

การวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของฟาร์มไก่ในเขต
จังหวัดนครราชสีมา โดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
An Analysis of Spatial Distribution Patterns of Chicken
Farms in Nakhon Ratchasima Province
by Geographic Information System

ภคินิจ คุปพิทยานันท์¹ ศจีรา คุปพิทยานันท์² สิริพร กมลธรรม³ และ พันทิพย์ ปิยะทัศนานนท์⁴
Pakanit Kupittayanant, Sajeera Kupittayanant, Siripon Kamontum and
Pantip Piyatadsananon

บทคัดย่อ

โรคระบาดในสัตว์ปีก เช่น ไข้หวัดนก โรคนิวคาสเซิล โรคหลอดลมอักเสบติดต่อ เป็นต้น ก่อปัญหาทางเศรษฐกิจและอื่น ๆ อย่างมหาศาลต่อเกษตรกรผู้ทำฟาร์มไก่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์แบบรูปการกระจายเชิงพื้นที่ของฟาร์มไก่ในเขตจังหวัดนครราชสีมาด้วยระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ เพื่อเป็นข้อมูลนำไปสู่วิธีการจัดการและมาตรการในการป้องกันกำจัดโรคได้อย่างถูกต้อง ตามความเหมาะสมของปัจจัยเชิงพื้นที่เป็นสำคัญ โดยได้ทำการศึกษาข้อมูลและปัจจัยเชิงพื้นที่ในระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ การศึกษานี้มีขอบเขตการศึกษาฟาร์มไก่ขนาดใหญ่ (จำนวนไก่มากกว่า 1 แสนตัว) และฟาร์มไก่ขนาดเล็ก (จำนวนไก่น้อยกว่า 1 แสนตัว) ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา เพื่อพิจารณารูปแบบ การกระจายของฟาร์มไก่ในพื้นที่ ทิศทางของตำแหน่งที่มีการกระจุกตัวของกลุ่มฟาร์มไก่ขนาดใหญ่

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

Assistant Professor, School of Animal Technology and Innovation, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima Province.

²รองศาสตราจารย์ ดร.ประจำสาขาวิชาปริคลินิก สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

Associate Professor, School of Preclinical Sciences, Institute of Science, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima Province.

³อาจารย์ ดร. ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์และภูมิสารสนเทศ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัด นครราชสีมา

School of Math and Geoinformatics, Institute of Science, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima Province.

⁴ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์และภูมิสารสนเทศ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

Assistant Professor, School of Math and Geoinformatics, Institute of Science, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima Province.

Corresponding e-mail: pantip.p@sut.ac.th

ARTICLE HISTORY: Received 4 June 2023, Revised 21 November 2023, Accepted 13 March 2024

และการกระจุกตัวของฟาร์มไก่ขนาดเล็ก ผลการศึกษาพบว่า พบการกระจุกตัวอย่างชัดเจนทั้งในกลุ่มฟาร์มขนาดใหญ่และขนาดเล็ก (ค่า ANN = 0.50 โดย z-score = -17.63 และ p-value < -2.58 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%) ตำแหน่งที่ตั้งฟาร์มมีทิศทางกระจายตัวสัมพันธ์กับถนนและแม่น้ำอย่างชัดเจน โดยมีรูปแบบการวางตัวขนานไปกับเส้นทางถนนสายหลักหมายเลข 24 และมีที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำ ฟาร์มไก่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตนํ้าฝนเฉลี่ย 900-1100 มม./ปี จากผลการศึกษาจึงนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง 4 สถานการณ์ เพื่อเสนอแนะมาตรการป้องกันและเสนอแนะแนวทางการป้องกันการแพร่ระบาดในวงกว้างตามสภาพปัจจัยเชิงพื้นที่และปริมาณน้ำฝนเป็นหลัก งานวิจัยนี้มีประโยชน์ในการใช้เป็นเครื่องมือในการเฝ้าระวังสถานการณ์หากเกิดการระบาดในพื้นที่ที่จะสามารถมีผลกระทบกับกลุ่มอ่อนไหวเดียวกับตนและในส่วนของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการจัดการและป้องกันการแพร่กระจายของโรคอย่างเป็นระบบต่อไป

คำสำคัญ: ฟาร์มไก่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การป้องกันการแพร่ระบาดของโรคในไก่ การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยตำแหน่งใกล้เคียง ทิศทางการกระจายตัวด้วยวงรีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Abstract

Chicken farming can suffer from epidemics such as bird flu, Newcastle disease, and infectious bronchitis, which will also cause economic problems enormously for farmers. This research aims to analyze the spatial distribution patterns of chicken farms in Nakhon Ratchasima Province using the Geographic Information System, which will provide a guideline for disease prevention based on spatial factors. The spatial factors and rainfall amounts were studied using a geographic information system. This study covers large-scale chicken farms (more than 100,000 chickens) and small chicken farms (less than 100,000 chickens) in Nakhon Ratchasima Province. This research explores the distribution pattern of chicken farms in the area and the directions of the cluster locations of large and small chicken farms in the study area. The study found cluster patterns in both large chicken farms and small chicken farms (ANN value = 0.50 where z-score = -17.63 and p-value < -2.58 at 99% confidence level). The farm's locations have a clear distribution direction relative to a main road and natural water bodies. They are oriented parallel to the major route number 24 and are mainly near the water sources. Most chicken farms are located in the average of 900-1100 mm./year rainfall. The result of this study leads to a modeling of four scenarios to suggest preventive plans for four tentative situations based on spatial and rainfall considerations. The results of this study benefit farmers to be aware of the outbreak in the same cluster and the relevant agencies to manage and prevent the spread of the diseases effectively.

Keywords: *Chicken farm, Geographic Information System (GIS), Spread disease prevention in chicken, Average Nearest Neighbour, Standard Deviational Ellipse (SDE)*

บทนำ

“ไก่” นับเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2555-2559) การผลิต ไก่เนื้อของไทยมีอัตราเติบโตอย่างต่อเนื่อง จากปริมาณความต้องการบริโภคไก่ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในและต่างประเทศ โดยปี 2559 ประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตไก่เนื้อเพิ่มขึ้น ร้อยละ 1.3 เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า เนื่องจากมีการขยายตลาดส่งออกเป็นหลัก ประกอบกับการเติบโตของตลาดในประเทศ และต้นทุนการผลิตที่ลดลงตามราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ เป็นต้น (Torzkub. 2017) อย่างไรก็ตาม ปัญหาอย่างหนึ่งซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการเลี้ยงไก่คือปัญหาเรื่องโรคและการป้องกันโรค เช่น ไข้หวัดนก (กรุงเทพฯธุรกิจ. 2565) โรคนิวคาสเซิล (สุวรรณี กาญจนภูสิต. 2563) โรคหลอดลมอักเสบติดต่อ (สุวรรณี กาญจนภูสิต. 2561) เป็นต้น เมื่อเกิดการระบาดจะทำให้เกิดการสูญเสียเกษตรกรประสบปัญหาการขาดทุน ประกอบกับการเลี้ยงไก่เป็นการเลี้ยงของเกษตรกรรายย่อยในหลายพื้นที่ แต่ละพื้นที่มีปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคและการแพร่กระจายของโรคที่ต่างกัน การพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลทางภูมิศาสตร์และข้อมูลประวัติทางด้านการระบาดของโรคจึงมีความจำเป็น ที่ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อให้ได้วิธีการจัดการ/มาตรการในการป้องกันกำจัดโรคได้อย่างถูกต้องเหมาะสมในแต่ละพื้นที่จากการพยากรณ์ด้วย Geographic Information System (GIS) ซึ่งจะช่วยลดโอกาสในการเกิดโรคได้อย่างถูกต้องเหมาะสมเพื่อลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ (Mark Bruhn *et al.* 2007; Mark Bruhn *et al.* 2012; Lihong Peng *et al.* 2014)

อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของสภาพเศรษฐกิจและความต้องการของผู้บริโภคเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับไก่และการผลิตทั้งหมดจึงมีความจำเป็น ทั้งนี้เพื่อคงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขันและการเป็นเครื่องมือที่เข้มแข็งในการประกอบอาชีพของเกษตรกรอย่างยั่งยืน ดังนั้น การพัฒนาระบบการป้องกันโรคระบาดด้วยการบูรณาการด้านสัตวแพทย์ และ GIS เข้าด้วยกัน มีส่วนอย่างยิ่งที่จะช่วยทำนายเส้นทางการระบาดของโรคและวางแผนในการป้องกัน ซึ่งเป็นประเด็นที่จำเป็น โดยเฉพาะรูปแบบการเลี้ยงไก่ของเกษตรกรรายย่อยที่ประมาณร้อยละ 95 เป็นระบบเปิด และในอนาคตที่จะมีการส่งเสริมการเลี้ยงไก่ในระบบอินทรีย์มากขึ้น (แนวโน้มการตลาดอินทรีย์และการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์) จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบข้อมูลและเส้นทางที่เป็นไปได้ในการระบาดของโรคเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการป้องกัน งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์แบบรูปการกระจายเชิงพื้นที่ของฟาร์มไก่ในเขตจังหวัดนครราชสีมาด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อเป็นข้อมูลนำไปสู่วิธีการจัดการและมาตรการในการป้องกันกำจัดโรคได้อย่างถูกต้องตามความเหมาะสมของปัจจัยเชิงพื้นที่ที่สำคัญ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีเครื่องมือต่าง ๆ สำหรับวิเคราะห์แบบรูปเชิงพื้นที่ เช่น วิธี Average Nearest Neighbor (ANN) เป็นการวิเคราะห์การกระจายเชิงพื้นที่โดยพิจารณาภาพรวมของทั้งพื้นที่ศึกษา วิธีนี้สามารถตรวจสอบแบบรูปของสิ่งที่สนใจภายในขอบเขตพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ยังมีการตรวจสอบทิศทางของการกระจายเชิงพื้นที่โดยใช้วงรีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation Ellipse: SDE) โดยทิศทางของแกนเอกของวงรีบ่งชี้ทิศทางหลักของการกระจายของสิ่งที่สนใจ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

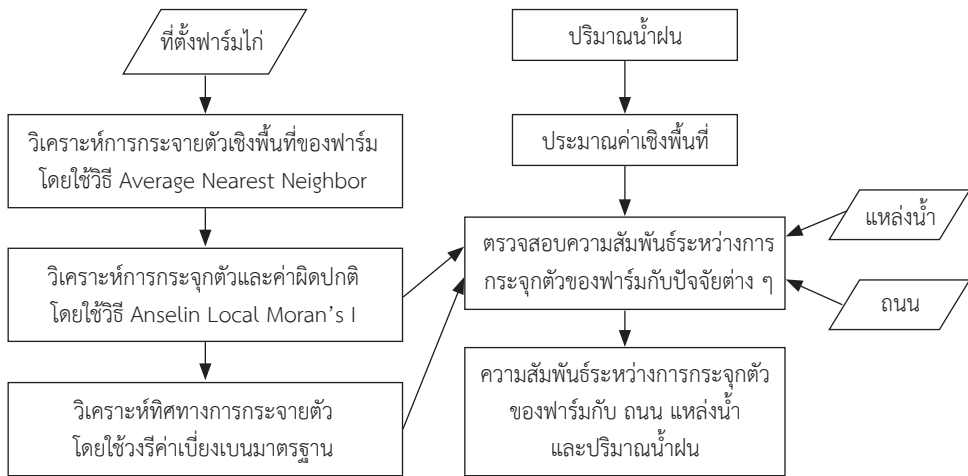
เพื่อวิเคราะห์แบบรูปการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของฟาร์มไก่ในเขตจังหวัดนครราชสีมาด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้พิจารณาแบบรูปการกระจายตัวของฟาร์มไก่ภายในจังหวัดนครราชสีมา ที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยเชิงพื้นที่ เพื่อสร้างแบบจำลองที่นำไปสู่การเสนอแนวทางป้องกันสถานการณ์ โดยพิจารณาจากที่ตั้งของฟาร์มไก่และขนาดของฟาร์มไก่เป็นหลัก โดยไม่มีการระบุชื่อเจ้าของฟาร์มซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อทางเศรษฐกิจได้

กรอบความคิดที่ใช้วิจัย

การวิเคราะห์ที่ใช้วิธี ANN จะพิจารณาการกระจายตัวของฟาร์มภายในขอบเขตพื้นที่ศึกษา ซึ่งในการวิเคราะห์นอกจากจะใช้ที่ตั้งของฟาร์มทั้งหมดแล้ว ยังใช้ขอบเขตและขนาดพื้นที่ของจังหวัดนครราชสีมาในการพิจารณาร่วมด้วย



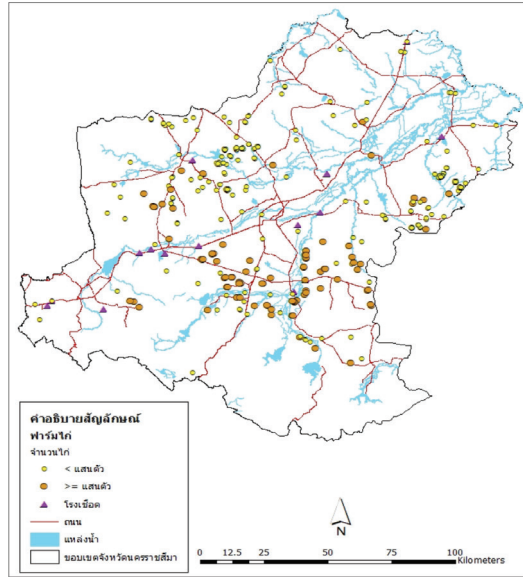
ภาพประกอบที่ 1 กรอบความคิดที่ใช้วิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

1. พื้นที่ศึกษาและข้อมูล

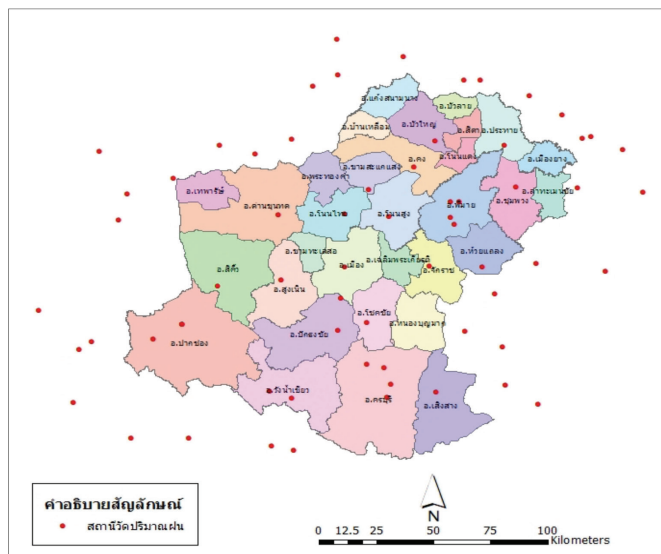
พื้นที่ศึกษาคือจังหวัดนครราชสีมา ครอบคลุมอาณาบริเวณประมาณ 25,494 ตารางกิโลเมตร ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ประกอบด้วย ตำแหน่งที่ตั้งของฟาร์มไก่และจำนวนไก่ซึ่งจำแนกเป็นน้อยกว่า 1 แสนตัว และตั้งแต่ 1 แสนตัว ขึ้นไป ตำแหน่งของฟาร์มเหล่านี้สร้างจากที่อยู่ตามระบบของกรมการปกครอง และกำหนดตำแหน่งโดยใช้หมูที่ ดังนั้นตำแหน่งของฟาร์มที่แสดงในแผนที่จึงไม่ใช่ตำแหน่งที่แท้จริง แต่เป็นตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

การกำหนดตำแหน่งฟาร์มด้วยวิธีนี้เป็นารปกป้องความเป็นส่วนตัวของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ สำหรับฟาร์มไก่ที่อยู่ในหมูเดียวกันจะสุ่มวางตำแหน่งของฟาร์ม เพื่อไม่ให้เกิดความเอนเอียงจึงใช้เครื่องมือในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสร้างจุดแบบสุ่มภายในอาณาบริเวณของหมูนั้น ๆ สำหรับฟาร์มที่อยู่ในหมูเดียวกันจะมีตำแหน่งใกล้เคียงกันและไม่ซ้อนทับกัน ตำแหน่งของฟาร์มไก่ได้แสดงในภาพประกอบที่ 2 โดยแสดงร่วมกับข้อมูลโรงเชือด ถนน และแหล่งน้ำภายในขอบเขตพื้นที่ศึกษาระบบพิกัดภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษานี้คือระบบ Universal Transverse Mercator (UTM) เขต 48 เหนือ



ภาพประกอบที่ 2 พื้นที่ศึกษาพร้อมตำแหน่งฟาร์มไร่ โรงเชือด ถนน และแหล่งน้ำ จังหวัดนครราชสีมา

ในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยาระหว่าง พ.ศ. 2536-2564 โดยใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดภายในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่รอบข้างจากสถานีฝน 65 สถานี ตามภาพประกอบที่ 3 ข้อมูลปริมาณฝนนี้เป็นข้อมูลย้อนหลัง 29 ปี ซึ่งมีความต่อเนื่องยาวนานเพียงพอที่จะแสดงลักษณะของฝนภายในพื้นที่ศึกษา การวิเคราะห์การกระจายของฟาร์มไร่ กับ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ถนน และแหล่งน้ำ ได้อธิบายไว้ข้างต้นในข้อ 2.3 โดยค่าสถิติที่ใช้คือทิศทางของแกนเอกวงรี



ภาพประกอบที่ 3 สถานีวัดปริมาณน้ำฝนในจังหวัดนครราชสีมาและโดยรอบ

2. วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

ภาพรวมของการวิเคราะห์ข้อมูลได้แสดงโดยใช้แผนผังในภาพประกอบที่ 3

2.1 การวิเคราะห์การกระจายเชิงพื้นที่ของฟาร์มโดยใช้วิธี Average Nearest Neighbor (ANN)

เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวของฟาร์มในพื้นที่ศึกษาจึงได้ใช้วิธี ANN ซึ่งสามารถวิเคราะห์ภาพรวมว่าตำแหน่งของฟาร์มมีรูปแบบกระจุกตัว (Cluster) แบบสุ่ม (Random) หรือแบบกระจาย (Disperse) ในกระบวนการวิเคราะห์จะพิจารณาเฉพาะจุดที่ตั้งของฟาร์มโดยไม่สนใจขนาดของฟาร์มว่าใหญ่หรือเล็ก

ค่า ANN สังเกต (Observed ANN) หรือ \bar{D}_o คำนวณจาก

$$\text{สมการที่ 1} \quad \bar{D}_o = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (\text{ESRI. 2014})$$

เมื่อ d_i = ระยะทางจากฟาร์มแห่งหนึ่งไปยังฟาร์มที่ใกล้ที่สุด

n = จำนวนฟาร์มทั้งหมด

ค่า ANN ที่คาดหวัง (Expected ANN) หรือ \bar{D}_E คำนวณจาก

$$\text{สมการที่ 2} \quad \bar{D}_E = \frac{0.5}{\sqrt{n/A}} \quad (\text{ESRI. 2014})$$

เมื่อ A = ขนาดพื้นที่ศึกษา

ค่า ANN คำนวณจาก

$$\text{สมการที่ 3} \quad ANN = \frac{\bar{D}_o}{\bar{D}_E} \quad (\text{ESRI. 2014})$$

ค่า ANN สามารถบ่งชี้รูปแบบได้ดังนี้

แบบกระจุกตัว เมื่อ $ANN < 1$

แบบสุ่ม เมื่อ $ANN = 1$

แบบกระจาย เมื่อ $ANN > 1$

การวิเคราะห์นี้ใช้สถิติเชิงอนุมานและทดสอบสมมติฐานที่ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยสมมติฐานเป็นดังนี้

H_0 : การกระจายตัวของที่ตั้งฟาร์มไม่เป็นแบบสุ่ม

H_1 : การกระจายตัวของที่ตั้งฟาร์มไม่เป็นแบบสุ่ม

ค่า z-score ของ ANN คำนวณจาก

$$\text{สมการที่ 4} \quad Z = \frac{\bar{D}_o - \bar{D}_E}{SE}$$

$$\text{สมการที่ 5} \quad SE = \frac{0.26136}{\sqrt{n^2/A}} \quad (\text{ESRI. 2014})$$

2.2 การวิเคราะห์การกระจุกตัวและค่าผิดปกติโดยใช้วิธี Anselin Local Moran's I

วิธี Anselin Local Moran's I วิเคราะห์ที่ตั้งของฟาร์มไม้แต่ละแห่งพร้อมทั้งขนาดของฟาร์มซึ่งจำแนกตามจำนวนไม้ โดยฟาร์มขนาดเล็ก คือ ฟาร์มที่มีไม้ไม่น้อยกว่า 1 แสนตัว และฟาร์มขนาดใหญ่ คือ ฟาร์มที่มีไม้ตั้งแต่ 1 แสนตัวขึ้นไป วิธีนี้สามารถระบุตำแหน่งการกระจุกตัวของฟาร์มขนาดใหญ่และขนาดเล็ก อีกทั้งยังตรวจหาค่าผิดปกติ เช่น ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ถูกรายล้อมโดยฟาร์มขนาดเล็ก และฟาร์มขนาดเล็กที่ถูกรายล้อมโดยฟาร์มขนาดใหญ่ โดยผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

High-High Cluster หมายถึง ฟาร์มขนาดใหญ่แห่งนั้นอยู่ในกลุ่มที่ฟาร์มขนาดใหญ่กระจุกตัวกัน

High-Low Outlier หมายถึง ฟาร์มขนาดใหญ่แห่งนั้นถูกรายล้อมไปด้วยฟาร์มขนาดเล็ก

Low-High Outlier หมายถึง ฟาร์มขนาดเล็กแห่งนั้นถูกรายล้อมไปด้วยฟาร์มขนาดใหญ่

Low-Low Cluster หมายถึง ฟาร์มขนาดเล็กแห่งนั้นอยู่ในกลุ่มที่ฟาร์มขนาดเล็กกระจุกตัวกัน

เมื่อค่า Anselin Local Moran's I เป็นบวก แสดงว่าฟาร์มแห่งนั้นเป็นส่วนหนึ่งของการกระจุกตัว ถ้าฟาร์มนั้นมีขนาดใหญ่แสดงว่าฟาร์มที่อยู่รายล้อมเป็นฟาร์มขนาดใหญ่ด้วย (แสดงการกระจุกตัวของฟาร์มขนาดใหญ่) ในทางกลับกัน ถ้าฟาร์มนั้นมีขนาดเล็กแสดงว่าฟาร์มที่อยู่รายล้อมเป็นฟาร์มขนาดเล็กด้วย (แสดงการกระจุกตัวของฟาร์มขนาดเล็ก)

เมื่อค่า Anselin Local Moran's I เป็นลบ แสดงว่าฟาร์มแห่งนั้นมีความผิดปกติซึ่งแสดงความแตกต่างจากฟาร์มที่อยู่รายล้อม ถ้าฟาร์มนั้นมีขนาดใหญ่แสดงว่าฟาร์มที่อยู่รายล้อมเป็นฟาร์มขนาดเล็ก ในทางกลับกัน ถ้าฟาร์มนั้นมีขนาดเล็กแสดงว่าฟาร์มที่อยู่รายล้อมเป็นฟาร์มขนาดใหญ่

ค่า Anselin Local Moran's I คำนวณจาก

$$\text{สมการที่ 6} \quad I_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n \omega_{i,j} (x_j - \bar{X}) \quad (\text{ESRI. 2014})$$

เมื่อ x_i, x_j = ค่าของข้อมูลเชิงลักษณะ (attribute data) ของฟาร์มลำดับที่ i และ j
 $\omega_{i,j}$ = ค่าน้ำหนักเชิงพื้นที่ระหว่างฟาร์มลำดับที่ i และ j ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีส่วนกลับระยะทาง (inverse distance weighting)

n = จำนวนฟาร์มทั้งหมด

$$S_i^2 = \text{ความแปรปรวนคำนวณจาก} \quad S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n (x_j - \bar{X})^2}{n-1} \quad (\text{ESRI. 2014})$$

วิธี Anselin Local Moran's I เป็นสถิติเชิงอนุมานซึ่งทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : ฟาร์มแห่งนั้นเป็นส่วนหนึ่งของการกระจายตัวแบบสุ่ม

H_1 : ฟาร์มแห่งนั้นไม่เป็นส่วนหนึ่งของการกระจายตัวแบบสุ่ม

ค่า z-score ของ Anselin Local Moran's I คำนวณจาก

$$\begin{aligned} \text{สมการที่ 7} \quad Z_{I_i} &= \frac{I_i - E[I_i]}{\sqrt{V[I_i]}} \\ E[I_i] &= -\frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n \omega_{ij}}{n-1} \\ V[I_i] &= E[I_i^2] - E[I_i]^2 \\ \text{เมื่อ } E[I^2] &= A - B \end{aligned}$$

$$A = \frac{(n - b_{2_i}) \sum_{j=1, j \neq i}^n \omega_{i,j}^2}{n-1}$$

$$B = \frac{(2b_{2_i} - n) \sum_{k=1, k \neq i}^n \sum_{h=1, h \neq i}^n \omega_{i,k} \omega_{i,h}}{(n-1)(n-2)}$$

$$b_{2_i} = \frac{\sum_{i=1, i \neq j}^n (x_i - \bar{X})^4}{\left(\sum_{i=1, i \neq j}^n (x_i - \bar{X})^2\right)^2}$$

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย ค่าน้ำหนักแสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างฟาร์มใกล้เคียงใช้วิธีส่วนกลับระยะทาง (Inverse Distance) การวัดระยะทางใช้ระยะแบบยูคลิด (Euclidian Distance) การทำข้อมูลให้เป็นมาตรฐาน (Standardization) ใช้วิธีแบบแถว (Row) ในการศึกษาี้ดำเนินการทดสอบสมมติฐานที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยพิจารณาที่ตั้งและขนาดของฟาร์มแต่ละแห่งเป็นราย ๆ ไป ผลลัพธ์ที่ได้สามารถระบุตำแหน่งของการกระจุกตัวและค่าผิดปกติเชิงพื้นที่ได้ ถ้าฟาร์มแห่งใดมีค่า z-score ระหว่าง -1.96 ถึง 1.96 จะได้ว่าฟาร์มนั้นเป็นส่วนหนึ่งของแบบรูปเชิงสุ่ม ถ้าฟาร์มแห่งใดมีค่า z-score น้อยกว่า -1.96 หรือมากกว่า 1.96 สามารถพิจารณาค่า Anselin Local Moran's I ซึ่งบ่งชี้ถึงการกระจุกตัวหรือค่าผิดปกติได้

ในการศึกษาี้ ดำเนินการเลือกเฉพาะฟาร์มไก่อที่มีการกระจุกตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งผ่านการคัดเลือกด้วยวิธี Anselin Local Moran's I แล้วนำไปวิเคราะห์ทิศทางและการกระจายตัวต่อไป ในการพิจารณาทิศทางและการกระจุกตัวของฟาร์มไก่อ สามารถใช้วงรีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและทิศทางของแกนเอก มุมแกนเอกของวงรีเป็นค่าสถิติที่ใช้บ่งชี้ทิศทางของการกระจาย โดยเริ่มนับจากทิศเหนือไปตามเข็มนาฬิกา หากมุมของแกนเอกสัมพันธ์กับทิศทางของถนนหรือเส้นทางน้ำก็สามารถระบุความสัมพันธ์เชิงทิศทางได้ เหตุที่เลือกเฉพาะฟาร์มที่กระจุกตัวไปวิเคราะห์ในขั้นต่อไป ทั้งนี้ เนื่องจากต้องการตรวจสอบแบบรูปเชิงพื้นที่ของกลุ่มฟาร์มขนาดใหญ่ที่กระจุกตัวและกลุ่มฟาร์มขนาดเล็กที่กระจุกตัว หากสามารถระบุแบบรูปเชิงพื้นที่ได้ ก็จะช่วยในการกำหนดแนวทางเพื่อป้องกันและบริหารจัดการ โรคระบาดได้อย่างเหมาะสมสำหรับแต่ละกลุ่ม

2.3 การวิเคราะห์ทิศทางของการกระจายตัวโดยใช้วงรีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviational Ellipse: SDE)

เนื่องจากที่ตั้งของฟาร์มไก่แต่ละแห่งมีค่าพิกัดภูมิศาสตร์ตามระบบ UTM ซึ่งมีค่าตามแนวแกน x และ y ดังนั้น จึงสามารถวิเคราะห์ทิศทางของการกระจายตัวโดยพิจารณาทั้งตามแนวแกน x และ y ซึ่งโดยทั่วไปการกระจายตัวตามแนวแกนทั้งสองจะไม่เท่ากัน ทำให้เกิดรูปแบบการกระจายตัวแบบวงรี

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามแนวแกน x และ y คำนวณจาก

$$\text{สมการที่ 7} \quad SDE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}}$$

$$\text{สมการที่ 8} \quad SDE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n}} \quad (\text{ESRI. 2014})$$

เมื่อ x_i, y_i = พิกัดของฟาร์มลำดับที่ i

x, y = ค่าเฉลี่ยของค่าพิกัดตามแนวแกน x และ y (x, y เป็นตำแหน่งศูนย์กลางของวงรี)

n = จำนวนฟาร์มทั้งหมด

มุมการหมุนของวงรีเริ่มนับจากทิศเหนือไปตามเข็มนาฬิกาโดยคำนวณจาก

$$\text{สมการที่ 9} \quad \tan \theta = \frac{A+B}{C} \quad (\text{ESRI. 2014})$$

$$\text{เมื่อ } A = (\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2)$$

$$B = \sqrt{\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2 + 4(\sum_{i=1}^n x_i y_i)^2}$$

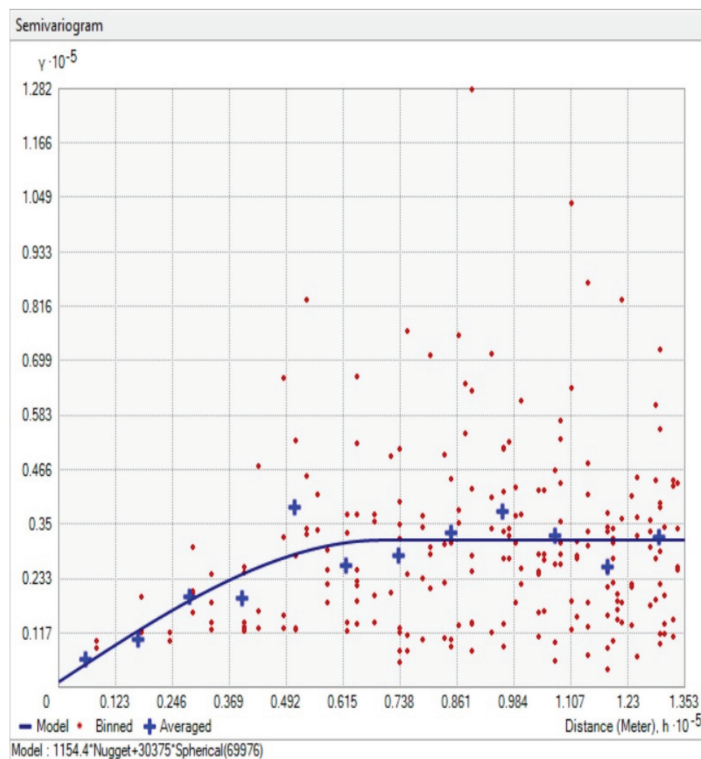
$$C = 2 \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i$$

$$\tilde{x}_i = x_i - \bar{X}$$

$$\tilde{y}_i = y_i - \bar{Y}$$

2.4 การประมาณค่าเชิงพื้นที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่วัดจากสถานีต่าง ๆ ได้ถูกประมาณค่าเชิงพื้นที่เพื่อให้ได้ข้อมูลครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษา โดยเป็นค่าเฉลี่ยตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2564 เนื่องจากจังหวัดนครราชสีมา มีฝนตกเพราะอิทธิพลจาก (1) ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดพาความชื้นจากอ่าวไทยเข้าสู่พื้นที่ศึกษา และ (2) พายุหมุนจากทะเลจีนใต้ทำให้เกิดฝนตกหนักช่วงปลายฤดูฝน ทิศทางของลมและพายุหมุน มีผลต่อปริมาณฝนอย่างชัดเจน ดังนั้น ในการศึกษาจึงเลือกใช้ Ordinary Kriging เพื่อประมาณค่าเชิงพื้นที่ เนื่องจากวิธีนี้นอกจากพิจารณาปริมาณน้ำฝนของสถานีข้างเคียงแล้ว ยังพิจารณาทิศทางความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนอีกด้วย โดยทิศทางนี้สอดคล้องกับทิศทางของลมมรสุมและทิศทางการเคลื่อนตัวของพายุหมุนซึ่งมีอิทธิพลต่อปริมาณฝนในพื้นที่ศึกษา แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คือ Spherical ค่า nugget = 1154.4 ค่า major range = 69976 และ ค่า partial sill = 30375 เหตุที่กำหนดค่าต่าง ๆ เช่นนี้ก็เพื่อให้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เหมาะสม (fit) กับข้อมูลน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา โดยภาพประกอบที่ 4 แสดงแบบจำลอง Spherical ที่เหมาะสมกับข้อมูลน้ำฝนของพื้นที่ศึกษา หลังจากตรวจสอบความถูกต้องแบบไขว้ (Cross Validation) โดยการเปรียบเทียบผลจากการประมาณค่ากับข้อมูลที่ตรวจวัดจริง พบว่า root mean square error = 154.9453 โดย root mean square standardized error = 1.2582 ส่วน average standard error = 118.5814 และ mean standardized of prediction errors = -0.0279 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับศูนย์ จึงเลือกใช้วิธีนี้เนื่องจากเป็นวิธีประมาณค่าแบบไม่เอนเอียง

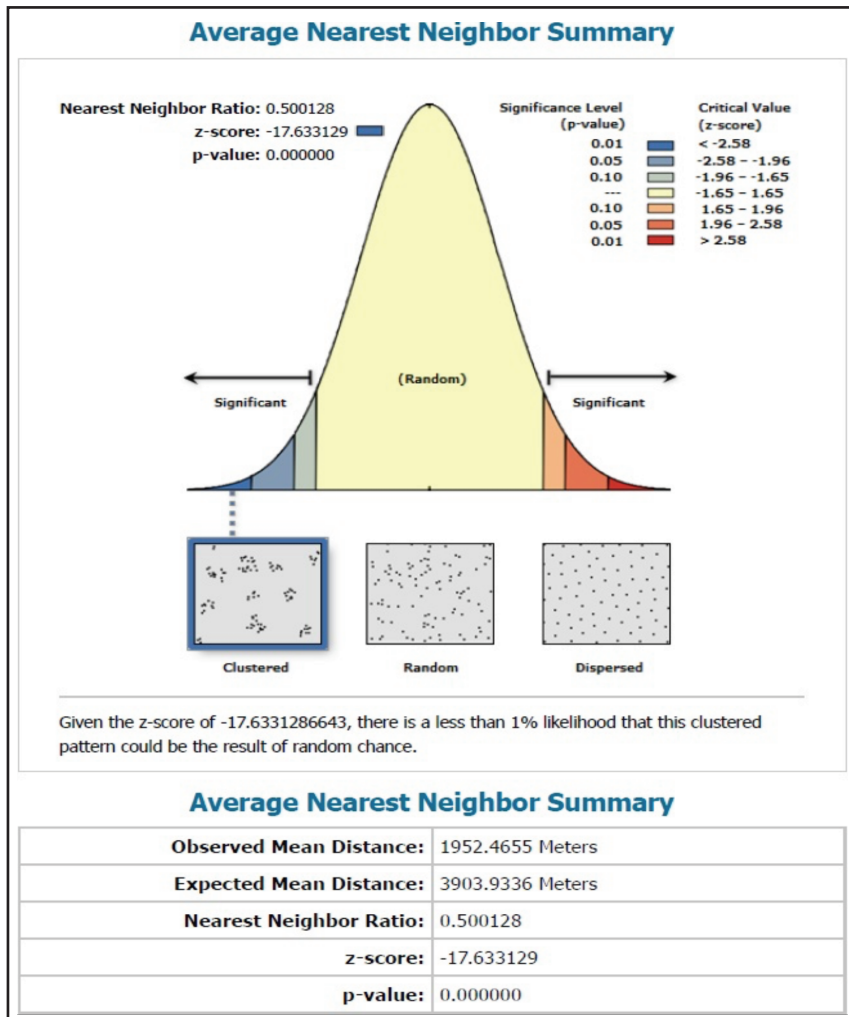


ภาพประกอบที่ 4 แบบจำลอง Spherical ที่ใช้สำหรับ Ordinary Kriging

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของฟาร์มโดยใช้วิธี ANN

เมื่อวิเคราะห์ที่ตั้งของฟาร์มไก่ด้วยวิธี ANN พบว่ารูปแบบเชิงพื้นที่ที่เป็นแบบกระจุกตัว เนื่องจากค่า ANN = 0.50 โดย z-score = -17.63 และ p-value < -2.58 จึงสรุปได้ว่าฟาร์มไก่มีการกระจุกตัวเชิงพื้นที่ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ดังแสดงในภาพประกอบที่ 5 ทั้งนี้ วิธี ANN เป็นการวิเคราะห์โดยพิจารณาภาพรวมของทั้งพื้นที่ศึกษาและไม่ได้ระบุว่าการกระจุกตัวอยู่ในบริเวณใด



ภาพประกอบที่ 5 ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของฟาร์มด้วยวิธี ANN

2. ผลการวิเคราะห์การกระจุกตัวและค่าผิดปกติโดยใช้วิธี Anselin Local Moran's I

จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Anselin Local Moran's I ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบรูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่ของฟาร์มไก่ซึ่งแสดงในภาพประกอบที่ 6 โดยจำแนกผลการวิเคราะห์ได้ ดังนี้

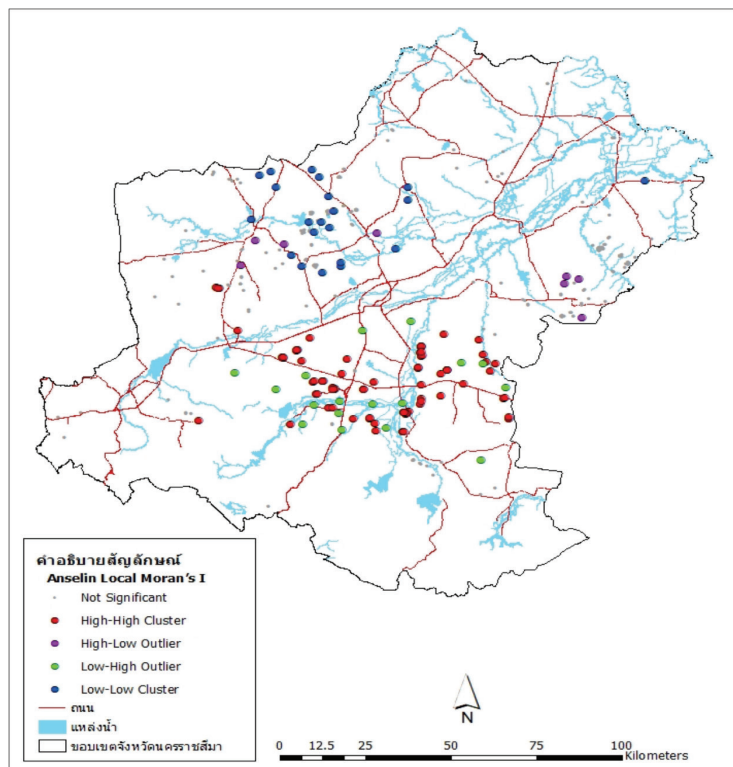
High-High Cluster (จุดสีแดง) หมายถึง ฟาร์มขนาดใหญ่แห่งนั้นอยู่ในกลุ่มที่ฟาร์มขนาดใหญ่กระจุกตัวกัน ส่วนใหญ่อยู่บริเวณตอนกลางค่อนข้างไปทางทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา ฟาร์มเหล่านี้ได้ถูกคัดเลือกเพื่อวิเคราะห์ทิศทางการกระจายต่อไป ฟาร์มที่กระจุกตัวกันถูกเลือกเพื่อวิเคราะห์ทิศทางการกระจายในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากต้องการตรวจสอบทิศทางการกระจายว่าสอดคล้องกับข้อมูลอื่น เช่น ถนน แม่น้ำ หรือไม้ หากพบความสอดคล้องอาจใช้เป็นแนวทางในการป้องกันการติดต่อของโรคระบาดต่อไป

High-Low Outlier (จุดสีม่วง) หมายถึง ฟาร์มขนาดใหญ่แห่งนั้นถูกรายล้อมไปด้วยฟาร์มขนาดเล็ก ส่วนใหญ่อยู่บริเวณตอนกลางค่อนข้างไปทางทิศเหนือของพื้นที่ศึกษา

Low-High Outlier (จุดสีเขียว) หมายถึง ฟาร์มขนาดเล็กแห่งนั้นถูกรายล้อมไปด้วยฟาร์มขนาดใหญ่ โดยจะเห็นได้ว่าจุดสีเขียว (มีจำนวนน้อยกว่า) แทรกปะปนอยู่ในกลุ่มจุดสีแดง (มีจำนวนมากกว่า)

Low-Low Cluster (จุดสีน้ำเงิน) หมายถึง ฟาร์มขนาดเล็กแห่งนั้นอยู่ในกลุ่มที่ฟาร์มขนาดเล็กกระจุกตัวกัน ส่วนใหญ่อยู่ทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษา ฟาร์มเหล่านี้ได้ถูกคัดเลือกเพื่อวิเคราะห์ทิศทางการกระจายตัวต่อไป

Not significant (จุดสีเทา) หมายถึง ฟาร์มแห่งนั้นเป็นส่วนหนึ่งของการกระจายตัวแบบสุ่ม โดยสามารถสังเกตเห็นได้ว่าฟาร์มเหล่านี้กระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษา

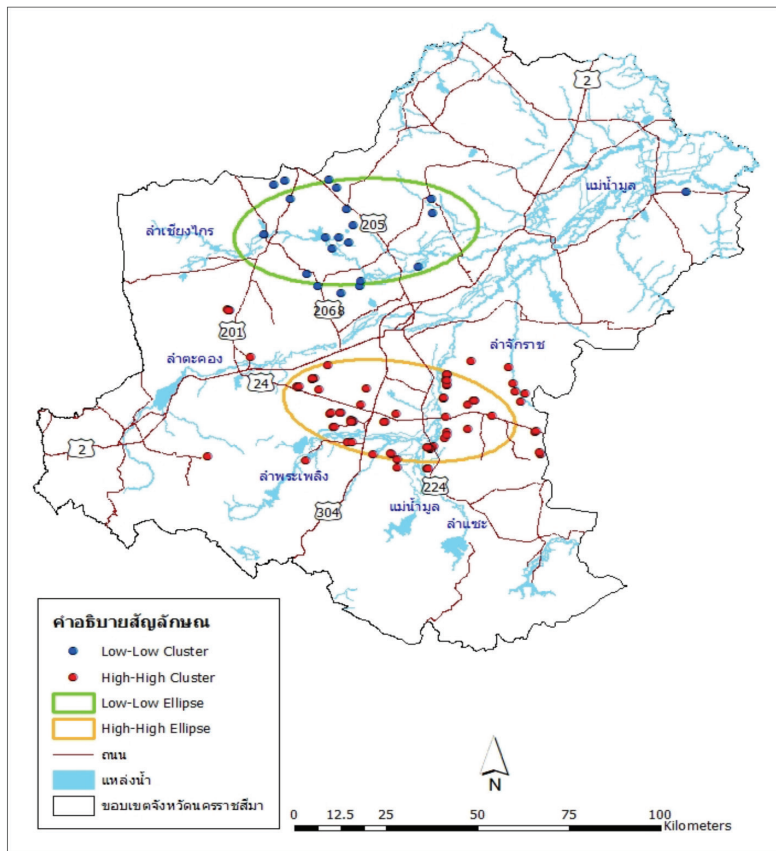


ภาพประกอบที่ 6 ผลการวิเคราะห์การกระจุกตัวและค่าผิดปกติโดยใช้วิธี Anselin Local Moran's I

3. ผลการวิเคราะห์ทิศทางการกระจายตัวโดยใช้วงรีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ฟาร์มไม้ขนาดใหญ่ซึ่งกระจุกตัวกัน (จุดสีแดง) มีทิศทางการวางตัวตามแนวตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือตามแนววงรีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วงรีสีส้ม) ซึ่งแสดงในภาพประกอบที่ 7 ฟาร์มขนาดใหญ่เหล่านี้เกาะกลุ่มกันโดยสัมพันธ์กับแนวการวางตัวของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 24 แขนอกของวงรีทำมุม 99.43 องศา โดยนับจากทิศเหนือไปตามเข็มนาฬิกา ซึ่งทิศทางนี้สอดคล้องกับทิศทางของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 24

กลุ่มฟาร์มขนาดใหญ่เหล่านี้ยังเกาะกลุ่มกันซึ่งสัมพันธ์กับแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ ลำพระเพลิง แม่น้ำมูล และลำแซะ เมื่อพิจารณาแม่น้ำมูลซึ่งวางตัวตามแนวเหนือ-ใต้ ขนานไปกับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 พบว่ามีฟาร์มขนาดใหญ่หลายแห่งวางตัวตามแนวตามแม่น้ำสายนี้ ซึ่งแสดงในภาพประกอบที่ 7



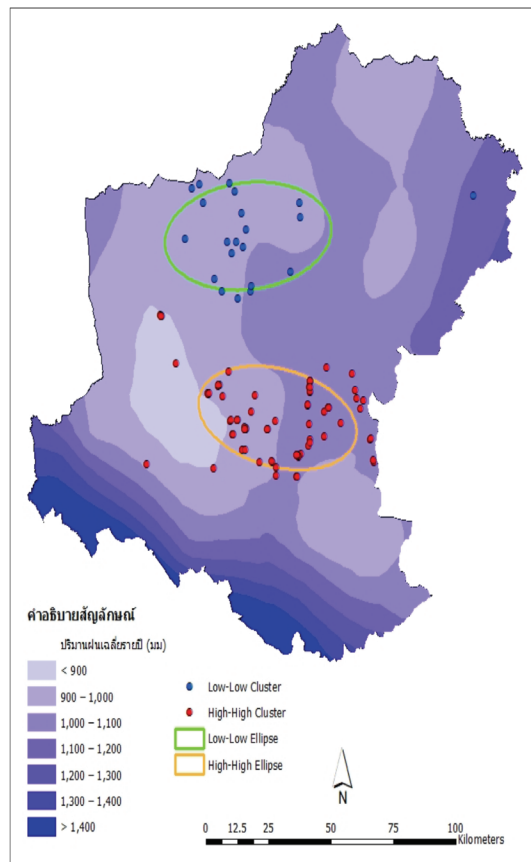
ภาพประกอบที่ 7 ผลการวิเคราะห์ทิศทางการกระจายตัวโดยใช้วงรีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เมื่อพิจารณาลำจักราชซึ่งอยู่นอกวงรีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วงรีสีส้ม) ในภาพประกอบที่ 7 พบว่ามีฟาร์มขนาดใหญ่หลายแห่งวางตัวขนานกับลำน้ำแห่งนี้ ถึงแม้ฟาร์มเหล่านี้จะอยู่นอกวงรี แต่ตำแหน่งของฟาร์มแสดงความสัมพันธ์กับแหล่งน้ำธรรมชาติอย่างชัดเจน

สำหรับกลุ่มฟาร์มขนาดเล็กซึ่งกระจุกตัวกันทางตอนบนของพื้นที่ศึกษาซึ่งแสดงด้วยจุดสีน้ำเงิน และทิศทางการกระจายตัวแสดงโดยวงรีสีเขียวในภาพประกอบที่ 7 ทิศทางการวางตัวของวงรีสอดคล้องกับแนวเส้นลำน้ำของลำเชียงไกร และยังมีฟาร์มขนาดเล็กอีกหลายแห่งที่ตั้งใกล้เคียงกับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 อีกด้วย

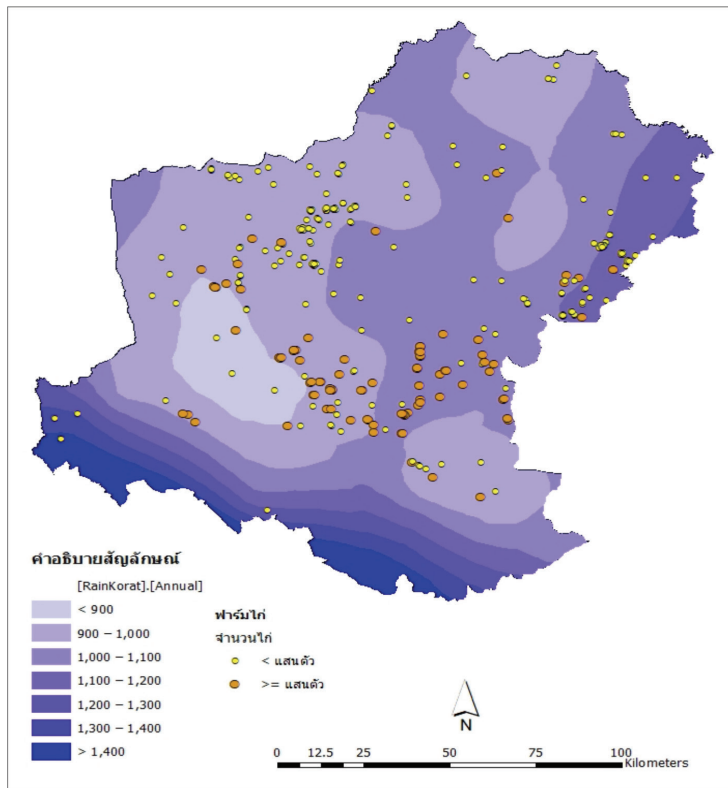
4. ผลการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีถูกจัดกลุ่มโดยใช้ชั้นจำแนกซึ่งมีความต่าง 100 ม.ม. ใช้ชั้นจำแนกซึ่งมีความต่าง 100 ม.ม. เพื่อแสดงความแตกต่างของปริมาณฝนในแต่ละพื้นที่ ชั้นจำแนกที่มีขนาดเท่ากันนี้แสดงความผันแปร (บริเวณทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา) หรือความคล้ายคลึงกัน (พื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษา) ของปริมาณฝนได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพประกอบที่ 8 ทางตอนใต้ของจังหวัดนครราชสีมา (ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าและภูเขา) มีปริมาณฝนมากกว่าบริเวณอื่น ๆ อย่างชัดเจน เมื่อพิจารณา กลุ่มฟาร์มไม้ทั้งขนาดใหญ่และเล็กที่อยู่ในวงรีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่าฟาร์มเหล่านี้อยู่ในเขตน้ำฝนเฉลี่ย 900-1100 ม.ม./ปี ทั้งนี้ รูปแบบการกระจายตัวของฟาร์มไม่ได้แสดงความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีอย่างชัดเจน



ภาพประกอบที่ 8 ตำแหน่งฟาร์มไม้ที่กระจุกตัวและเขตปริมาณฝนระดับต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาฟาร์มไก่ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา พบว่าฟาร์มส่วนใหญ่ (81.5 %) ตั้งอยู่ในเขตน้ำฝนเฉลี่ย 900-1100 มม./ปี ตามภาพประกอบที่ 9



ภาพประกอบที่ 9 ตำแหน่งฟาร์มไก่ทั้งหมดและเขตปริมาณฝนระดับต่าง ๆ

สรุปและอภิปรายผล

การตัดสินใจคัดเลือกพื้นที่ในการประกอบธุรกิจฟาร์มเลี้ยงสัตว์ปีก ผู้ประกอบการจะต้องพิจารณาปัจจัยด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ อาทิ ค่าจ้างแรงงาน แล้วก็ต้องคำนึงถึงความเสี่ยงของการเกิดโรคระบาดสัตว์ปีกในพื้นที่ ซึ่งมีผลจากสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ และการคมนาคมขนส่ง เป็นต้น เนื่องจากโรคระบาดส่งผลให้เกิดความเสียหายโดยตรงต่อผลผลิตและเพิ่มค่าใช้จ่ายในการจัดการเพื่อควบคุม และยุติการระบาดของโรค ดังนั้นการเลือกดำเนินกิจการฟาร์มเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคระบาดที่ต่ำ จึงสามารถลดโอกาสที่จะเกิดความสูญเสียดังกล่าวได้ (พชรมน ทองเพื่ออง และ คมณะ. 23 กุมภาพันธ์ 2564: 1-27) การวิจัยนี้เป็นครั้งแรกที่แสดงผลในการวิเคราะห์รูปแบบของฟาร์มไก่ในจังหวัดนครราชสีมา โดยพบการกระจุกตัวอย่างชัดเจนทั้งในกลุ่มฟาร์มขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ทิศทางการกระจายตัวสัมพันธ์กับถนนและแม่น้ำอย่างชัดเจน ฟาร์มไก่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตน้ำฝนเฉลี่ย 900-1100 มม./ปี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Syeda Khaleda and Yuji Murayama (2013: 147-167) ในประเทศบังคลาเทศ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของฟาร์มไก่สัมพันธ์กับถนนและแม่น้ำอย่างชัดเจน และสอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบว่าความหนาแน่นของแม่น้ำในพื้นที่ถือเป็น

ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อความเสี่ยงในการเกิดโรคระบาดสัตว์ปีกที่สำคัญในการวิเคราะห์พื้นที่เลี้ยงสัตว์ปีกเพื่อการควบคุมป้องกันโรคด้วยวิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ซึ่งรายงานไว้โดย พชรมน ทองเฟื่อง และคณะ (23 กุมภาพันธ์ 2564: 1-27) จากข้อค้นพบข้างต้นของการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ประกอบการกำหนดมาตรการป้องกันและกำจัดโรคได้ เช่น กลุ่มฟาร์มขนาดใหญ่บริเวณทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 24 และแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ ลำพระเพลิง แม่น้ำมูล และลำแซะ หากเกิดโรคระบาดในพื้นที่ควรแจ้งเตือนฟาร์มอื่น ๆ ที่กระจุกตัวอยู่ในกลุ่มนี้ หากเป็นโรคระบาดที่แพร่กระจายทางน้ำ ควรแจ้งเตือนฟาร์มอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟาร์มที่อยู่ท้ายน้ำ สำหรับกลุ่มฟาร์มขนาดเล็ก ที่ตั้งของฟาร์มมีความสัมพันธ์กับแหล่งน้ำธรรมชาติและถนนเช่นกัน ดังนั้น ฟาร์มที่มีการกระจุกตัว (ทั้งฟาร์มขนาดใหญ่และเล็ก) ควรมีมาตรการป้องกันและกำจัดโรคอย่างชัดเจนเพื่อลดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ ในการลดโอกาสการเกิดโรค ควรใช้ GIS วิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงพื้นที่และเชิงเวลาโดยอาจเพิ่มปัจจัยอื่น ๆ เช่น ทิศทางและความเร็วลม ความชื้นและอุณหภูมิ และปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น ตำแหน่งที่ตั้ง ความหนาแน่น ประวัติการแพร่ระบาด ฤดูกาล เป็นต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความถูกต้องของโมเดลที่ใช้กับเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้น เมื่อได้ค่าความถูกต้องเป็นที่ยอมรับแล้วจึงจะสามารถนำไปพยากรณ์การแพร่ระบาดที่อาจเกิดขึ้นเมื่อพิจารณาจากปัจจัยในลักษณะเดียวกัน ซึ่งการพัฒนาแบบดังกล่าวสามารถใช้พื้นฐานความรู้ด้านระบาดวิทยาฐานข้อมูลการระบาดของโรคที่ได้จากความร่วมมือที่มีอยู่กับ กรมปศุสัตว์ร่วมกับการใช้ความรู้ด้าน GIS ด้วยการใช้โปรแกรม ArcGIS, QGIS และการเขียน code สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผล

เอกสารอ้างอิง

- กรุงเทพฯธุรกิจ. (2565). ปศุสัตว์ ย้ำป้องกันหวัดนกกลายเป็นโรคระบาดรุนแรงขึ้นสูงลาม 30 ประเทศ. สืบค้นเมื่อ 4 กรกฎาคม 2566, จาก <https://www.bangkokbiznews.com/business/991806>.
- พชรมน ทองเฟื่อง สติชัยพงษ์ พรหมสถิตย์ จีราภรณ์ พรหมภักดี และ อาภาพร บุญสุวรรณ. (2564). การวิเคราะห์พื้นที่เลี้ยงสัตว์ปีกเพื่อการควบคุมป้องกันโรคด้วยวิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ กรณีศึกษา:จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (เอกสารวิชาการ). ส. 1. เลขทะเบียนวิชาการ 63(2)-0116(1)-159. สืบค้นเมื่อ 23 กรกฎาคม 2566, จาก <https://region1.dld.go.th/webnew/index.php/th/news-menu/academic-works-menu/856-abstract-the-evaluation-of-suitable-area-for-poultry-farming-2>.
- สุวรรณณี กาญจนภูสิต. (2563). กรมปศุสัตว์กระทรวงเกษตรฯเตือนเกษตรกรและผู้เลี้ยงสัตว์เฝ้าระวังโรคในสัตว์หน้าฝน. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2566, จาก <https://dld.go.th/th/index.php/en/newsflash/banner-news/37-news/leader-news-2560/22281-head-25630710-2>
- _____. (2561). กรมปศุสัตว์เตือนเกษตรกรระวังโรคระบาดสัตว์หน้าฝน. สืบค้นเมื่อ 5 มิถุนายน 2566, จาก <https://dld.go.th/th/index.php/th/newsflash/bookkrut-menu/16252-livestock-25610605-1>.
- Bruhn, M.; Cajka, J.; Smith, G.; Curry, R.; Dunipace, S.; Wheaton, W.; Cooley, P.; & Wagener, D. (2007). **Generating Realistic Livestock and Poultry Operations to Support Development of Infectious Disease Control Strategies**. Proceedings of the ESRI Health GIS Conference, October 7-10, 2007, Scottsdale AZ. 1-13.

- Bruhn, M.; Munoz, B.; Cajka, J.; Smith, G.; Curry, R.; Wagener, D.; & Wheaton, W. (2012). **Synthesized Population Databases: A Geospatial Database of US Poultry Farms**. Methods Rep RTI Press. Mr-0023-1201: 1-24.
- ESRI. (2014). **ArcGIS Desktop Program: Release 10.2**. Retrieved on June 20, 2023, from <https://support.esri.com/en-us/patches-updates/2019/arcgis-10-2-1-for-desktop-engine-server-utilities-and-t-7680>
- Khaleda, S. and Murayama, Y. (2013). Geographic Concentration and Development Potential of Poultry Microenterprises and Value Chain: A Study Based on Suitable Sites in Gazipur, Bangladesh. **Social Sciences**. 2(3): 147-167.
- Peng, L.; Chen, W.; Li, M.; Bai, Y.; & Pan, Y. (2014). GIS-based Study of the Spatial Distribution Suitability of Livestock and Poultry Farming: The Case of Putian, Fujian, China. **Computers and Electronics in Agriculture**. 108: 183-190.
- Torzkrub. (2017). จับตา!! “อาชีพเลี้ยงไก่” ตลาดโตทุกปีสร้าง “เศรษฐี” ใหม่ได้ตลอด. สืบค้นเมื่อ 12 กรกฎาคม 2566, จาก <https://www.kasetkaoklai.com/home/2017/10/%e0%b8%ad%e0%b8%b2%e0%b8%8a%e0%b>