

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำกลายเป็นเมืองโดยใช้การสำรวจระยะไกลโดยใช้ดาวเทียม ในอำเภวารินชำราบและอำเภอเมืองจังหวัดอุบลราชธานี

Urban Expansion on the Riverscape in Warin Chumrap and Meung District Ubon Ratchathani Province, Using Satellite Images Data for Land Cover Changes Detection

รับบทความ	10/10/2022
แก้ไขบทความ	03/11/2022
ยอมรับบทความ	03/11/2022

ศุภวิชญ์ ไรจน์สรารณรมย์ ดนัย ทายตะคุ
ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Supawich Rojsaranrom, Danai Thaitakoo
Department of Landscape Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn university
rsupawich@gmail.com, danaitai@gmail.com

บทคัดย่อ

แม่น้ำ (river) เป็นระบบที่มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนและดำรงชีวิตบนโลก (Brierley, 2020) เป็นหนึ่งในเงื่อนไขสำคัญในการเลือกพื้นที่เพื่อตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ โดยแม่น้ำมีบทบาทเป็นแหล่งทรัพยากรที่เกื้อหนุนและตอบสนองความต้องการของมนุษย์ (McGaugh, 1970; Bock, Polt, & Shulting, 2018) ในอดีตการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์มีรูปแบบที่แสดงถึงการพึ่งพาและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมและเงื่อนไขตามธรรมชาติ แตกต่างกับเมืองในปัจจุบันที่ไม่สนใจเงื่อนไขเหล่านั้น และกระบวนการที่เกิดตามธรรมชาติ เช่น พลวัตน้ำหลาก (flood pulse) กลับถูกมองว่าเป็นปัญหาและสร้างความเสียหายให้แก่เมือง บทความนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน เพื่อระบุขอบเขตพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำและศึกษารูปแบบการขยายตัวของเมืองและการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินในพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำของอำเภวารินชำราบและอำเภอเมืองจังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้การสำรวจระยะไกลโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม (satellite remote sensing) และใช้กระบวนการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน (landcover classification) ในการดำเนินการวิจัย

การศึกษาพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินจากพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ธรรมชาติเป็นสิ่งปลูกสร้าง (built-up area) ในพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำ ซึ่งมีรูปแบบการขยายออกจากเมือง และกลุ่มที่อยู่อาศัยเดิมในพื้นที่ความหนาแน่นมากขึ้น โดยไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขของพื้นที่ ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลจากกระบวนการไหลของน้ำ (fluvial process) และเกิดพลวัตน้ำหลากเป็นรอบเป็นประจำทุกปี สะท้อนให้เห็นวิถีชีวิตและความสัมพันธ์ของมนุษย์และแม่น้ำที่เปลี่ยนแปลงไป จนเกิดเป็นปัญหาและสร้างความเสียหายแก่พื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำอย่างถาวรและยังสร้างความเสียหายซ้ำซากแก่เมือง

คำสำคัญ: ภูมินิเวศแม่น้ำ การขยายตัวของเมือง การสำรวจระยะไกลโดยใช้ดาวเทียม การจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน แม่น้ำมูล

Abstract

Rivers systems plays a significant role in sustaining life on Earth (Brierley, 2020). They are one of the significant criteria for human settlements, infrastructure, and production for several thousand years to serve human needs (McGaugh, 1970; Bock et al., 2018). In the past, human settlements had patterns that represented their adaptation and reliability on natural environment and its conditions. Unlike today's cities that ignore those conditions and the natural processes such as flood pulse are seen to be problematic and detrimental to cities. This study used data form satellite remote sensing and the land cover classification method to define the riverscape boundary and detect the landcover change from the urban expansion in the Mun riverscape in Warin Chamrap and Meung Ubonratchathani.

This study showed the land cover change from agricultural lands and lowland forests to built-up areas in the riverscape which expan from the city that inconsistent with the riverscape conditions. The result reflects the changing lifestyles and relation of humans and the rivers that cause problems and permanently damage to the riverscape and the river ecosystem and also cause repeated damage to the city.

Keyword: *Riverscape, Urban Expansion, Remote sensing, Landcover Classification, Mun River*

ที่มาและความสำคัญ

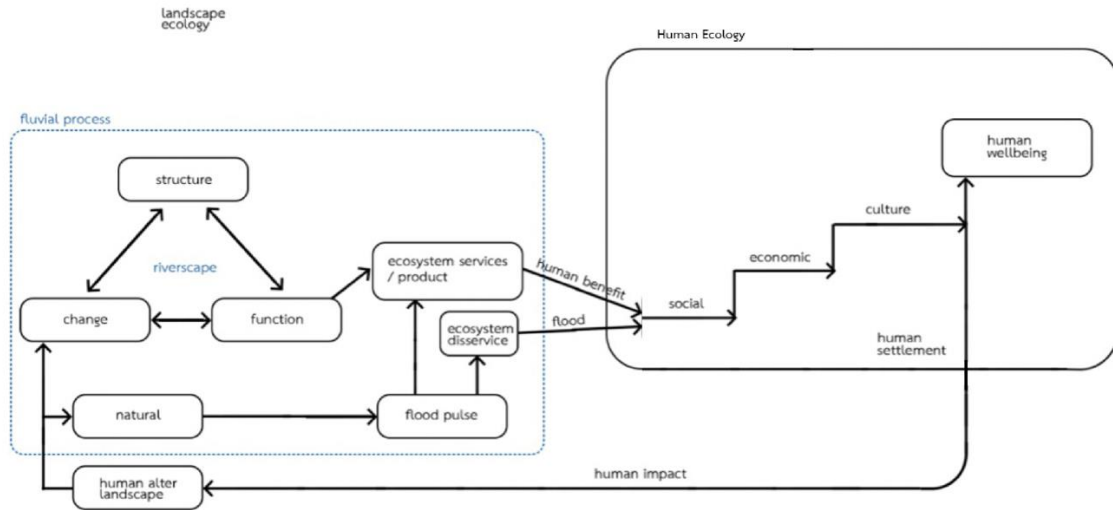
แม่น้ำ (river) และภูมินิเวศแม่น้ำ (riverscape) ให้ประโยชน์และนิเวศบริการแก่การตั้งถิ่นฐาน (settlement) โครงสร้างพื้นฐาน (infrastructure) และการผลิต (production) แก่มนุษย์เป็นระยะเวลายาวนาน ทั้งเป็นแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค แหล่งอาหาร การนันทนาการ การให้คุณค่าในเชิงวัฒนธรรมและความงาม และเป็นพื้นที่ป้องกันน้ำท่วมแก่เมือง (McGaugh, 1970; Bock, Polt, & Shulting, 2018) หากพิจารณารูปแบบการตั้งถิ่นฐานจะพบการแบ่งแยกชัดเจนระหว่าง พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่เมืองตามเงื่อนไขของพื้นที่ตามธรรมชาติ ในปัจจุบันมนุษย์มีมุมมองและการให้ความสำคัญกับแม่น้ำที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสังคมและการพัฒนากลายเป็นเมือง (urban expansion) ซึ่งส่งผลให้โครงสร้างและบทบาทของแม่น้ำเปลี่ยนแปลงไป ประกอบกับการขาดความเข้าใจของมนุษย์ เช่น การเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมกลายเป็นเมืองในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตามธรรมชาติซึ่งทำให้เกิดน้ำท่วมในบริเวณเมืองที่สร้างใหม่และมนุษย์กลับมองว่าเป็นบริการเชิงนิเวศในแง่ลบ (ecosystem disservice) และสร้างความเสียหายให้แก่เมือง ทั้งที่การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำนั้นเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดบริการที่มีคุณค่าและสำคัญยิ่ง (Nedkov & Burkhard, 2012; Douglas, 2015) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศและอาจทำให้เกิดผลกระทบแบบถาวรไม่สามารถคืนกลับสู่ระดับสมดุล (natural range of variability) ได้

การศึกษานี้ใช้ทฤษฎีทางภูมินิเวศ (Sayer et al., 2012; Reed, Ros-Tonen, Sunderland, 2020) และยึดเอาแม่น้ำเป็นหลัก (river reach หรือ river centric view) (Fryirs & Brierley, 2013; Brierley, 2020) ศึกษาแม่น้ำในส่วนปลาย (lowland river) โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลโดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม (satellite images) วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม Quantum Geographic Information System (QGIS) และใช้กระบวนการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน (landcover classification) แบบ High Ecological Classification for Urban Landscape and Environmental System (HERCULES) ซึ่งเหมาะสำหรับการจำแนกรูปแบบของพื้นที่ธรรมชาติและสิ่งปลูกสร้างโดยมนุษย์ เพื่อให้ได้ผลทั้งหมด 2 ประการ ได้แก่ (1) สามารถระบุขอบเขตของภูมินิเวศแม่น้ำ และ (2) สามารถเข้าใจรูปแบบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินจากการขยายตัวของเมืองบนพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำ ซึ่งส่งผลกระทบและสร้างความเสียหายต่อเมืองและพื้นที่ธรรมชาติ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำหรือเป็นแนวทางและข้อคำนึงในการพัฒนาพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำมูลและพื้นที่เกี่ยวเนื่อง

กรอบแนวคิดในการศึกษา

การศึกษาแม่น้ำโดยการใช้มุมมองทางภูมินิเวศ (landscape approach) เป็นมุมมองที่ใช้ในการทำความเข้าใจระบบนิเวศเมืองโดยอาศัยการทำความเข้าใจพื้นฐานของระบบนิเวศ ให้ความสำคัญกับองค์ประกอบในเชิงนิเวศ (physico-biological) ซึ่งมีความสัมพันธ์และมีระบบการทำงานอย่างซับซ้อนในแต่ละระดับ (scale) ที่แตกต่างกัน (Forman & Godron, 1986; Sayer et al., 2012; Reed, Ros-Tonen, Sunderland, 2020; Zonneveld, 1979 อ้างถึงใน Forman & Godron, 1986) ซึ่งช่วยในการทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างภูมินิเวศแม่น้ำและมนุษย์ โดยสามารถอธิบายได้สองส่วนที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ (1) ทฤษฎีทางภูมินิเวศวิทยา (Landscape ecology) ได้แก่ การศึกษาโครงสร้าง บทบาท และการเปลี่ยนแปลงของภูมินิเวศแม่น้ำ (Forman & Godron, 1986) รวมถึงการทำความเข้าใจลักษณะทางอุทกวิทยา (hydrology) และแนวคิดพลวัตน้ำหลาก (flood pulse concept) ซึ่งอธิบายโครงสร้างและกระบวนการของภูมินิเวศแม่น้ำภายใต้กระบวนการไหลของน้ำ (fluvial process) เป็นกระบวนการพื้นฐานที่ส่งผลให้เกิดการบริการในเชิงนิเวศ (ecosystem service) ซึ่งเป็นประโยชน์แก่มนุษย์และสังคมมนุษย์ (2) ทฤษฎีมานุษยนิเวศวิทยา (Human ecosystem) คือการอธิบายการพัฒนาการของการตั้งถิ่นฐานและการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นเมือง โดยอาศัยการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ เพื่อทำให้เกิดสุขภาวะที่ดีของมนุษย์ (human well-being) ซึ่งปรากฏให้เห็นทั้งการปรับตัวเข้ากับธรรมชาติ (adaptation) และการเปลี่ยนแปลงธรรมชาติ (human modification) โดยจะพบความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และธรรมชาติในการที่ธรรมชาติมีบทบาทในการให้

นิเวศบริการ (ecosystem service) แก่มนุษย์ และการเปลี่ยนแปลงธรรมชาติโดยมนุษย์อันเป็นผลจากการพัฒนาของเมือง และอุตสาหกรรม การพัฒนาทางเทคโนโลยี และการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร (Marsalek, Jimenez, & Goldenfum, 2007) โดยแสดงความสัมพันธ์ใน (ภาพ 1)

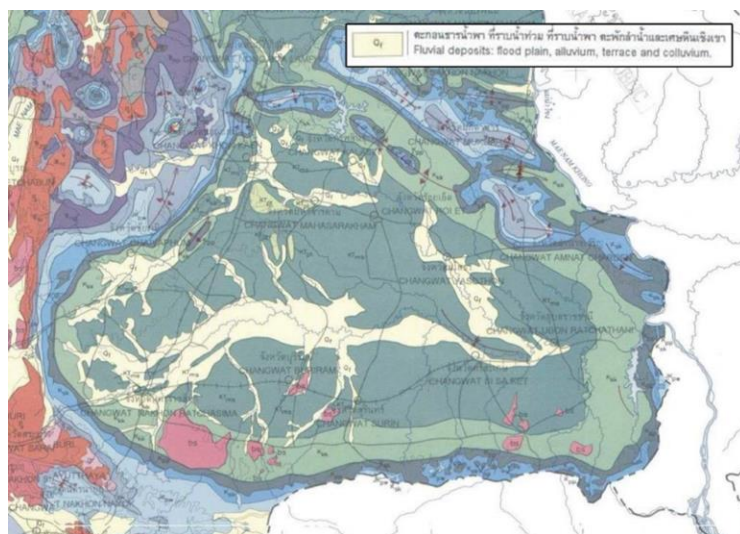


ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษา แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (Landscape ecology) และ (Human ecology)
ดัดแปลงจาก ดนัย หายตะคุ (2548)

พื้นที่ศึกษา

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ภูมินิเวศน้ำ (riverscape) จากการขยายตัวของเมือง (urban expansion) ในครั้งนี้ เลือกพื้นที่ภูมินิเวศน้ำในเขตอำเภอวารินชำราบและอำเภอเมืองจังหวัดอุบลราชธานี เนื่องจากเป็นเมืองที่ตั้งอยู่บนพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงและมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องซึ่งขัดกับพลวัตตามธรรมชาติของพื้นที่และปรากฏผลกระทบจากน้ำท่วมอยู่บ่อยครั้ง

จังหวัดอุบลราชธานีตั้งอยู่ในแอ่งโคราช (Khorat basin) เป็นหนึ่งในแอ่งที่อยู่ในเขตพื้นที่ราบสูงโคราช (Khorat plateau) (Wongsomsak, 1986) ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศ 3 ลักษณะเด่น ได้แก่ เทือกเขา (hill) หุบเขา (valley) และแอ่ง (basin) โดยมีลักษณะเป็นเทือกเขาและหุบเขาทางด้านทิศตะวันตก โดยมีแม่น้ำมูลไหลผ่านบริเวณกลางแอ่ง



ภาพ 2 แผนที่ธรณีสัณฐานแอ่งโคราช อุบล (กรมทรัพยากรธรณี, 2542 อ้างถึงใน เกษมพันธุ์ แก้วอำรงค์, 2561)

ลักษณะทางธรณีสัณฐานของกลุ่มแม่น้ำมูลปรากฏเป็นตะกอนธารน้ำพัดพา พื้นที่ราบน้ำท่วม ลานตะพักลำน้ำ และกลุ่มหินเชิงเขา (กรมทรัพยากรธรณี, 2542 อ้างถึงใน เกษมพันธุ์ แก้วธำรงค์, 2561) (ภาพ 2) และในพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำมูลในเขตอำเภวารินชำราบและอำเภอเมืองจังหวัดอุบลราชธานีพบลักษณะเป็นตะกอนร่องน้ำ (Fluvial channel deposit - Qfc) ประกอบด้วยดินเหนียวปนทราย ทราย และกรวด ซึ่งพบได้ตามแนวของแม่น้ำมูล เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนที่เกิดจากกระบวนการทับถมของตะกอนที่เคลื่อนมาตามลำน้ำ (กรมทรัพยากรธรณี, 2552) ถือว่าเป็นแหล่งทรัพยากรที่มีความอุดมสมบูรณ์ เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเลือกพื้นที่สำหรับการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์เป็นไปตามทฤษฎีของ McGaugh (1970)



ภาพ 3 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา พื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำมูล อำเภวารินชำราบและอำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี
ดัดแปลงจาก USGS [n.d.]

การตั้งถิ่นฐานในกลุ่มแม่น้ำมูลมีหลักฐานเริ่มจากการกระจายตัวของการทำเกษตรกรรมแบบนาข้าวและข้าวฟ่าง (rice- and millet-farming) จากสาธารณรัฐประชาชนจีนสู่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในช่วงก่อนประวัติศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับหลักฐานที่พบการทำคันดินและคูน้ำบริเวณกลุ่มแม่น้ำมูลโดยจะพบอย่างหนาแน่นในช่วงต้นของแม่น้ำและกระจายตัวตามแนวของแม่น้ำ (Hingham, 2011; Yankowski, Kertsap, & Chang, 2015) และจากการบันทึกของ Aymonier (2000) ระหว่างปี พ.ศ. 2427 - พ.ศ. 2428 พบว่าลักษณะการตั้งชุมชนอยู่ไกลจากลำน้ำเพื่อป้องกันการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำในฤดูน้ำหลาก (wet season) สอดคล้องกับเอกสารวิจัยของประสิทธิ์ คุณรัตน์ และคณะ (2545) และ สมหมาย ชินนาค และ กาญจนา ชินนาค (2564) ระบุว่า การตั้งถิ่นฐานในกลุ่มแม่น้ำมูลมีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งของภาคอีสาน พบการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตตามพลวัตที่เกิดขึ้นของแม่น้ำ และการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงหรือป่าบุ่งป่าทาม ซึ่งเป็นฐานทรัพยากรที่สำคัญของชุมชนหรือเมืองอย่างเข้มข้นตลอดทั้งปี จนมีการพัฒนาของเมืองและส่งผลให้พื้นที่เปลี่ยนแปลงไปและมีแนวโน้มที่มากขึ้นเหมือนที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

เครื่องมือและวิธีการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นในการใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลโดยใช้ดาวเทียม (satellite remote sensing) ซึ่งเป็นกระบวนการบันทึกข้อมูลจากเซ็นเซอร์รับข้อมูลที่ติดตั้งบนดาวเทียม (satellite-mounted sensor) ซึ่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันและเหมาะสมกับการนำไปใช้ในแต่ละประเภท โดยสามารถแบ่งออกเป็น (1) Active remote sensing และ (2) Passive remote sensing ข้อมูลเหล่านี้จะถูกบันทึกเป็นภาพซึ่งมีลักษณะของการถ่ายเป็นเฟรมที่มีขอบเขตเฉพาะพื้นที่บน

พื้นผิวโลกในภาพมุมสูง (satellite images) (Pettorelli et al., 2018) เนื่องจากดาวเทียมมีระยะเวลาการประจำการที่ค่อนข้างยาวนานทำให้สามารถเก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่แตกต่างกันเพื่อนำไปเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของพื้นที่ภูมิโนเวศแม่น้ำและเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเลือกการเก็บภาพในแต่ละช่วงเวลาในรอบปีซึ่งทำให้สามารถศึกษาพลวัต (dynamic) ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ได้

การศึกษาครั้งนี้สามารถแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1) การเก็บภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อศึกษาการขยายตัวของเมืองและการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน

เก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกอ้างอิงระยะเวลาตามรอบการออกแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ระหว่างปี พ.ศ. 2504 ถึงปี พ.ศ. 2564 ที่มีนโยบายที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงและการขยายตัวของเมืองเพื่อรองรับการค้าและการลงทุน เพื่อเพิ่มโอกาสในการยกระดับความเจริญ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, [ม.ป.ป.]) ซึ่งทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าเมืองจะมีการเปลี่ยนแปลงตามแผนพัฒนาของภาครัฐ การศึกษาครั้งนี้ได้นำกรอบเวลา 5 ปีมาเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อให้สามารถสังเกตรูปแบบการขยายตัวของเมืองและการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินโดยมีรายละเอียดดังนี้

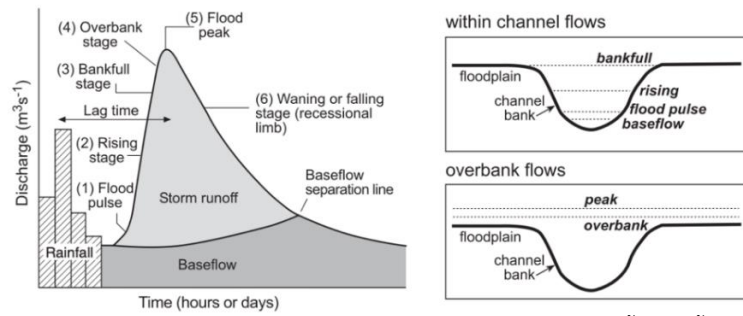
ตาราง 1 ตารางแสดงปีที่เลือกเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาการขยายตัวของเมือง อ้างอิงจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ดัดแปลงจากสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ [ม.ป.ป.] (USGS, [n.d.]

ฉบับที่	ปี	ปีที่เลือกเก็บข้อมูล		ดาวเทียมที่เก็บข้อมูล
		พ.ศ.	ค.ศ.	
1 (ระยะที่ 1)	2504-2506	2506	1961	-
1 (ระยะที่ 2)	2507-2509	2509	1966	-
2	2510-2514	2514	1971	-
3	2515-2519	2519	1976	Landsat 2 MSS
4	2520-2524	2524	1981	-
5	2525-2529	2529	1986	-
6	2530-2534	2534	1991	Landsat 5 TM
7	2535-2539	2539	1996	Landsat 5 TM
8	2540-2544	2544	2001	Landsat 5 TM
9	2545-2549	2549	2006	Landsat 5 TM
10	2550-2554	2554	2011	Landsat 5 TM
11	2555-2559	2559	2016	Landsat 8
12	2560-2564	2564	2021	Landsat 8

2) การเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง

การเก็บข้อมูลเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ นำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อระบุขอบเขตพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง โดยเกณฑ์การเก็บภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงการเก็บข้อมูลจาก ข้อมูลระดับน้ำสูงสุดรายวัน (กรมชลประทาน, [ม.ป.ป.]) ใช้ข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำ M.7 สะพานเสรีประชาธิปไตย อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำหรือพลวัตน้ำหลาก (flood pulse) ซึ่งเป็นลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (floodplain hydrology) (Opperman et al., 2017)

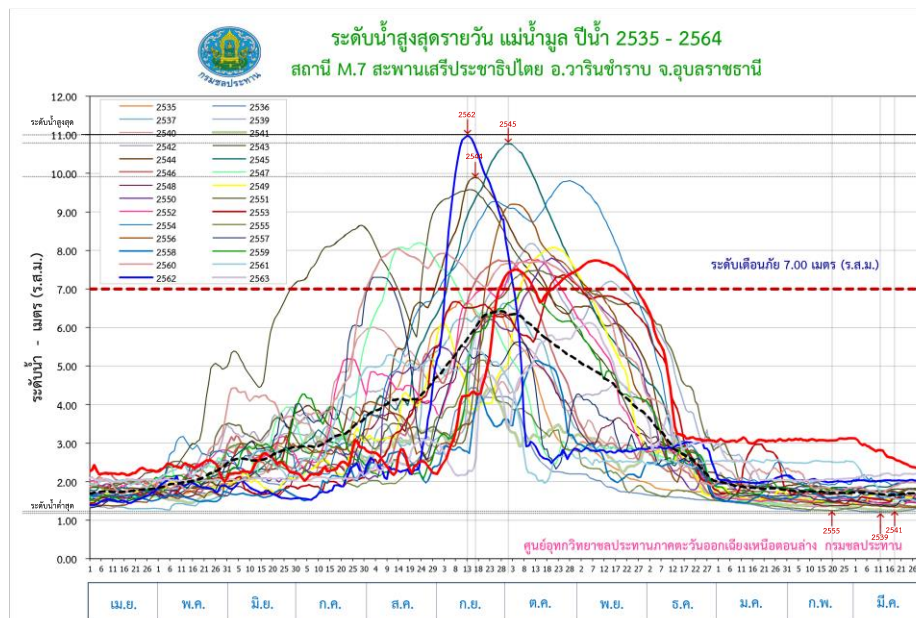
การเก็บข้อมูลและการกำหนดเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำแบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามทฤษฎีของ Fryirs และ Brierley (2013) ได้แก่ (1) ข้อมูลระดับน้ำสูงสุด คัดเลือกข้อมูลในปีที่มีน้ำมากที่สุดในฤดูน้ำหลาก (Wet season) โดยคัดเลือกในช่วงเวลาที่มีการท่วมสูงที่สุดในปีนั้น (annual peak flood) เพื่อใช้ระบุขอบเขตการท่วมของน้ำบนพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง



ภาพ 4 กราฟและภาพตัดแสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในแม่น้ำ

(Fryirs & Brierley, 2013)

(2) ข้อมูลระดับน้ำต่ำสุด (Base flow) ซึ่งมักปรากฏในช่วงฤดูแล้งเพื่อใช้ระบุขอบเขตของร่องแม่น้ำ (channel) และ (3) การหาระดับน้ำในช่วงต้นของฤดูน้ำหลาก (Wet season) เพื่อระบุปริมาณน้ำเต็มความจุตลิ่ง (bank full stage) และเพื่อศึกษาขอบเขตของแม่น้ำเมื่อระดับน้ำสูงที่สุดก่อนล้นจากตลิ่งสู่พื้นที่ราบน้ำท่วม (ภาพ 5) โดยพิจารณาการแบ่งระดับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจากกราฟระดับน้ำสูงสุดรายวัน ปี พ.ศ. 2535 ถึง 2563 (กรมชลประทาน, [ม.ป.ป.า])



ภาพ 5 ระดับน้ำสูงสุดรายวันแม่น้ำมูล ปี พ.ศ. 2535-2564 ดัดแปลงจากกรมชลประทาน [ม.ป.ป.า]

การคัดเลือกข้อมูลปีที่มีระดับน้ำสูงสุดในระยะประจำการของดาวเทียม Landsat โดยอ้างอิงข้อมูลจากข้อมูลระดับน้ำและการแปลงข้อมูลจากข้อมูลระดับน้ำสูงสุดรายวัน แม่น้ำมูล ปีน้ำ 2535 – 2564 สถานี M.7 สะพานเสรีประชาธิปไตย อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานีจากกรมชลประทาน [ม.ป.ป.า] ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ได้คือปี พ.ศ. 2545 เนื่องจากเป็นปีที่มีระดับน้ำท่วมสูงสุดของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ไม่มีการรบกวนด้านสภาพอากาศ และเก็บข้อมูลปริมาณน้ำในแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2545 และร่วมกับข้อมูลการแบ่งฤดูในประเทศไทยจากกรมอุตุนิยมวิทยา [ม.ป.ป.] ใช้ร่วมกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำของ Fryirs และ Brierley (2013) ในการคัดเลือกภาพถ่ายดาวเทียมที่มีข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาน้ำสูงสุดในปี (annual peak flood) ระดับน้ำเต็มความจุตลิ่ง (full bank flow) ซึ่งมีความใกล้เคียงระดับ 7 เมตรจากเสาระดับ และระดับน้ำต่ำสุด (base flow)

ตาราง 2 ข้อมูลระดับน้ำแปลงข้อมูลจากข้อมูลระดับน้ำสูงสุดรายวัน แม่น้ำมูล ปีน้ำ 2535 – 2564 สถานี M.7 สะพานเสรีประชาธิปไตย อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี (USGS, [n.d.]; กรมชลประทาน, [ม.ป.ป.า])

ระดับน้ำ	ปี	วันที่	ระดับน้ำจากเสาวัดระดับ	ระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำ (M.7) รทก.	ข้อมูลจากดาวเทียม	หมายเหตุ
ปีน้ำมาก	2562	13/09/2562	11.00	116.00	Landsat 8 OLI	เมฆมาก
	2545	18/10/2545	10.78	115.78	Landsat 7 TM+	
	2544	17/09/2544	9.91	114.91	Landsat 5	เมฆมาก

ตาราง 3 ข้อมูลปริมาณน้ำทำปี พ.ศ. 2545 สถานี M.7 สะพานเสรีประชาธิปไตย อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี (กรมชลประทาน, [ม.ป.ป.บ])

ปริมาณน้ำทำรายเดือน (ล้านลูกบาศก์เมตร - ล้าน ลบ.ม.)												
ปี	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
2545	312.03	417.66	781.79	1,213.62	2,984.63	10,636.80	11,826.50	4,298.71	1,369.61	383.62	321.24	395.28

ตาราง 4 ข้อมูลเกณฑ์การคัดเลือกเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (USGS, [n.d.]; กรมชลประทาน, [ม.ป.ป.]; กรมอุตุนิยมวิทยา [ม.ป.ป.า])

การแบ่งฤดู	ปี	วันที่	ดาวเทียม	ระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำ (M.7) รทก.	หมายเหตุ
ช่วงน้ำแล้ง (Dry season)	2545	20/02/2545	Landsat 7 TM+	106.74	
ต้นฤดูฝน (Wet season)	2544	11/07/2544	Landsat 7 TM+	107.80	ไม่สามารถใช้ปี 2545 ได้เนื่องจากมีข้อจำกัดของสภาพอากาศ
ปลายฤดูฝน (Wet season)	2545	18/10/2545	Landsat 7 TM+	115.78	

ในการเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการขยายตัวของพื้นที่เมือง และเพื่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ (flood pulse) ได้เลือกเก็บข้อมูลดาวเทียมประเภท Landsat ซึ่งเป็นดาวเทียมที่มีระยะเวลาการประจำการที่ยาวนาน สามารถสืบค้นข้อมูลได้ถึงปี พ.ศ. 2519 ทำให้สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของเมืองได้อย่างชัดเจนครอบคลุมช่วงปีที่มีสถิติการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่กว้าง และข้อมูลที่ได้มีความเหมาะสมในการนำไปจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน (landcover classification) ที่มีความแตกต่างกันได้ และสามารถทำการเน้นข้อมูลช่วงคลื่น (spectral enhancement) (Pettorelli et al., 2018) เพื่อผลการศึกษาที่มีความชัดเจนและแม่นยำ

การดำเนินการศึกษา

การดำเนินการศึกษาโดยใช้กระบวนการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน (landcover classification)

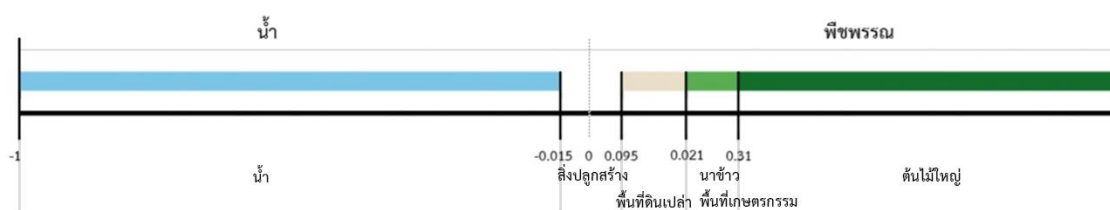
การศึกษานี้ใช้ระบบการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินแบบ High Ecological Resolution Classification for Urban Landscape and Environmental Systems (HERCULES) เพื่อใช้จำแนกความหลากหลายในระบบนิเวศแบบเมืองที่มีองค์ประกอบทางนิเวศและสิ่งที่มีมนุษย์สร้าง โดยให้ความสนใจไปที่การแยกสิ่งปกคลุมผิวดิน และองค์ประกอบทางชีวกายภาพของภูมิทัศน์ (Cadenasso et al., 2007; มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559) แบ่งได้เป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ อาคาร (building) วัสดุพื้นผิว (surface material) และพืชพันธุ์ (vegetation) (Ridd, 1995 อ้างถึงใน Cadenasso et al., 2013) ทั้ง 3 องค์ประกอบสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ลักษณะดัดแปลงจาก Cadenasso et al. (2007) เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะพื้นที่และการนำไปใช้งาน ได้แก่ (1) ต้นไม้ใหญ่ (Woody vegetation – trees) (2) พื้นดินและพื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural land) (3) พื้นดินเปล่า (Bare soil) (4) พื้นลาดแข็ง (Pavement) และ (5) สิ่งปลูกสร้างโดยมนุษย์ (Built-up)

การจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินโดยใช้ระบบการแยกแบบ HERCULES จำเป็นต้องแปลงผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยการคำนวณค่าความแตกต่างทั่วไปของพืชพันธุ์ (Normalized Difference Vegetation Index หรือ NDVI) และการคำนวณค่าความแตกต่างทั่วไปของน้ำ (NDWI) ซึ่งเป็นกระบวนการเน้นข้อมูลช่วงคลื่น (spectral enhancement) เพื่อเน้นข้อมูลเฉพาะที่ต้องการศึกษาที่มีความแม่นยำและมีความชัดเจนยิ่งขึ้น

การคำนวณค่าความแตกต่างทั่วไปของพืชพันธุ์ทำให้สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของบทบาทของภูมิทัศน์ หรือ การเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลผลิต (productivity) (Fensholt et al., 2015) โดยจะทำให้สามารถจำแนกลักษณะทั้ง 5 ประการได้ ซึ่งการคำนวณจะได้ค่าในช่วง -1 ถึง 1 โดยค่า 0 หมายความว่าไม่มีพืชพันธุ์และค่าใกล้เคียง 1 หมายความว่ามีความเป็นไปได้สูงที่มีพืชที่มีความหนาแน่นของใบไม้สีเขียวหรือมีคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) (Weier & Herring, 2000) โดยใช้การคำนวณดังนี้

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

โดย NIR คือค่าอินฟราเรดช่วงใกล้ (near infrared) และ Red คือค่าแสงที่สามารถเห็นด้วยตา (visible light) (Weier & Herring, 2000) และได้ทำการสุ่มตัวอย่างของลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินในแต่ละประเภท แล้วนำมากำหนดช่วงค่าเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินในแต่ละประเภท (ภาพ 7)



ภาพ 6 ตัวอย่างของช่วงของค่าการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน ใช้ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5

การคำนวณค่าความแตกต่างทั่วไปของน้ำ (NDWI) เป็นการเน้นข้อมูลเพื่อศึกษาสภาพความชื้นในพืชพันธุ์ โดยช่วงคลื่นมีการตอบสนองได้ดีต่อพืชสีเขียว พืชแห้ง และดิน (Gao, 1996) ซึ่งในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงการคำนวณค่าความแตกต่างทั่วไปของดัชนีน้ำ (Modified Normalized Difference Water Index: MNDWI) ซึ่งทำให้ผลที่ออกมามีความแม่นยำมากขึ้น โดยสามารถจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินที่มีน้ำปกคลุมได้ชัดเจนขึ้น (มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR}{Green + SWIR}$$

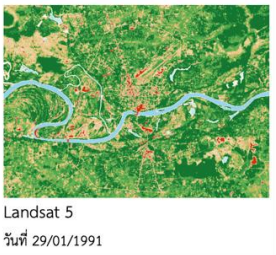
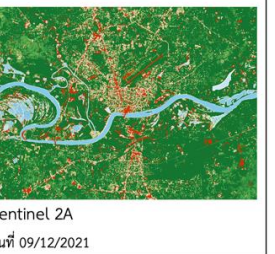
โดย Green คือค่าแสงสีเขียวที่สามารถเห็นด้วยตาและ SWIR คือ คลื่นอินฟราเรดสั้น (shortwave infrared) ซึ่งมีคุณสมบัติการดูดกลืนมากกว่าคลื่นอินฟราเรดสั้น ซึ่งสิ่งปลูกสร้าง พื้นดิน พื้นที่ยกร้าง นา และต้นไม้ใหญ่มีค่าเป็นลบและพื้นที่น้ำปกคลุมมีค่าบวก (มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559) ข้อมูลที่ได้จากจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินโดยใช้กระบวนการเน้นข้อมูลช่วงคลื่นทั้งสองประเภทมีความเหมาะสมในการนำไปใช้วิเคราะห์ผลที่มีความแตกต่างกันโดย (1) ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณค่าความแตกต่างทั่วไปของพืชพันธุ์ (NDVI) มีความเหมาะสมในการจำแนกความแตกต่างสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทพืชพันธุ์ (vegetation) และสิ่งปลูกสร้าง (built-up) และ (2) การคำนวณค่าความแตกต่างทั่วไปของน้ำ (NDWI) มีความเหมาะสมในการจำแนกพื้นผิวน้ำที่มีน้ำปกคลุมซึ่งทำให้สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในต่างช่วงเวลาอย่างชัดเจน

ผลการศึกษา

แบ่งการอธิบายออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

- 1) ผลการศึกษารูปแบบของการขยายตัวของเมืองและการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน จากการเปรียบเทียบภาพถ่ายดาวเทียมในปี พ.ศ. 2534 ถึง ปี พ.ศ. 2564 (ตาราง 5)

ตาราง 5 การจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินโดยใช้กระบวนการ HERCULES

2519	2534	2539	2544
	 Landsat 5 วันที่ 29/01/1991	 Landsat 5 วันที่ 12/12/1996	 Landsat 5 วันที่ 08/01/2001
2549	2554	2559	2564
 Landsat 5 วันที่ 08/12/2006	 Landsat 5 วันที่ 09/03/2011	 Sentinel 2A วันที่ 25/12/2016	 Sentinel 2A วันที่ 09/12/2021

พื้นที่ถูกปกคลุมด้วยน้ำ (Water)

พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (Built-up area)

พื้นที่รกร้าง พื้นที่ดินเปล่า (Bare soil)

พื้นที่เกษตรกรรม และนา (Agricultural land, rice farm)

พื้นที่ความหนาแน่นของต้นไม้สูง หรือต้นไม้ใหญ่ (High density forest , Trees)

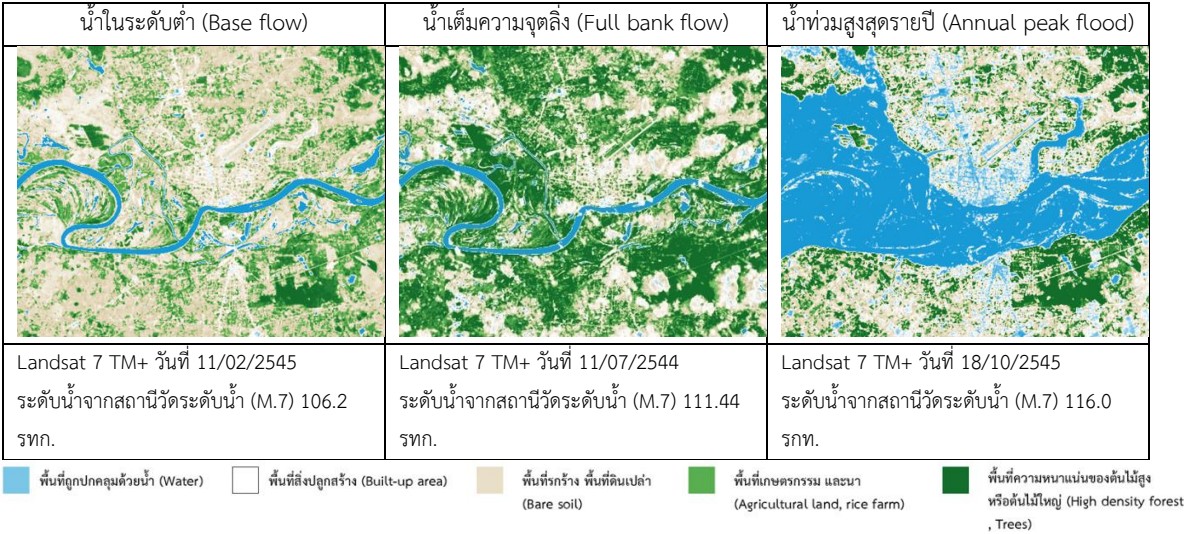
จากการเปรียบเทียบข้อมูลพบว่าพื้นที่เมืองมีการขยายตัวและความหนาแน่นขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเป็นการขยายตัวออกจากกลุ่มเมืองวารินชำราบเก่าบริเวณขอบ (edge-expansion) (Nong et al., 2018) พบทั้งการกระจายออกตามแนวถนน และการขยายตัวออกไปยังพื้นที่ธรรมชาติ พื้นที่รกร้าง และพื้นที่เกษตรกรรมหรือนาข้าวบริเวณริมแม่น้ำ นำมาสู่การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำกลายเป็นพื้นที่สิ่งปลูกสร้างและเมือง โดยหากเปรียบเทียบระหว่างปีที่เก่าที่สุดและปีที่ใหม่ที่สุดของข้อมูลพบว่า

- ในปี พ.ศ. 2534 พบว่าพื้นที่ริมน้ำส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่รกร้าง พื้นที่ดินเปล่า หรือพื้นที่ธรรมชาติ มีการตัดถนนและซอยย่อยในพื้นที่ริมน้ำ การกระจายตัวของบ้านเรือนไม่หนาแน่น และเมื่อพิจารณาร่วมกับแผนที่จาก Google Earth ในปี พ.ศ. 2534 และ 2535 (Google Earth, 2022) พบว่ามีการเตรียมพื้นที่หลายแห่งเพื่อการพัฒนาเป็นพื้นที่เมือง และพบการกระจายของเมืองออกจากแม่น้ำไปตามแนวถนนและถนนเลียบเมืองอุบล (ring road) ซึ่งยังมีความหนาแน่นไม่มาก
- ในปี พ.ศ. 2562 พบว่าพื้นที่รกร้าง พื้นที่นาข้าว พื้นที่เกษตรกรรม หรือพื้นที่ธรรมชาติหลายแห่งถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นอาคาร สถานที่ราชการ พื้นที่ตลาดขนาดใหญ่ และที่อยู่อาศัย ซึ่งมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2534 อย่างเห็นได้ชัด และมีการตัดถนนและการขยายถนนมากขึ้นซึ่งส่งผลให้เกิดการพัฒนาของเมืองตามแนวของถนน

- 2) ผลการศึกษาและการระบุขอบเขตพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำท่วมสูงสุดในฤดูฝน ระดับต้นฤดูฝน และระดับน้ำต่ำสุดในฤดูแล้ง ทำให้สามารถเห็นลักษณะการไหลทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ ระดับการ

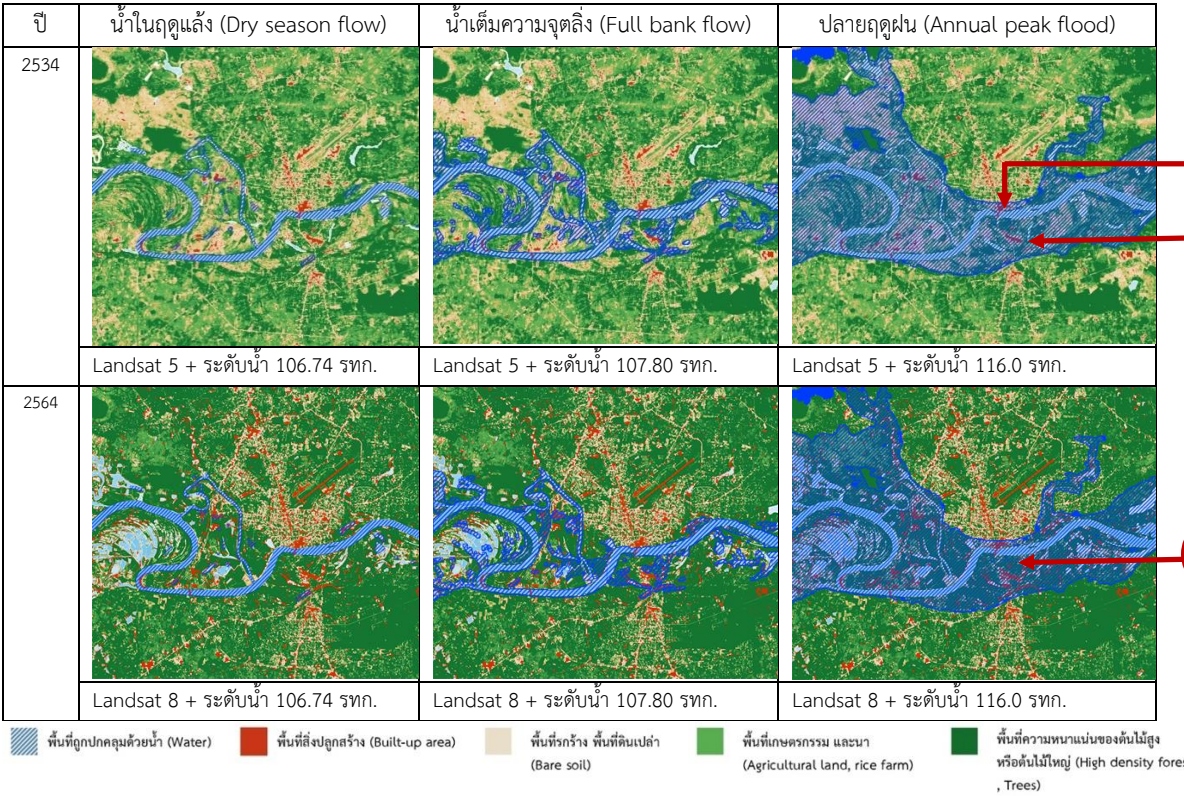
ไหลในระดับต่ำ (base flow, low flow) ระดับการไหลเต็มความจุตลิ่ง (full bank flow) และระดับน้ำท่วมสูง รายปี (flood stage, annual peak flood) (Fryirs & Brierley, 2013) โดยได้ข้อมูลดังนี้ (ตาราง 6)

ตาราง 6 การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน



3) ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำ ต้องอาศัยการซ้อนทับกันของข้อมูลทั้ง 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินที่แสดงรูปแบบการขยายตัวของเมืองและข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทั้ง 3 ช่วงเวลาในรอบปี (ตาราง 7)

ตาราง 7 การซ้อนทับข้อมูลระหว่างการขยายตัวของเมือง และการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ



การวิเคราะห์ข้อมูลอาศัยการซ้อนทับข้อมูลทั้ง 2 ส่วนประกอบกับการศึกษาระดับน้ำท่วมสูงสุดรายวันและข้อมูลรูปตัดลำน้ำจากกรมชลประทาน [ม.ป.ป.ช.] พบว่าระดับน้ำในแม่น้ำในช่วงฤดูแล้ง (dry season flow) และระดับน้ำต้นฤดูฝนที่ทำให้เห็นการไหลภายในตลิ่ง (bank flow) พบว่าน้ำยังไหลอยู่ในร่องน้ำ (channel) สอดคล้องกับภาพถ่ายตัดลำน้ำและระดับการเตือนภัยที่มีความสูง 7 เมตรจากเสาระดับ หรือ 112 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งไม่พบการซ้อนทับกันของพื้นที่น้ำและเมือง

การเปลี่ยนแปลงเมื่อระดับน้ำช่วงปลายฤดูฝน หรือมากกว่าความจุลำน้ำหรือความสูง 7 เมตรจากเสาระดับ หรือ 112 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง หรือน้ำท่วม (Overbank flow, Flood) พบการซ้อนทับกันของพื้นที่น้ำปกคลุมและเมือง แสดงให้เห็นว่าการขยายตัวของเมืองทั้งฝั่งอำเภวารินชำราบและอำเภอเมืองลำเข้ามายังพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำโดยเริ่มเห็นการพัฒนาตั้งแต่ปีแรกที่เก็บข้อมูล โดยในปี พ.ศ. 2534 ตำแหน่ง (A) เริ่มมีการปรับพื้นที่เพื่อเตรียมการก่อนสร้างและก่อสร้างแล้วเสร็จเป็นกลุ่มอาคารขนาดใหญ่ในเวลาต่อมา ตำแหน่ง (B) พบการตัดถนนเพิ่มขึ้นและพบการกระจุกตัวและความหนาแน่นที่เพิ่มของอาคารประเภทที่อยู่อาศัยฝั่งวารินชำราบ (C) พบว่าพื้นที่น้ำท่วมริมแม่น้ำกลายเป็นเมืองก่อนปีที่ดินเทียมครอบคลุม

สรุปผลการศึกษาและการวิเคราะห์

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำอันเป็นผลเชื่อมโยงจากการขยายตัวของเมือง ด้วยการสำรวจระยะไกลโดยการแปลผลและวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat ในปีที่แตกต่างกัน และด้วยกระบวนการเน้นข้อมูลช่วงคลื่นที่แตกต่างกันเพื่อให้เกิดความชัดเจนของข้อมูล สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

- 1) การศึกษาด้วยการสำรวจระยะไกลสามารถทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในแม่น้ำ (flood pulse) ซึ่งสามารถเห็นความแตกต่างของระดับน้ำในแม่น้ำในฤดูแล้งและฤดูฝน โดยเฉพาะระดับน้ำสูงสุดซึ่งทำให้เห็นขอบเขตของน้ำท่วมในช่วงเวลาที่เกิดการท่วมที่กว้างที่สุด และทำให้สามารถกำหนดขอบเขตของพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำซึ่งเป็นพื้นที่ที่อยู่ภายใต้อิทธิพลจากการไหลของน้ำได้ (Wohl, 2014) และสามารถทำให้เข้าใจข้อ (2)
- 2) รูปแบบการขยายตัวของเมืองมีการขยายตัวของเมือง (urban expansion) ออกจากอำเภวารินชำราบในปี พ.ศ. 2534 กระจายลงไปยังพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำ โดยพบว่าปี พ.ศ. 2534 สิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำไม่หนาแน่น ยังคงเห็นหลักฐานการปรับตัวเข้ากับพลวัต (dynamic) ของพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง ยังคงพบเป็นพื้นที่นา พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่รกร้าง และพื้นที่ธรรมชาติ แต่พบว่าพื้นที่บางส่วนเริ่มมีการเตรียมสำหรับการก่อสร้างแต่ยังคงปรากฏในรูปแบบของพื้นที่ดินเปล่า (bare soil) ในปี พ.ศ. 2564 พบการขยายตัวของเมืองมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ธรรมชาติเป็นสิ่งปลูกสร้าง (built up) มีความหนาแน่นมากขึ้น มีการสร้างอาคารขนาดใหญ่ สถานที่ราชการ โกดัง โรงงาน และที่อยู่อาศัย ซึ่งมักเกิดน้ำท่วมเป็นประจำตามพลวัตตามธรรมชาติของพื้นที่ การสร้างสิ่งปลูกสร้างเพื่อป้องกันปัญหาน้ำท่วมที่ไม่สามารถแก้ไขได้

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการขยายตัวของเมืองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 ไม่สอดคล้องกับพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำที่เกิดพลวัตเป็นปกติตามธรรมชาติ เช่น วัฏจักรไหล (flow regime) และพลวัตน้ำหลาก (flood pulse) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในพื้นที่ (Opperman et al., 2017; Wolh, 2014) จนทำให้เกิดผลกระทบและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพต่อแม่น้ำ สะท้อนให้เห็นจากการขยายตัวของเมืองบนพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำ การรुक้าพื้นที่แม่น้ำ หรือการสร้างเขื่อนป้องกันน้ำท่วมซึ่งส่งผลกระทบต่อนิเวศบริการและกระทบต่อสังคมมนุษย์ ประกอบกับวิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้รูปแบบความสัมพันธ์การพึ่งพาแม่น้ำเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน ทำให้มุมมองคุณค่าของแม่น้ำและกระบวนการที่เกิดขึ้นของแม่น้ำเปลี่ยนแปลงไปและกลายเป็นแม่น้ำที่สร้างผลเสียให้กับพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำและเมือง การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ภูมินิเวศแม่น้ำนั้นส่งผลให้เกิดผล

กระทบแบบถาวรไม่สามารถคืนกลับสู่ระดับสมดุลได้ (natural range of variability) ซึ่งการพัฒนาที่ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขตามธรรมชาติเหล่านี้ควรพิจารณาเป็นข้อคำนึงถึงในการวางแผนเพื่อการรองรับการขยายตัวของเมืองในพื้นที่ริมน้ำต่อไป

บรรณานุกรม

- กรมชลประทาน. [ม.ป.ป.]. ระดับน้ำสูงสุดรายวัน แม่น้ำมูล ปีน้ำ 2535-2564 สถานี M.7 สะพานเสรีประชาธิปไตย อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2565, จาก <http://hydro-4.rid.go.th/4Runoffdata/17.GraphCompare-day/M.7.pdf>
- กรมชลประทาน. [ม.ป.ป.]. ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือน สถานี M.7 สะพานเสรีประชาธิปไตย อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2565, จาก <http://hydro-4.rid.go.th/4Runoffdata/17.GraphCompare-day/M.7.pdf>
- กรมชลประทาน. [ม.ป.ป.]. รูปตัดขวางลำน้ำ ปีน้ำ 2022 สถานี M.7 (แนวสะพานรถยนต์) แม่น้ำมูล อ.เมือง จ.อุบลราชธานี สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2565, จาก <http://hydro-4.rid.go.th/4Runoffdata/17.GraphCompare-day/M.7.pdf>
- กรมทรัพยากรธรณี. (2552). แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย 1:50,000 F5939 2 ระวัง 5939II ระวังจังหวัดอุบลราชธานี [แผนที่]. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. [ม.ป.ป.]. ฤดูกาลของประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2565, จาก <https://www3.tmd.go.th/info/ฤดูกาลของประเทศไทย>
- เกษมพันธุ์ แก้วธำรง. (2561). การระบุขอบเขตพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงและความสัมพันธ์ระหว่างพลวัตของภูมิทัศน์กับการปรับตัวของมนุษย์ : กรณีศึกษาแม่น้ำมูลตอนกลาง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- ณัย หายตะคุ. (2548). โครงสร้างเชิงปริภูมิของภูมิทัศน์กับการวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลอง : การทบทวนทางทฤษฎีของกระบวนการเชิงปริมาณทางภูมิณีวิทยา. วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (1), 97-124.
- ประสิทธิ์ คุนรัตน์, เสกสรรค์ ยงวิชัย, ลำอาน หอมชื่น, อาวุธ รินทรานุรักษ์ และ ไพรัช เคนพิเศษ. (2545). การศึกษาสภาพแวดล้อมและการใช้ประโยชน์ของป่าบุ่งป่าทาม บริเวณแม่น้ำมูลตอนล่าง. ขอนแก่น: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- มิ่งขวัญ นันทวิสัย. (2559). การจำแนกและวิเคราะห์พืชพรรณในเมืองเพื่อหาความสัมพันธ์ของรูปแบบพืชพรรณในเมืองที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวพื้นของเมือง : กรณีศึกษา กรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- สมหมาย ชินนาค และ กาญจนา ชินนาค. (2564). พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตเมือง : วิถีชีวิต ผู้คน มายาคติ ความเป็นชายขอบและปฏิบัติการต่อรอง. วารสารศิลปะการจัดการ, 5(3), 922-936.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. [ม.ป.ป.]. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 1 ถึงฉบับที่ 12. สืบค้นจาก https://www.nesdc.go.th/main.php?filename=develop_issue
- Aymonier, E. (2000). *Isan travel: Northeast Thailand's economy in 1883-1884*. Bangkok: White lotus.
- Bioresita, F., Puissant, A., Stumpf, A., & Malet, J. P. (2017). *Active and passive remote sensing data time series for flood detection and surface water mapping*. Vienna: EGU General Assembly.
- Bock, K., Polt, R. P., & Shulting, L. (2018). Ecosystem services in river landscape. In Schmutz, S., & Sendzimir, J. (Eds.), *Riverine ecosystem management* (pp. 413-433). Dordrecht: Springer.

- Brierley, G. J. (2020). *Finding the voice of the river: Beyond restoration and management*. London: Palgrave. doi:10.1007/978-3-030-27068-1
- Cadenasso, M. L., Pickett, S. T. A., & Schwarz, K. (2007). Spatial heterogeneity in urban ecosystem: reconceptualizing land cover and framework for classification. *Frontier in Ecology and the Environment*, 5(2), 80-88.
- Cadenasso, M. L., Pickett, S. T. A., McGrath, B., & Marshall, V. (2013). Ecological heterogeneity in urban ecosystems: Reconceptualized land cover models as a bridge to urban design. In S. T. A. Pickett, M. L. Cadenasso, & Brian McGrath (Eds.), *Resilient in ecology and urban design: Linking theory and practice for sustainable cities*. Retrieved May 20, 2022, from https://www.academia.edu/27215570/Ecological_Heterogeneity_in_Urban_Ecosystems_Reconceptualized_Land_Cover_Models_as_a_Bridge_to_Urban_Design
- Douglas, I. (2015). *Ecosystems and human well-being*. Washington, DC: Island Press.
- Fensholt, R., Horion, S., Tagesson, T., Ehammer, A., Ivits, E., & Rasmussen, K. (2015). Global-scale mapping of changes in ecosystem functioning from earth observation-based trends in total and recurrent vegetation. *Global Ecology and Biogeography*, 24(9), 1003-1017. Retrieved September 2, 2022, from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/geb.12338>
- Fryirs, K., & Brierley, G. J. (2013). *Geomorphic analysis of river systems: An approach to reading the landscape*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons.
- Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons.
- Gao, B. C. (1996). NDWI – A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58, 257-266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
- Google Earth. (2022). *Ubon rajchathani 15°13'10"N 104°51'40"E*. Retrieved October 9, 2022, from <https://earth.google.com/web/@15.22272122,104.86111594,115.76980023a,14286.14713367d,35y,0h,0t,0r>
- Haslam, S. M. (2008). *The riverscape and the river*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hingham, C. F. W. (2011). The iron age of the Mun river valley, Thailand. *The Antiquaries Journal*, 91, 101-144. Retrieved September 21, 2022, from <https://www.cambridge.org/core/journals/antiquaries-journal/article/abs/iron-age-of-the-mun-valley-thailand/C8FE63C2D5C3EB84F9301D1DE2368B3C>
- McGaugh, M. E. (1970). *A geography of population and settlement*. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Company.
- Marsalek, J., Jimenez, B., & Goldenfum, J. A. (2007). *Urban water cycle processes and interaction: International Hydrological Programme, UNESCO*. Retrieved November 8, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/242591919_Urban_Water_Cycle_Processes_and_Interactions/link/5457805b0cf2cf516480d3a0/download
- Nedkov, S., & Burkhard, B. (2012). Flood regulating ecosystem services mapping supply and demand, in the etropole municipality, Bulgaria. *Ecological Indicators*, 21, 67-79. Retrieved May 11, 2022, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X11001932>

- Nong, D. H., Lepczyk, C. A., Miura, T., & Fox, J. M. (2018). *Quantifying urban growth patterns in Hanoi using landscape expansion modes and times series spatial metrics*.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196940>
- Opperman, J. J., Moyle, P. B., Larsen, E. W., Florsheim J. L., & Manfree, A. D. (2017). *Floodplains processes and management for ecosystem services*. Oakland, CA: University of California Press.
- Pettorelli, N., Schulte to Buhne, H., Shapiro, A., & Glover-Kapfer, P. (2018, April). *Conservation: Technology series issue 4: Satellite remote sensing for conservation*. doi: 10.13140/RG.2.2.25962.41926
- Reed, J., Ros-Tonen, M., & Sunderland, T. (2020). *Operationalizing integrated landscape approaches in the tropics*. Bogor: Center for International Forestry Research (CIFOR). doi: 10.17528/cifor/007800
- Sayer, J., Sunderland, T., Ghazoul, J., & Buck, L. E. (2012). *Ten principles for a landscape approach to reconciling agriculture, conservation, and other competing land uses*. Retrieved September 12, 2022, from <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1210595110>
- USGS. [n.d.]. *Earth explorer*. Retrieved September 28, 2022, from <https://earthexplorer.usgs.gov>
- Weier, J., & Herring, D. (2000). *Measuring vegetation: Normalized difference vegetation index (NDVI)*. Retrieved November 8, 2022, from <https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation>
- Wohl, E. E. (2014). *River in the landscape: Science and management*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Wongsomsak, S. (1986). Salinization in Northeast Thailand. *Southeast Asian Studies*, 24(2), 133-153.
 Retrieved July 19, 2022, from <https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/bitstream/2433/56243/1/KJ00000131298.pdf>
- Yankowski, A., Kersap, P., & Chang, N. (2015). “PLEASE PASS THE SALT” – an ethnoarchaeological study of salt and salt fermented fish production, use and trade in Northeast Thailand. *Journal of Indo-Pacific Archaeology*, 37, 4-13. <https://doi.org/10.7152/jipa.v37io.14711>