

วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงในการเกิดโรคไข้หวัดนกในจังหวัดหนองคายด้วยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

วรธิดา แสงรัตน์^{1*} และ รัชยา หมั่นจิตร¹

บทคัดย่อ

โรคไข้หวัดนกชนิดรุนแรงสายพันธุ์ H5N1 เป็นโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส ติดต่อรุนแรงในสัตว์ปีกเลี้ยง นกธรรมชาติ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมรวมทั้งคน ปัจจุบันเป็นโรคประจำถิ่นในหลายประเทศของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ถึงแม้ในจังหวัดหนองคายพบการรายงานโรคครั้งสุดท้ายในปี พ.ศ.2550 แต่มาตรการควบคุมและเฝ้าระวังโรคยังคงมีการปฏิบัติอยู่ต่อเนื่องเพื่อป้องกันการเกิดโรคไข้หวัดนก การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ในการหาพื้นที่เสี่ยงในการเกิดโรคไข้หวัดนกชนิดรุนแรงสายพันธุ์ H5N1 ในไก่พื้นเมืองและไก่ไข่ในพื้นที่จังหวัดหนองคาย โดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่เคยมีประสบการณ์ด้านการควบคุมโรคไข้หวัดนก ทำการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงเชิงพื้นที่ของการเกิดโรคไข้หวัดนกในจังหวัดหนองคาย ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยเสี่ยงทั้งหมด 6 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคและแพร่กระจายโรคไข้หวัดนกในจังหวัดหนองคาย ซึ่งประกอบด้วย ความหนาแน่นไก่ ความหนาแน่นประชากร ระยะห่างจากถนนหลัก ระยะห่างจากชายแดน ความหนาแน่นพื้นที่นา ความหนาแน่นพื้นที่น้ำ และเมื่อทำการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมต่อการเกิดโรคไข้หวัดนกแล้ว พบว่าพื้นที่เสี่ยงสูงในการเกิดโรคไข้หวัดนกในไก่พื้นเมือง ใน 5 ตำบล ได้แก่ ตำบลเวียงคุก ตำบลปะโค ตำบลมีชัย ตำบลในเมืองและตำบลเมืองหมี่ ส่วนพื้นที่เสี่ยงในการเกิดโรคไข้หวัดนกในไก่ไข่ ประกอบด้วย ตำบลบ้านทอน ตำบลโพนสา ตำบลบ้านเตื่อ ตำบลน้ำโมง ตำบลเวียงคุก ตำบลปะโคและตำบลหนองปลาปาก โดยมีฟาร์มไก่ไข่รวมทั้งสิ้น 148 ฟาร์มอยู่ในพื้นที่เสี่ยงสูง โดยมีค่า Suitability index > 0.7 การทำแผนที่ด้วยการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์สามารถนำไปใช้สนับสนุนการทำงานของหน่วยงานสัตวแพทย์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการเฝ้าระวังโรคในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง รวมถึงใช้ในการวางแผนในการป้องกันโรค เช่น การอนุญาตให้มีการตั้งฟาร์ม การให้ความรู้แก่เกษตรกรโดยมุ่งเน้นในพื้นที่เสี่ยงสูง และการเพิ่มระบบการป้องกันโรคในฟาร์มให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันโรค เป็นต้น

คำสำคัญ: โรคไข้หวัดนก, ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์, การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์, หนองคาย

เลขทะเบียนวิชาการ: 63(2)-0116(4)-045

¹ สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดหนองคาย อ.เมืองหนองคาย จ.หนองคาย 43000

* ผู้รับผิดชอบ; e-mail address: w.sangrat@gmail.com

Using GIS-based Multi-criteria decision analysis for predicting suitability areas of Highly Pathogenic Avian Influenza occurrence in Nongkhai province

Waratida Sangrat^{1*} and Rattaya Manjitr ¹

Abstract

Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) H5N1 virus is a highly infectious disease that affects domestic poultry flocks, wild birds, mammalian species, including humans. HPAI is now endemic in several countries of Southeast Asia. Although in Nongkhai province, Thailand has never found case since 2007, surveillance and control were implemented to prevent HPAI incursion. In our study, we used GIS-based multi-criteria decision analysis (MCDA) to identify risk areas for HPAI H5N1 occurrence in backyard chickens and laying chickens in Nongkhai province. Experts who had experience in the control and eradicate of HPAI, identified spatial risk factors associated with HPAI occurrence in Nongkhai province. The results found 6 risk factors associated with HPAI occurrence and spreads in Nongkhai province. There were density of chicken, human population density, proximity to main road, proximity to international boundary line, rice field density and water bodies density. When we analyzed to identify suitability areas for HPAI, risk areas for HPAI in backyard chickens were identified in 5 subdistricts, Wiang Khuk subdistrict, Pa Kho subdistrict, Mi Chai subdistrict, Nai Mueang subdistrict and Mueang Mi subdistrict. Risk areas for HPAI in laying chickens were identified in Ban Thon subdistricts, Phon Sa subdistricts, Ban Duea subdistricts, Nam Mong subdistricts, Wiang Khuk subdistrict, Pa Kho subdistrict and Nong Pla Pak subdistrict. There were identified 148 laying farms in high risk areas which presented Suitability index > 0.7. MCDA mapping can support the veterinary service to improve surveillance activities in critical areas including planning for disease prevention such as farm building permission, educating farmers in high risk areas and improving biosecurity at the farm to be effective of protection against disease etc.

Key Words: Avian Influenza, GIS, MCDA, Nongkhai

Research registration number: 63(2)-0116(4)-045

¹ Nongkhai Provincial Livestock office, Mueang Nongkhai, Nongkhai, 43000

* Corresponding author; e-mail address: w.sangrat@gmail.com

บทนำ

โรคไข้หวัดนกเกิดจากเชื้อไวรัสจัดอยู่ใน family *Orthomyxoviridae* และอยู่ใน genus *influenzavirus* A เป็นโรคติดต่อรุนแรงในสัตว์ปีก โดยมีนกน้ำในธรรมชาติเป็นแหล่งรังโรค การติดเชื้อในสัตว์ปีกเลี้ยงพบอัตราการตายได้ 90-100% โรคสามารถแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วและติดต่อมาสู่คนได้ (Aviaire, 2006; OIE, 2019) ประเทศไทยมีรายงานโรคครั้งแรกในปี พ.ศ. 2547 (Tiensin et al., 2007) ผลกระทบทางเศรษฐกิจในประเทศไทยช่วงการระบาดของโรคในปี พ.ศ. 2547 มีสัตว์ปีกได้รับผลกระทบ 29 ล้านตัว ซึ่งในขณะนั้นอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ปีกมีมูลค่าประมาณ 0.5% ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ทำให้เกิดผลกระทบจากการที่ไม่สามารถส่งออกเนื้อสัตว์ปีก สูญเสียค่าใช้จ่ายในการเฝ้าระวังโรคและการปรับระบบป้องกันโรคของฟาร์ม (McLeod et al., 2005) ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ยังมีการรายงานโรคต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน (OIE, 2019) จังหวัดหนองคายมีการรายงานการเกิดโรคระหว่างปี พ.ศ. 2547-2550 (คมวุฒิ และ ชาศริต, 2557) กรมปศุสัตว์มีมาตรการควบคุมโรคโดยการคัดทิ้งสัตว์ปีก ควบคุมการเคลื่อนย้ายและทำความสะอาดฟาร์มฆ่าเชื้อ (Tiensin et al., 2005) ในปัจจุบัน กรมปศุสัตว์มีแผนเตรียมความพร้อมในการป้องกันโรคไข้หวัดนกโดยการเก็บตัวอย่างเฝ้าระวังโรคเชิงรุกในไก่พื้นเมืองและไก่ไข่ การเฝ้าระวังโรคเชิงรับ การปรับระบบป้องกันโรคในฟาร์มสัตว์ปีก การตรวจสอบการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกและซากสัตว์ปีก (กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2561) ซึ่งการวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงที่มีโอกาสในการเกิดโรคสูง จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่างเฝ้าระวังโรคไข้หวัดนก

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System; GIS) เป็นการวิเคราะห์รูปแบบการเกิดโรคเชิงพื้นที่ สามารถนำมาระบุบริเวณที่มีความเสี่ยงในการเกิดโรคสูง หรือบริเวณที่ต้องการความช่วยเหลือ เช่น ที่ตั้งของจุดให้บริการด้านสาธารณสุข (Kirby et al., 2017) กระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multicriteria Decision Analysis; MCDA) คือการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ ที่นำมาช่วยในการตัดสินใจ เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS-based MCDA) โดยการแปลงและรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ในการเลือกพื้นที่ที่มีหลักเกณฑ์หรือปัญหาโครงสร้างซับซ้อนและเงื่อนไขหลากหลาย (Linkov and Moberg, 2011; Malczewski and Rinner, 2015) ตัวอย่างเช่น ใช้ในการหาพื้นที่ความเหมาะสมในการเกิดโรคติดเชื้อไวรัสชนิดหนึ่งในบริเวณภาคกลางของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ความเสี่ยงสูงอยู่บริเวณโดยรอบที่อยู่อาศัยของค่างควาในจังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดชลบุรีและจังหวัดนครนายก (Thanapongtharm et al., 2019) การหาพื้นที่เสี่ยงของโรคไข้หวัดนก H5N1 ในประเทศไทยและประเทศกัมพูชา ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่เสี่ยงในประเทศไทยคือบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และพื้นที่เสี่ยงในประเทศกัมพูชาคือบริเวณรอบโตนเลสาบ (Paul et al., 2016)

ลักษณะการเลี้ยงสัตว์ปีกส่วนใหญ่ในจังหวัดหนองคายคือไก่พื้นเมืองและไก่ไข่รายย่อย ในการศึกษาปัจจัยเสี่ยงเชิงพื้นที่กับการเกิดโรคไข้หวัดนกที่ผ่านมาพบว่า เกี่ยวข้องกับความหนาแน่นของสัตว์ปีก ความหนาแน่นของประชากร สัดส่วนของพื้นที่น้ำ สัดส่วนของพื้นที่นาข้าว ระยะห่างจากถนนหลักและความหนาแน่นของถนน (Loth

et al., 2010; Martin et al., 2011; Paul et al., 2010) จังหวัดหนองคายมีลักษณะภูมิประเทศวางตัวในแนวยาวตามแม่น้ำโขงกันเป็นพรมแดนกั้นระหว่างประเทศ จึงมีโอกาที่จะมีการลักลอบค้าสัตว์ปีกมีชีวิต จากการศึกษาพบว่าการค้าสัตว์ปีกมีชีวิตระหว่างประเทศ เป็นช่องทางที่มีความเสี่ยงการนำเข้าประเทศ เนื่องจากพบลักษณะทางพันธุกรรมของเชื้อโรคใช้หวัดนกมีความเกี่ยวข้องกันระหว่างประเทศที่มีชายแดนติดกัน (Van den Berg, 2009) นอกจากนี้ ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการควบคุมโรค สามารถนำมาใช้ในกรณีที่ไม่มีหรือมีข้อมูลการเกิดโรคในพื้นที่น้อย

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเกิดโรคใช้หวัดนกในจังหวัดหนองคาย โดยแบ่งเป็นชนิดไก่พื้นเมืองและไก่ไข่ ซึ่งผลที่ได้จะช่วยเพิ่มการวางมาตรการและเฝ้าระวังโรคในพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการศึกษาจะประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การระบุปัจจัยเสี่ยง 2) การวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง 3) การแปลงข้อมูลปัจจัยเสี่ยงเชิงพื้นที่ที่สามารถวิเคราะห์ร่วมกันได้ 4) การรวมปัจจัยเสี่ยงเชิงพื้นที่เพื่อสร้างแผนที่พื้นที่ความเสี่ยง และ 5) การวิเคราะห์หา Sensitivity analysis โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การระบุปัจจัยเสี่ยง

การระบุปัจจัยเสี่ยง ดำเนินการโดยทบทวนวรรณกรรม หาเอกสารและสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงเชิงพื้นที่กับการเกิดโรคใช้หวัดนกจากงานวิจัยที่ผ่านมา โดยการใช้ Google Scholar และ PubMed เป็นต้น จากนั้นหาข้อมูลปัจจัยเสี่ยงเชิงพื้นที่ที่คัดเลือกมา โดยความหนาแน่นของจำนวนไก่พื้นเมืองและความหนาแน่นของไก่ไข่ในระดับตำบลได้จากฐานข้อมูลทะเบียนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์รายครัวเรือนของกรมปศุสัตว์ ข้อมูลความหนาแน่นประชากรได้จากกรมการปกครอง ข้อมูลความหนาแน่นของพื้นที่น้ำและความหนาแน่นของพื้นที่นาในจังหวัดหนองคาย ได้จากกรมพัฒนาที่ดินในปี พ.ศ.2553 แผนที่ถนนหลักได้จากกระทรวงคมนาคม นำมาวิเคราะห์หาระยะห่างจากถนนหลัก แผนที่ขอบเขตประเทศได้จาก Department of State Large-Scale International Boundary นำมาวิเคราะห์หาระยะห่างจากชายแดน โดยข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปแบบ vector ขนาด 1 ตร.กม. โดยใช้โปรแกรม QGIS Development Team (2019) (ตารางที่ 1)

การวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง

ดำเนินการโดยใช้แบบสอบถาม ที่ระบุปัจจัยเสี่ยงที่คัดเลือก ได้แก่ ความหนาแน่นไก่ (ไก่พื้นเมืองและไก่ไข่) ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นพื้นที่นา ความหนาแน่นพื้นที่น้ำ ระยะห่างจากถนนหลักและระยะห่างจากชายแดน บน Microsoft Excel 2016 (Tameru et al., 2008) ส่งทาง email ให้กับผู้เชี่ยวชาญ โดยเป็นอาจารย์มหาวิทยาลัยและสัตวแพทย์ของกรมปศุสัตว์ที่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับการควบคุมและป้องกันโรค

ใช้หัดนกในพื้นที่จังหวัดหนองคาย ให้คะแนนเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงที่ละคู่โดยให้คะแนนระดับ 9, 7, 5, 3, 1, 1/3, 1/5, 1/7 และ 1/9 หากน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยงด้วยวิธี Analytic Hierarchy Process (AHP) (Saaty, 1990) มีการคำนวณหาค่าความเที่ยงตรงของการให้คะแนน (Consistency Ratio; CR) ซึ่งคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$CR = \frac{\lambda_{\max} - n}{RI(n - 1)}$$

ซึ่ง λ_{\max} คือ maximal eigenvalue, n คือจำนวนปัจจัยเสี่ยง, Random Index (RI) เป็นค่าที่กำหนดโดย Saaty (1980) แบบสอบถามที่ CR น้อยกว่า 0.10 จึงจะนำมาใช้ในการศึกษา (Saaty, 1980)

การแปลงข้อมูลปัจจัยเสี่ยงเชิงพื้นที่ให้สามารถวิเคราะห์ร่วมกันได้

นำข้อมูลปัจจัยเสี่ยงเชิงพื้นที่มาตั้งค่าระดับความเสี่ยง (standardize) ให้อยู่ระหว่าง 0-1 (ไม่มีความเสี่ยง- ความเสี่ยงสูงสุด) ด้วยวิธี fuzzy membership function (Eastman, 2003) โดยเลือกรูปแบบความสัมพันธ์ของ ปัจจัยเสี่ยงกับระดับความเสี่ยงจากการทบทวนวรรณกรรม ตั้งค่าโดยใช้ข้อมูลสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละปัจจัยเสี่ยง ในพื้นที่จังหวัดหนองคาย ยกเว้นความหนาแน่นไก่ไข่ที่ใช้ค่า Inter-Quartile Range ของข้อมูลคือ 550-6000 ตัว ต่อตร.กม. ซึ่งคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{Linear increase}(x: a, b) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x - a}{b - a} & a \leq x \leq b \\ 1 & x > b \end{cases}$$

$$\text{Linear decrease}(x: a, b) = \begin{cases} 1 & x < a \\ \frac{b - x}{b - a} & a \leq x \leq b \\ 0 & x > b \end{cases}$$

โดยที่ a คือค่าต่ำสุด และ b คือค่าสูงสุด คำนวณโดยใช้โปรแกรม QGIS Development Team (2019) (Robinson, 2003; Suh and Brownson, 2016)

การรวมปัจจัยเสี่ยงเชิงพื้นที่เพื่อสร้างแผนที่พื้นที่ความเสี่ยง

นำแผนที่แต่ละปัจจัยเสี่ยงที่ได้ตั้งค่าระดับความเสี่ยงแล้วมาคูณด้วยค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยงนั้น รวมแผนที่ทั้งหมดด้วยวิธี WLC ตามสมการดังนี้

$$\text{Suitability} = \sum_{i=1}^n w_i v(a_i),$$

ซึ่ง Suitability คือผลรวมระดับความเสี่ยงทั้งหมดในแต่ละตร.กม., n คือจำนวนของปัจจัยเสี่ยง, w คือค่า น้ำหนักของปัจจัยเสี่ยงนั้น และ v คือค่าระดับความเสี่ยงของแผนที่ปัจจัยเสี่ยงนั้น (Malczewski and Rinner, 2015) ทำการวิเคราะห์บนโปรแกรม QGIS Development Team (2019) และแสดงผลในรูปแบบแผนที่ vector แบ่งระดับสีแบบ natural breaks จัดทำ 2 แผนที่ โดยแบ่งเป็นใช้ข้อมูลแผนที่ของไก่พื้นเมืองและข้อมูลแผนที่

ของไก่อ้นนำมาคูณกับค่าน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยงความหนาแน่นไก่ (0.47) หาค่าเฉลี่ยพื้นที่ตำบลที่มีระดับความเสี่ยงสูงในการเกิดโรคไข้หวัดนกในไก่พื้นเมืองและหาจำนวนฟาร์มไก่ไข่ที่ตั้งอยู่บนแผนที่ระดับความเสี่ยงสูงในการเกิดโรคไข้หวัดนกในไก่ไข่

การวิเคราะห์หา Sensitivity analysis

วิเคราะห์หา Sensitivity analysis เพื่อดูอิทธิพลของปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อแผนที่พื้นที่เสี่ยงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนัก โดยการคำนวณน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยงให้มีการเปลี่ยนแปลง $\pm 25\%$ โดยเปลี่ยนแปลงครั้งละ 5% เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยง ค่าน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยงตัวอื่นจะถูกปรับให้ผลรวมของทั้งหมดเท่ากับ 1 อิทธิพลของปัจจัยเสี่ยงคำนวณโดยการหาค่า Mean of Absolute Change Rate (MACRs) ของแผนที่พื้นที่เสี่ยงกับแผนที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนัก ตามสมการดังนี้

$$MACRs = \sum_{k=1}^N \frac{1}{N} * \left| \frac{R_k - R_0}{R_0} \right| * 100\%$$

ซึ่ง R_k คือ WLC ของแผนที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยง, R_0 คือ WLC ของแผนที่พื้นที่เสี่ยง และ N คือ จำนวนของแผนที่ (Thanapongtharm et al., 2019)

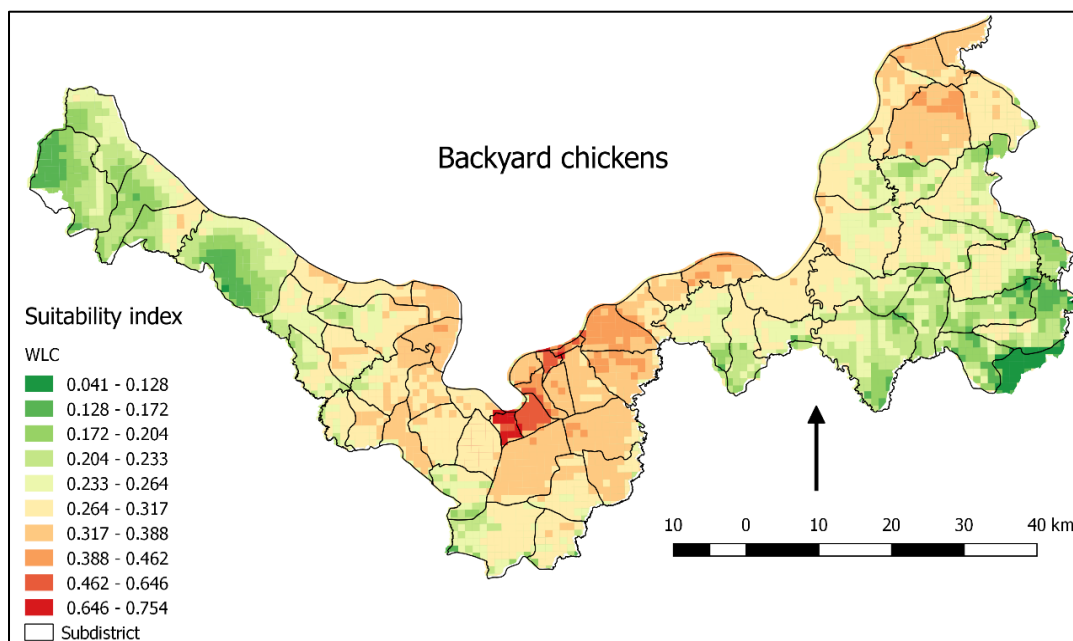
ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 ข้อมูลปัจจัยเสี่ยงที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์แผนที่

ปัจจัยเสี่ยง	หน่วย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	น้ำหนัก	รูปแบบความสัมพันธ์	แหล่งข้อมูล
ความหนาแน่นไก่พื้นเมือง	ตัว/ตร.กม.	0	2,241	0.47	Linear increase	กรมปศุสัตว์
ความหนาแน่นไก่ไข่	ตัว/ตร.กม.	0	49,700	0.47	Linear increase	กรมปศุสัตว์
ความหนาแน่นประชากร	คน/ตร.กม.	0	8,534	0.17	Linear increase	กรมการปกครอง
ระยะห่างจากถนนหลัก	กม.	0	7	0.10	Linear decrease	กระทรวงคมนาคม
ระยะห่างจากชายแดน	กม.	0	38	0.14	Linear decrease	Dept.of State LSIB
ความหนาแน่นพื้นที่นา	ตร.กม.	0	1	0.07	Linear increase	กรมพัฒนาที่ดิน
ความหนาแน่นพื้นที่น้ำ	ตร.กม.	0	0.96	0.05	Linear increase	กรมพัฒนาที่ดิน

จากตารางที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงในการเกิดโรคไข้หวัดนก โดยให้น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงจากมากไปน้อยดังนี้ ความหนาแน่นของไก่ (ไก่พื้นเมืองและไก่ไข่) ความหนาแน่นประชากร ระยะห่างจากชายแดน ระยะห่างจากถนนหลัก ความหนาแน่นพื้นที่นาและความหนาแน่นพื้นที่น้ำตามลำดับ รูปแบบความสัมพันธ์ของปัจจัยเสี่ยงกับการเกิดโรคไข้หวัดนก จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าความ

หนาแน่นของไก่ (ไก่พื้นเมืองและไก่ไข่) ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นพื้นที่น้ำและความหนาแน่นพื้นที่นา เป็นแบบเพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรง (Linear increasing) โดยที่ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ระดับความเสี่ยงเพิ่มขึ้น ส่วนระยะห่างจากถนนหลักและระยะห่างจากชายแดน เป็นแบบลดลงแบบเป็นเส้นตรง (Li et al., 2012) โดยที่ระยะห่างที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ระดับความเสี่ยงลดลง

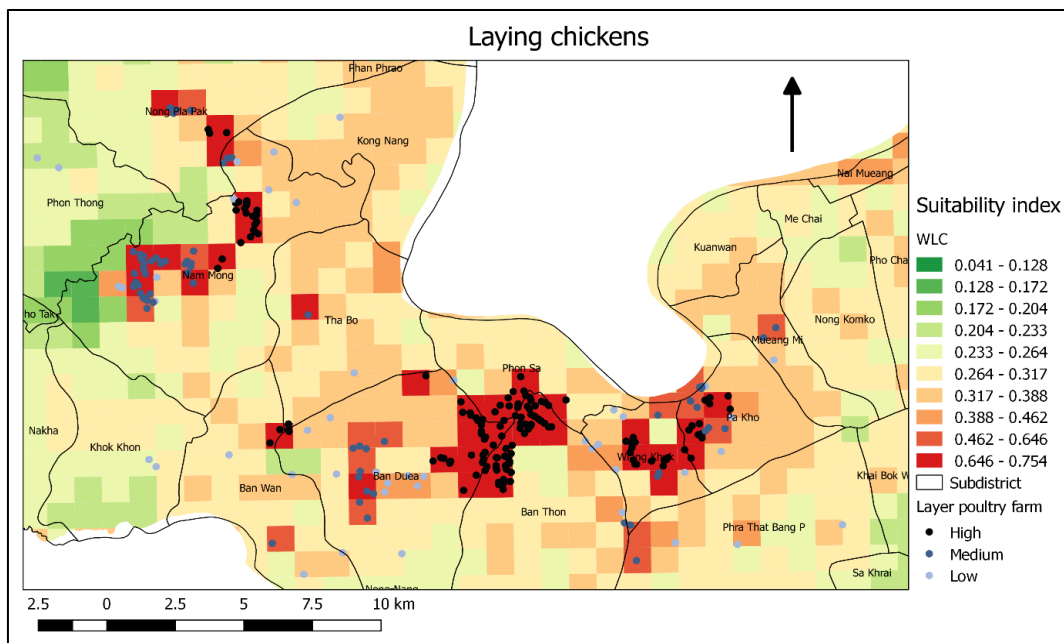


ภาพที่ 1 ภาพแผนที่พื้นที่เสี่ยงโรคไขหวัดนกในไก่พื้นเมืองของจังหวัดหนองคาย

จากภาพที่ 1 แสดงแผนที่พื้นที่เสี่ยงในการเกิดโรคไขหวัดนกในไก่พื้นเมือง ระดับ 0 (พื้นที่ไม่เสี่ยงในการเกิดโรคแสดงสีเขียว) ถึง 1 (พื้นที่เสี่ยงในการเกิดโรคแสดงสีแดง) พบว่าค่าเฉลี่ยของตำบลที่มีความเสี่ยงในการเกิดโรคไขหวัดนกในไก่พื้นเมือง เรียงลำดับพื้นที่ตามความเสี่ยงสูงไปต่ำดังนี้ ต.เวียงคุก ต.ปะโค ต.มีชัย ต.ในเมือง และ ต.เมืองหมี่ อ.เมืองหนองคาย ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

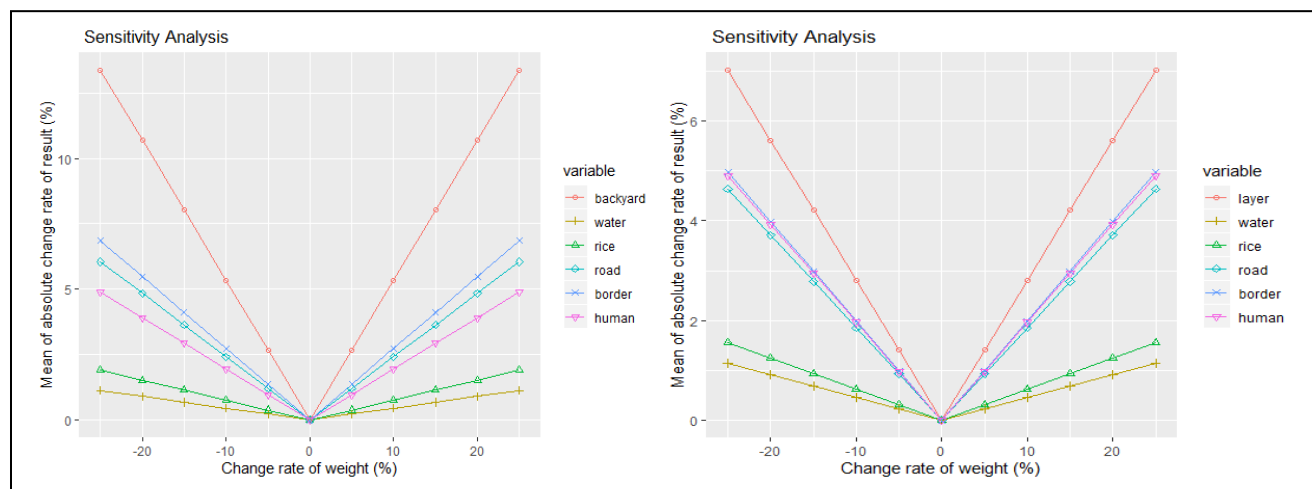
ตารางที่ 2 ระดับความเสี่ยงในการเกิดโรคไขหวัดนกในไก่พื้นเมืองสูงสุด 5 ตำบล

ลำดับที่	ตำบล	อำเภอ	ระดับความเสี่ยง
1	เวียงคุก	เมืองหนองคาย	0.54
2	ปะโค	เมืองหนองคาย	0.50
3	มีชัย	เมืองหนองคาย	0.47
4	ในเมือง	เมืองหนองคาย	0.46
5	เมืองหมี่	เมืองหนองคาย	0.46



ภาพที่ 2 ภาพแผนที่พื้นที่เสี่ยงโรคไขหวัดนกในไก่ไข่ของจังหวัดหนองคาย

จากภาพที่ 2 แสดงแผนที่พื้นที่เสี่ยงในการเกิดโรคไขหวัดนกในไก่ไข่ พบพื้นที่เสี่ยงใน ต.บ้านท่อน ต.โพนสา ต.บ้านเดื่อ ต.น้ำโมง อ.ท่าบ่อ ต.เวียงคุก ต.ปะโค อ.เมืองหนองคาย และ ต.หนองปลาปาก อ.ศรีเชียงใหม่ ฟาร์มไก่ไข่ทั้งหมด 273 ฟาร์ม มีฟาร์มที่อยู่ในพื้นที่ความเสี่ยงสูงโดยมีค่า Suitability index มากกว่า 0.7 จำนวน 148 ฟาร์ม มีฟาร์มที่อยู่ในพื้นที่ระดับความเสี่ยงปานกลางโดยมีค่า Suitability index ระหว่าง 0.4-0.7 จำนวน 67 ฟาร์ม และมีฟาร์มที่อยู่ในพื้นที่ระดับความเสี่ยงต่ำโดยมีค่า Suitability index น้อยกว่า 0.4 จำนวน 58 ฟาร์ม



ภาพที่ 3 ภาพผลวิเคราะห์ Sensitivity analysis ของแผนที่พื้นที่เสี่ยงในไก่พื้นเมือง (ซ้าย) และแผนที่พื้นที่เสี่ยงในไก่ไข่ (ขวา)

จากภาพที่ 3 ผลวิเคราะห์หา Sensitivity analysis ค่า MACR แสดงอิทธิพลของปัจจัยเสี่ยงต่อแผนที่พื้นที่เสี่ยงในโกพื้นเมืองและโกไซให้ผลการวิเคราะห์ในแนวทางเดียวกัน พบว่าความหนาแน่นโก (โกพื้นเมืองและโกไซ) มีอิทธิพลสูงสุด ระยะห่างจากชายแดน ระยะห่างจากถนนหลัก ความหนาแน่นประชากร ความหนาแน่นพื้นที่นาและความหนาแน่นพื้นที่น้ำ มีอิทธิพลรองลงมา (ภาพที่ 3)

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษานี้แสดงพื้นที่เสี่ยงในการเกิดโรคไข้หวัดนกในโกพื้นเมืองและในโกไซของจังหวัดหนองคาย การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์หรือ MCDA สามารถนำมาใช้เพิ่มคุณภาพและสนับสนุนการตัดสินใจให้กับหน่วยงาน (Marsh et al., 2016) ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดหรือในกรณีที่มีทรัพยากรอยู่อย่างจำกัด

จากการศึกษานี้พื้นที่เสี่ยงของการเกิดโรคไข้หวัดนกในโกพื้นเมืองพบความเสี่ยงสูงในบริเวณตำบลที่มีความหนาแน่นของโกพื้นเมืองสูงและอยู่ใกล้กับชายแดน จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า โกพื้นเมืองซึ่งมีลักษณะการเลี้ยงแบบหลังบ้านและส่วนใหญ่ไม่มีระบบป้องกันโรคที่ดี เช่น ไม่มีตาข่ายกันนก ทำให้มีความเสี่ยงในการสัมผัสกับนกซึ่งอาจจะเป็นพาหะนำโรค (Biswas et al., 2009; Conan et al., 2012) นอกจากนี้ จังหวัดหนองคายซึ่งมีชายแดนอยู่ติดกับสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว อาจมีการซื้อขายแลกเปลี่ยนสัตว์ปีกตามแนวชายแดน โดยเฉพาะโกพื้นเมือง ซึ่งเป็นช่องทางที่มีความเสี่ยงในการรับเชื้อ (Trevenec et al., 2011)

แผนที่พื้นที่เสี่ยงในการเกิดโรคไข้หวัดนกในโกไซพบความเสี่ยงสูงในบริเวณที่มีเลี้ยงโกไซหนาแน่น จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า โกไซมีความเสี่ยงในการเกิดโรคไข้หวัดนกสูงกว่าสัตว์ปีกชนิดอื่น (Otte et al., 2007) ลักษณะการเลี้ยงโกไซส่วนใหญ่ในจังหวัดหนองคายเป็นการเลี้ยงแบบโรงเรือนเปิดอยู่บนบ่อปลา เกษตรกรซื้อลูกไก่หรือไก่อุ่นไซ้เข้ามาเลี้ยงบนโรงเรือน (คมวุฒิ และ ชาคกริต, 2557) การเลี้ยงบนบ่อปลาต้องอาศัยน้ำจากแหล่งธรรมชาติซึ่งทำให้โรงเรือนส่วนใหญ่ตั้งอยู่ใกล้หนองน้ำหรือลำคลอง หนองน้ำธรรมชาติและบ่อปลาของเกษตรกรเป็นแหล่งหากินของนกน้ำอพยพ เช่น นกเป็ดน้ำ เป็นต้น ทำให้มีความเสี่ยงในการนำเชื้อโรคไข้หวัดนกจากประเทศอื่น ๆ เข้ามาในพื้นที่ (Keawcharoen et al., 2008; Ward et al., 2009) นกอพยพที่มาหากินมีการขับถ่ายลงในแหล่งน้ำ เชื้อสามารถอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้เป็นระยะเวลาาน นกท้องถิ่นตามธรรมชาติมีการใช้แหล่งน้ำร่วมกันทำให้มีโอกาสได้รับเชื้อและแพร่กระจายเชื้อมาสู่โกผ่านการสัมผัส (Institute et al., 2017; Sims et al., 2005; WHO, 2006) ในกรณีที่ไม่ได้มีการซ่อมแซมตาข่ายป้องกันนกของโรงเรือนอย่างต่อเนื่อง เป็นช่องทางให้นกภายนอกเข้ามาในโรงเรือนได้ นอกจากนี้การมีจัดการฟาร์มให้มีระบบป้องกันโรคที่ดีจะสามารถช่วยลดความเสี่ยงในการนำเชื้อเข้าสู่ฟาร์ม (Ip et al., 2015; Nishiguchi et al., 2007)

จากวิเคราะห์หา Sensitivity analysis พบว่า ความหนาแน่นโกมีอิทธิพลสูงสุด เนื่องจากลักษณะการเลี้ยงโกไซในจังหวัดหนองคายเกาะกลุ่มอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน กรณีที่มีการเกิดโรคในพื้นที่ มีความเสี่ยงสูงที่โรค

จะแพร่กระจายสู่ฟาร์มใกล้เคียง ซึ่งสอดคล้องการศึกษาในประเทศอิตาลีพบว่า พื้นที่ที่มีการเลี้ยงไก่หนาแน่นและอยู่ใกล้กับฟาร์มสัตว์ปีกที่ติดเชื่อสัมพันธ์กับการเกิดโรคและแพร่กระจายโรคไข้หวัดนก (Busani et al., 2009)

ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการเลือกพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างตามโครงการเฝ้าระวังโรคไข้หวัดนกในไก่พื้นเมืองและนำไปใช้เลือกฟาร์มในการเก็บตัวอย่างตามโครงการเฝ้าระวังโรคไข้หวัดนกในฟาร์มไก่ไข่ การเพิ่มมาตรการเฝ้าระวังโรคโดยการเพิ่มบุคลากรหรือเจ้าหน้าที่ในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงไก่หนาแน่น เช่น อาสาปศุสัตว์ หรือ พนักงานจ้างเหมาเฝ้าระวังโรค ร่วมกับการอบรมให้เกษตรกรเข้าใจถึงความเสี่ยงในการเกิดโรคและช่วยวางระบบป้องกันโรคของฟาร์ม จะเป็นการป้องกันโรคไข้หวัดนกในระยะยาว (Ssematimba et al., 2013; กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2561)

ข้อดีของการใช้วิธี MCDA ร่วมกับ AHP คือนำไปใช้ได้ง่ายและให้น้ำหนักเปรียบเทียบทางเลือกด้วยรูปแบบความสัมพันธ์ที่เข้าใจได้ นอกจากนี้ยังสามารถปรับโครงสร้างของปัญหาให้มีความเหมาะสมกับทางเลือก (Velasquez and Hester, 2013) ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ทดสอบความแม่นยำกับจุดเกิดโรค เนื่องจากไม่มีข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่เกิดโรคไข้หวัดนกในจังหวัดหนองคาย จากการศึกษาที่ผ่านมาของการวิเคราะห์แผนที่พื้นที่เสี่ยงโรคไข้หวัดนกของประเทศไทยและกัมพูชาด้วยวิธี spatial-MCDA พบว่าแผนที่ที่ผู้เชี่ยวชาญให้ข้อมูลสามารถใช้ทำนายได้ดีมากเมื่อทดสอบกับจุดเกิดโรคที่ผ่านมา (Paul et al., 2016) ข้อจำกัดของการศึกษาคือ ไม่มีแผนที่ระดับหมู่บ้านซึ่งจะช่วยให้การเลือกหมู่บ้านที่จะเก็บตัวอย่าง นอกจากนี้ฤดูกาลและเส้นทางการบินของนกอพยพอาจจะมีผลกับการเกิดโรค ซึ่งส่งผลต่อช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างเฝ้าระวังโรค เป็นสิ่งที่ต้องมีการศึกษาต่อไปในอนาคต

สรุป

การศึกษานี้แสดงแผนที่พื้นที่เสี่ยงโรคไข้หวัดนกในไก่พื้นเมืองและไก่ไข่ของจังหวัดหนองคายด้วยการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ พื้นที่เสี่ยงโรคไข้หวัดนกในไก่พื้นเมืองพบในบริเวณ ต.เวียงคุก ต.ปะโค และ ต.มีชัย อ.เมืองหนองคาย พื้นที่เสี่ยงโรคไข้หวัดนกในไก่ไข่พบในบริเวณที่มีการเลี้ยงไก่หนาแน่น ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้สนับสนุนหน่วยงานในการเลือกพื้นที่เฝ้าระวังและป้องกันโรคในกรณีที่มีทรัพยากรอยู่อย่างจำกัด

ข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างเฝ้าระวังโรคไข้หวัดนก ในพื้นที่ความเสี่ยงสูง การปรับปรุงระบบป้องกันโรคที่ดี เช่น การทำตาข่ายป้องกันนก ร่วมกับการให้ความรู้เกษตรกรให้เห็นถึงความสำคัญของระบบป้องกันโรคและช่องทางของความเสี่ยงที่จะนำโรคเข้าสู่ฟาร์ม จะเป็นการป้องกันโรคไข้หวัดนกในระยะยาว จังหวัดหนองคาย

อยู่บริเวณชายแดนมีการซื้อขายแลกเปลี่ยนสัตว์ปีกจำนวนมาก จึงต้องมีการเฝ้าระวังการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกซึ่งเป็นช่องทางที่มีความเสี่ยงสูงในการนำโรคเข้าพื้นที่ นอกจากนี้ปัจจัยอื่นๆ เช่น ระยะห่างจากสนามชนไก่และระยะห่างโรงฆ่าสัตว์ปีกอาจมีผลต่อการเกิดโรค เป็นสิ่งที่ต้องมีการศึกษาต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ น.สพ.คมวุฒิ ธรรมสาร และ น.สพ.ดร.วีรพงษ์ ธนพงศ์ธรรม ที่ให้คำแนะนำสนับสนุนงานวิจัย ผู้เชี่ยวชาญ เจ้าหน้าที่สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดหนองคายและสำนักงานเกษตรจังหวัดหนองคาย สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2561. แผนการปฏิบัติงานด้านสุขภาพสัตว์ 2561. แหล่งที่มา : https://drive.google.com/file/d/12su-SgjdajA5JamAWRd-_EJ-u4fLyo81/view. 1 มีนาคม 2562.
- คมวุฒิ ธรรมสาร และ ชาคกริต ภูมิศรีจันทร์. 2557. การศึกษาสภาพการเลี้ยงไก่ไข่ของเกษตรกรรายย่อย จังหวัดหนองคายเพื่อพัฒนาเข้าระบบมาตรฐานฟาร์มเลี้ยงไก่ไข่. เอกสารวิชาการรหัส 57(2)-0316(4)-066). กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ.
- Aviaire, G. 2006. Avian Influenza. Available Source : http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/avian_influenza.pdf, March 1, 2019.
- Biswas, P.K., J.P. Christensen, S.S.U. Ahmed, A. Das, M.H. Rahman, H. Barua, M. Giasuddin, A.S.M.A. Hannan, M.A. Habib and N.C. Debnath. 2009. Risk for Infection with Highly Pathogenic Avian Influenza Virus (H5n1) in Backyard Chickens, Bangladesh. *Emerg Infect Dis.*15(12):1931-1936.
- Busani, L., M.G. Valsecchi, E. Rossi, M. Toson, N. Ferrè, M.D. Pozza and S. Marangon. 2009. Risk Factors for Highly Pathogenic H7n1 Avian Influenza Virus Infection in Poultry During the 1999–2000 Epidemic in Italy. *The Veterinary Journal* 181(2):171-177.
- Conan, A., F.L. Goutard, S. Sorn and S. Vong. 2012. Biosecurity Measures for Backyard Poultry in Developing Countries: A Systematic Review. *BMC Veterinary Research* 8(1):240.

- Eastman, J.R. 2003. Idrisi Kilimanjaro: Guide to Gis and Image Processing. Available Source : <https://www.mtholyoke.edu/courses/tmillet/courses/geog307/files/Kilimanjaro%20Manual.pdf>, March 1, 2019.
- Institute, C.V., N. Wageningen University, J.L. Gonzales, A.R.W. Elbers and N. Beerens. 2017. Risk Factors of Primary Introduction of Highly Pathogenic and Low Pathogenic Avian Influenza Virus into European Poultry Holdings, Considering at Least Material Contaminated by Wild Birds and Contact with Wild Birds. *EFSA Supporting Publications* 14(10):1282E.
- Ip, H.S., M.K. Torchetti, R. Crespo, P. Kohrs, P. DeBruyn, K.G. Mansfield, T. Baszler, L. Badcoe, B. Bodenstein, V. Shearn-Bochsler, M.L. Killian, J.C. Pedersen, N. Hines, T. Gidlewski, T. DeLiberto and J.M. Sleeman. 2015. Novel Eurasian Highly Pathogenic Avian Influenza A H5 Viruses in Wild Birds, Washington, USA, 2014. *Emerg Infect Dis.* 21(5):886-890.
- Keawcharoen, J., D. van Riel, G. van Amerongen, T. Bestebroer, W.E. Beyer, R. van Lavieren, A.D. Osterhaus, R.A. Fouchier and T. Kuiken. 2008. Wild Ducks as Long-Distance Vectors of Highly Pathogenic Avian Influenza Virus (H5n1). *Emerg Infect Dis.* 14(4):600-607.
- Kirby, R., E. Delmelle and J. Eberth. 2017. Advances in Spatial Epidemiology and Geographic Information Systems. *Annals of Epidemiology* 27(1):1-9.
- Linkov, I. and E. Moberg. 2011. Multi-Criteria Decision Analysis: Environmental Applications and Case Studies. CRC Press. Florida.
- Loth, L., M. Gilbert, M.G. Osmani, A.M. Kalam and X. Xiao. 2010. Risk Factors and Clusters of Highly Pathogenic Avian Influenza H5n1 Outbreaks in Bangladesh. *Preventive veterinary medicine* 96(1-2):104-113.
- Malczewski, J. and C. Rinner. 2015. Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science. Springer. New York.
- Marsh, K., M. Ijzerman, P. Thokala, R. Baltussen, M. Boysen, Z. Kaló, T. Lönngren, F. Mussen, S. Peacock, J. Watkins and N. Devlin. 2016. Multiple Criteria Decision Analysis for Health Care Decision Making—Emerging Good Practices: Report 2 of the Ispor Mcda Emerging Good Practices Task Force. *Value in Health* 19(2):125-137.

- Martin, V., D.U. Pfeiffer, X. Zhou, X. Xiao, D.J. Prosser, F. Guo and M. Gilbert. 2011. Spatial Distribution and Risk Factors of Highly Pathogenic Avian Influenza (HpaI) H5n1 in China. *PLoS pathogens* 7(3):1001308-1001308.
- McLeod, A., N. Morgan, A. Prakash and J. Hinrichs. 2005. Economic and Social Impacts of Avian Influenza. Available Source : <http://www.fao.org/avianflu/documents/Economic-and-social-impacts-of-avian-influenza-Geneva.pdf>, March 1, 2019.
- Nishiguchi, A., S. Kobayashi, T. Yamamoto, Y. Ouchi, T. Sugizaki and T. Tsutsui. 2007. Risk Factors for the Introduction of Avian Influenza Virus into Commercial Layer Chicken Farms During the Outbreaks Caused by a Low-Pathogenic H5n2 Virus in Japan in 2005. *Zoonoses and Public Health* 54(9-10):337-343.
- OIE. 2019. Update on Avian Influenza in Animals (Types H5 and H7). Available Source : <http://www.oie.int/en/animal-health-in-the-world/update-on-avian-influenza/2019/>, March 1, 2019.
- Otte, J., D. Pfeiffer, T. Tiensin, L. Price and E. Silbergeld. 2007. Highly Pathogenic Avian Influenza Risk, Biosecurity and Smallholder Adversity. *Livestock Research for Rural Development* 19(7):102.
- Paul, M., S. Tavornpanich, D. Abrial, P. Gasqui, M. Charras-Garrido, W. Thanapongtharm, X. Xiao, M. Gilbert, F. Roger and C. Ducrot. 2010. Anthropogenic Factors and the Risk of Highly Pathogenic Avian Influenza H5n1: Prospects from a Spatial-Based Model. *Veterinary research* 41(3):28-28.
- Paul, M.C., F.L. Goutard, F. Roulleau, D. Holl, W. Thanapongtharm, F.L. Roger and A. Tran. 2016. Quantitative Assessment of a Spatial Multicriteria Model for Highly Pathogenic Avian Influenza H5n1 in Thailand, and Application in Cambodia. *Sci Rep* 6:31096.
- Robinson, V.B. 2003. A Perspective on the Fundamentals of Fuzzy Sets and Their Use in Geographic Information Systems. *Transactions in GIS* 7(1):3-30.
- Saaty, T.L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T.L. 1990. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research* 48(1): 9-26.

- Sims, L.D., J. Domenech, C. Benigno, S. Kahn, A. Kamata, J. Lubroth, V. Martin and P. Roeder
2005. Origin and Evolution of Highly Pathogenic H5n1 Avian Influenza in Asia. *Veterinary Record* 157(6):159-164.
- Ssematimba, A., T.J. Hagenaars, J.J. de Wit, F. Ruitkamp, T.H. Fabri, J.A. Stegeman and M.C. de Jong. 2013. Avian Influenza Transmission Risks: Analysis of Biosecurity Measures and Contact Structure in Dutch Poultry Farming. *Preventive veterinary medicine* 109(1-2):106-115.
- Suh, J. and J.R.S. Brownson. 2016. Solar Farm Suitability Using Geographic Information System Fuzzy Sets and Analytic Hierarchy Processes: Case Study of Ulleung Island, Korea. *Energies* 9(8):648.
- Thanapongtharm, W., M.C. Paul, A. Wiratsudakul, V. Wongphruksasoong, W. Kalpravidh, K. Wongsathapornchai, S. Damrongwatanapokin, D. Schar and M. Gilbert. 2019. A Spatial Assessment of Nipah Virus Transmission in Thailand Pig Farms Using Multi-Criteria Decision Analysis. *BMC veterinary research* 15(1):73-73.
- Tiensin, T., P. Chaitaweesub, T. Songserm, A. Chaisingh, W. Hoonsuwan, C. Buranathai, T. Parakamawongsa, S. Premashtira, A. Amonsin, M. Gilbert, M. Nielen and A. Stegeman. 2005. Highly Pathogenic Avian Influenza H5n1, Thailand, 2004. *Emerg Infect Dis* 11(11):1664-1672.
- Tiensin, T., M. Nielen, H. Vernooij, T. Songserm, W. Kalpravidh, S. Chotiprasatintara, A. Chaisingh, S. Wongkasemjit, K. Chanachai, W. Thanapongtham, T. Srisuvan and A. Stegeman. 2007. Transmission of the Highly Pathogenic Avian Influenza Virus H5n1 within Flocks During the 2004 Epidemic in Thailand. *The Journal of Infectious Diseases* 196(11):1679-1684.
- Trevennec, K., V. Chevalier, V. Grosbois, J.M. Garcia, H.H. Thu, C. Berthouly-Salazar, J.S.M. Peiris and F. Roger. 2011. Looking for Avian Influenza in Remote Areas. A Case Study in Northern Vietnam. *Acta Tropica* 120(3):160-166.
- Van den Berg, T. 2009. The Role of the Legal and Illegal Trade of Live Birds and Avian Products in the Spread of Avian Influenza. *Revue scientifique et technique* 28(1):93.
- Velasquez, M. and P.T. Hester. 2013. An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods. *International journal of operations research* 10(2):56-66.

Ward, M.P., D.N. Maftei, C.L. Apostu and A.R. Suru. 2009. Association between Outbreaks of Highly Pathogenic Avian Influenza Subtype H5n1 and Migratory Waterfowl (Family Anatidae) Populations. *Zoonoses and Public Health* 56(1):1-9.

WHO. 2006. Review of Latest Available Evidence on Potential Transmission of Avian Influenza (H5n1) through Water and Sewage and Ways to Reduce the Risks to Human Health.

Available Source :

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204275/WHO_SDE_WSH_06.1_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y, March 1, 2019.