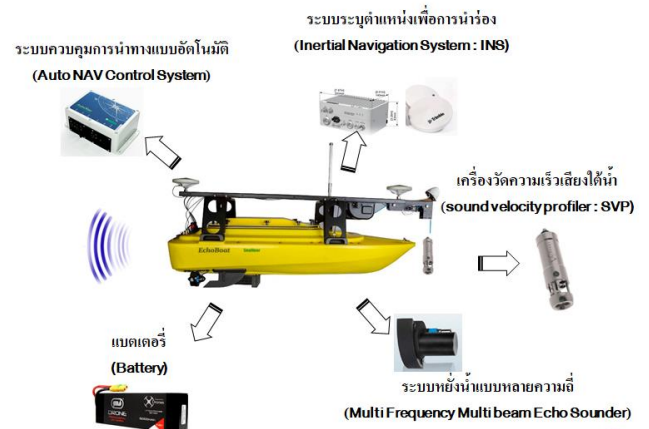
-เครื่องวัดความเร็วเสียงใต้น้ำ (Sound Velocity Profiler (SVP) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลค่าความเร็วเสียงในน้ำ, ค่าอุณหภูมิน้ำ, ค่าความเค็ม, ความลึกระดับต่างๆ ตาม กำหนดก่อนตรวจวัด ในการใช้งานจะทำการเก็บค่า 1 ครั้ง หลังการสำรวจ เมื่อทราบจุดที่ลึกที่สุดแล้วทำการปล่อย หัวตรวจวัดให้ทำการเก็บข้อมูล ข้อมูลที่ได้จะนำมาใช้ร่วม ทำการประมวลผล ซึ่งจะมีผลเป็นอย่างมากต่อค่าความ ถูกต้องในการตรวจวัดพื้นผิวใต้น้ำ [8]

เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ตามแผนการติดตั้งที่แสดง ในรูปที่ 4 อุปกรณ์ที่ส่งผลต่อค่าความถูกต้องของการ ตรวจวัดและระบุจุดและระยะห่างที่ถูกต้องดังแสดงในรูป 2 คือ INS, Echo sounder, Antenna ตำแหน่งติดตั้งของ ทั้ง 3 อุปกรณ์และมุมการจัดวางที่อธิบายในรูปที่ 3 จะ เป็นค่าที่ใส่ในโปรแกรมสำรวจและประมวลผล อุปกรณ์ทั้ง ระบบเมื่อประกอบรวมมีความคลาดเคลื่อนรวมของ อุปกรณ์ [9] ค่าความถูกต้องการตรวจวัดทางแนวระนาบ อยู่ที่ 5 เซนติเมตร ค่าความถูกต้องทางแนวตั้งอยู่ที่ 15 เซนติเมตร ในการสำรวจแบบ RTK

อุปกรณ์ทั้งระบบจะทำการสื่อสารข้อมูลกับสถานี ควบคุมภาคพื้นและสถานีติดตามระยะไกล รูปที่ 5 เป็น สถานีควบคุมภาคพื้นที่สื่อสารข้อมูลกับเรือผ่านคลื่น ความถี่ Wifi 2.4 GHz และระบบสื่อสารผ่านโครงข่าย โทรศัพท์แบบ 4G Dual SIM ในระบบจะประกอบด้วย อุปกรณ์ที่เป็นเสาอากาศสำหรับสื่อสารแบบ Wifi, คอมพิวเตอร์ควบคุมและรีโมทควบคุม

รูปที่ 6 อุปกรณ์ติดตามการทำงานระยะไกลผ่าน โครงข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นระบบแสดงผลขณะสำรวจ

สามารถควบคุมการทำงานของเรือให้ทำการสำรวจแบบ อัตโนมัติได้



รูปที่ 4 อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนเรือสำรวจ



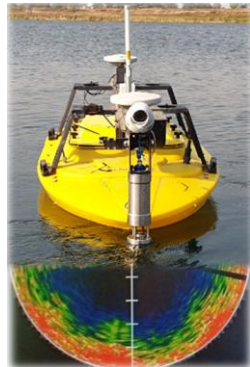
ระบบควบคุมการสื่อสารระยะไกล (Wi-Fi Remote desktop & Remote control Auto or Manual)

รูปที่ 5 อุปกรณ์ควบคุมภาคพื้นระยะไกล



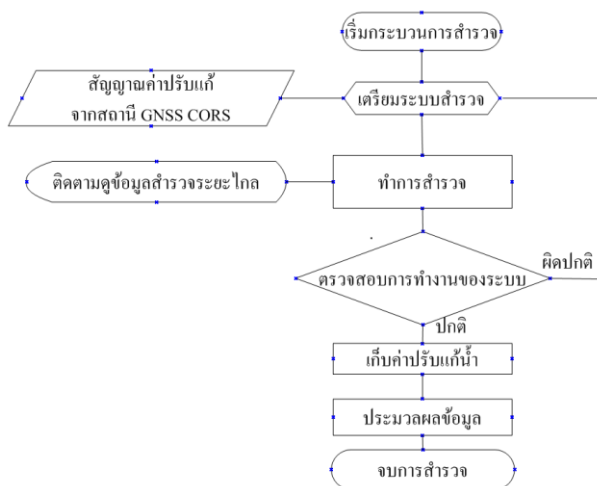
รูปที่ 6 อุปกรณ์ติดตามการทำงานระยะไกลผ่านโครงข่าย อินเทอร์เน็ต

รูปที่ 7 เป็นการแสดงผลภาพจำลองแม่คลื่นความถี่ การกวาดมุมกว้างด้านข้างในขณะที่ทำการสำรวจ เมื่อทำ การสำรวจและเปิดระบบตรวจวัดคลื่นความถี่จะมีการ กระจายออกด้านข้างเป็นมุม 210 องศา ทำให้การสำรวจ ใน 1 รอบสามารถเก็บจุดด้านข้าง 512 จุดส่องกวาด



รูปที่ 7 ลักษณะแผ่นคลื่นความถี่การกวาดมุมกว้างด้านข้าง

2.3 การใช้งานระบบ



รูปที่ 8 แผนผังกระบวนการใช้งานระบบเพื่อทำการสำรวจ การนำระบบสำรวจออกปฏิบัติงานมีขั้นตอนการสำรวจตามรูปที่ 8 เมื่อเริ่มสำรวจจะมีการเตรียมระบบสำรวจคือเปิดอุปกรณ์ทั้งระบบพร้อมทั้งเชื่อมต่อรับค่าปรับแก้ความหน่วงของชั้นบรรยากาศจากสถานี GNSS CORS เมื่อระบบเชื่อมต่อสำเร็จถึงเริ่มกระบวนการสำรวจ ในระหว่างสำรวจจะมีการควบคุมและติดตามการทำงานของสถานีภาคพื้นด้วยระบบ Wifi 2.4 GHz และระบบ อินเทอร์เน็ตผ่านระบบ 4G Dual SIM และสามารถติดตามการทำงานได้จากสถานีติดตามระยะไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตจากที่ไหนก็ได้ ระหว่างทำการสำรวจมีการติดตามการทำงานของอุปกรณ์โดยตรวจสอบค่าแรงดันไฟฟ้า, ค่าอุณหภูมิ, ค่าความชื้น, สถานะของการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเพื่อรับค่าปรับแก้ เพื่อประมาณการเวลาในการสำรวจและป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ หากผิดปกติให้หยุดสำรวจแล้วเริ่มการสำรวจใหม่ แต่ถ้า

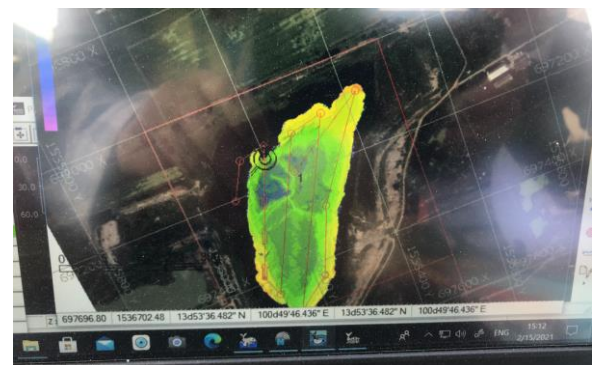
ปกติทำการสำรวจต่อจนเสร็จ เมื่อสำรวจเสร็จจะทราบความจุดที่ลึกที่สุดให้ทำการตรวจวัดค่าปรับแก้ความเร็วเสียงในน้ำโดยทำการปล่อยหัววัดค่าความเร็วเสียงลงไปจนถึงจุดที่ลึกที่สุดระบบจะทำการเก็บค่าต่างๆ โดยอัตโนมัติ

2.4 พื้นที่การทดสอบ

อุปกรณ์ในการวิจัยเมื่อการประกอบระบบเสร็จได้ทำการทดสอบใช้งานในการตรวจวัดพื้นผิวใต้ท้องน้ำที่บ่อดินหนองจอก เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร (13.889005°N 100.825076°E) มีการทดสอบระบบในการเก็บข้อมูลในรูปที่ 9 เป็นลักษณะบ่อดินขุดลักษณะพื้นที่โดยรอบเรือสามารถสำรวจได้ครอบคลุมได้ทั้งหมดเต็มพื้นที่บ่อดิน รูปที่ 10 แสดงข้อมูลการสำรวจที่สถานีควบคุมภาคพื้น ในการสำรวจได้ทำการวางแผนสำรวจแบบอัตโนมัติโดยสร้างเส้นทางสำรวจแล้วป้อนค่าให้เรือสำรวจตามเส้นทางที่กำหนด



รูปที่ 9 เรือสำรวจขณะทำการเก็บข้อมูลพื้นผิวใต้ท้องน้ำ



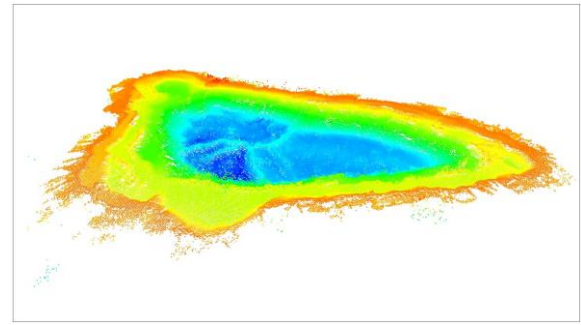
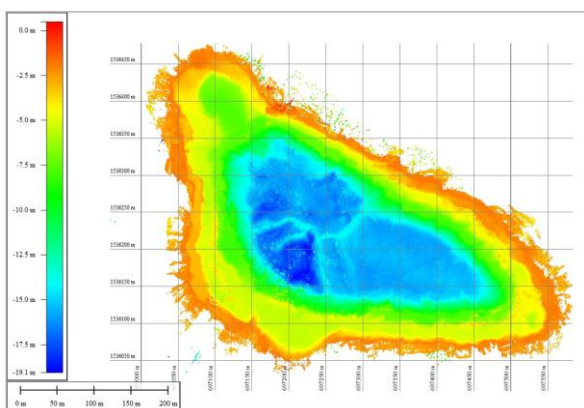
รูปที่ 10 แสดงสถานการณ์เก็บข้อมูลที่สถานีควบคุมภาคพื้น

2.5 ผลการทดสอบ

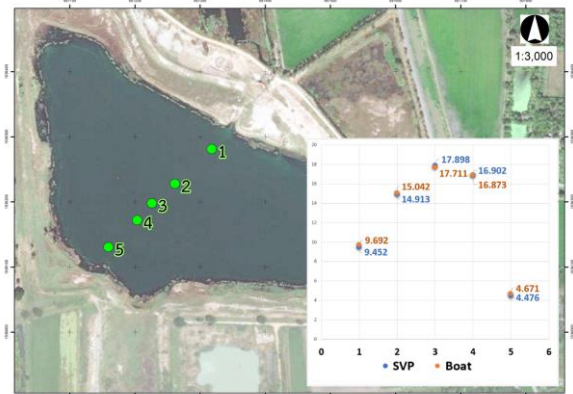
จากการทดสอบระบบสามารถทำการสำรวจเก็บพื้นผิวใต้น้ำได้ครอบคลุมท้องน้ำทั้งหมด ใช้ความถี่ในการ

สำรวจที่ 400 Hz มุมกวาด 210 องศา ความเร็วในการสำรวจ 2.5 เมตรต่อวินาที ข้อมูลที่ได้เมื่อจัดทำเป็นแผนที่แบบ 3 มิติ สามารถนำข้อมูลออกเป็น XYZ file แสดงเป็นข้อมูลค่าพิกัดภูมิศาสตร์, แสดงข้อมูลความลึกเป็นข้อมูลพื้นผิวใต้น้ำแบบเชิงเส้น (Vector), แบบภาพ (Raster), สามารถแสดงผลข้อมูลปริมาตรน้ำที่เป็นข้อมูลขณะสำรวจได้ รูปที่ 11 เป็นการแสดงผลสำรวจที่เป็นแผนที่ใต้น้ำแบบ 3 มิติ

งานวิจัยนี้ได้รับการตรวจสอบผลการตรวจวัดโดยได้ออกแบบการตรวจวัดความลึกในแนวเส้นตัดกลางของบ่อดินแสดงในรูปที่ 12 จำนวน 5 จุดตามจุดสีเขียวในรูป ผลลัพธ์การวัดแสดงเป็นจุดความลึก สีแดงเป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัดความลึกด้วยเรือ จุดสีน้ำเงินเป็นการตรวจวัดด้วยเครื่อง SVP ทั้งสองค่าได้แสดงในตารางที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่าง การตรวจวัดด้วยเรือสำรวจที่ตำแหน่งจุดเดียวกันโดยเลือกจุดที่ห่างไม่เกิน 15 เซนติเมตร ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าความต่างที่สูงสุดอยู่ที่ 24 เซนติเมตร ต่ำสุด 2.8 เซนติเมตร มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ที่ 0.082 จากผลการเปรียบเทียบความลึกที่ได้จากเรือสำรวจและการชั่งหย่อนเครื่องวัด SVP แสดงให้เห็นความลึกที่ได้จากเรือสำรวจมีผลการวัดได้ใกล้เคียงกับความลึกจริง



รูปที่ 11 การแสดงผลสำรวจเป็นแผนที่ใต้น้ำแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ



รูปที่ 12 เปรียบเทียบความลึกตรวจวัดจากเรือสำรวจและเครื่องวัดความเร็วเสียงใต้น้ำ SVP

ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจวัดที่แสดงในรูปที่ 11 เมื่อนำมาคำนวณตามตารางที่ 3 หาค่าปริมาตร โดยระดับผิวน้ำขณะที่ทำการสำรวจอยู่ที่ -4.5 ม.รทก. พื้นที่สำรวจทั้งหมด 131,447 ตารางเมตร จากพื้นผิวใต้น้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงตามความลึกเมื่อทำการคำนวณหาปริมาตรได้ 1,251,188 ลูกบาศก์เมตร ที่เป็นการคำนวณปริมาตรตามพื้นผิวใต้น้ำที่จริงมาถึงระดับพื้นผิว จะเห็นว่าระดับพื้นผิวอยู่ที่ -4.5 ม.รทก. ยังสามารถกักเก็บน้ำเพิ่มได้อีกจำนวนมากแต่ต้องคำนวณเพิ่มโดยการตรวจวัดพื้นผิวบริเวณตลิ่ง ซึ่งในอนาคตจะมีการพัฒนาต่อในการติดตั้ง Laser ตรวจวัดพื้นผิวบริเวณตลิ่งส่งผลให้สามารถที่คำนวณปริมาตรกักเก็บที่เพิ่มขึ้นได้



ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความลึกตรวจวัดจากเรือสำรวจ และเครื่องวัดความเร็วเสียงใต้น้ำ SVP

จุดที่	เรือสำรวจ (เมตร)	เครื่องวัดความเร็วเสียงใต้น้ำ (เมตร)	ค่าต่าง (เมตร)
1	9.692	9.452	0.240
2	15.042	14.913	0.129
3	17.711	17.898	0.187
4	16.873	16.902	0.028
5	4.671	4.476	0.195
		Min	0.028
		Max	0.240
		S.D.	0.082

ตารางที่ 3 แสดงปริมาตรของแหล่งน้ำที่ได้จากการสำรวจ

ระดับผิวน้ำ (ม.รทก.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)
-4.5	131,447	1,251,188

3. สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเรือสำรวจอัตโนมัติตรวจวัดแบบหลายความถี่แบนกว้างเพื่อสำรวจภูมิประเทศแบบเคลื่อนที่ โดยได้นำเสนอทฤษฎีและขั้นตอนพร้อมอุปกรณ์ที่ใช้จัดทำระบบ อุปกรณ์เมื่อนำมารวมเป็นระบบและควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมมีกระบวนการขั้นตอนเทคนิคการเปลี่ยนถ่ายจุดพิกัดจากอุปกรณ์ที่ทราบค่าได้อย่างถูกต้องคือ INS เปลี่ยนถ่ายค่าพิกัดที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบค่าความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง หรือความสูงออร์โธเมตริก (Orthometric height) พิกัดตำแหน่งที่ได้ถูกส่งถ่ายไปให้อุปกรณ์ตรวจวัด Echo sounder และส่งถ่ายไปต่อที่พื้นผิวดินน้ำ ผลลัพธ์ที่ได้จึงเป็นจุดพื้นผิวดินน้ำที่ทราบค่าพิกัดตำแหน่งและความสูงที่อ้างอิงค่าระดับเมตร รทก. แสดงภาพผลลัพธ์ได้หลายรูปแบบข้อมูลพื้นผิวเสมือนจริง (surface) แบบ 3 มิติ

จากการจัดทำระบบและแสดงผลในงานวิจัยนี้เป็นการแสดงให้เห็นผลลัพธ์พื้นผิวดินน้ำด้วยการสำรวจแบบหลายจุดอุปกรณ์ทั้งระบบเมื่อประกอบพร้อมมี

ค่าความถูกต้องการตรวจวัดทางแนวระนาบอยู่ที่ 5 เซนติเมตร ค่าความถูกต้องทางแนวตั้งอยู่ที่ 15 เซนติเมตร ตามคุณสมบัติของอุปกรณ์ INS, Echo sounder, Antennas ร่วมกับการสำรวจแบบ RTK แต่ต้องเพิ่มเรื่องการสอบเทียบซึ่งจะมีการดำเนินการต่อไปในพื้นที่ควบคุมต่อไปในอนาคต

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนาวาตรีเอกชัย บุญจรรย์ะ ในการปรับแก้และตรวจสอบในส่วนบทคัดย่อภาษาอังกฤษ และขอบคุณสถานที่สถานที่บ่อดินหนองจอกในการใช้สถานที่ซึ่งเป็นพื้นที่เหมาะกับการทดสอบเนื่องจากเป็นบ่อดินขุดมีความลึก มีค่าความเค็มในชั้นล่างสุดของน้ำทำให้สามารถทดสอบอุปกรณ์ SVP ในการเก็บค่าความเร็วเสียงใต้น้ำ และมีค่าความเค็มเพื่อมาปรับแก้ในขั้นตอนประมวลผล

เอกสารอ้างอิง

- [1] Amnat S. (2020). Surveying to find the level of Raphiphat Yak Tok roads using MMS technology, The 25 th National Convention on Civil Engineering, July 15- 17, Chonburi, Thailan.
- [2] Zhongchao. S. (2009). Advanced Mobile Mapping System Development with Integration of Laser Data Stereo Images and other Sensor Data. Faculty of Environmental and Information Studies, Musashi Institute of Technology.
- [3] Jamie M, (2001). Hydrographic Surveying From Personal Watercraft. KSCE JOURNAL OF SURVEYING ENGINEERING, 292- 300. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9453(2001)127:1(12)
- [4] Henri E. (2009). UAV Photogrammetry, Zurich, Switzerland, 26-31.



- [5] Erwin H., Peter M. (2006). Hydrographic Surveying of Small Alpine Rivers, Shaping the Change XXIII FIG Congress, October 8-13, Munich, Germany.
- [6] Suharia K.T, Karimb H., Gunawanc P.H, Purwantod H. (2017). Small Rov Marine Boat for Bathymetry Surveys of Shallow Waters - Potential Implementation in Malaysia, The International Archives of the Photogrammetry, 4 October, Kuala Lumpur, Malaysia.
- [7] Petronella DeWall P.E. (2017). Multi-Beam Sonar Infrastructure Mapping Research. Minnesota Department of Transportation, U.S.
- [8] Hansen R.E. (2012). Introduction to sonar, Course materiel to INF-GEO4310, September 26, Autumn, Norway.
- [9] Norbit. (2020). Norbit User and Technical Manual, Trondheim, Norway, 19-55.
- [10] Nivedita S. (2016). Development of a Mobile Mapping System for Road Corridor Mapping, Ph.D Sudhagar N, Florida Atlantic University, U.S.



IRPCคว้า 2 รางวัล SET Awards

- รางวัลเกียรติยศแห่งความสำเร็จด้านความยั่งยืน (Sustainability Awards of Honor)
- รางวัลบริษัทจดทะเบียนด้านนักลงทุนสัมพันธ์ยอดเยี่ยม (Best Investor Relations Awards)



นอกจากนั้น IRPC ยังได้รับการคัดเลือกให้อยู่ในรายชื่อ “หุ้นยั่งยืน” (Thailand Sustainability Investment: THSI) 7 ปีซ้อน

สะท้อนความมุ่งมั่นทุ่มเทในการดำเนินธุรกิจ
ตามแนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืน
เพื่อสร้างการเติบโตด้านเศรษฐกิจ
ควบคู่ไปกับการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุล

สาขาทดความ

- การบริหารจัดการน้ำ
- การชลประทานและการระบายน้ำ
- อุตุ-อุทกวิทยา และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- อุทกสารสนเทศศาสตร์
- วิศวกรรมชลศาสตร์
- วิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล
- วิศวกรรมชายฝั่งทะเล
- การจัดการน้ำบาดาล
- ความเสี่ยงและภัยพิบัติ
- การจัดการคุณภาพน้ำและระบบนิเวศ
- เทคโนโลยีสมัยใหม่และการตัดสินใจ

จัดประชุมวิชาการโดย

- ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
- สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์
- วิทยาลัยการชลประทาน

