การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นแบบฟัซซี่

สิรางค์ กลั่นคำสอน[1] และ จันจิรา คงชื่นใจ[2*]
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ต.ทุ่งสุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230

** Corresponding Author: janjira_k@eng.src.ku.ac.th*
[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา
[2] อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา

ข้อมูลบทความ

ประวัติบทความ :
รับเพื่อพิจารณา : 16 ธันวาคม 2563
แก้ไข : 13 กันยายน 2564
ตอบรับ : 21 กันยายน 2564
DOI : 10.14456/kmuttrd.2021.16

คำสำคัญ :
คลังสินค้า / การเลือกตำแหน่งที่ตั้ง / ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ / กระบวน
การวิเคราะห์ตามลำดับชั้นแบบฟัซซี่

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าแห่งใหม่ในจังหวัดชลบุรีโดยการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ และกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นแบบฟัซซี่ ผลการศึกษา พบว่า ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยในการเลือกตำแหน่ง เมื่อเรียงจากมากไปหาน้อยมีดังนี้ ความหนาแน่นของอุตสาหกรรม (0.179) รายได้จากการเช่าคลังสินค้า (0.174) ราคาที่ดิน (0.161) ยุทธศาสตร์และแผนพัฒนาจังหวัด (0.149) เส้นทางการขนส่ง (0.149) ระบบสาธารณูปโภค (0.139) และแหล่งแรงงาน (0.048) จากผลการประเมินตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าแห่งใหม่โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์พบว่า อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรีมีความเหมาะสมที่สุด

Location Selection of Warehouse by Using Geographical Information System and Fuzzy Analytic Hierarchy Process

Sirang Klankamsorn[1] and Janjira Kongchuenjai[2*]
Kasetsart University Sriracha Campus, Sriracha, Chonburi 20230

** Corresponding Author: janjira_k@eng.src.ku.ac.th*
[1] Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha.
[2] Lecturer, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha.

Article Info

Article History:
Received: December 16, 2020
Revised: September 13, 2021
Accepted: September 21, 2021
DOI : 10.14456/kmuttrd.2021.16

Keywords:
Warehouse / Location Selection / Geographic Information System / Fuzzy Analytic Hierarchy Process

Abstract

This research aimed at selecting a new warehouse location in Chonburi province by applying the geographic information system, multi-criteria decision analysis and fuzzy analytic hierarchy process. The results revealed the importance of weight factors for warehouse location selection in descending order as follows: industry density (0.179), warehouse rental income (0.174), land price (0.161), provincial strategy and plan (0.149), transportation route (0.149), utilities (0.139) and labor resources (0.048). The results from the evaluation using the geographic information system indicated that Sriracha District, Chonburi Province is the most appropriate location for a new warehouse.

1. บทนำ

การขับเคลื่อนเศรษฐกิจและการลงทุนในยุคอุตสาหกรรม 4.0 ทางด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีขั้นสูงของระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor หรือ EEC) ซึ่งประกอบด้วยจังหวัดชลบุรี ระยองและฉะเชิงเทราก่อให้เกิดการพัฒนาพื้นที่อุตสาหกรรมใหม่และเขตเมืองใหม่ รวมถึงการส่งเสริมอุตสาหกรรมเป้าหมาย ด้วยเหตุนี้ อุตสาหกรรมการผลิตและการให้บริการในเขต EEC จึงมีการขยายตัวอย่างมาก ระบบการจัดการโลจิสติกส์ของคลังสินค้าจึงเข้ามามีบทบาทที่สำคัญในการเป็นสถานที่ในการเก็บวัตถุดิบและสินค้าเพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างอุปสงค์และอุปทานของผู้ผลิต การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้า (Warehouse location selection) มีความสำคัญในการศึกษาเนื่องจากส่งผลต่อการไหลและการกระจายของวัตถุดิบและสินค้า เพื่อให้มีต้นทุนการจัดการโลจิสติกส์ต่ำที่สุด

ในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้า ได้มีการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System หรือ GIS) ซึ่งคือระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมโยงกับสภาพภูมิศาสตร์และข้อมูลเชิงบรรยาย Trubint และคณะ [1] ได้แสดงให้เห็นว่าวิธี GIS สามารถเลือกตำแหน่งที่ตั้งของร้านค้าปลีกที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขของตลาดและคู่แข่งที่แตกต่างกันได้โดยใช้วิธีการถ่วงน้ำหนัก Albacete และคณะ [2] นำเสนอการใช้วิธี GIS สำหรับเลือกตำแหน่งที่ตั้งของที่อยู่อาศัย โดยพบว่าวิธี GIS สามารถเลือกตำแหน่งบ้านที่มีคุณภาพของสิ่งแวดล้อมในชุมชนได้ Mohamad และคณะ [3] ได้ใช้วิธี GIS ในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของห้างสรรพสินค้า โดยพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพล คือ ความหนาแน่นของประชากร คู่แข่งและการเดินทาง Rikalović และคณะ [4] นำเสนอการศึกษาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์โลจิสติกส์ ผลการศึกษาพบว่า สามารถเลือกศูนย์โลจิสติกส์ที่เหมาะสมโดยต้องให้เกิดความเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การเชื่อมต่อการขนส่งหลายรูปแบบทั้งทางน้ำ ทางอากาศและทางราง ลักษณะภูมิประเทศและนิเวศวิทยา

การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making หรือ MCDM) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ วิธีการหนึ่งของ MCDM คือ กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process หรือ AHP) ซึ่งเป็นวิธีการตัดสินใจปัญหาโดยจะทำการเลือกเป้าหมายหรือทางเลือกที่ดีที่สุดภายใต้การเปรียบเทียบเกณฑ์ต่างๆ ของอุตสาหกรรมการผลิตและไม่ใช่การผลิตโดย AHP จะทำการกำหนดน้ำหนักของปัจจัยหรือเกณฑ์การตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ [5-7] งานวิจัยของ Chang และ Lin [8] ได้ใช้วิธี AHP ในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์โลจิสติกส์ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีผล คือ ต้นทุน แรงงานและโซ่อุปทาน Amin และคณะ [9] ประยุกต์การใช้วิธี AHP ในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้า ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่สำคัญในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าประกอบด้วย ราคาต่อหน่วย ความสามารถในการจัดเก็บและระยะทางเฉลี่ยในการเลือกตำแหน่งคลัง นอกจากนี้แล้ว ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ยังถูกพบว่าสามารถประยุกต์กับวิธีการของ MCDM เพื่อการตัดสินใจทางด้านการเลือกตำแหน่งที่ตั้ง การจัดสรรทรัพยากร การจัดตารางการขนส่ง การบริหารชุมชนและการจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ [10-15]

เนื่องจากการตัดสินใจมีความผันแปรจึงมีการนำระบบฟัซซี่เข้ามาประยุกต์ใช้หรือที่เรียกว่ากระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นแบบฟัซซี่ (Fuzzy Analytic Hierarchy Process หรือ FAHP) ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตและไม่ใช่การผลิตทั้งแบบหลายเกณฑ์และหลายทางเลือก วิธี FAHP จะทำการขยายวิธี AHP โดยการเปรียบเทียบน้ำหนักของปัจจัยโดยการแปลงค่าข้อมูลเป็นเลขฟัซซี่ (Fuzzy number) ส่วนขยายนี้เพื่อให้เสมือนจริงจากความไม่แน่นอนของการกำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัย [16-18] การประยุกต์ใช้ FAHP กับ GIS เพื่อจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) บนแผนที่เพื่อตัดสินเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมภายใต้หลายปัจจัยและหลายทางเลือกซึ่งถูกพบในงานวิจัยที่ทำการหาความเหมาะสมทางด้านภูมิศาสตร์และตำแหน่งที่ตั้ง [19-23]

วิธีการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์มีหลายรูปแบบจึงได้มีการศึกษาและเปรียบเทียบผลที่ได้จากวิธีที่แตกต่างกัน ดังเช่นแสดงในงานวิจัยของ [24-26] ที่ได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างวิธี AHP และ TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) ทั้งแบบมาตรฐานและแบบฟัซซี่รวมถึงวิเคราะห์ร่วมกับระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ ผลการ

ศึกษาพบว่าวิธี AHP มีความเหมาะสมมากกว่าวิธี TOPSIS ในกรณีที่ปัญหามีจำนวนปัจจัยไม่มากและเป็นปัญหาที่มีปัจจัยย่อย แต่วิธี TOPSIS จะมีความเหมาะสมมากกว่าในกรณีที่มักมีการเปลี่ยนแปลงทางเลือกและลำดับของปัจจัยโดยวิธี TOPSIS มีจุดอ่อนในการคำตอบเมื่อปัญหานั้นมีปัจจัยย่อย

สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าใหม่โดยมีขอบเขตการศึกษาอยู่ในจังหวัดชลบุรี ทั้งนี้จะทำการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และวิธีการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นแบบฟัซซี่

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ถูกพัฒนาและเริ่มมีการใช้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 องค์ประกอบหลักของระบบ GIS จัดแบ่งออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ คือ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Hardware) โปรแกรม (Software) ขั้นตอนการทำงาน (Methods) ข้อมูล (Data) และบุคลากร (People) โดยการปฏิบัติงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ [8-12]

1. การนำเข้าข้อมูล (Input) ในรูปแบบของข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital format) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) แผนที่ (Map) ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (Remote sensing) และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Non-spatial data)

2. การปรับข้อมูล (Data manipulation) เป็นขั้นตอนการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง คำนวณและวิเคราะห์ผลข้อมูลให้เหมาะสม เช่น ระบบพิกัดแผนที่ เป็นต้น

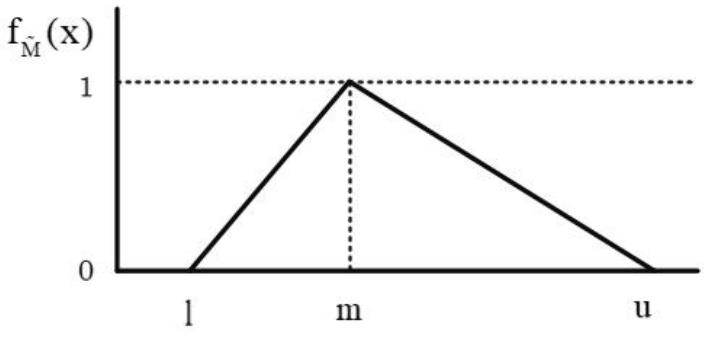
3. การจัดการข้อมูล (Data management) เป็นการสร้างความเชื่อมโยงของข้อมูลและใช้ความสัมพันธ์ แวดล้อมในการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่รวมถึงระบบจัดการฐานข้อมูลแบบสัมพัทธ์ โดยมีการแบ่งข้อมูลตามแผนที่เฉพาะเรื่อง (Thematic Map) หรือชั้นแผนที่ (Map Layer)

4. การสืบค้นและวิเคราะห์ข้อมูล (Query and analysis) เช่น การวิเคราะห์เชิงประมาณค่าและการวิเคราะห์เชิงซ้อน เป็นต้น

5. การนำเสนอข้อมูล (Visualization) ทั้งในรูปแบบของ 2 มิติ หรือ 3 มิติ ภาพเคลื่อนไหว แผนที่

2.2 เลขฟัซซี่

เลขฟัซซี่เป็นส่วนหนึ่งของทฤษฎีฟัซซี่เซต (Fuzzy set theory) ซึ่งถูกพบในการวางแผนเชิงพื้นที่ (Spatial) เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้กับวัตถุเชิงพื้นที่ (Spatial objects) ในฐานะสมาชิกของฟัซซี่เซตที่มีค่าความเป็นสมาชิกอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 กำหนดให้ $f_{\tilde{M}}(x)$ เป็นฟังก์ชั่นของสมาชิกฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม (Triangular fuzzy number) โดยที่ $\tilde{M}$ ประกอบด้วยสมาชิกของ ซึ่งเป็นเลขจำนวนจริง (R) ทั้งนี้ สมาชิกของ $\tilde{M}$ เท่ากับ (l,m,u) โดย l คือขอบเขตล่าง (Lower limit) m คือฐานนิยม (Mode) และ u คือขอบเขตบน (Upper limit) รูปที่ 1 ได้แสดงสมาชิกฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมและ ฟังก์ชั่นของสมาชิกฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมแสดงในสมการที่ [1] [16,17]



รูปที่ 1 ฟังก์ชั่นของสมาชิกฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม

$$f_{\tilde{M}}(x)=\begin{cases}0, & x<l\\ (x-l)/(m-l) & l\le x\le m\\ (u-x)/(u-m) & m\le x\le u\\ 0, & x>u\end{cases} \quad (1)$$

2.3 กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นแบบฟัซซี่

ขั้นตอนของกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นแบบฟัซซี่มีดังต่อไปนี้ [16-18]

2.3.1 กำหนดปัจจัยเพื่อนำไปสู่การกำหนดค่าน้ำหนักโดยผู้เชี่ยวชาญ

2.3.2 เปรียบเทียบน้ำหนักของปัจจัยโดยการแปลงค่าข้อมูลเป็น Triangular fuzzy number

2.3.3 แปลงค่า Triangular fuzzy number ให้เป็นเลขจำนวนจริงดังสมการที่ [2]

$$N_{ij}=M_{ij}\otimes[\sum_{i=1}^{n}M_{ij}]^{-1}=(l_{ij},m_{ij},u_{ij})\otimes\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}u_{ij}},\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}m_{ij}},\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}l_{ij}}\right)=\left(\frac{l_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}u_{ij}},\frac{m_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}m_{ij}},\frac{u_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}l_{ij}}\right) \quad (2)$$

2.3.4 ทำการ Normalization ซึ่งเป็นการแปลงค่าน้ำหนักของปัจจัยต่าง ๆ ให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ดังสมการที่ [3]

$$W_i=\frac{l_i+2m_i+u_j}{4} \quad (3)$$

2.3.5 หาค่าดัชนีความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency index หรือ C.I.) ดังสมการที่ [4] และค่าอัตราความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency ratio หรือ C.R.) ดังสมการที่ [5] ค่า หรือ Defuzzy fication process แสดงในสมการที่ [6]

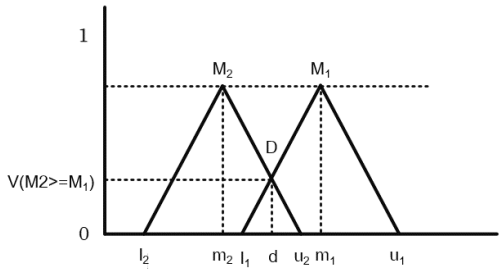
$$C_i=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1} \quad (4)$$

$$C.R.=\frac{C.I.}{R.I.} \quad (5)$$

$$\lambda_{max}=\frac{(\frac{MW_1}{W_1})+(\frac{MW_2}{W_2})+\ldots+(\frac{MW_n}{W_n})}{n} \quad (6)$$

ค่า **R.I.**หรือ Randomly generated consistency index เป็นค่าดัชนีจากการสุ่มตัวอย่างหรือค่าเฉลี่ยดัชนีสำหรับค่าน้ำหนักที่สร้างโดยการสุ่ม

2.3.6 ทำการหา Degree of possibility โดยการเปรียบเทียบค่า Mode เป็นคู่ของปัจจัยโดยที่ ดังรูปที่ 2 และสมการที่ [7]



รูปที่ 2 Degree of possibility ของการเปรียบเทียบค่า Mode เป็นคู่ของปัจจัย

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

2.3.7 ทำการหา Weight vector ซึ่งเป็นค่าน้ำหนักความ สำคัญของแต่ละปัจจัยดังสมการที่ [8-9]

$$V(M \geq M_1, M_2, ..., M_k) = \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, ..., k \quad (8)$$

ตั้งสมมติฐานให้ $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k), k = 1, 2, ..., n; k \neq i$ ดังนั้น Weight vector มีค่าเท่ากับ

$$W = (d(A_1), d(A_2), ..., d(A_n))^T \quad (9)$$

3. วิธีการวิจัย

3.1 การออกแบบกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น แบบฟัซซี่

3.1.1 กำหนดปัญหาและขอบเขตของการศึกษา

ปัญหาที่จะทำการศึกษาคือ การเลือกปัจจัยที่มีน้ำหนักความสำคัญในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าแห่งใหม่เพื่อนำไปพิจารณาเลือกตำแหน่งที่ตั้งในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ขอบเขตทางด้านพื้นที่ คือ จังหวัดชลบุรี

3.1.2 กำหนดปัจจัยของการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าแห่งใหม่

การกำหนดปัจจัยเพื่อนำไปสู่การกำหนดค่าน้ำหนักโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งคือ ผู้ประกอบการคลังสินค้าในเขต EEC ปัจจัยในการ

ตารางที่ 1 ปัจจัยของการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าแห่งใหม่

ปัจจัย	ชื่อปัจจัย	ลักษณะของปัจจัย
ปัจจัยที่ 1	ระบบสาธารณูปโภค	ความพร้อมของระบบประปา ไฟฟ้า การติดต่อสื่อสาร การจัดการขยะ
ปัจจัยที่ 2	ความหนาแน่นของอุตสาหกรรม	จำนวนและแหล่งที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรม
ปัจจัยที่ 3	ราคาที่ดิน	ราคาประเมินที่ดิน
ปัจจัยที่ 4	ยุทธศาสตร์และแผนพัฒนาจังหวัด	ยุทธศาสตร์และแผนพัฒนาจังหวัดชลบุรีและเขต EEC
ปัจจัยที่ 5	เส้นทางการขนส่ง	เส้นทาง ความพร้อมและความสะดวกของถนนและการจราจร
ปัจจัยที่ 6	แหล่งแรงงาน	ความสามารถในการจัดหาแรงงาน

3.1.3 ทำการเปรียบเทียบน้ำหนักของปัจจัย (Pairwise comparison) จากผู้เชี่ยวชาญทางด้านคลังสินค้าซึ่งประกอบด้วยผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์ทางด้านการจัดการคลังสินค้าและการบริหารคลังในธุรกิจไปรษณีย์ ท่าเรือและโลจิสติกส์ รวมถึงผู้ให้บริการโลจิสติกส์ การกระจายสินค้าและการบรรจุหีบห่อในอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรีจำนวน 6 ท่าน ประสบการณ์ทางด้านคลังสินค้าประมาณ 5-10 ปี นอกจากนี้แล้ว ได้มีการศึกษารูปแบบการให้บริการทางด้านคลังสินค้าของจังหวัดชลบุรีจำนวน 11 แห่ง ประกอบด้วย 1) บริษัท เคไลน์ คอนเทนเนอร์ เซอร์วิส (ประเทศไทย จำกัด) 2) บริษัท ยูไนเต็ด ไทย คลังสินค้า จำกัด 3) บริษัท ทีทีเค โลจิสติคส์ (ประเทศไทย) จำกัด 4) บริษัท อ่าวไทยคลังสินค้า จำกัด 5) บริษัท เคอรี่ สยาม ซีพอร์ต จำกัด 6) บริษัท เคอรี่ โลจิสติคส์ (ประเทศไทย) จำกัด 7) บริษัท ทีทีเค แหลมฉบังคลังสินค้า จำกัด 8) บริษัท โทลล์ แวร์เฮ้าส์ (ไทยแลนด์) จำกัด 9) บริษัท มิตรผลคลังสินค้า จำกัด 10) บริษัท นิปปอนสตีลลอจิสติคส์ (ไทยแลนด์) จำกัด และ 11) บริษัท อีสเทิร์น ซีบอร์ด คลังสินค้า จำกัด โดยค่าน้ำหนักความสำคัญของการเปรียบเทียบกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นแบบฟัซซี่แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าน้ำหนักความสำคัญของการเปรียบเทียบกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นแบบฟัซซี่ [6]

การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญ	เลขฟัซซี่สามเหลี่ยม (Fuzzy triangular)	ส่วนกลับของเลขฟัซซี่สามเหลี่ยม (Reciprocal fuzzy)
เท่ากัน	(1,1,1)	(1,1,1)
ระหว่าง 1 ถึง 3	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
สำคัญเล็กน้อย	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
ระหว่าง 3 ถึง 5	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
สำคัญ	(4,5,6)	(1/6, 1/5,1/4)
ระหว่าง 5 ถึง 7	(5,6,7)	(1/7, 1/6,1/5)
สำคัญมาก	(6,7,8)	(1/8, 1/7,1/6)
ระหว่าง 7 ถึง 9	(7,8,9)	(1/9, 1/8,1/7)
สำคัญมากที่สุด	(9,9,9)	(1/9, 1/9, 1/9)

3.1.4 แปลงค่า Triangular fuzzy number ให้เป็นเลขจำนวนจริงดังสมการที่ [2]

3.1.5 ทำการ Normalization ซึ่งเป็นการแปลงค่าน้ำหนักของปัจจัยต่าง ๆ ให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ดังสมการที่ [3]

3.1.6 หาค่าดัชนีความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency index หรือ C.I.) ดังสมการที่ [4] และค่าอัตราความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency ratio หรือ C.R.) ดังสมการที่ [5]

3.1.7 ทำการหา Degree of possibility โดยการเปรียบเทียบค่า Mode เป็นคู่ของปัจจัยดังสมการที่ [7]

3.1.8 ทำการหา Weight vector ซึ่งเป็นค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยดังสมการที่ [8-9]

3.2 การออกแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้า

3.2.1 นำปัจจัยที่มีน้ำหนักปัจจัยสูงสุดมาเลือกทางตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าแห่งใหม่โดยใช้โปรแกรม Quantum GIS (Freeware)

3.2.2 รวบรวมข้อมูลในการเลือกตำแหน่งที่ตั้ง ประกอบด้วยการกำหนดระบบพิกัดและข้อมูลประเภท Shapefile

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย

ผลการเปรียบเทียบค่าความสำคัญรายคู่ของเกณฑ์หลัก

โดยใช้ Triangular fuzzy number แสดงในตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของเกณฑ์หลักแต่ละปัจจัยในรูปแบบ Triangular fuzzy number คะแนนความสำคัญของปัจจัยหลักแต่ละเกณฑ์ตามรูปแบบ Triangular fuzzy number และค่า Defuzzy fication process แสดงในตารางที่ 4 สำหรับตารางที่ 5 นั้นจะแสดงค่าของจำนวนปัจจัย (n) ค่า Defuzzy fication process (λ_{max}) ค่าดัชนีจากการสุ่มตัวอย่างหรือค่าเฉลี่ยดัชนีสำหรับค่าน้ำหนักที่สร้างโดยการสุ่ม (**R.I.**) ดัชนีความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.I.) และ อัตราความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.) และผลที่ได้จากการสังเคราะห์ค่า Degree of possibility และ Weight vector ของปัจจัยแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าความสำคัญรายคู่ของเกณฑ์หลักโดยใช้ Triangular fuzzy number

ปัจจัยที่	1			2			3			4			5			6			7		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1	1	1	2	1/6	1/9	4	1/4	1/8	4	1	1/9	5	1/3	1/5	7	4	1	2	1/5	1/9
2	1/2	6	9	1	1	1	8	3	1/3	8	5	1/5	9	4	2	9	8	5	7	2	1/5
3	1/4	4	8	1/8	1/3	3	1	1	1	6	3	1/7	8	1	1/2	9	6	3	4	1/2	1/7
4	1/4	1	9	1/8	1/5	5	1/6	1/3	7	1	1	1	5	1/3	1/5	7	4	1	2	1/5	1/9
5	1/5	3	5	1/9	1/4	1/2	1/8	1	2	1/5	3	5	1	1	1	8	5	2	4	1/3	1/8
6	1/7	1/4	1	1/9	1/8	1/5	1/9	1/6	1/3	1/7	1/4	1	1/8	1/5	1/2	1	1	1	1/3	1/8	1/9
7	1/2	5	9	1/7	1/2	5	1/4	2	7	1/2	5	9	1/4	3	8	3	8	9	1	1	1
รวม	2.8	20.3	42.0	3.6	2.6	14.8	13.7	7.8	17.8	19.8	18.3	16.5	28.4	9.9	12.4	44.0	36.0	22.0	20.3	4.4	1.8

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของเกณฑ์หลักแต่ละปัจจัยในรูปแบบ Triangular fuzzy number คะแนนความสำคัญของปัจจัยหลักแต่ละเกณฑ์ตามรูปแบบ Triangular fuzzy number และค่า Defuzzy fication process

ปัจจัยที่	คะแนนก่อน Normalized			ค่าคะแนนความสำคัญของ	ค่า Defuzzy Fication Process
	m_1	m_2	m_3	ปัจจัยหลักแต่ละปัจจัย	
1	0.010	0.056	1.123	(0.082, 0.056, 0.103)	0.074
2	0.036	0.347	2.510	(0.303, 0.347, 0.231)	0.307
3	0.019	0.143	1.756	(0.158, 0.143, 0.162)	0.152
4	0.011	0.059	1.790	(0.095, 0.059, 0.165)	0.095
5	0.014	0.122	1.161	(0.114, 0.122, 0.107)	0.116
6	0.007	0.025	0.204	(0.056, 0.025, 0.019)	0.031
7	0.023	0.247	2.327	(0.191, 0.247, 0.214)	0.225

ตารางที่ 5 จำนวนปัจจัย (n) ค่า Defuzzy fication process (λ_{max}) ค่าดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (**R.I.**) ดัชนีความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.I.) และ อัตราความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.)

n	λ_{max}	R.I.	C.I.	C.R.
7	7.680	1.32	0.1133	0.0859

ตารางที่ 6 ผลที่ได้จากการสังเคราะห์ค่า Degree of possibility และ Weight vector ของปัจจัย

Degree of Possibility (1)		Degree of Possibility (2)		Degree of Possibility (3)		Degree of Possibility (4)		Degree of Possibility (5)		Degree of Possibility (6)		Degree of Possibility (7)	
S(1-1)	1.000	S(2-1)	1.000	S(3-1)	1.000	S(4-1)	1.000	S(5-1)	1.000	S(6-1)	0.726	S(7-1)	1.000
S(1-2)	0.775	S(2-2)	1.000	S(3-2)	0.901	S(4-2)	0.835	S(5-2)	0.834	S(6-2)	0.270	S(7-2)	0.971
S(1-3)	0.897	S(2-3)	1.000	S(3-3)	1.000	S(4-3)	0.928	S(5-3)	0.972	S(6-3)	0.460	S(7-3)	1.000
S(1-4)	0.999	S(2-4)	1.000	S(3-4)	1.000	S(4-4)	1.000	S(5-4)	1.000	S(6-4)	0.719	S(7-4)	1.000
S(1-5)	0.922	S(2-5)	1.000	S(3-5)	1.000	S(4-5)	0.946	S(5-5)	1.000	S(6-5)	0.518	S(7-5)	1.000
S(1-6)	1.000	S(2-6)	1.000	S(3-6)	1.000	S(4-6)	1.000	S(5-6)	1.000	S(6-6)	1.000	S(7-6)	1.000
S(1-7)	0.815	S(2-7)	1.000	S(3-7)	0.934	S(4-7)	0.866	S(5-7)	0.878	S(6-7)	0.339	S(7-7)	1.000
Min(1)	0.775	Min(2)	1.000	Min(3)	0.901	Min(4)	0.835	Min(5)	0.834	Min(6)	0.270	Min(7)	0.971
Weight	**0.139**		**0.179**		**0.161**		**0.149**		**0.149**		**0.048**		**0.174**

จากตารางที่ 5 ในกรณีที่จำนวนปัจจัยเท่ากับ 7 ปัจจัย พบว่าจะมีค่า R.I. เท่ากับ 1.32 เนื่องจาก C.I. มีค่าเท่ากับ 0.1133 ดังนั้น C.R. จึงมีค่าเท่ากับ 0.0859 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 (ร้อยละ 10) ข้อมูลของปัจจัยจึงมีความสอดคล้องกันของเหตุผล

จากตารางที่ 6 สรุปได้ว่าค่าน้ำหนักความสำคัญเรียงจากมากไปหาน้อยของปัจจัยมีดังต่อไปนี้ ปัจจัยที่ 2 ความหนาแน่นของอุตสาหกรรม (0.179) ปัจจัยที่ 7 รายได้จากการเช่าคลังสินค้า (0.174) ปัจจัยที่ 3 ราคาที่ดิน (0.161) ปัจจัยที่ 4 ยุทธศาสตร์และแผนพัฒนาจังหวัด (0.149) ปัจจัยที่ 5 เส้นทางการขนส่ง (0.149) ปัจจัยที่ 1 ระบบสาธารณูปโภค (0.139) และปัจจัยที่ 6 แหล่งแรงงาน (0.048)

4.2 ผลการเลือกตำแหน่งที่ตั้งแห่งใหม่ของคลังสินค้าจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ผลการพิจารณาปัจจัยจากหัวข้อ 4.1 จะนำมาประกอบการวิเคราะห์การเลือกตำแหน่งที่ตั้งแห่งใหม่ของคลังสินค้าในจังหวัดชลบุรีโดยประมวลผลด้วยโปรแกรม Quantum GIS (Freeware) ขั้นตอนของการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วย 1) เก็บข้อมูลราคาที่ดินและรายได้จากค่าเช่าจากผู้ให้บริการเช่าคลังสินค้าดังหัวข้อที่ 3.1.3 ซึ่งอยู่ในพื้นที่ในนิคมอุตสาหกรรมและใกล้เคียงใน 11 อำเภอของจังหวัดชลบุรี ผลการบันทึกข้อมูลแสดงในตารางที่ 7 2) นำเข้าข้อมูลประเภท Shapefile ซึ่งเป็นข้อมูลแผนที่จังหวัดชลบุรีโดยเพิ่มพิกัดนิคมอุตสาหกรรม 3) นำเข้าข้อมูลปัจจัยและคุณลักษณะเชิงพื้นที่

ตารางที่ 7 ข้อมูลประกอบสำหรับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

อำเภอ	ราคาที่ดิน (บาท/ตารางวา)*1	รายได้จากราคาค่าเช่า*2 * 2(บาท/ตารางเมตร)	จำนวนนิคมอุตสาหกรรม
อำเภอเมืองชลบุรี	70,000	160	1
อำเภอพนัสนิคม	19,500	140	1
อำเภอพานทอง	5,000	120	1
อำเภอบ้านบึง	9,000	130	1
อำเภอศรีราชา	30,000	170	5
อำเภอเกาะจันทร์	2,500	ไม่พบข้อมูล	0
อำเภอบ่อทอง	2,500	130	0
อำเภอหนองใหญ่	1,200	100	0

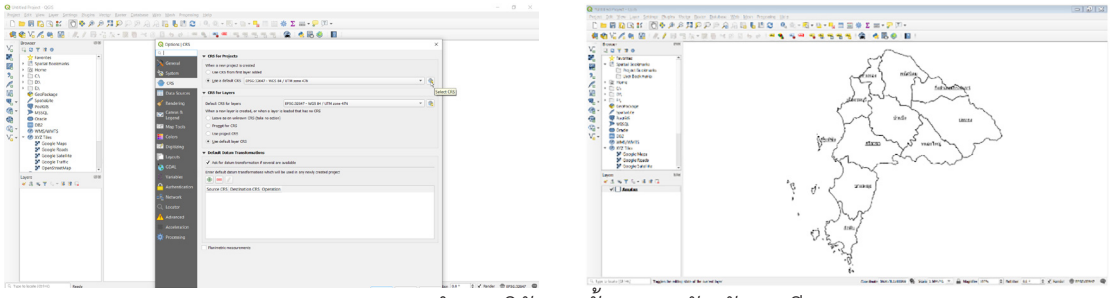
ตารางที่ 7 ข้อมูลประกอบสำหรับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ต่อ)

อำเภอ	ราคาที่ดิน (บาท/ตารางวา)*1	รายได้จากราคาค่าเช่า*2 * 2(บาท/ตารางเมตร)	จำนวนนิคมอุตสาหกรรม
อำเภอบางละมุง	8,000	130	0
อำเภอสัตหีบ	6,000	150	0
อำเภอเกาะสีชัง	4,000	ไม่พบข้อมูล	0

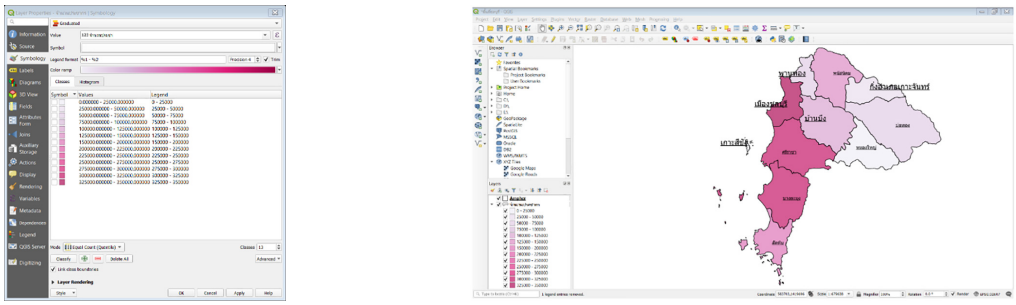
ที่มา: *1 กรมธนารักษ์ (พ.ศ. 2563)

*2 จากผู้ให้บริการคลังสินค้า (หัวข้อ 3.1.3)

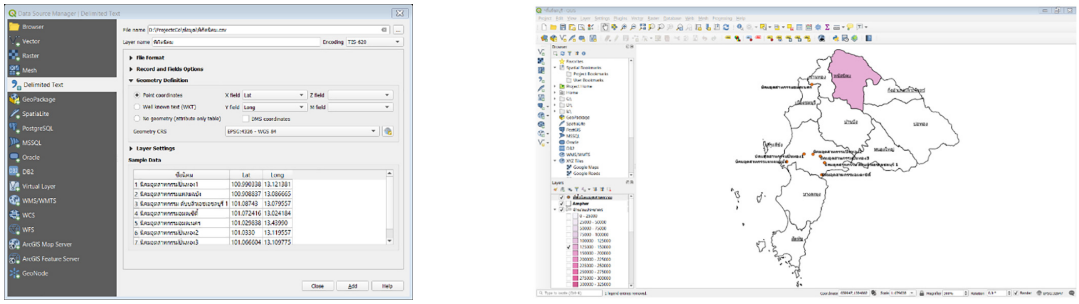
ผลจากการประมวลผลการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าแห่งใหม่ในจังหวัดชลบุรีโดยใช้โปรแกรม Quantum GIS แสดงในรูปที่ 3 ประกอบด้วย 3(ก) การกำหนดพิกัดและตั้ง Label จังหวัดชลบุรี 3(ข) การนำเข้าปัจจัยและคุณลักษณะเฉพาะของแหล่งที่ตั้ง และ 3(ค) การกำหนดพิกัดของนิคมอุตสาหกรรมและแหล่งที่ตั้งของโรงงาน



(ก) การกำหนดพิกัดและตั้ง Label จังหวัดชลบุรี



(ข) การนำเข้าปัจจัยและคุณลักษณะเฉพาะของแหล่งที่ตั้ง



(ค) การกำหนดพิกัดของนิคมอุตสาหกรรมและแหล่งที่ตั้งของโรงงาน

รูปที่ 3 ผลจากการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าแห่งใหม่จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

รูปที่ 4 ผลจากการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าแห่งใหม่จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

จากรูปที่ 4 พบว่า อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มีความเหมาะสมในการเป็นตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าแห่งใหม่เนื่องมาจากมีความหนาแน่นของโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมมากที่สุด (น้ำหนักสูงอันดับที่ 1) อีกทั้ง เป็นอำเภอที่มีรายได้จากการให้เช่าคลังสินค้าสูงที่สุด (น้ำหนักสูงอันดับที่ 2) แม้ว่าจะมีราคาที่ดินสูง (น้ำหนักสูงอันดับที่ 3) เมื่อเทียบกับอำเภอข้างเคียงแม้ว่าจะมีราคาที่ดินต่ำแต่มีความห่างไกลจากแหล่งอุตสาหกรรมการผลิต อีกทั้งยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีน้ำหนักรองลงสนับสนุนประกอบด้วย ยุทธศาสตร์และแผนพัฒนาจังหวัดที่ส่งเสริมการลงทุนในเขตพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก เส้นทางการคมนาคมและการขนส่งที่ความเชื่อมโยงกับภูมิภาคต่าง ๆ โดยมีความพร้อมของระบบสาธารณูปโภคและแหล่งแรงงาน

5. สรุปผลการศึกษา

จากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของจังหวัดชลบุรีส่งผลให้มีความต้องการคลังสินค้าเพิ่มมากขึ้นโดยคลังสินค้าที่มีให้เช่าเพื่อเป็นจุดพักของสินค้าก่อนส่งต่อไปยังลูกค้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าแห่งใหม่ในจังหวัดชลบุรีโดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์และกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นแบบฟัซซี่ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดในการเลือกตำแหน่งที่ตั้ง คือ ความหนาแน่นของอุตสาหกรรม รายได้จากการเช่าคลังสินค้า และ ราคาที่ดิน ผลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์พบว่า อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรีเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมในการจัดตั้งคลังสินค้าแห่งใหม่

6. เอกสารอ้างอิง

1. Trubint, N., Ostojić, L. and Bojović, N., 2006, “Determining an Optimal Retail Location by Using GIS,” *Journal of Operations Research,* 16 (2), pp. 253-264.

2. Albacete, X., Pasanen, K. and Kolehmainen, M., 2012, “A GIS-based Method for the Selection of the Location of Residence,” *Geo-spatial Information Science,* 15 (1), pp. 61–66.

3. Mohamad, M., Katheeri, F. and Salam, A., 2015, “A GIS Application for Location Selection and Customers' Preferences for Shopping Malls in Al Ain City; UAE,” *American Journal of Geographic Information System,* 4 (2), pp. 76-86.

4. Rikalović , A., Soares, G. and Ignjatić, J., 2017, "Analysis of Logistics Center Location: A GIS – Based Approach," *VI International Symposium New Horizons 2017 of Transport and Communications,* 17-18 November 2017, Bosnia, pp. 19-28.

5. Sarjono, H., Seik, O., Defan, J. and Simamora, B., 2020, "Analytical Hierarchy Process (AHP) In Manufacturing and Non-Manufacturing Industries: A Systematic Literature Review," *Systematic Reviews in Pharmacy,* 11 (11), pp. 158-170.

6. Podvezko, V., 2009, "Applications of AHP Technique," *Journal of Business Economics and Management,* 10 (2), pp. 181-189.

7. Atanasova-Pachemska, T., Lapevski, M. and Timovski, R., 2014, "Analytical Hierarchical Process (AHP) Method Application in the Process of Selection and Evaluation," *International Scientific Conference,* 21-22 November 2014, Gabrovo, Bulgaria, pp. II373-II380.

8. Chang, P. and Lin, H., 2015, "Manufacturing Plant Location Selection in Logistics Network Using Analytic Hierarchy Process," *Journal of Industrial Engineering and Management,* 8 (5), pp. 1547-1575.

9. Amin, M., Das, A., Roy, S. and Shikdar, M., 2019, "Warehouse Selection Problem Solution by using Proper MCDM Process," *International Journal of Science and Qualitative Analysis,* 5 (2), pp. 43-51.

10.Malczewski, J., 2006, "GIS-based Multicriteria Decision Analysis: A Survey of the Literature," *International Journal of Geographical Information Science,* 20 (7), pp. 703–726.

11.Zhou, L. and Wu, J., 2012, GIS-Based Multi-Criteria Analysis for Hospital Site Selection in Haidian District of Beijing, Faculty of Engineering and Sustainable Development, Department of Industrial Development, IT and Land Management, 50 p.

12.Ahmed Chandio, I., Matori, A.N.B., WanYusof, K.B., Talpur, M.A.H., Balogun, A.L. and Lawal, D.U., 2013, "GIS-based Analytic hierarchy Process as a Multicriteria Decision Analysis Instrument: A Review," *Arabian Journal of Geosciences,* 6, pp. 3059 -3066.

13.Roig-Tierno, N., Baviera-Puig, A., Buitrago-Vera, J. and Mas-Verdu, F., 2013, "The Retail Site Location Decision Process using GIS and the Analytical Hierarchy Process," *Applied Geography,* 40, pp. 191-198.

14.Kim, H.Y. and Hwang, J.H., 2018, "Combining GIS with AHP for Facility Site Selection: A Case Study in Cheongju, South Korea," *Journal of Engineering and Applied Sciences,* 13 (19), pp. 7933-7939.

15.Kabak, M. and Keskin, İ., 2018, "Hazardous Materials Warehouse Selection Based on GIS and MCDM," *Arabian Journal for Science and Engineering,* 43, pp. 269–3278.

16.Chang, D., 1996, "Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP," *European Journal of Operation Research,* 95, pp. 649-655.

17.Kaganski, S., Majak, J. and Karjust, K., 2018, "Fuzzy AHP as a Tool for Prioritization of Key Performance Indicators," *Procedia CIRP*, 72, pp. 1227-1232.

18.Kabir, G. and Hasin, M., 2018, "Comparative Analysis of AHP and Fuzzy AHP Models for Multicriteria Inventory Classification," *International Journal of Fuzzy Logic Systems,* 1 (1), p. 18.

19. Ziaei, M. and Hajizade F., 2011, "Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP): A GIS-based Multicriteria Evaluation/Selection Analysis," *The 19th International Conference on Geoinformatics,* June 2011, Shanghai, China, pp. 1-6.

20.Feizizadeh, B., Roodposhti, M., Jankowski, P. and Blaschke, T., 2014, "A GIS-based Extended Fuzzy Multicriteria Evaluation for Landslide Susceptibility Mapping," *Computers and Geosciences,* 73, pp. 208–221.

21.Guptha, R., Puppala, H. and Kanuganti, S., 2015, "Integrating Fuzzy AHP and GIS to Prioritize Sites for the Solar Plant Installation," *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD),* 5-17 August 2015, Zhangjiajie, China, pp. 465-470.

22.Önden, İ, 2018, "Integrating GIS with F-AHP for Locating a Single Facility," *Vilnius Gediminas Technical University Journal,* 33 (5), pp. 1173–1183.

23.Ayodele, T.R., Ogunjuyigbe, A.S.O., Odigie, O. and Munda, J.L., 2018, "A Multi-criteria GIS based Model for Wind Farm Site Selection using Interval Type-2 Fuzzy Analytic Hierarchy Process: The Case Study of Nigeria" *Applied Energy*, 228, pp. 1853–1869.

24.Rodrigues Lima Junior, F., Osiro, L. and Cesar Ribeiro Carpinetti, L., 2014, "A Comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods to Supplier Selection" *Applied Soft Computing,* 21, pp. 194–209.

25.Jozaghi, A., Alizadeh, B., Hatami, M., Flood, I., Khorrami, M., Khodaei, N. and Ghasemi Tousi, E., 2018, "A Comparative Study of the AHP and TOPSIS Techniques for Dam Site Selection using GIS: A Case Study of Sistan and Baluchestan Province, Iran," *Geosciences,* 8, pp. 1–23.

26.Kokoç, M. and Ersöz, S., 2019, "Comparison of AHP-TOPSIS and AHP-VIKOR Methods in Product Selection in Terms of Inventory Management," *International journal of Engineering Research and Development,* 11 (1), pp. 163–172.