

การประยุกต์ใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บสำหรับการสอนในวิชา การจัดการ ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น

Application of Geographic Information System via Web for Class of Local Resource and Environmental Management

เยาวเรศ จันทะคัต^{1*}, พงศ์พันธุ์ จันทะคัต², พลวัฒน์ กิสิณเทียะ¹, กิตติวินท์ อุดม¹,

ปฐมมาวดี คู้นกระโทก¹ และ ทิฆัมพร หัดขุนทด¹

Yaowaret Jantakat^{1*}, Pongpun Juntakut, Phonrawat Kisanthia, Kittiwint Udom,

Patamawadee Kunkrathok and Thikamporn Hudkhuntod

^{1, 3} สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000

E-mail: yaowaret.ja@rmuti.ac.th, yjantakat@gmail.com

² กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จังหวัดนครนายก 26001

Received: May 5, 2020

Revised: July 25, 2020

Accepted: August 1, 2020

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บ สำหรับการสอนในวิชาชื่อ การจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น ภายใต้หมวดวิชาศึกษาทั่วไป ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (มทร.อีสาน) การศึกษานี้ได้อาศัยผลงานวิจัยเรื่อง การประเมินความหลากหลายทางชีวภาพพื้นที่ป่าไม้โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศในพื้นที่ศูนย์หนองระเวียง มทร.อีสาน มาต่อยอดโดยอาศัยการจำลองต้นแบบอย่างรวดเร็วซึ่งมีวิธีการ 3 ขั้นตอน คือ (1) การสร้างแบบจำลองเว็บจากงานวิจัยดังกล่าว โดยการเพิ่มและปรับในขั้นตอนที่ 1-5 และ 10-12 (2) การพัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บ ด้วยระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10 (Windows 10) จีออเซิร์ฟเวอร์ (GeoServer) ยูติก (uDig) โพลเกรสเควลเควล (PostgreSQL) แอปเสิร์ฟ (AppServ) และโน้ตแพดพลัสพลัส (Notepad++) และการทดสอบระบบด้วยเทคนิคแบล็คบ็อกซ์ (Black box testing) และ (3) การประเมินผลการใช้งานจากนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2562 อนาคตกลุ่มตัวอย่างจำนวน 356 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายด้วยแบบสอบถาม ระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 31 มีนาคม 2563

ผลการศึกษา พบว่าเว็บนี้ได้พัฒนาเพิ่มและปรับ คือ ชื่อเว็บ ระดับการเข้าถึง การเพิ่มฟังก์ชันของพื้นที่และองค์ประกอบของพีช และการเชื่อมโยงฐานข้อมูลเพื่อจัดเก็บลงในคลาวด์จีไอเอส (Cloud GIS) ทั้งนี้ประโยชน์ของระบบเว็บใหม่จะได้ข้อมูลต้นไม้ในพื้นที่มทร.อีสาน ศูนย์กลาง เพื่อใช้ในการจัดการต้นไม้และพื้นที่สีเขียวซึ่งเป็นไปตามนโยบายมหาวิทยาลัยสีเขียวของมทร.อีสาน ส่วนผลการประเมินจากนักศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับความพึงพอใจปานกลางด้วยค่าเฉลี่ย 3.11 โดยมีเฉลี่ยของความพึงพอใจของความสะดวกต่อการลงทะเบียนและการเข้าสู่ระบบมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 3.55) ขณะที่ความพึงพอใจต่อความรวดเร็วในการแสดงผลข้อมูล มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย 2.73) ดังนั้นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บที่ได้นี้สามารถนำไปใช้ในการสอนได้ แต่ควรมีการปรับปรุง เช่น การเพิ่มความรวดเร็วของการแสดงผล เทคนิคการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการข้อมูลด้วยมาตรฐานเว็บแมพไทล์เซอร์วิส (Web Map Tile Service: WMTS) และการสร้างดัชนีของฐานข้อมูล (Index Database)

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บ / หมวดวิชาศึกษาทั่วไป / การจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น

Abstract

The objective is to apply Geographic Information System (GIS) via web for teaching subject named Local Resource and Environmental Management under General Education (GE) of Rajamangala University of Technology ISAN (RMUTI). The research named Biodiversity Assessment of Forest Area based on Geo-information in Nongrawiang Center of RMUTI, is developed by rapid prototype model. Method included 3 steps: (1) modelling prototype from such mentioned research with improvement in step 1-5 and 10-12, (2) development and testing of GIS via web based on Windows 10, GeoServer, uDig, PostgreSQL, AppServ, Notepad++ and Black box testing and (3) evaluation-based the 1ST RMUTI student in academic year 2019. This evaluation used sample size 356 students and surveyed by simple random sampling with questionnaire during January 1 to March 31, 2019.

As results, this GIS via web is developed and improved in term of web name, level of accessibility, adding functions for study area and plant composition and database linkage for collecting spatial data in Cloud GIS. In this regard, the benefits of the new web system will receive tree information in area of RMUTI center in order to manage trees and green areas in accordance with RMUTI's green university policy. In result of the evaluation, it founded that, this web is in moderate satisfaction level with average 3.11. The most satisfaction level is comfortable and easy for login (average 3.55) while the least of average is speed of display (average 2.73). Consequently, this developed web GIS is implemented for teaching but this web should be improved by increasing the speed of rendering, techniques to improve data service efficiency with standards of Web Map Tile Service (WMTS) and indexing for database.

Keyword: Geographic Information System via Web/ General Education/ Local Resource and Environmental Management

1. บทนำ

สืบเนื่องจากการประกาศของกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (อว.) เรื่อง มาตรการและการเฝ้าระวังการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือโรคโควิด-19 ในฉบับที่ 3 ให้มหาวิทยาลัยทุกแห่งหยุดการเรียนการสอนแบบปกติแล้วปรับเป็นการเรียนการสอนแบบออนไลน์ทั้งหมดภายในวันที่ 1 เมษายน 2563 (กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม, 2563) [1] นั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้หาแนวทางการสอนแบบออนไลน์ สำหรับวิชาชื่อ การจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น ซึ่งอยู่ภายใต้หมวดวิชาศึกษาทั่วไป (General Education – GE) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (มทร.อีสาน) โดยแนวทางที่นำมาใช้คือการประยุกต์ใช้เว็บภูมิสารสนเทศสำหรับการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น เพื่อนำมาเป็นการเรียนการสอนระหว่างอาจารย์และนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ในปีการศึกษา 2563 ปัจจุบันระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บได้เข้ามามีบทบาทและนำมาใช้งานเป็นแผนที่นำทาง การวิเคราะห์ตำแหน่งที่ตั้ง เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน (Baker, 2015) [2] และช่วยให้การดำเนินการวิจัยและการสอนในชั้นเรียนง่ายขึ้นเนื่องจากแหล่งข้อมูลมากมายบนเว็บสามารถเข้าถึงได้ง่ายขึ้น (ERSI, 2011) [3] ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บ เป็น สารสนเทศที่เชื่อมโยงระหว่างระหว่างข้อมูลเชิง

พื้นที่และเทคโนโลยีทางเว็บ โดยอาศัยองค์ประกอบพื้นฐานสามประการ ได้แก่ ลูกข่าย (Client) เครื่องข่ายหรือเซิร์ฟเวอร์ (Server) และฐานข้อมูล (Database) (Kurita et al., 2019; Ananda et al., 2016; Chakraborty et al., 2015; Singh et al., 2012) [4], [5], [6], [7] โดยลูกข่าย คือ คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อและใช้ทรัพยากรของคอมพิวเตอร์ระยะไกลหรือเครื่องข่าย (Singh et al., 2012) [7] และการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บสามารถจัดกลุ่มได้ 2 ประเภท คือ ลูกข่ายขนาดใหญ่ (fat-client) และ ลูกข่ายขนาดเล็ก (thin-client) (Yin and Feng, 2009) [8] ส่วนเซิร์ฟเวอร์ เป็น คอมพิวเตอร์ที่ออกแบบมาเพื่อประมวลผลคำขอและส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นผ่านอินเทอร์เน็ตหรือเครื่องข่ายท้องถิ่น (Bhandari et al., 2016) [9] สำหรับการพัฒนาเว็บภูมิสารสนเทศส่วนใหญ่ใช้ซอฟต์แวร์จีโอเซิร์ฟเวอร์ (GeoServer) ซึ่งเป็นเซิร์ฟเวอร์ที่รวบรวมแผนที่เชิงพื้นที่โดยมีโอเพนเลเยอร์ (OpenLayers) ใน จีโอเซิร์ฟเวอร์ช่วยทำให้การสร้างแผนที่ได้รวดเร็วและสะดวกในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยไม่ต้องติดตั้งหรือใช้ปลั๊กอิน (plugin) (Kurita et al., 2019; GeoServer, 2015) [4], [10] ในด้านฐานข้อมูลเป็นการรวบรวมข้อมูลที่มีโครงสร้างหรือข้อมูลซึ่งโดยปกติแล้วจะจัดเก็บทางอิเล็กทรอนิกส์ในระบบคอมพิวเตอร์ (Oracle, 2020) [11] โดยระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่เป็นที่นิยมที่สุดสองระบบคือ ออราเคิล (Oracle) (<http://www.oracle.com>) และเซิร์ฟเวอร์เอสคิวแอล (SQL) (<http://microsoft.com/sqlserver>) (Adnan et al., 2010) [12] และที่สำคัญเว็บภูมิสารสนเทศได้แบ่งความรู้สารสนเทศและชุดข้อมูลทางด้านภูมิสารสนเทศ ซึ่งอนุญาตให้ผู้ใช้งานต่างๆ ที่อาจมีความรู้ทางด้านภูมิสารสนเทศไม่มาก ได้เข้าถึงสารสนเทศโดยเฉพาะแอปพลิเคชันต่างๆ ซึ่งเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในเรื่องแผนที่ (Chakraborty et al., 2015) [6] ประกอบกับในยุคดิจิทัลที่เราอาศัยอยู่การศึกษา การจัดเก็บ และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีการดำเนินการอย่างมากขึ้นโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ผ่านเว็บ เช่น การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บสำหรับการศึกษาการกระจายพืชพรรณ (Morgan, 2011) [13] นอกจากนี้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บได้นำมาใช้ในโครงการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อศึกษาการเปรียบเทียบรูปแบบทางนิเวศวิทยาาระหว่างระดับท้องถิ่นและระดับภูมิภาค (Draper et al., 2003; Krigas et al., 2012) [14], [15] และมีการให้บริการชั้นข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมผ่านเว็บที่เป็นระบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครื่องข่าย (Web Map Server – WMS) เช่น องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NASA) และสำนักงานสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Geological Survey – USGS) เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Souza et al. 2009) [16]

ดังนั้นบทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาและการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บมาช่วยในการเรียนการสอน สำหรับการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น จากการนำงานวิจัยมาใช้ให้เกิดประโยชน์ด้วยการต่อยอดจากงานวิจัยเรื่อง การประเมินความหลากหลายทางชีวภาพพื้นที่ป่าไม้โดยการประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศในพื้นที่ศูนย์หนองระเวียง มทร.อีสาน ทั้งนี้เพื่อนำมาใช้สอนในวิชาดังกล่าวข้างต้น สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ในปีการศึกษา 2563 นอกจากนี้จะเป็นการสอนนโยบายการเรียนการสอนแบบออนไลน์ในปีการศึกษา 2563 ตามประกาศของ อว. แล้วนั้น ประโยชน์ที่จะได้รับ คือ ระบบเว็บระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นี้จะสามารถเป็นเครื่องมือและกรณีศึกษาที่ช่วยในการสอนแบบออนไลน์ที่เชื่อมโยงระหว่างอาจารย์และนักศึกษาที่ลงทะเบียนวิชาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น ซึ่งอยู่ภายใต้หมวดวิชาทั่วไปของ มทร.อีสาน โดยเฉพาะการสอนหัวข้อการจัดการฐานข้อมูลทรัพยากรในท้องถิ่น ในด้านการบันทึกข้อมูลหรือการนำเข้าข้อมูลเข้า (Input) การประมวลผลข้อมูล (Processing) และการแสดงผล (Output) ซึ่งผู้วิจัยหวังว่าระบบภูมิสารสนเทศนี้จะได้รับความพึงพอใจและความรู้แก่นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ในปีการศึกษา 2563 ได้ดีเป็นอย่างยิ่ง และที่สำคัญได้นำงานวิจัยที่ได้ดำเนินการเสร็จแล้วได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกด้วย โดยเฉพาะในด้านการเรียนการสอน

2. วัตถุประสงค์

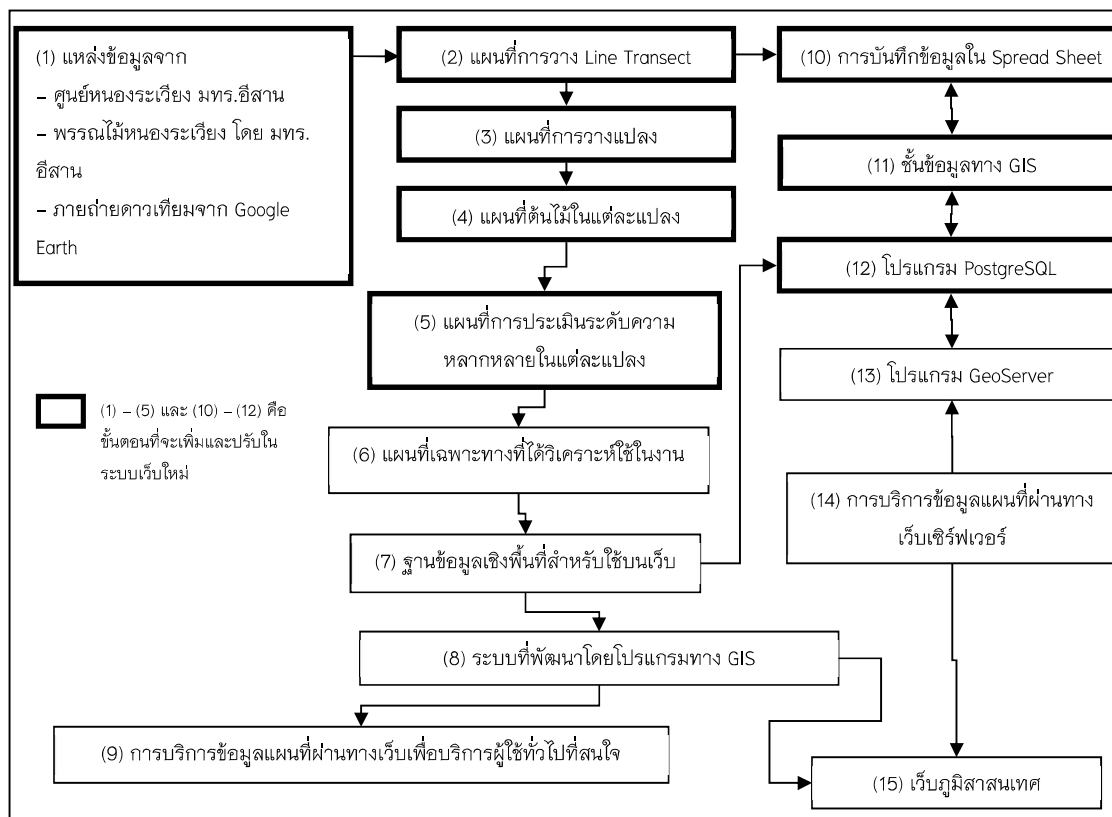
- 2.1 เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บสำหรับการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น
- 2.2 เพื่อประเมินความพึงพอใจของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บสำหรับการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น

3. วิธีการศึกษา

การพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บได้อาศัยผลงานวิจัยเรื่อง การประเมินความหลากหลายทางชีวภาพพื้นที่ป่าไม้โดยการประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศในพื้นที่ศูนย์หนองระเวียง มทร.อีสาน มาต่อยอดโดยอาศัยหลักการพัฒนาระบบสารสนเทศด้วยการจำลองต้นแบบอย่างรวดเร็วในการพัฒนาเว็บ ซึ่งเหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกการพัฒนาเว็บด้วยแบบจำลองนี้ก็เพราะว่าผู้วิจัยและทีมงานจะเป็นผู้ดูแลระบบเอง และที่สำคัญผู้วิจัยเป็นอาจารย์สอนวิชาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่นโดยตรงและยังมีประสบการณ์ด้านงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิชาสอนดังกล่าวอีกด้วย ดังนั้นการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บด้วยการจำลองต้นแบบอย่างรวดเร็วประกอบด้วยวิธีการศึกษา 3 ขั้นตอน คือ (1) การสร้างแบบจำลองต้นแบบ (2) การพัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บ และ (3) การประเมินผลการใช้งาน มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การสร้างแบบจำลองต้นแบบ

ขั้นตอนนี้ได้อาศัยงานวิจัยเรื่อง ‘การประเมินความหลากหลายทางชีวภาพพื้นที่ป่าไม้โดยการประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศในพื้นที่ศูนย์หนองระเวียง มทร.อีสาน โดย เยาวเรศ จันทะดัต และคณะ (2556) [17] และ เยาวเรศ จันทะดัต (2558) [18] และนำมาพัฒนาต่อในการสอนวิชาดังกล่าวข้างต้น โดยได้มีการเปรียบเทียบงานเดิมและงานใหม่ด้วยการออกแบบโครงสร้าง และองค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บของงานวิจัยไว้ดังรูปที่ 1 และการเพิ่มและปรับเนื้อหาในขั้นตอนของ (1) – (5) ของระบบเว็บใหม่ดังตารางที่ 1 จากนั้นเมื่อได้พัฒนาต้นแบบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บแล้ว ผู้วิจัยได้นำไปให้ผู้ใช้งาน คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ในปีการศึกษา 2562 ทดลองใช้งานเบื้องต้นจำนวน 100 คน เพื่อศึกษาปัญหาการใช้งานของต้นแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บ และข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะต่างๆ ก่อนที่จะนำไปพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บเพื่อใช้งานจริงต่อไปดังรายละเอียดในข้อ 3.2 และ 3.3



รูปที่ 1 กรอบโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บในงานเดิมและงานที่จะพัฒนาต่อ
หมายเหตุ: ขั้นตอน (1) – (15) คือ ระบบงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บเดิม และส่วนขั้นตอน (1)–(5) และ (10) – (12) ที่จะปรับในระบบเว็บใหม่

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของเว็บเดิมกับเว็บใหม่ ในขั้นตอนของ (1) – (5) และ (10) – (12)

ขั้นตอนที่	ระบบเว็บเดิม	ระบบเว็บใหม่
1	ได้รวบรวมข้อมูลเฉพาะพื้นที่หนองระเวียง ของ มทร.อีสาน ที่ตั้งตำบลหนองระเวียงเท่านั้น	ได้มีการเพิ่มข้อมูลพื้นที่มทร.อีสาน ศูนย์กลาง ในเขต ตำบลในเมือง
2	ได้แสดงการวางเส้นสำรวจแบบ line transect	ได้แสดงเส้นทางการเดินเก็บข้อมูลพืชพรรณ
3	ได้แสดงการวางแปลง	ได้แสดงที่ตั้งและสถานที่เก็บข้อมูล
4	ได้แสดงต้นไม้ในแต่ละแปลง	ได้แสดงที่ตั้งและคุณลักษณะของพืชพรรณที่เก็บมาใน ขั้นตอนที่ 3
5	ได้แสดงการประเมินระดับความหลากหลายในแต่ละแปลง	ได้แสดงการประเมินระดับความหลากหลายในแต่ละในพื้นที่หนองระเวียงของมทร.อีสาน ที่ตั้งในตำบลหนองระเวียง และพื้นที่มทร.อีสาน ศูนย์กลาง ที่ตั้งในตำบลในเมือง
10	การบันทึกข้อมูลใน Spread Sheet	การบันทึกข้อมูลลงในระบบเว็บภูมิสารสนเทศอย่างอัตโนมัติ

11	ชั้นข้อมูล GIS เฉพาะ พื้นที่หนองระเวียง ของมทร.อีสาน ที่ตั้งตำบลหนองระเวียงเท่านั้น	มีทั้งข้อมูล GIS ในพื้นที่หนองระเวียงของมทร.อีสาน ที่ตั้งตำบลหนองระเวียง และพื้นที่มทร.อีสาน ศูนย์กลาง ที่ตั้งในตำบลในเมือง
12	ข้อมูลถูกจัดเก็บในโปรแกรมโพสเกรสเควสคิวแอล (PostgreSQL)	ข้อมูลถูกจัดเก็บในโปรแกรมโพสเกรสเควสคิวแอล (PostgreSQL) เหมือนเดิม แต่ได้เพิ่มการเชื่อมโยงกับ คลาวด์จีไอเอส (Cloud GIS)

จากตารางที่ 1 ข้อดีและประโยชน์ของระบบเว็บใหม่ คือ การเพิ่มข้อมูลพื้นที่มทร.อีสาน ศูนย์กลาง ในเขตตำบลในเมือง เนื่องจาก มทร.อีสานในจังหวัดนครราชสีมา มี 2 แห่ง คือ พื้นที่ศูนย์กลาง ตั้งอยู่ที่ตำบลในเมือง และพื้นที่หนองระเวียง ตั้งอยู่ที่ตำบลหนองระเวียง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลต้นไม้ในเมืองหรือในเขตมหาวิทยาลัย เพื่อใช้ในการจัดการต้นไม้และพื้นที่สีเขียว ซึ่งเป็นไปตามประกาศมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน เรื่อง นโยบายมหาวิทยาลัยสีเขียว ณ วันที่ 5 เมษายน 2561 ในประเด็นการรักษาป่า บริเวณพืชพรรณท้องถิ่นดั้งเดิมไว้ และเพิ่มพื้นที่ปลูกต้นไม้ สวน สนามหญ้า ที่สำคัญเป็นการส่งเสริมพื้นที่สีเขียวของเมืองด้วย

3.2 การพัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บ

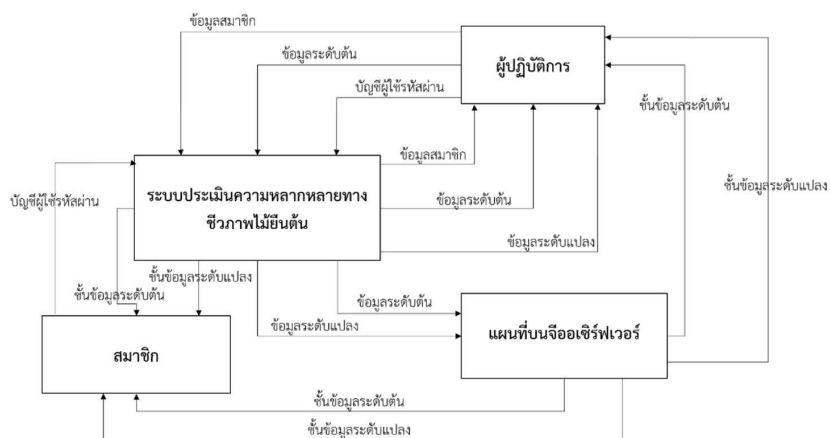
การพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บนี้ ได้นำข้อ 3.1 เป็นแนวทาง โดยได้ปรับระดับการเข้าถึงของเว็บเป็น 2 ระดับ คือ ผู้ดูแลระบบ เป็นอาจารย์ผู้สอน และผู้ใช้งาน เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มทร.อีสาน (ถ้าเป็นระบบเดิมมี 3 ระดับ คือ ผู้ดูแลระบบ (เจ้าหน้าที่หนองระเวียงของมทร.อีสาน) และผู้ใช้งาน 2 ระดับ ได้แก่ เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับงาน และผู้ใช้งานทั่วไป) และเว็บนี้ได้ออกแบบบริบทแผนภาพ แผนภาพการไหลของข้อมูล และ แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในฐานะข้อมูล ดังรูปที่ 2 และส่วนโปรแกรมที่ใช้พัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บมีดังนี้

- ระบบปฏิบัติการวินโดวส์สิบ (Windows 10)

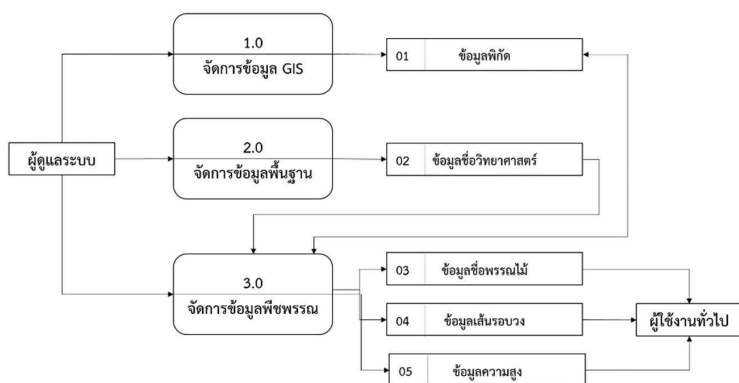
- จีออเซิร์ฟเวอร์ (GeoServer) เป็นโอเพ่นซอร์ส (Open source) แบบเซิร์ฟเวอร์ (Server) มิได้สำหรับการบริการข้อมูลเชิงพื้นที่ในแบบออนไลน์ ในการศึกษาใช้จีออเซิร์ฟเวอร์ติดต่อกับฐานข้อมูลโพสเกรสเควสคิวแอล (PostgreSQL) และจัดการข้อมูล และนำเสนอเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านเว็บได้

- ยูติก (uDig) เป็นเป็นเครื่องมือและแก้ไขข้อมูลโอเพ่นซอร์ส โดยเน้นที่มาตรฐานโอเพ่นจีไอเอส (OpenGIS) สำหรับอินเทอร์เน็ต ระบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่าย และมาตรฐานเว็บฟีเจอร์เซิร์ฟเวอร์ (Web Feature Server, WFS) ในการศึกษาได้ใช้ยูติกเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างโค้ดภาษาเอ็กเอ็มแอล (XML) เพื่อกำหนดลิ้งก์กับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่

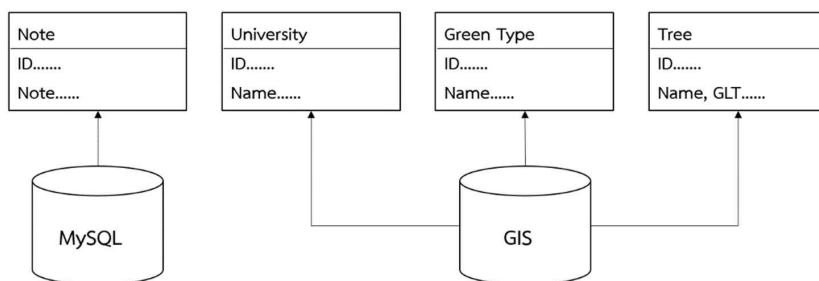
- โพสเกรสเควสคิวแอล (PostgreSQL) เป็นระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ-สัมพันธ์ (Object-relational) แบบฐานข้อมูลเชิงวัตถุสัมพันธ์ (Object-Relational Database Management System, ORDBMS) โดยสามารถใช้รูปแบบคำสั่งของภาษาเควสคิวแอล (SQL) ได้ และเป็นระบบฐานข้อมูลที่ทันสมัยที่สุดของโอเพ่นซอร์ส ที่สามารถนำไปใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ ได้มีการพัฒนามาจาก โพสเกรส เวอร์ชัน 4.2 (Postgres 4.2) โดยมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ในการศึกษาใช้โพสเกรสเควสคิวแอลในการจัดการฐานข้อมูล และเชื่อมต่อการเก็บข้อมูลไปที่คลาวด์จีไอเอส (Cloud GIS) เพราะรองรับการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่แบบกระจายหลายประเภทเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการคำนวณของข้อมูลขนาดใหญ่ สนับสนุนการประมวลผลแบบกระจายและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อให้บรรลุการปรับปรุงประสิทธิภาพขนาดของการทำงาน และสนับสนุนความหลากหลายของบริการจัดเก็บคลาวด์สาธารณะ ฐานข้อมูลคลาวด์ เพื่อใช้ประโยชน์แพลตฟอร์มคลาวด์



ก) แผนภาพบริบท



ข) แผนภาพการไหลของข้อมูล จากระดับ 0 ถึงระดับ 3



ค) แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในฐานข้อมูล

รูปที่ 2 บริบทแผนภาพ แผนภาพการไหลข้อมูล และแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในฐานข้อมูล

– แอปพลิเคชัน (AppServ) ใช้ในการสร้างเว็บเซิร์ฟเวอร์จำลองติดต่อกับโปรแกรมฐานข้อมูลโพสเกรสเควล (PostgreSQL) และการพัฒนาเว็บไซต์ โดยแอปพลิเคชัน เป็น โปรแกรมที่รวบรวมแพคเกจต่างๆ ที่ใช้จำลอง

เครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ ประกอบด้วย อพาเช่เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Apache Web Server) ฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL database) ฟิเชซพีไฮเปอร์เท็กพรีโพรเซสเซอร์ (PHP Hypertext Preprocessor) และฟิเชซพีมายแอดมิน (phpMyAdmin)

- โน้ตแพดพลัสพลัส (Notepad++) เป็นโปรแกรมการแก้ไขข้อความ (Text editor) ที่ดีที่สุด ช่วยในการแก้ไขซอร์สโค้ด (Source code) ซึ่งรองรับซินแทกซ์ (Syntax) ในรูปแบบโปรแกรมได้หลากหลาย ในการศึกษานี้ใช้ในการเขียนโค้ดคำสั่งฟิเชซพี (PHP) และเอสคิวแอล (SQL) ในการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลกับข้อมูลเชิงพื้นที่และใช้ในการออกแบบระบบ

จากนั้นเมื่อพัฒนาระบบเว็บเสร็จเรียบร้อยแล้ว เราก็จะนำมาทำการทดสอบความคลาดเคลื่อนของระบบเว็บ (Error) ได้ใช้เทคนิคแบล็คบ็อกซ์ (Black Box)

3.3 การประเมินผลการใช้งาน

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บที่พัฒนานี้ มีเป้าหมายเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการสอนเพื่อการเรียนรู้การจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น ตั้งแต่การสำรวจพื้นที่ศึกษา การบันทึกข้อมูล การประมวลผล และการแสดงผล สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ดังนั้นวิธีการวัดการประเมินผลการใช้งาน ได้อาศัยข้อมูลประชากรของนักศึกษาในปีการศึกษา 2562 จำนวน 3,218 คน มากำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตรการคำนวณการทราบประชากรที่แน่นอนซึ่งเท่ากับ 356 คน โดยการสำรวจแบบสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายในระหว่างเดือน 1 มกราคม – 31 มีนาคม 2563 ซึ่งผู้วิจัยและคณะได้ทำการสำรวจในภาคสนามโดยตรง และส่งทางอีเมล (ในช่วงประกาศสถานการณ์โควิด 19 ที่ให้ทำงานที่บ้าน)

การประเมินผลการใช้งานจากนักศึกษานี้ ได้อาศัยแบบสอบถามที่ได้สร้างและใช้สำหรับงานวิจัยนี้เท่านั้น ซึ่งได้ผ่านการหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม ในแบบสอบถามนี้มีหัวข้อการวัดผลความพึงพอใจต่อการใช้งานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บนี้ 7 หัวข้อ คือ (1) ความสะดวกต่อการลงทะเบียนและการเข้าสู่ระบบ (2) ความรวดเร็วในการแสดงผลข้อมูล (3) มีข้อความแจ้งเตือนเมื่อเกิดข้อผิดพลาดจากการใช้งาน (4) การจัดหมวดหมู่ของระบบสะดวกต่อการใช้งาน (5) การออกแบบหน้าจอการทำงานมีความชัดเจนและเหมาะสม (6) ข้อมูลในระบบมีความถูกต้องและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน และ (7) ความเหมาะสมในการทำงานของระบบโดยรวม และเกณฑ์การให้คะแนนของความพึงพอใจและความหมายของค่าเฉลี่ยน้ำหนักคะแนน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนของความพึงพอใจและความหมายของค่าเฉลี่ยน้ำหนักคะแนน

คะแนน	เกณฑ์คะแนนความพึงพอใจ	คะแนน	ความหมายของค่าเฉลี่ยน้ำหนักคะแนน
5	พึงพอใจมากที่สุด	4.51–5.00	พึงพอใจมากที่สุด
4	พึงพอใจมาก	3.51–4.50	พึงพอใจมาก
3	พึงพอใจปานกลาง	2.51–3.50	พึงพอใจปานกลาง
2	พึงพอใจน้อย	1.51–2.50	พึงพอใจน้อย
1	พึงพอใจน้อยที่สุด	1.00–1.50	พึงพอใจน้อยที่สุด

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บ

การพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บนี้ เพื่อช่วยสำหรับการสอนวิชาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น ซึ่งอยู่ในหมวดวิชาการศึกษาทั่วไปของหลักสูตรนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของมทร.อีสาน ได้กำหนดระดับการเข้าถึงเว็บ 2 ระดับ (ดังรูปที่ 3) คือ

1) ผู้ดูแลระบบ คือ อาจารย์ผู้รับผิดชอบการสอน สามารถจัดการข้อมูล เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลพืชพรรณและสิ่งแวดล้อม และเรียกดูข้อมูลเชิงพื้นที่ของการสำรวจพืชพรรณและการประเมินความหลากหลายทางชีวภาพทั้งในพื้นที่มทร.อีสานที่ตั้งในตำบลในเมือง และพื้นที่หนองระเวียงของมทร.อีสานที่ตั้งในตำบลหนองระเวียง

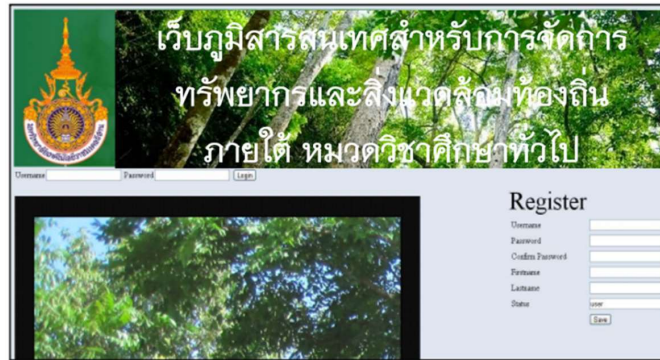
2) ผู้ใช้งาน คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของมทร.อีสาน ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น สามารถลงทะเบียนเข้าใช้งาน บันทึกข้อมูล เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลพืชพรรณและสิ่งแวดล้อม และเรียกดูข้อมูลเชิงพื้นที่ของการสำรวจพืชพรรณและการประเมินความหลากหลายทางชีวภาพทั้งในพื้นที่มทร.อีสานที่ตั้งในตำบลในเมือง และพื้นที่หนองระเวียงของมทร.อีสานที่ตั้งในตำบลหนองระเวียง

นอกจากนี้การพัฒนาระบบเว็บภูมิสารสนเทศนี้ได้พัฒนาและปรับปรุงให้สอดคล้องกับวิชาที่สอน อันได้แก่ ชื่อเว็บ ระดับการเข้าถึง การเพิ่มฟังก์ชันของพื้นที่และองค์ประกอบของพืช และการเชื่อมโยงฐานข้อมูลเพื่อจัดเก็บลงในคลาวด์จีไอเอส (Cloud GIS) ทั้งนี้ประโยชน์ของระบบเว็บใหม่ คือ การเพิ่มข้อมูลพื้นที่มทร.อีสาน ศูนย์กลาง ในเขตตำบลในเมือง เนื่องจาก มทร.อีสานในจังหวัดนครราชสีมา มี 2 แห่ง คือ พื้นที่ศูนย์กลาง ตั้งอยู่ที่ตำบลในเมือง และพื้นที่หนองระเวียง ตั้งอยู่ที่ตำบลหนองระเวียง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลต้นไม้ในเมืองหรือในเขตมหาวิทยาลัย เพื่อใช้ในการจัดการต้นไม้และพื้นที่สีเขียวซึ่งเป็นไปตาม

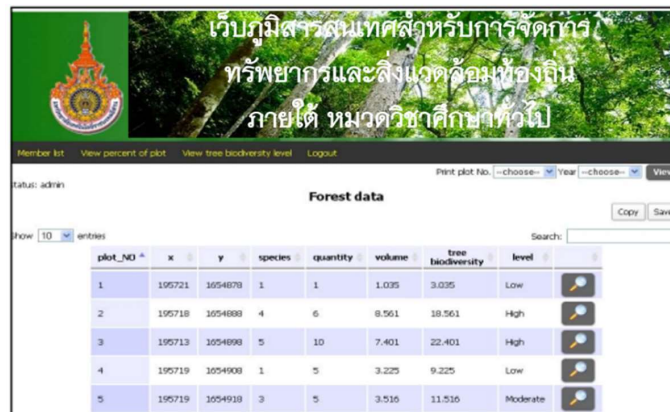
ประกาศมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน เรื่อง นโยบายมหาวิทยาลัยสีเขียว ณ วันที่ 5 เมษายน 2561 ในประเด็นการรักษาป่า บริเวณพืชพรรณท้องถิ่นดั้งเดิมไว้ และเพิ่มพื้นที่ปลูกต้นไม้ สวน สนามหญ้า ที่สำคัญเป็นการส่งเสริมพื้นที่สีเขียวของเมืองด้วย

4.2 ผลการประเมินผลการใช้งาน

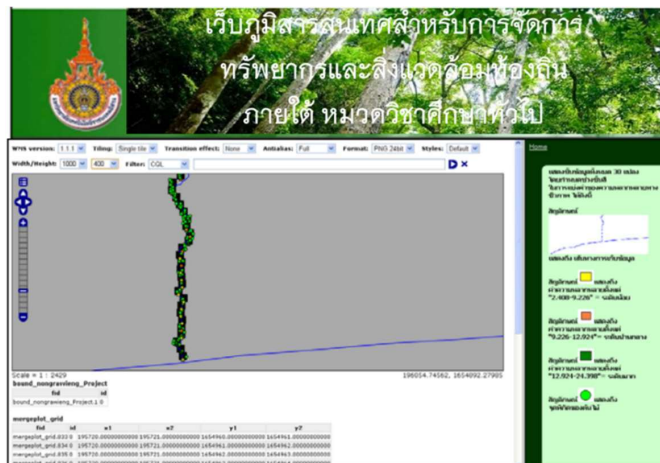
ผลการวัดการประเมินผลการใช้งานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บนี้ได้อาศัยข้อมูลกลุ่มตัวอย่างของนักศึกษาในปีการศึกษา 2562 จำนวน 356 คน โดยการสำรวจแบบสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายในระหว่างเดือน 1 มกราคม – 31 มีนาคม 2563 ซึ่งได้ทำการสำรวจในภาคสนามโดยตรง และส่งทางอีเมล (ในช่วงประกาศสถานการณ์โควิด 19 ที่ให้ทำงานที่บ้าน) และการสำรวจการประเมินผลของเว็บนี้ได้อาศัยแบบสอบถามที่อยู่ในรูปแบบกระดาษและ 구글 ฟอร์ม (Google Form) โดยมีผลการประเมินดังตารางที่ 3



ก) หน้าจอการลงทะเบียนและการเข้าสู่ระบบสำหรับผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งาน



ข) หน้าจอบันทึกข้อมูล เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลพืชพรรณและสิ่งแวดล้อม สำหรับผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งาน



ค) หน้าจอการแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ สำหรับผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งาน

รูปที่ 3 ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บ สำหรับการสอนวิชาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินจากนักศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับความพึงพอใจปานกลางด้วยค่าเฉลี่ย 3.11 โดยมีเฉลี่ยของความพึงพอใจของความสะดวกต่อการลงทะเบียนและการเข้าสู่ระบบมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 3.55) ขณะที่ความพึงพอใจต่อความรวดเร็วในการแสดงผลข้อมูล มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย 2.73) ดังนั้นเว็บที่ได้นี้สามารถนำไปใช้ในการสอนได้ แต่ควรมีการปรับปรุงเว็บ เช่น การเพิ่มความรวดเร็วของการแสดงผล เทคนิคการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการข้อมูลด้วยมาตรฐานเว็บแมปไทล์เซอร์วิส (Web Map Tile Service – WMTS) การสร้างดัชนีของฐานข้อมูล (Indexing)

ตารางที่ 3 ผลการประเมินผลการใช้งานของระบบ/สารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บ

หัวข้อประเมินผล	ค่าเฉลี่ยคะแนน (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	มาตรฐานประมาณค่า
1) ความสะดวกต่อการลงทะเบียนและการเข้าสู่ระบบ	3.55 (0.06)	ระดับความพึงพอใจมาก
2) ความรวดเร็วในการแสดงผลข้อมูล	2.73 (0.41)	ระดับความพึงพอใจปานกลาง
3) มีข้อความแจ้งเตือนเมื่อเกิดข้อผิดพลาดจากการใช้งาน	3.47 (0.12)	ระดับความพึงพอใจปานกลาง
4) การจัดหมวดหมู่ของระบบสะดวกต่อการใช้งาน	3.03 (0.15)	ระดับความพึงพอใจปานกลาง
5) การออกแบบหน้าจอการทำงานมีความชัดเจนและเหมาะสม	3.00 (0.17)	ระดับความพึงพอใจปานกลาง
6) ข้อมูลในระบบมีความถูกต้องและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	3.00 (0.15)	ระดับความพึงพอใจปานกลาง
7) ความเหมาะสมในการทำงานของระบบโดยรวม	3.01 (0.12)	ระดับความพึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	3.11 (0.17)	ระดับความพึงพอใจปานกลาง

5. สรุป อภิปรายผลการศึกษา

การพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บนี้ นำมาใช้เพื่อสนับสนุนสำหรับการสอนวิชาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น ซึ่งอยู่ในหมวดวิชาการศึกษาทั่วไปของหลักสูตรนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของมทร.อีสาน ได้กำหนดระดับการเข้าถึงเว็บ 2 ระดับ คือ (1) ผู้ดูแลระบบ คือ อาจารย์ผู้รับผิดชอบการสอน และ (2) ผู้ใช้งาน คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของมทร.อีสาน ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น และการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บนี้ ได้พัฒนาและปรับปรุงให้สอดคล้องกับวิชาที่สอน อันได้แก่ ชื่อเว็บ ระดับการเข้าถึง การเพิ่มฟังก์ชันของพื้นที่และองค์ประกอบของพืช และการเชื่อมโยงฐานข้อมูลเพื่อจัดเก็บลงในคลาวด์จีไอเอส (Cloud GIS) ทั้งนี้ประโยชน์ของระบบเว็บใหม่ คือ การเพิ่มข้อมูลพื้นที่มทร.อีสาน ศูนย์กลาง ในเขตตำบลในเมือง เนื่องจาก มทร.อีสานในจังหวัดนครราชสีมา มี 2 แห่ง คือ พื้นที่ศูนย์กลาง ตั้งอยู่ที่ตำบลในเมือง และพื้นที่หนองระเวียง ตั้งอยู่ที่ตำบลหนองระเวียง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลต้นน้ำในเมืองหรือในเขต

มหาวิทยาลัย เพื่อใช้ในการจัดการต้นไม้และพื้นที่สีเขียวซึ่งเป็นไปตามประกาศมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เรื่อง นโยบายมหาวิทยาลัยสีเขียว ณ วันที่ 5 เมษายน 2561 ในประเด็นการรักษาป่า บริเวณพืชพรรณท้องถิ่นดั้งเดิมไว้ และเพิ่มพื้นที่ปลูกต้นไม้ สวน สนามหญ้า ที่สำคัญเป็นการส่งเสริมพื้นที่สีเขียวของเมืองด้วย

ผลการประเมินจากนักศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับความพึงพอใจปานกลางด้วยค่าเฉลี่ย 3.11 โดยมีเฉลี่ยของความพึงพอใจของความสะดวกต่อการลงทะเบียนและการเข้าสู่ระบบมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 3.55) ขณะที่ความพึงพอใจต่อความรวดเร็วในการแสดงผลข้อมูล มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย 2.73) ดังนั้นเว็บที่ได้นี้สามารถนำไปใช้ในการสอนได้ แต่ควรมีการปรับปรุงเว็บ เช่น การเพิ่มความรวดเร็วของการแสดงผล เทคนิคการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการข้อมูลด้วยมาตรฐานเว็บแมพไทล์เซอร์วิส (Web Map Tile Service – WMTS) การสร้างดัชนีของฐานข้อมูล (Indexing)

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม. (2563). ประกาศกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม เรื่อง มาตรการและการเฝ้าระวังการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือโรคโควิด-19 (ฉบับที่ 3): การปฏิบัติการของสถาบันอุดมศึกษาเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19. สืบค้นจาก <https://www.mhesi.go.th/home/index.php/pr/news/1142-2019-19-1-5>
- [2] Baker, T. R. (2015). WebGIS in Education. In: Muñiz Solari O., Demirci A., Schee J. (eds) Geospatial Technologies and Geography Education in a Changing World, (pp.105–115). Advances in Geographical and Environmental Sciences. Springer, Tokyo, https://doi.org/10.1007/978-4-431-55519-3_1
- [3] ERSI. (2011). GIS in Education: The Web and Beyond. Retrieved from <https://www.esri.com/news/arcwatch/0312/gis-in-education-the-web-and-beyond.html>
- [4] Kuria, E., KImani, S. & Mindila, A. (2019). A Framwork for Web GIS Development: A Review. International Journal of Computer Applications, 178(16), 6–10.
- [5] Ananda, F., Kuria, D. & Ngigi, M. (2016). Towards a New Methodology for Web GIS Development. International Journal of Software Engineering & Applications, 7(4), 47–66.
- [6] Chakraborty, D., Sarkar, D., Agarwal, S., Dutta, D. & Sharma, J. R. (2015). Web based GIS Application using Open Source Software for Sharing Geospatial Data. International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS, 4(1), 1224–1228.
- [7] Singh, P. S., Chutia, D., & Sudhakar, S. (2012). Development of a Web based GIS Application for Spatial Natural Resources Information System using Effective Open Source Software and Standards. Journal of Geographic Information System, 4, 261–266.
- [8] Yin, F. and Feng, M. (2009). A Web GIS Framework for Vector Geospatial Data Sharing Based on Open Source Projects. Proceedings of the 2009 International Symposium on Web Information Systems and Applications (WISA'09), Nanchang, 22–24 May 2009, pp. 124–127.
- [9] Bhandari, A., Panwar, A. & Saklani, P. (2016). Creation of a Web based GIS Application for Spatial Wasteland Information System for Uttarakhand State using Effective Open Source Software. International Journal of Computer Science and Information Technologies, 7(6), 2405–2408.

- [10] GeoServer. (2015). GeoServer Documentation. Retrieved from <http://docs.geoserver.org>
- [11] Oracle. (2020). Database. Retrieved from <https://www.oracle.com/database/what-is-database.html>
- [12] Adnan, M., Singleton, A. D., & Longley, P. A. (2010). Developing Efficient Web-based GIS Applications. Retrieved from <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/19247/1/19247.pdf>
- [13] Morgan, B. J. (2011). Geographic Information Systems for the Plant Sciences. Retrieved from <http://arnoldia.arboretum.harvard.edu/pdf/articles/2011-69-1-geographic-information-systems-for-the-plant-sciences.pdf>
- [14] Draper, D., Rosselló-Graella, A., Garcia, C., Tauleigne Gomes, C. and Sérgio, C. (2003). Application of GIS in plant conservation programmes in Portugal. *Biological Conservation* 113, pp.
- [15] Krigas, N., Papadimitriou, K. and Mazzaris, A. D. (2012). GIS and ex situ Plant Conservation. Retrieved from <https://www.intechopen.com/books/application-of-geographic-information-systems/gis-and-ex-situ-plant-conservation>
- [16] Souza, C. M., Pereira, K., Lins, V., Haiashy, S. and Souza, D. (2009). Web-oriented GIS system for monitoring, conservation and law enforcement of the Brazilian Amazon. *Earth Science Information*, 2, 205-215.
- [18] เยาวเรศ จันทะคัด. (2558). การประเมินระดับความหลากหลายทางชีวภาพป่าไม้ผ่านการพัฒนาเว็บ GIS. *วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย*, 16(1), 10-17.
- [17] เยาวเรศ จันทะคัด, สุจิตรา โกศล, Luis Ernesto Garcia และ สนั่น การค้า. (2556). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2556 เรื่อง ‘การประเมินความหลากหลายทางชีวภาพพื้นที่ป่าไม้โดยการประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศในพื้นที่ศูนย์หนองระเวียง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี’. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี