การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการวิเคราะห์และการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่และเวลาเพื่อศึกษาการกระจายของปริมาณและความหลากหลายชนิดของต้นไม้ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

เยาวเรศ จันทะคัต

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และศิลปะศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000
E-mail: yaowaret.ja@rmuti.ac.th

รับบทความ: 26 กุมภาพันธ์ 2565 แก้ไขบทความ: 7 กรกฎาคม 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 12 กรกฎาคม 2565

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบเชิงพื้นที่และเวลาสำหรับการกระจายของปริมาณและความหลากหลายชนิดของต้นไม้ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ตั้งในตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2564 ด้วยการคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายด้วยวิธี Shanon–Wiener diversity index และการกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณและความหลากหลายชนิดของต้นไม้ด้วยเทคนิค average nearest neighbor ในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า ในปี 2560 มีปริมาณต้นไม้ 1,375 ต้น และค่าดัชนีความหลากหลายของต้นไม้อยู่ระหว่าง 0.038–0.531 หรือเฉลี่ย 0.180±0.139 (72 ชนิด) และในปี 2564 มีปริมาณต้นไม้ 1,357 ต้น และค่าดัชนีความหลากหลายของต้นไม้อยู่ระหว่าง 0.070–0.540 หรือเฉลี่ย 0.184±0.127 (74 ชนิด) สำหรับการกระจายเชิงพื้นที่ด้วยเทคนิค average nearest neighbor ของปริมาณต้นไม้ในสองปีดังกล่าว โดยมีการกระจายในแบบเกาะกลุ่ม ซึ่งเป็นไปตามการกำหนดสมมติฐานแบบมีทิศทางโดยสมมติฐานหลัก (H_0) ค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 1 (การกระจายในแบบเกาะกลุ่ม) และสมมติฐานทางเลือก (H_A) ค่าดัชนีความหลากหลายมากกว่า 1 (การกระจายในแบบกระจาย) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ทั้งนี้พบการกระจายเชิงพื้นที่ของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษาตามเส้นถนนบริเวณทางเท้า และที่รกร้างเป็นส่วนใหญ่ โดยมีชนิดพรรณเด่นของต้นไม้ คือ มะขามในปี พ.ศ. 2560 และกระถิน ในปี พ.ศ. 2564

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ความหลากหลายของชนิดต้นไม้ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเวลา มหาวิทยาลัยสีเขียว

Application of Geographic Information System for Spatio–temporal Analysis and Comparison to Study Distribution of Tree Species Quantity and Diversity in Rajamangala University of Technology ISAN

Yaowaret Jantakat

Department of Information and Communication Technology, Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhonratchasima 30000, Thailand
E-mail: yaowaret.ja@rmuti.ac.th

Received: 26 February 2022 Revised: 7 July 2022 Accepted: 12 July 2022

Abstract

This study aimed to analyze and compare spatio-temporal data for distribution of tree species quantity and diversity in Rajamangala University of Technology ISAN where locates in Ni–Muang sub–district, Muang district, Nakhonratchasima province between 2017 and 2021. Shanon–Wiener diversity index was used for calculating tree diversity and distribution of tree species quantity and diversity was analyzed by average nearest neighbor in GIS program. The results were found that, in 2017, there were totally 1,357 trees and diversity index was between 0.038–0.531 or average 0.180±0.139 (72 species) and, in 2021, there were totally 1,357 trees and diversity index was between 0.070–0.540 or average 0.1836±0.127 (74 species) in year 2021. For spatial distribution of such two years, there were a clustered pattern according to the mainly non-directional hypothesis (H_0) with diversity index equal to 1 (clustering) and the alternative hypothesis (H_A) with diversity index higher than 0 (dispersion) at significant level 0.01. The spatial distribution of trees in the study area was found mostly along roads on sidewalks and abandoned areas with tree dominance consist of Tamarin in 2017 and Acacia in 2021.

Keywords: Geographic information system, Tree diversity, Spatio–temporal analysis, Green university

บทนำ

“มหาวิทยาลัยสีเขียว” เป็นที่รู้จักกันทั่วไปในโลกว่าเป็นกิจกรรมทุกประเภทภายใต้วิสัยทัศน์ของ “การพัฒนาที่ยั่งยืน” นอกจากนี้ยังแสดงถึงความรับผิดชอบที่สำคัญของการศึกษาระดับอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาสังคม (DAYEH Uni-

versity Sustainability, 2021) การพัฒนาที่ยั่งยืนเป็นกระบวนทัศน์สำหรับการคิดเกี่ยวกับอนาคตที่การพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐกิจมีความสมดุลในการแสวงหาคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ตัวอย่างเช่น สังคมที่เจริญรุ่งเรืองต้องอาศัยสภาพแวดล้อมที่ดีต่อสุขภาพในการจัดหาอาหารและทรัพยากร น้ำดื่มที่ปลอดภัย และอากาศบริสุทธิ์สำหรับพลเมืองของตน หรือสรุปคือมี 4 มิติ คือ สังคม สิ่งแวดล้อม วัฒนธรรม และเศรษฐกิจ (UNESCO, 2021) เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยทางสังคมและนิเวศวิทยาตลอดจนปัจจัยทางเศรษฐกิจ ของฐานทรัพยากรที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต และในระยะยาวตลอดจนข้อดีและข้อเสียในระยะสั้นของการดำเนินการทางเลือก (Liu, 2017) ดังนั้นสถาบันการศึกษาจึงตระหนักถึงความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งแวดล้อมกับการศึกษา ตัวอย่างเช่น ปัญหาวิกฤตพลังงานในปี พ.ศ. 2513 ได้ก่อให้เกิดความสนใจของประชาชนต่อแนวคิดเรื่องการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาอย่างยั่งยืนในสถาบันการศึกษา (Bartlett and Chase, 2013) งานวิจัยมุมมองของนักศึกษาต่อพื้นที่สีเขียวในมหาวิทยาลัยมีอิทธิพลต่อความสำเร็จการศึกษาของนักศึกษา โดยความถี่และจำนวนนักศึกษาเข้าไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่สีเขียวมีถึงร้อยละ 66.80 (McFarland *et al*., 2008) The University of Sheffield, (2021) แสดงผลการวิจัยว่าพื้นที่สีเขียวมีความสำคัญต่อสุขภาพจิตของนักศึกษา และงานวิจัยของนักศึกษาเกี่ยวกับความชอบของพื้นที่สีเขียวในมหาวิทยาลัยโดยมีความชอบการรับรู้จากพื้นที่สีเขียวในพื้นที่จริงมากกว่าที่จะรับรู้จาก ภาพหรือโปสเตอร์ (Bogerd *et al*., 2018) โดยบทบาทของมหาวิทยาลัยที่มีต่อสิ่งแวดล้อมจึงได้มีแนวทางส่งเสริมและมาตรการต่าง ๆ สำหรับการพัฒนามหาวิทยาลัยสีเขียว โดยมีจุดประสงค์หลัก เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการดำเนินงานของมหาวิทยาลัย และอาจส่งผลทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริเวณใกล้เคียง (Bartlett and Chase, 2013; Creighton, 1998; DAYEH University Sustainability, 2021)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (มทร.อีสาน) ประกาศนโยบายด้านการบริหารจัดการพื้นที่การศึกษาให้เป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว เพื่อเสริมสร้างคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน โดยใช้กรอบพัฒนาปรับปรุงสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยสีเขียวของอินโดนีเซีย (University of Indonesia: UI) (Rajamangala University of Technology Isan, 2021) ซึ่งนำมาดัดแปลงให้เข้ากับบริบทของ มทร.อีสาน ซึ่งพันธกิจที่สำคัญของนโยบายมหาวิทยาลัยสีเขียว มทร.อีสาน โดยวางระบบโครงสร้างพื้นฐานที่ผู้วิจัยสนใจ ซึ่งเน้นเกี่ยวกับการรักษาสภาพป่าบริเวณพืชพรรณท้องถิ่นดั้งเดิมไว้ และการเพิ่มพื้นที่ปลูกต้นไม้ สวน สนามหญ้า ทั้งนี้เพื่อให้เป็นตามเป้าหมายของนโยบายสีเขียวของ มทร.อีสาน ดังนั้นการศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อดูแลและรักษาต้นไม้ใน มทร.อีสาน ที่มีอยู่ในปัจจุบันให้สามารถคงอยู่ได้ในอนาคต

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและเปรียบเทียบของการกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณและความหลากหลายชนิดของต้นไม้ใน มทร.อีสาน ระหว่างปี พ.ศ. 2560 และ 2564 ด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เข้ามาช่วยวิเคราะห์การกระจายเชิงพื้นที่หรือตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของชนิดต้นไม้ใน มทร.อีสาน โดยเฉพาะตำแหน่งที่ตั้งของชนิดต้นไม้ที่มีค่าดัชนีความหลากหลายอยู่ใน

ระดับมาก การศึกษานี้มีประโยชน์ในแง่ของตำแหน่งที่ตั้งของต้นไม้ที่ต้องดำเนินการดูแลและรักษาใน มทร.อีสาน ทั้งนี้การศึกษานี้ยังมีส่วนร่วมในการช่วยและการสนับสนุนแผนปฏิบัติการเชิงนโยบายด้านการจัดการพื้นที่สีเขียวชุมชนเมืองอย่างยั่งยืนโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดย Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (2007) ที่ได้กำหนดลักษณะต้นไม้สำหรับพื้นที่สีเขียวอย่างยั่งยืน คือ เส้นรอบวงของลำต้นไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร ณ ความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร และความสูงไม่น้อยกว่า 5 เมตร

การทบทวนวรรณกรรม

การวิเคราะห์ความหลากหลายชนิดของต้นไม้ (diversity indices) ที่นิยมใช้กัน (Marod, 2011) มีดังนี้

(1) ดัชนีความหลากหลายของ Simpson (Simpson's index, λ) ใช้สำหรับความซับซ้อนของข้อมูลการกระจายของสิ่งมีชีวิตทั้งในรูปแบบของอนุกรมลอการิทึม (logarithmic series) และการกระจายแบบลอการิทึมปกติ (lognormal distribution) ซึ่งค่อนข้างส่งผลต่อการตัดสินใจที่ใช้หลักสถิติเข้ามาช่วยวิเคราะห์ ดังนั้นรูปแบบของดัชนีที่อาศัยการวัดแบบไม่อิงพารามิเตอร์ (nonparametric) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความน่าจะเป็น (probability) ในการสุ่มประชากรที่มีลักษณะคล้ายกันหรือชนิดเดียวกัน โดยมีสูตรการคำนวณ (Simpson, 1949) ดังนี้

$$\lambda = \sum_{i=1}^{s} p_i^2 \qquad (1)$$

เมื่อ λ คือ ดัชนีความหลากหลายของ Simpson

p_i คือ สัดส่วนของความมากมายของจำนวนชนิดที่ i เมื่อเทียบกับจำนวนทั้งหมด (N) โดย p_i = n_i/N เมื่อ i = 1, 2, 3,...., s และ n_i คือ จำนวนชนิดต้นไม้หนึ่ง ๆ ที่สำรวจพบในพื้นที่ศึกษา

จากดัชนีความหลากหลายของ Simpson สามารถกล่าวได้ว่า เมื่อใดก็ตามที่โอกาสในการพบหรือมีการสุ่มประชากรสองกลุ่มที่ลักษณะคล้ายกันหรือชนิดเดียวกันสูง แสดงว่า ความหลากหลายในสังคมมีค่าต่ำ นอกจากนี้สมการ Simpson index นั้นใช้ได้กับสังคมที่ทราบถึงประชากรทั้งหมดในสังคม (finite communities) ซึ่งโดยความเป็นจริงแล้วยากมากที่จะทราบถึงจำนวนประชากรที่แท้จริงได้ในธรรมชาติ ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงสูตรดังกล่าวเพื่อลดความมีอคติในกรณีที่ประชากรมีจำนวนมากมายและไม่สามารถแจงนับได้ครบถ้วน โดยมีสูตรการคำนวณ (Simpson, 1949) ดังนี้

$$\lambda = \sum_{i=1}^{s} \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \qquad (2)$$

(2) ดัชนีความหลากหลายของ Shanon–Wiener (Shanon–Wiener index: H') ใช้กันอย่างแพร่หลายในกลุ่มนักนิเวศวิทยา โดยอาศัยพื้นฐานของทฤษฎีสารสนเทศ (information theory) คือมุ่งหวังที่จะวัดจำนวนอันดับสิ่งมีชีวิตที่ประกอบอยู่ในสังคมอย่างเป็นระบบ (Margalef, 1958) ดัชนีความหลากหลายนี้เป็นการวัดถึงค่าเฉลี่ยองศาความไม่แน่นอน (degree of uncertainty) ในการปรากฏของชนิดที่ถูกเลือกว่าจะเป็นชนิดใดจากจำนวนชนิดทั้งหมด (S) ภายในจำนวนประชากรทั้งหมด (N) โดยมีสูตรในการคำนวณ Margalef (1958) ดังนี้

$$H' = -\sum_{i=1}^{S}(p_i\, In\, p_i) = -\sum_{i=1}^{S}[\left(\frac{n_i}{N}\right) \ln \left(\frac{n_i}{N}\right)] \quad (3)$$

เมื่อ H' คือ ดัชนีความหลากหลายของ Shanon-Weiner

p_i คือ สัดส่วนของความมากมายของจำนวนตัวชนิดที่ i เทียบกับจำนวนทั้งหมด (N) โดย p_i = n_i/N เมื่อ i = 1, 2, 3,..., S และ n_i คือ จำนวนชนิดต้นไม้หนึ่ง ๆ ที่สำรวจพบในพื้นที่ศึกษา

S คือ จำนวนชนิดที่พบในสังคม

หลักการของดัชนีความหลากหลายของ Shanon–Weiner จะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนชนิดในสังคมเพิ่มขึ้นและมีความสม่ำเสมอในการกระจายจำนวนประชากรแต่ละชนิด สามารถให้ค่า H' สามารถมีค่าได้สูงสุด และค่า H' มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อมีจำนวนชนิดในสังคมเพียงแค่ชนิดเดียว อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติพบว่าค่า H' มีค่าได้ไม่เกิน 5

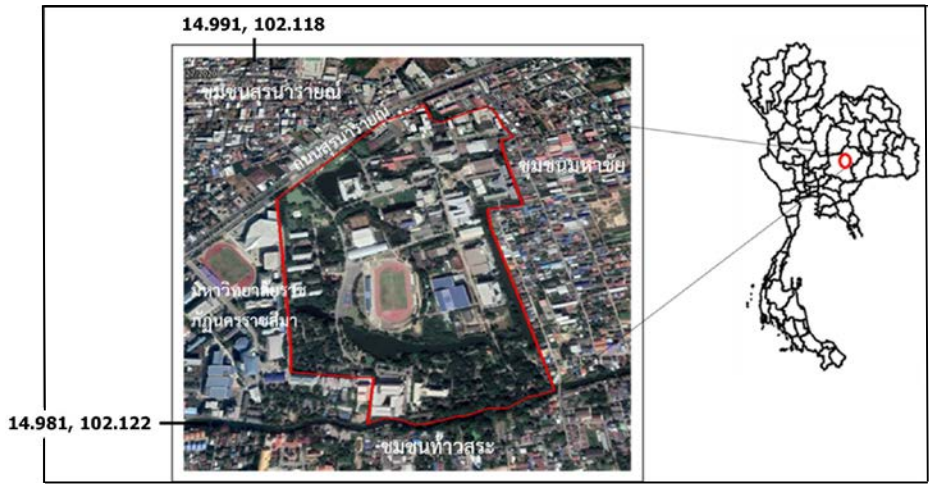
การวิเคราะห์การกระจายตัวเชิงพื้นที่และเวลาด้วยเทคนิคระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลา (spatio–temporal data) เป็นพื้นที่การวิจัยที่เกิดขึ้นเนื่องจากการพัฒนาและการประยุกต์ใช้เทคนิคการคำนวณหรือสถิติหรือการจำลองเพื่อให้สามารถใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลาที่มีขนาดใหญ่ได้ (Columbia University Mailman School of Public Health, 2021) ตัวอย่างเช่น ฐานข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและผลลัพธ์การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ต่าง ๆ บน Google Earth Engine (Google LLC., 2019) เช่นเดียวกับ Goodchild (2005) ได้กล่าวว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีวิวัฒนาการมาจากมุมมองคงที่ที่มีอยู่ในแผนที่กระดาษ แต่ก็ยังมีความสนใจในการเพิ่มไดนามิกและการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือเรียกว่า ‘ArcGIS’ ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยบริบทเชิงพื้นที่และเวลา ซึ่งทุก ๆ สิ่งที่เกิดขึ้นในบางพื้นที่และเกิดขึ้นในบางจุดในเวลาหนึ่ง สามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ArcGIS ในชุดคำสั่ง spatial statistics เช่น การวิเคราะห์ average nearest neighbor การวิเคราะห์ high/low clustering (Getis–Ord General G) การวิเคราะห์ Hot Spot การวิเคราะห์ cluster and outlier การวิเคราะห์ emerging hot spot และการวิเคราะห์การจัดกลุ่มแบบ constrained multivariate ซึ่งช่วยให้เราได้ใช้ประโยชน์จากสารสนเทศที่ผลิตขึ้นมา (Environmental Systems Research Institute, 2018) การวิเคราะห์การกระจายของรูปแบบจุด (point pattern analysis) เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เนื่องจากการวิเคราะห์รูปแบบจุดมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ การสร้างแบบจำลอง การสร้างภาพและการตีความข้อมูลจุดด้วยความพร้อมใช้งานที่เพิ่มขึ้นของข้อมูลทางภูมิศาสตร์ขนาดใหญ่ เช่น การบันทึกโทรศัพท์มือถือและการเช็คอินในโซเชียลมีเดีย ข้อมูลจุดระดับบุคคลจำนวนมากขึ้นทุกวัน (UCGIS, 2016) โดยทั่วไปการกระจายเชิงพื้นที่รูปแบบจุดมี 3 รูปแบบ คือ 1) การกระจายแบบสุ่ม (random pattern) 2) การกระจายแบบกลุ่ม (clustered pattern) และ 3) การกระจายแบบสม่ำเสมอ (uniform pattern) (University of Southampton, 2021) ตัวอย่างการวิเคราะห์การกระจายของรูปแบบจุดด้วยเทคนิคระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพ

ภูมิอากาศ ความไม่แน่นอน และการเคลื่อนย้ายของนักล่า–รวบรวมก่อนประวัติศาสตร์ (Morgan, 2009) การตรวจสอบกลุ่มเชิงพื้นที่และเวลาของการระบาดของโรคระบบทางเดินหายใจเฉียบพลันในฝูงโคของนอร์เวย์ (Nordstrom *et al*., 2000) การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์เชิงสถิติของรูปแบบจุดเชิงพื้นที่ในระบบนิเวศวิทยา (Perry *et al*., 2006) การประยุกต์ใช้วิธี nearest neighbor เพื่อศึกษาเนินทรายในพื้นที่ Coral Pink Sand Dunes ในเมืองเคนท์ รัฐอูทาร์ ประเทศสหรัฐอเมริกา (Wilkins and Ford, 2007) การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาสำหรับการกระจายพื้นที่เกษตรจากระดับการบริหารส่วนท้องถิ่นถึงระดับจังหวัด ด้วยการวิเคราะห์การจัดกลุ่มเชิงพื้นที่ (Jantakat, 2019) และการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของเกษตรในเมืองโดยใช้ข้อมูลจากภาพกูลเกิลเอิร์ธ กรณีศึกษาเทศบาลนครนครราชสีมา ประเทศไทย (Jantakat *et al*., 2019)

พื้นที่ศึกษา

มทร.อีสาน มีศูนย์กลางตั้งอยู่ที่จังหวัดนครราชสีมา โดยมี 5 วิทยาเขต กระจายอยู่ตามจังหวัดทั่วภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ประกอบด้วยจังหวัดสุรินทร์ ขอนแก่น สกลนคร และร้อยเอ็ด ณ ทุ่งกุลาร้องไห้ (Rajamangala University of Technology Isan, 2021) และการศึกษานี้ได้เน้นการนำเสนอข้อมูลต้นไม้ที่ มทร.อีสาน ที่ตั้งอยู่ในตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา อยู่ที่พิกัดละติจูดระหว่าง 14.981–14.991 องศาเหนือ และลองจิจูดระหว่าง 102.118–102.122 องศาตะวันออก โดย มทร.อีสาน อยู่ห่างจากศูนย์กลางเมืองประมาณ 3 กิโลเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 330 ไร่ โดยมีทิศเหนือติดถนนสุรนารายณ์และชุมชนสุรนารายณ์ ทิศใต้ติดคลองลำตะคลองและชุมชนท้าวสุระ ทิศตะวันตกติดมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา และทิศตะวันออกติดชุมชนมหาชัย (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 พื้นที่ มทร.อีสาน ตำบลในเมือง อำเภอเมือง นครราชสีมา

วิธีการศึกษา

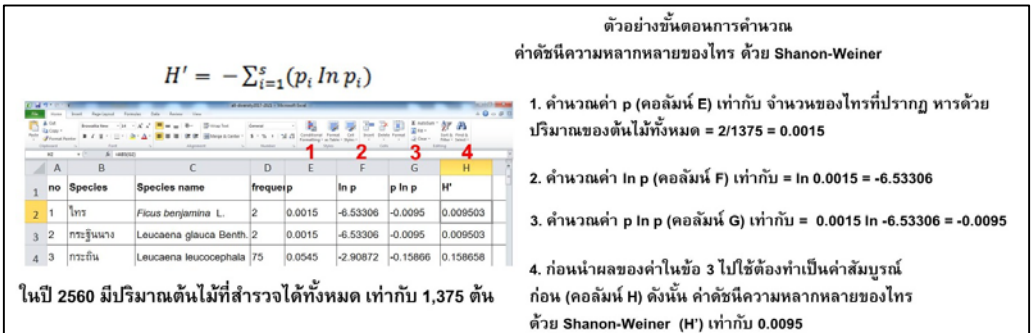
การรวบรวมและการเตรียมข้อมูล

การศึกษานี้ได้อาศัยข้อมูลต้นไม้จากสองโครงการวิจัยในปี พ.ศ. 2560 และ 2564 คือ 1) โครงการวิจัยเรื่อง “เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศประยุกต์ต่อการศึกษาความสามารถในการยั่งยืนของ

สังคมพืชในและนอกถิ่นในพื้นที่สีเขียวของมทร.อีสานด้วยแนวคิดทางด้านบทบาทของนิเวศวิทยาเฉพาะตัว” ปี พ.ศ. 2560 (Jantakat, 2017) และ 2) โครงการวิจัยเรื่อง “แนวทางการพัฒนามหาวิทยาลัยสีเขียวอย่างยั่งยืน กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน” ปี พ.ศ.2564 (อยู่ระหว่างดำเนินการ) (Jantakat, 2021) ซึ่งสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กสว.) โดยทั้งสองโครงการมีการวางแผนการสำรวจต้นไม้ด้วยแบบบันทึกการสำรวจต้นไม้ (tally sheet) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ (ชื่อผู้สำรวจ วันที่สำรวจ และสภาพสิ่งแวดล้อม) และ 2) การสำรวจข้อมูลไม้ใหญ่ (ชื่อพรรณไม้ เส้นรอบวง ความสูง ตำแหน่งของต้นไม้ และความกว้างของเรือนยอด) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้กำหนดคุณลักษณะของต้นไม้ที่สำรวจใน มทร.อีสาน โดยอาศัยข้อมูลจากแผนปฏิบัติการเชิงนโยบายด้านการจัดการพื้นที่สีเขียวชุมชนเมืองอย่างยั่งยืนโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2007) เนื่องจาก มทร.อีสาน ตั้งอยู่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งจัดเป็นพื้นที่เขตเมือง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดคุณลักษณะของต้นไม้ คือ ไม้ยืนต้นที่มีความสูงไม่น้อยกว่า 5 เมตร และเส้นรอบวงระดับอกไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

(1) การคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายด้วยวิธี Shanon–Wiener diversity index ในพื้นที่ศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2560 และ 2564 และเหตุผลเลือกค่าความหลากหลาย Shanon–Wiener เพราะการศึกษานี้มุ่งหวังที่จะวัดจำนวนอันดับสิ่งมีชีวิตที่ประกอบอยู่ในสังคมอย่างเป็นระบบตามหลักการของ Margalef (1958) โดยมีตัวอย่างการคำนวณของต้นไทรในปี พ.ศ. 2560 ในโปรแกรม MS excel (ภาพที่ 2) จากนั้นนำมาจัดระดับค่าดัชนีความหลากหลายด้วยวิธี Shanon–Wiener diversity index ของชนิดต้นไม้ในพื้นที่ศึกษา ระหว่างปี พ.ศ. 2560 และ 2564 ในระดับมาก ปานกลาง และน้อย



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการคำนวณของต้นไทรในปี พ.ศ. 2560 ในโปรแกรม MS Excel

(2) การกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณต้นไม้ในพื้นที่ศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2560 และ 2564 ด้วยเทคนิค average nearest neighbor ในชุดคำสั่ง spatial statistic ในโปรแกรม ArcGIS Desktop 10.x (Environmental Systems Research Institute, 2021) จะได้ผลลัพธ์แบ่งออกเป็น 3 รูป-

แบบ คือ แบบกลุ่ม (clustered) แบบกระจัดกระจาย (dispersed) และแบบสุ่มหรือไม่เป็นแบบแผน (random) โดยกำหนดสมมติฐานแบบมีทิศทางโดยสมมติฐานหลัก (H_0) ค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 1 (การกระจายในแบบเกาะกลุ่ม) และสมมติฐานทางเลือก (H_A) ค่าดัชนีความหลากหลายมากกว่า 1 (การกระจายในแบบกระจาย) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (*p*-value) เท่ากับ 0.01 และศึกษาการกระจายเชิงพื้นที่ในกลุ่มของชนิดต้นไม้ที่มีระดับความหลากหลายมากในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ. 2560 และ 2564 (ที่ได้จากการจัดระดับค่าดัชนีความหลากหลายด้วยวิธี Shanon–Wiener diversity index ของชนิดต้นไม้ในพื้นที่ศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2560 และ 2564 ในระดับมาก ปานกลาง และน้อย เช่นเดียวกับในข้อ (1)

ผลการศึกษา

ความหลากหลายชนิดของต้นไม้ใน มทร.อีสาน นครราชสีมา

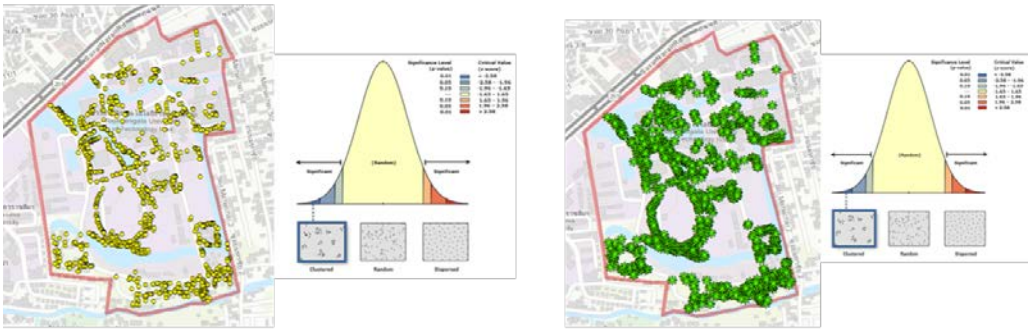
มทร.อีสาน ตั้งอยู่ในตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา มีเนื้อที่ 330 ไร่ มีจำนวนต้นไม้ทั้งหมดที่สำรวจพบในปี พ.ศ. 2560 จำนวน 1,375 ต้น และปี พ.ศ. 2564 จำนวน 1,357 ต้น และมีค่าดัชนีความหลากหลายด้วยวิธี Shanon–Wiener diversity index อยู่ระหว่าง 0.038–0.531 หรือเฉลี่ย 0.180 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.139 (72 ชนิด) ในปี พ.ศ. 2560 และค่าดัชนีความหลากหลายด้วยวิธี Shanon–Wiener diversity index อยู่ระหว่าง 0.070–0.540 หรือเฉลี่ยประมาณ 0.184 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.127 (74 ชนิด) ในปี พ.ศ. 2564 จะสังเกตเห็นว่าลดลงจากปี 2560 จำนวนต้นไม้ลดลงเพราะเป็นต้นไม้ที่ทาง มทร.อีสาน ได้ซื้อมาปลูกและต้นไม้นั้นไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ มทร.อีสาน ดังนั้นต้นไม้จึงตายไป 18 ต้น ซึ่งตรงข้ามกับค่าดัชนีความหลากหลายด้วยวิธี Shanon–Wiener diversity index ของต้นไม้ที่มีเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2564 แสดงว่า พื้นที่ศึกษาในปี พ.ศ. 2564 มีปริมาณและชนิดต้นไม้ที่พบในสัดส่วนที่เท่า ๆ กัน มากกว่าในปี พ.ศ. 2560

การกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณและความหลากหลายชนิดของต้นไม้ในมทร.อีสาน นครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2560 และ 2564

การกระจายเชิงพื้นที่ของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2560 และ 2564 มีการกระจายตามเส้นถนนบริเวณทางเท้า สวนสาธารณะและสวนหย่อมเล็กๆ ที่จอดรถ และที่รกร้าง (ภาพที่ 3ก) และเมื่อวิเคราะห์การกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณต้นไม้ด้วยเทคนิค average nearest neighbor ระหว่างปี พ.ศ. 2560 และ 2564 มีการกระจายในรูปแบบกลุ่มซึ่งเป็นไปตามการกำหนดสมมติฐานแบบมีทิศทางโดยสมมติฐานหลัก (H_0) ค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 1 (การกระจายในแบบเกาะกลุ่ม) และสมมติฐานทางเลือก (H_A) ค่าดัชนีความหลากหลายมากกว่า 1 (การกระจายในแบบกระจาย) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 (ภาพที่ 3ข)

สำหรับการกระจายเชิงพื้นที่ของค่าดัชนีความหลากหลายด้วยวิธี Shanon–Wiener diversity index ของชนิดต้นไม้ในพื้นที่ศึกษาได้แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ระดับน้อยมีค่าความหลากหลายระหว่าง 0.000–0.200 ระดับปานกลางมีค่าความหลากหลายระหว่างมากกว่า 0.200–0.400 และระดับมากมีค่าความหลากหลายระหว่างมากกว่า 0.400–0.600 (ตาราง 1) ซึ่งพบว่า

ก) ปริมาณต้นไม้ระหว่างปี 2560 และปี 2564



ข) การกระจายเชิงพื้นที่ของงปริมาณต้นไม้ด้วยเทคนิค Average Nearest Neighbor ระหว่างปี 2560 (ซ้าย) และปี 2564 (ขวา)

ภาพที่ 3 การกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณต้นไม้ในพื้นที่ศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2560 และ 2564

ตาราง 1 ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดต้นไม้ในพื้นที่ศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2560 และ 2564

ระดับ	ค่าดัชนีความหลากหลายด้วยวิธี Shanon–Wiener diversity index	พ.ศ. 2560 (จำนวนชนิด)	พ.ศ. 2564 (จำนวนชนิด)
น้อย	0.000–0.200	46	53
ปานกลาง	> 0.200–0.400	19	14
มาก	> 0.400–0.600	7	7
รวม	-	72	74

ทั้งปี พ.ศ. 2560 และ 2564 มีจำนวนชนิดต้นไม้อยู่ในระดับน้อยเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่ระดับมากจะพบเพียง 7 ชนิดในทั้งสองปีเหมือนกัน แต่ต่างชนิดต้นไม้กัน คือ ปี พ.ศ. 2560 พบชนิดของต้นไม้ คือ มะขาม จามจุรี นนทรี คูน กระถิน แคนา และยูคาลิปตัส และปี พ.ศ. 2564 พบชนิด

ของต้นไม้ คือ กระถิน จามจุรี ไทร แคนา มะขาม คูน และขี้เหล็ก ซึ่งการกระจายเชิงพื้นที่ของทั้ง 7 ชนิดในทั้งสองปี (ภาพที่ 4ก–4ข) โดยภาพรวมของการกระจายเชิงพื้นที่ของกลุ่มต้นไม้ที่อยู่ในระดับที่มีค่าดัชนีความหลากหลายด้วยวิธี Shanon–Wiener diversity index ในระดับมากในปี พ.ศ. 2560 และ 2564 กระจายอยู่ในพื้นที่เหมือนกัน คือ ตามเส้นถนนบริเวณทางเท้า และที่รกร้าง ซึ่งจะพบในสองพื้นที่นี้เป็นส่วนใหญ่ และรายละเอียดการกระจายเชิงพื้นที่ของกลุ่มต้นไม้ที่อยู่ในระดับที่มีค่าดัชนีความหลากหลายด้วยวิธี Shanon–Wiener diversity index ในระดับมากในสองปี ดังนี้

(1) ปี พ.ศ. 2560 (ภาพที่ 4ก) พบการกระจายเชิงพื้นที่ของต้นมะขาม จามจุรี และกระถิน อยู่ในพื้นที่รกร้าง ทางใต้และตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา ขณะที่ต้นนนทรี คูน แคนา และยูคาลิปตัส พบตามเส้นถนนบริเวณทางเท้าและที่จอด รถของพื้นที่ศึกษา

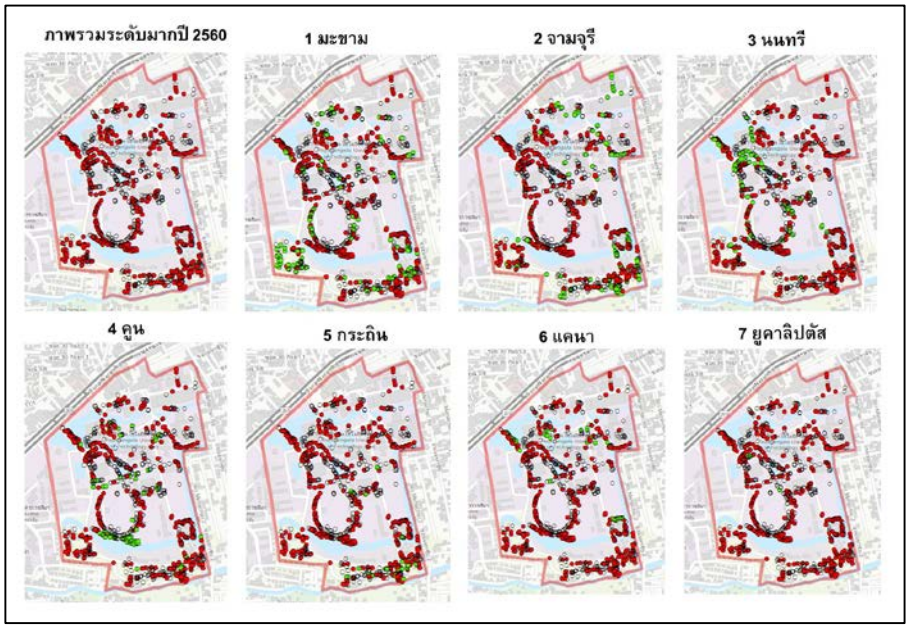
(2) ปี พ.ศ. 2564 (ภาพที่ 4ข) พบการกระจายเชิงพื้นที่ของต้นกระถิน และมะขาม อยู่ในพื้นที่รกร้าง ทางใต้และตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา ในขณะที่ต้นจามจุรี แคนา คูน และขี้เหล็ก พบตามเส้นถนนบริเวณทางเท้าและสวนหย่อมเล็ก ๆ ของพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้พบไทรตามริมน้ำของพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษานี้พบว่าความแตกต่างของค่าความหลากหลายของชนิดต้นไม้จาก 2 ปีดังกล่าว อาจมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินซึ่งส่งผลต่อการพบชนิดพรรณไม้ในพื้นที่ศึกษา เช่น บริเวณทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษามีปริมาณและค่าความหลากหลายมากที่สุด ในปี พ.ศ. 2560 ซึ่งเป็นพื้นที่บ้านพักของบุคลากรของมทร.อีสาน นครราชสีมา แต่ในปี พ.ศ. 2564 มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นรกร้าง และพบต้นกระถินแทนต้นมะขาม เป็นต้น

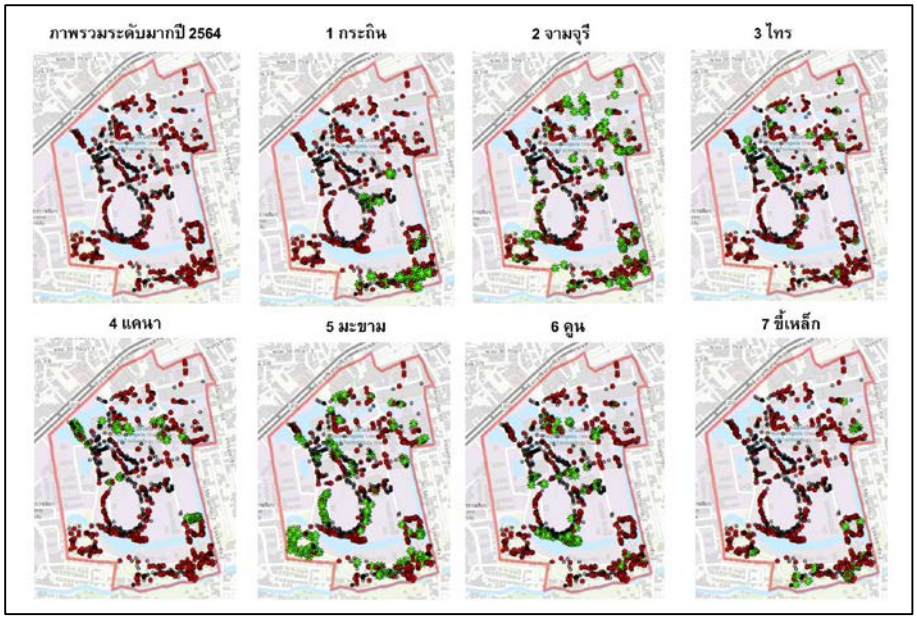
สรุปและอภิปรายผล

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการวิเคราะห์และการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่และเวลาเพื่อศึกษาการกระจายของปริมาณและความหลากหลายชนิดของต้นไม้ใน มทร.อีสาน ที่ตั้งในตำบลในเมือง อำเภอเมือง นครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ครอบคลุมพื้นที่ 330 ไร่ ซึ่งทำให้ทราบถึงปริมาณต้นไม้และตำแหน่งที่ตั้งที่ผ่านมา (ปี พ.ศ. 2560) มีจำนวน 1,375 ต้น (72 ชนิด) และปีล่าสุด (ปี พ.ศ. 2564) มีจำนวน 1,357 (74 ชนิด) และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Kuisorn *et al*. (2020) ที่สำรวจและศึกษาต้นไม้ในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในพื้นที่ 85 ไร่ จำนวนทั้งหมด 2,301 ต้น 157 ชนิด ซึ่งมีปริมาณมากกว่า มทร.อีสาน เนื่องจากการกำหนดลักษณะต้นไม้ที่ทำการสำรวจและเป้าหมายที่ไม่เหมือนกัน โดยงานวิจัยของ Kuisorn *et al*. (2020) กำหนดเส้นรอบวงของลำต้นไม่น้อยกว่า 14.14 เซนติเมตร ณ ความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร (ตามการอ้างอิงของโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช) ขณะที่งานวิจัยนี้กำหนดเส้นรอบวงของลำต้นไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร ณ ความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร (ตามแผนปฏิบัติการเชิงนโยบายด้านการจัดการพื้นที่สีเขียวชุมชนเมืองอย่างยั่งยืนโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)

การกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณต้นไม้ระหว่างปี พ.ศ. 2560 และ 2564 มีการกระจายในรูปแบบเกาะกลุ่ม ซึ่งเป็นไปตามการกำหนด



(ก)



(ข)

หมายเหตุ: จุดสีเขียว แสดง จำนวนต้นไม้ของชนิดต้นไม้ มีระดับความหลากหลายมาก (> 0.400–0.600) จุดสีแดง แสดง จำนวนต้นไม้ของชนิดต้นไม้ มีระดับความหลากหลายปานกลาง (> 0.200–0.400) และจุดสีโปร่ง แสดง จำนวนต้นไม้ของชนิดต้นไม้ มีระดับความหลากหลายน้อย (0.000–0.200)

ภาพที่ 4 การกระจายเชิงพื้นที่ในกลุ่มของชนิดต้นไม้ที่มีระดับความหลากหลายมากในพื้นที่ศึกษา (ก) ปี พ.ศ. 2560 และ (ข) ปี พ.ศ. 2564

สมมติฐานแบบมีทิศทางโดยสมมติฐานหลัก (H_0) ค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 1 (การกระจายในแบบเกาะกลุ่ม) และสมมติฐานทางเลือก (H_A) ค่าดัชนีความหลากหลายมากกว่า 1 (การกระจายในแบบกระจาย) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 และการกระจายเชิงพื้นที่ของค่าดัชนีความหลากหลายด้วยวิธี Shanon–Wiener diversity index ของชนิดต้นไม้ ซึ่งได้จัดระดับแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับน้อยอยู่ระหว่าง 0.000–0.200 ระดับปานกลางอยู่ระหว่างมากกว่า 0.200–0.400 และระดับมากอยู่ระหว่างมากกว่า 0.400–0.600 ซึ่งพบว่าทั้งปี พ.ศ. 2560 และ 2564 มีจำนวนชนิดต้นไม้อยู่ในระดับน้อยเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่ระดับมากพบเพียง 7 ชนิดในทั้งสองปีเหมือนกัน แต่ต่างชนิดต้นไม้กัน คือ ปี พ.ศ. 2560 พบการกระจายเชิงพื้นที่ของต้นมะขาม จามจุรี และกระถิน อยู่ในพื้นที่รกร้างทางใต้และตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา ขณะที่ต้นนนทรี คูน แคนา และยูคาลิปตัส พบตามเส้นถนนบริเวณทางเท้าและที่จอดรถของพื้นที่ศึกษา และปี พ.ศ. 2564 พบการกระจายเชิงพื้นที่ของต้นกระถิน และมะขามอยู่ในพื้นที่รกร้าง ทางใต้และตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา ขณะที่ต้นจามจุรี แคนา คูน และขี้เหล็ก พบตามเส้นถนนบริเวณทางเท้าและสวนหย่อมเล็ก ๆ ของพื้นที่ศึกษา และไทรพบตามริมน้ำของพื้นที่ศึกษา จากการศึกษานี้พบว่าความแตกต่างของค่าความหลากหลายของชนิดต้นไม้จาก 2 ปีดังกล่าว อาจมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินซึ่งส่งผลต่อการปรากฏของชนิดพรรณไม้ในพื้นที่ศึกษา เช่น บริเวณทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษามีปริมาณและค่าความหลากหลายมากที่สุด ในปี พ.ศ. 2560 ซึ่งเป็นพื้นที่บ้านพักของบุคลากรของ มทร.อีสาน นครราชสีมา แต่ในปี พ.ศ. 2564 มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นรกร้าง และพบกระถินแทนมะขาม เป็นต้น จึงควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและปริมาณและความหลากหลายชนิดของต้นไม้ใน มทร.อีสาน นครราชสีมา และนำผลการศึกษาที่ได้นี้ไปกำหนดแนวทางการจัดการเชิงพื้นที่ 2 แนวทางสำหรับพื้นที่ศึกษา ดังนี้ 1) การดำรงไว้ของต้นไม้ที่มีอยู่เดิม โดยควรมีการดูแลและจัดการต้นไม้อย่างต่อเนื่อง เช่น การตัดแต่งต้นไม้ และการรดน้ำ และ 2) การเพิ่มจำนวนต้นไม้ โดยควรพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์ สภาพแวดล้อม และขนาดพื้นที่ ลักษณะความต้องการเฉพาะของพรรณไม้แต่ละชนิด รวมถึงงบประมาณและภาระที่จะต้องนำมาใช้ในการดูแลรักษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอบพระคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กสว.) ซึ่งสนับสนุนทางการเงิน ด้วยทุนอุดหนุนจาก งบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ในโครงการวิจัยเรื่อง “เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศประยุกต์ต่อการศึกษาความสามารถในการยั่งยืนของสังคมพืชในและนอกถิ่นในพื้นที่สีเขียวของ มทร.อีสาน ด้วยแนวคิดทางด้านบทบาทของนิเวศวิทยาเฉพาะตัว” ปี พ.ศ. 2560 และโครงการวิจัยเรื่อง “แนวทางการพัฒนามหาวิทยาลัยสีเขียวอย่างยั่งยืน กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา” ประจำปีงบประมาณ 2564 ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้เป็นส่วนหนึ่งของสองโครงการวิจัยดังกล่าว ขอบคุณสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

ราชมงคลอีสาน ที่ให้ความอนุเคราะห์สิ่งอำนวยความสะดวกในการศึกษา และนักศึกษาระดับปริญญาตรีและปริญญาโท จากสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศที่ช่วยสำรวจข้อมูลต้นไม้ใน มทร.อีสาน ตำบลในเมือง นครราชสีมา

เอกสารอ้างอิง

Bartlett, P. F., and Chase, G. W. (2013). **Sustainability in Higher Education: Stories and Strategies for Transformation**. Massachusetts: The MIT Press.

Bogerd, N., Dijkstra, S. C., Seidell, J. C., and Maas, J. (2018). Greenery in the university environment: Students' preferences and perceived restoration likelihood. **PLoS One** 13(2): 1–19.

Columbia University Mailman School of Public Health. (2021). **Spatiotemporal Analysis**. Retrieved from https://www.publichealth.columbia.edu/research/population-health-methods/spatiotemporal-analysis, September 4, 2021.

Creighton, S. H. (1998). **Greening the Ivory Tower: Improving the Environmental Track Record of Universities, Colleges, and Other Institutions**. Massachusetts: The MIT Press.

DAYEH University Sustainability. (2021). **What is a Green University?** Retrieved from http://green.dyu.edu.tw/en_about.php, August 31, 2021.

Environmental Systems Research Institute. (2018). **Space–time Cluster Analysis**. Retrieved from https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/space-time-analysis.htm, September 4, 2021.

Environmental Systems Research Institute. (2021). **How Average Nearest Neighbor works**. Retrieved from https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/spatial-statistics/h-how-average-nearest-neighbor-distance-spatial-st.htm, September 4, 2021.

Goodchild, M. F. (2005). **Geographic Information Systems**. Retrieved from https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/spatiotemporal-analysis, September 4, 2021.

Google. (2019). **Google Earth Engine**. Retrieved from https://earthengine.google.com/terms/, September 4, 2021.

Jantakat, Y. (2017). **Final report: Applied Geo–Informatics Technology towards Sustainability of In and *Ex situ* Plant Communities in Green Areas of RMUTI based on Ecological Niche Concept**. Nakhonratchasima: Rajamangala University of Technology Isan. (in Thai)

Jantakat, Y. (2019). Spatiotemporal change for agricultural distribution from local administrative to provincial scales–based spatial clustering analysis. **International Journal of Building, Urban, Interior and Landscape Technology** 14(2): 67–80.

Jantakat, Y. (2021). **Sustainable Development**

Approach of Green University in a Case of Rajamangala University of Technology Isan. Retrieved from https://nriis.go.th, September 4, 2021. (in Thai)

Jantakat, Y., Juntakut, P., Plaiklang, S., Arree, W., and Jantakat, C. (2019). **Spatiotemporal Change of Urban Agriculture Using Google Earth Imagery: A Case of Municipality of Nakhonratchsima City, Thailand**. Retrieved from https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-1301-2019, September 4, 2021.

Kuisorn, W., Passworn, J., and Rattanaram, P. (2020). The exploratory and data research of perennial trees at Faculty of Architecture, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang for conservation. **Architecture Journal** 30(1): 18–33.

Liu, S. (2017). **Sustainability**. Retrieved from https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/sustainable-development, August 31, 2021.

Margalef, R. (1958). Information theory in ecology. **General Systematics** 3: 36–71.

Marod, D. (2011). **Sampling Technique and Plant Community Analysis**. Retrieved from http://bioff.forest.ku.ac.th/PDF_FILE/MAY_2011/DOKRAK_2011.pdf, September 4, 2021. (in Thai)

McFarland, A. L., Waliczek, T. M., and Zajicek, J. M. (2008). The relationship between student use of campus green spaces and perceptions of quality of life. **American Society for HortTechnology** 18(2): 232–238.

Morgan, C. (2009). Climate change, uncertainty and prehistoric hunter–gatherer mobility. **Journal of Anthropological Archaeology** 28(4): 382–396.

Nordstrom, M., Pfeiffer, D., and Jarp, J. (2000). A space–time cluster investigation of an outbreak of acute respiratory disease in Norwegian cattle herds. **Preventative Veterinary Medicine** 47(1–2): 107–119.

Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. (2007). **Policy Action Plan for Sustainable Urban Green Area Management**. Retrieved from http://www.onep.go.th/ebook/eurban/eurban-publication-06.pdf, September 1, 2021. (in Thai)

Perry, G., Miller, B., and Enright, N. (2006). A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in ecology. **Plant Ecology** 187: 59–82.

Rajamangala University of Technology Isan. (2021). **History of University**. Retrieved from https://rmuti.ac.th/main/about/history/, September 2, 2021. (in Thai)

Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. **Nature** 163: 688. https://doi.org/10.1038/163688a0.

The University of Sheffield. (2021). **Sustainability at Sheffield**. Retrieved from https://www.sheffield.ac.uk/sustainability/green-

spaces, January 19, 2022.

UCGIS. (2016). **Point Pattern Analysis**. Retrieved from https://gistbok.ucgis.org/bok-topics/point-pattern-analysis, September 4, 2021.

UNESCO. (2021). **Sustainable Development**. Retrieved from https://en.unesco.org/themes/education-sustainable-development/what-is-esd/sd, August 31, 2021.

University of Southampton. (2021). **Spatio-Temporal Data – Patterns using GIS**. Retrieved from http://generic.wordpress.soton.ac.uk/gem/unit-6/6-6-spatio-temporal-data-patterns-using-gis/, September 4, 2021.

Wilkins, D., and Ford, R. (2007). Nearest neighbor methods applied to dune field organization: The Coral Pink Sand Dunes, Kane County, Utah, USA. **Geomorphology** 83(1–2): 48–57.