

การวิเคราะห์หาช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดโรคไข้หวัดนกของประเทศไทยในปีพ.ศ. 2563

วรจิตา แสงรัตน์^{1*}, ณัฐวดี จิระ¹ และ วีรพงษ์ ธนพงศ์ธรรม¹

บทคัดย่อ

โรคไข้หวัดนกชนิดสายพันธุ์รุนแรงก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์ปีกทั่วโลกอย่างต่อเนื่อง การวางแผนเฝ้าระวังโรคไข้หวัดนกมีจุดประสงค์เพื่อการค้นหาโรคอย่างรวดเร็วและเฝ้าระวังความเสี่ยงที่ไวรัสอาจแพร่กระจายระหว่างฝูงสัตว์ปีก ในการวางแผนเฝ้าระวังโรคที่มีประสิทธิภาพต้องมีการวิเคราะห์ความเสี่ยงโดยคำนึงถึงปัจจัยเสี่ยง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาการวิเคราะห์หาช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดโรคไข้หวัดนกของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลปัจจัยเสี่ยงการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกมีชีวิต และการรายงานการพบนกอพยพ ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงระดับจังหวัดในแต่ละชนิดสัตว์ปีก ผลการศึกษาพบช่วงเวลาเสี่ยงในแต่ละพื้นที่และชนิดสัตว์ปีกแตกต่างกัน แต่โดยภาพรวมส่วนใหญ่อยู่ระหว่างเดือนตุลาคม - มีนาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูกาลอพยพของนกธรรมชาติเข้ามาในประเทศไทย ผลการศึกษานี้สามารถสนับสนุนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยทำการเก็บตัวอย่างเฝ้าระวังโรคในช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงและยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันและเตรียมความพร้อมรับมือกับโรคอุบัติใหม่

คำสำคัญ: โรคไข้หวัดนก การวิเคราะห์ช่วงเวลาเสี่ยง สัตว์ปีก นกอพยพ ประเทศไทย

เลขทะเบียนวิชาการ: 65(2)-0105-049

¹ สำนักควบคุมป้องกันและบำบัดโรคสัตว์ เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

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

Temporal risk assessment for avian influenza occurrence in Thailand in 2020

Waratida Sangrat^{1*}, Natthawut Jira¹ and Weerapong Thanapongtharm¹

Abstract

Highly pathogenic avian influenza (HPAI) has continuously damaged the poultry industry worldwide. The objective of surveillance for avian influenza is to early detection and monitor the risk of the viruses that may spread between poultry flocks. The design of surveillance must be risk-based, taking into account risk factors. Our study aimed to develop a temporal risk assessment model to identify risk period of avian influenza occurrence in Thailand. We analyzed risk factor data in particular movements of live poultry and migratory wild birds at provincial level of each poultry category. The results indicated that there are differences in risk period of each region and poultry category. The risk period most likely occurred from October to March which related to seasonal migratory movement of wild birds through Thailand. In conclusion, the results of this study can support veterinary services to conduct active surveillance during risk periods, improve the effectiveness of prevention and preparedness of emerging epidemics.

Key Words: Avian Influenza, Temporal risk assessment, Poultry, Migratory wild birds, Thailand

Research registration number: 65(2)-0105-049

¹ Bureau of disease control and veterinary services, Ratchathewi, Bangkok, 10400

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

บทนำ

โรคไข้หวัดนกเกิดจากการติดเชื้อไวรัสในวงศ์ Orthomyxoviridae สกุล *Alphainfluenzavirus* สัตว์ปีกหลายชนิดมีความไวต่อการติดเชื้อ โดยมีนกน้ำในธรรมชาติเป็นแหล่งรังโรค การติดเชื้อชนิดสายพันธุ์รุนแรงก่อให้เกิดผลกระทบทางเศรษฐกิจในสัตว์ปีกเลี้ยง ส่วนการติดเชื้อชนิดสายพันธุ์ไม่รุนแรงสามารถกลายพันธุ์ไปสู่ชนิดสายพันธุ์รุนแรงได้ นอกจากนี้เชื้อบางสายพันธุ์โดยเฉพาะ H5, H7 และ H9 มีความเสี่ยงที่จะติดต่อไปสู่คน (OIE, 2021) ประเทศไทยมีการรายงานพบโรคระหว่างปี พ.ศ. 2547-2551 สัตว์ปีกเลี้ยงมากกว่า 62 ล้านตัวถูกทำลาย ก่อให้เกิดผลกระทบทางเศรษฐกิจจากมาตรการควบคุมโรคและการที่ไม่สามารถส่งออกผลิตภัณฑ์สัตว์ปีก นอกจากนี้ยังสูญเสียค่าใช้จ่ายในการเฝ้าระวังโรคและการปรับระบบป้องกันโรคของฟาร์ม (McLeod *et al.*, 2005; Tiensin *et al.*, 2005; Tiensin *et al.*, 2007; WOA, 2022) กรมปศุสัตว์จึงมีแผนงานในการป้องกันและเฝ้าระวังโรคในสัตว์ปีกเลี้ยงอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน

การวิเคราะห์ช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงสูงสามารถนำมาใช้ในการวางแผนเฝ้าระวังโรคให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในการวางแผนการเฝ้าระวังโรคไข้หวัดนกของสหภาพยุโรปได้กำหนดให้ประเทศสมาชิกมีการวิเคราะห์ความเสี่ยงโดยใช้ปัจจัยเสี่ยง ได้แก่ ชนิดสัตว์ปีก ระยะห่างจากแหล่งน้ำที่เป็นที่จุดพักของนกอพยพ ช่วงเวลาที่มีการอพยพของนก ระบบการผลิตสัตว์ปีก พื้นที่เลี้ยงสัตว์ปีกหนาแน่น ระบบป้องกันโรคของฟาร์ม การเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกและข้อมูลการพบโรคในนกอพยพ (European Commission, 2019) ในประเทศเกาหลีใต้ได้มีการศึกษาการประเมินความเสี่ยง โดยนำข้อมูลการกระจายตัวของนกอพยพในแต่ละเดือนร่วมกับข้อมูลการรายงานโรคไข้หวัดนกในนกอพยพ มาใช้ทำการทำนายพื้นที่และช่วงเวลาที่มีโอกาสพบการโรคไข้หวัดนก (Yoo *et al.*, 2021)

ประเทศไทยอยู่ในเส้นทางอพยพของนกที่มีชื่อว่า East Asian-Australasian Flyway นกทำรังวางไข่ในเขตทุนตราด้านตะวันออกของประเทศรัสเซีย จีน ญี่ปุ่นและเกาหลี นกอพยพลงมาทางทิศใต้สู่พื้นที่อบอุ่นในช่วงฤดูหนาว (Mun *et al.*, 2020) การเกิดและแพร่กระจายของโรคไข้หวัดนกเกี่ยวข้องกับเส้นทางบินของนกอพยพ โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชีย ยุโรปและแอฟริกา (Blagodatski *et al.*, 2021) นอกจากนี้ความหนาแน่นสัตว์ปีกและระบบการผลิตสัตว์ปีกเกี่ยวข้องกับการเกิดและแพร่กระจายของโรคไข้หวัดนก โดยเฉพาะเปิดที่เลี้ยงแบบปล่อยในนาข้าว มีโอกาสที่จะสัมผัสชนกรรมชาติที่ติดเชื้อ (Gilbert *et al.*, 2008; Pfeiffer *et al.*, 2011) การเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกยังมีความสำคัญในการแพร่กระจายโรคไข้หวัดนก จากการศึกษาในประเทศจีนพบว่า การเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกมีชีวิตสัมพันธ์กับการแพร่กระจายของเชื้อไข้หวัดนกชนิดสายพันธุ์ H5N1, H7N9 และ H5N6 ในการเลี้ยงสัตว์ปีกลักษณะฟาร์ม (Yang *et al.*, 2020)

การศึกษานี้มีจุดประสงค์ในการพัฒนารูปแบบในการวิเคราะห์ช่วงเวลาเสี่ยงของการเกิดโรคไข้หวัดนก เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำมาในการวางแผนเฝ้าระวังโรคอย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับผลการเฝ้าระวังโรคให้กับประเทศคู่ค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการศึกษาประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การคัดเลือกปัจจัยเสี่ยงและจัดการข้อมูลปัจจัยเสี่ยง 2) การวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง 3) การตั้งคาระดับความเสี่ยงเพื่อให้สามารถวิเคราะห์พร้อมกันได้ 4) การรวมปัจจัยเสี่ยงเพื่อวิเคราะห์หาช่วงเวลาเสี่ยง 5) การแสดงผลการวิเคราะห์ความเสี่ยง โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. การคัดเลือกปัจจัยเสี่ยงและจัดการข้อมูลปัจจัยเสี่ยง

การระบุปัจจัยเสี่ยงดำเนินการโดยทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยเสี่ยงของช่วงเวลากับการเกิดโรคไข้หวัดนก โดยใช้ PubMed, Google scholar เป็นต้น จากนั้นรวบรวมข้อมูลปัจจัยเสี่ยงที่คัดเลือกมา ได้แก่

1.1 ปริมาณนกอพยพ แหล่งที่มาของข้อมูลคือเป็นข้อมูลการรายงานการพบนกธรรมชาติในประเทศไทยจาก eBird ระหว่างปี 2553-2563 (eBird, 2021) ประกอบด้วยข้อมูล ชนิดนกที่พบ จำนวนตัวและสถานที่พบ เป็นต้น รายงานโดยอาสาสมัครหรือนักดูนกผ่าน

1.2 จำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกทั้งหมด แหล่งที่มาของข้อมูลการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีก โดยรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลระบบการเคลื่อนย้ายสัตว์และซากสัตว์ผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Movement) ระหว่างเดือนมกราคม - ธันวาคม 2563 ซึ่งเป็นระบบออกใบอนุญาตเคลื่อนย้ายสัตว์และซากสัตว์ของกรมปศุสัตว์ผ่านทางเว็บไซต์ และทางแอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์

1.3 จำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกเพื่อนำไปเลี้ยงในจังหวัด แหล่งที่มาของข้อมูลคือแหล่งสืบค้นเดียวกับข้อ 1.2

จัดการข้อมูลและคำนวณปริมาณการเคลื่อนย้ายและจำนวนนกอพยพในแต่ละช่วงเวลาและพื้นที่ โดยวิเคราะห์แยกรายเดือนและในระดับจังหวัดด้วยซอฟต์แวร์ Microsoft Power BI Desktop (Version: 2.99.782.0) โดยแยกข้อมูลการเคลื่อนย้ายรายชนิดสัตว์ปีกที่เคลื่อนย้ายเข้าแต่ละจังหวัดและแยกจุดประสงค์ของการย้าย โดยที่ข้อมูลการเคลื่อนย้ายที่มีจุดประสงค์เพื่อนำไปเลี้ยง แยกออกมาเพื่อใช้เป็นข้อมูลปริมาณการเลี้ยงสัตว์ปีกใหม่ภายในจังหวัด ข้อมูลการรายงานการพบนกแยกประเภทนกอพยพและนกประจำถิ่นโดยใช้ข้อมูลจากสมาคมอนุรักษ์นกและธรรมชาติแห่งประเทศไทย

2. การวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง

ดำเนินการโดยจัดประชุมเพื่อสอบถามข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นอาจารย์มหาวิทยาลัย และเจ้าหน้าที่ของกรมปศุสัตว์ที่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับการควบคุม และป้องกันโรคไข้หวัดนก จำนวน 4 คน เพื่อระบุปัจจัยเสี่ยงที่คัดเลือกได้แก่ ปริมาณนกอพยพ จำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกทั้งหมด และจำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกเพื่อนำไปเลี้ยงภายในจังหวัด และให้คะแนนเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงในแต่ละชนิดสัตว์ปีก ได้แก่ ไก่เนื้อ ไก่พ่อแม่พันธุ์ ไก่ไข่ เป็ดเนื้อ เป็ดไข่และไก่พื้นเมือง

3. การตั้งค่าระดับความเสี่ยงเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ร่วมกันได้

นำข้อมูลปัจจัยเสี่ยงมาตั้งค่าระดับความเสี่ยง (standardize) ให้อยู่ระหว่าง 0-1 (ไม่มีความเสี่ยง- ความเสี่ยงสูงสุด) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ร่วมกันได้ โดยใช้ของเดือนที่สูงที่สุดในแต่ละปัจจัยเสี่ยงมาหารค่าของปัจจัยเสี่ยงในแต่ละเดือน ด้วยซอฟต์แวร์ R version 4.1.2 (R Development Core Team, Vienna, Austria)

4. การรวมปัจจัยเสี่ยงเพื่อวิเคราะห์หาช่วงเวลาเสี่ยง

นำข้อมูลที่ได้จากการตั้งค่าระดับความเสี่ยงมาคูณด้วยค่าน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยงที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญของแต่ละปัจจัยเสี่ยง รวมข้อมูลทั้งหมดด้วยซอฟต์แวร์ R version 4.1.2 (R Development Core Team, Vienna, Austria) ตามสมการดังนี้

$$R = 1 - (1 - S1 * W1) * (1 - S2 * W2) * (1 - S3 * W3)$$

โดยที่ R คือผลรวมความเสี่ยงในแต่ละเดือน S1-S3 คือ ค่าที่ได้จากการตั้งค่าระดับความเสี่ยง และ W1-W3 คือน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยง (Mur *et al.*, 2012; Taylor *et al.*, 2020)

5. การแสดงผลการวิเคราะห์ความเสี่ยง

ผลรวมความเสี่ยงของแต่ละจังหวัดถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละเขตปศุสัตว์ ซึ่งมี 9 เขต โดยแสดงผลระดับความเสี่ยงในแต่ละเดือนด้วยซอฟต์แวร์ Microsoft Excel version 2016 (Microsoft, USA) โดยที่ระดับความเสี่ยงอยู่ระหว่าง 0 (ความเสี่ยงต่ำแสดงผลด้วยสีเขียว) ถึง 1 (ความเสี่ยงสูงแสดงผลด้วยสีแดง) แบ่งระดับสีความเสี่ยงโดยใช้ควอร์ไทล์ (quartile) และจัดทำแผนผังความเสี่ยงรายเดือนโดยใช้ค่าเฉลี่ยของทุกชนิดสัตว์ปีกในระดับจังหวัดด้วยซอฟต์แวร์ R version 4.1.2 (R Development Core Team, Vienna, Austria)

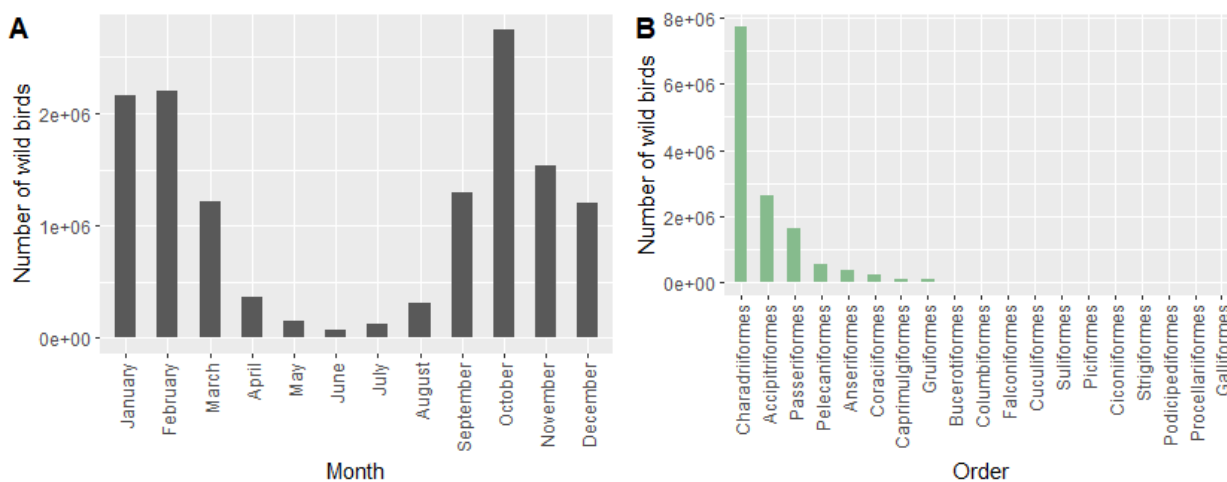
ผลการศึกษา

1. ผลการคัดเลือกปัจจัยเสี่ยง และการจัดการข้อมูลปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคใช้หวัดนก

ประกอบด้วย 3 ปัจจัยเสี่ยง โดยมีข้อมูลเชิงพรรณนา ดังนี้

1.1 ปริมาณนกอพยพ

ผลการวิเคราะห์จำนวนการรายงานการพบนกในประเทศไทยจาก eBird ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2563 พบการรายงานจำนวนนกอพยพสูงระหว่างเดือนกันยายน-มีนาคม โดยพบสูงสุดในเดือนตุลาคม (ภาพที่ 1, A) อันดับ (Order) ของนกอพยพที่รายงานมากที่สุดคือ Charadriiformes (นกนางนวล, นกชายเลน เป็นต้น) รองลงมาคือ Accipitriformes (เหยี่ยว) และ Passeriformes (นกเกาะคอน) (ภาพที่ 1, B)



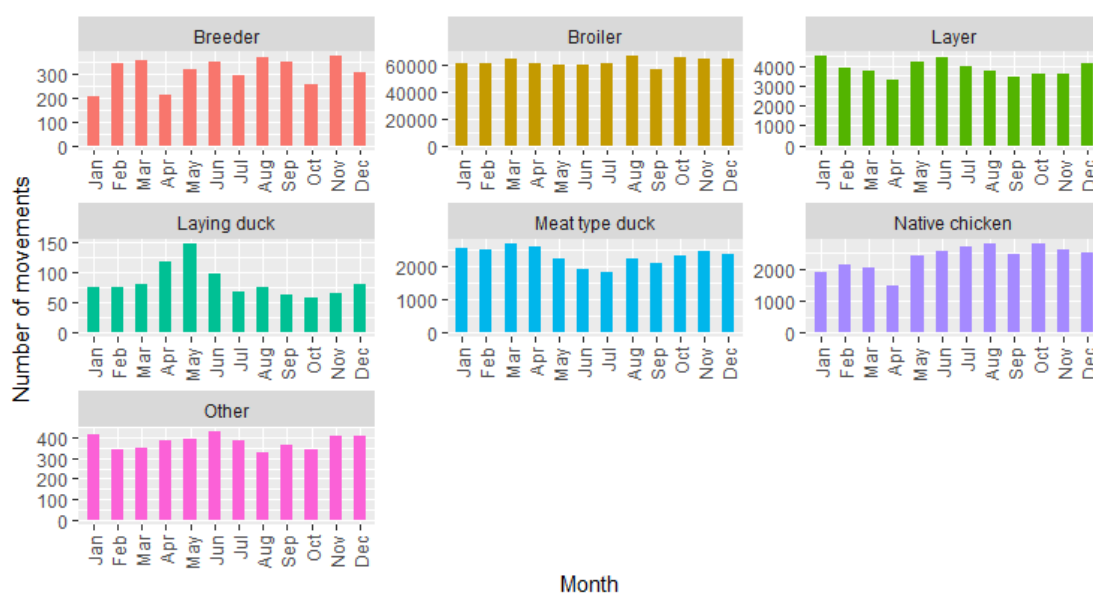
ภาพที่ 1 จำนวนนกอพยพในประเทศไทยจาก eBird ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2563 แยกรายเดือน (A), จำนวนนกอพยพแยกรายอันดับ (Order) ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2563 (B)

1.2 จำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกทั้งหมด

จากข้อมูลการเคลื่อนย้ายของสัตว์ปีกทั้งหมดในประเทศไทยระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2563 พบว่าชนิดสัตว์ปีกที่มีการเคลื่อนย้ายมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ไก่เนื้อ 744,677 ครั้ง (86.90%) ไก่ไข่ 46,741 ครั้ง (5.45%) และไก่พื้นเมือง 28,434 ครั้ง (3.32%) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายรายชนิดสัตว์ปีกระหว่างเดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2563

ชนิดสัตว์ปีก	การเคลื่อนย้ายทั้งหมด			การเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปเลี้ยง		
	จำนวนครั้ง	ร้อยละ	จำนวนตัว	จำนวนครั้ง	ร้อยละ	จำนวนตัว
ไก่เนื้อ	744,677	86.90	3,692,887,519	90,438	78.70	1,877,400,871
ไก่ไข่	46,741	5.45	140,583,459	11,898	10.35	87,254,168
ไก่พื้นเมือง	28,434	3.32	5,141,800	4,714	4.10	1,280,446
เป็ดเนื้อ	27,802	3.24	72,506,850	3,395	2.95	37,116,884
ไก่พ่อแม่พันธุ์	3,740	0.44	23,270,806	3,376	2.94	20,202,515
เป็ดไข่	998	0.12	1,771,011	587	0.51	1,043,986
สัตว์ปีกชนิดอื่น	4,542	0.53	3,426,748	513	0.45	1,287,530
รวม	856,934	100	3,939,588,193	114,921	100	2,025,586,400



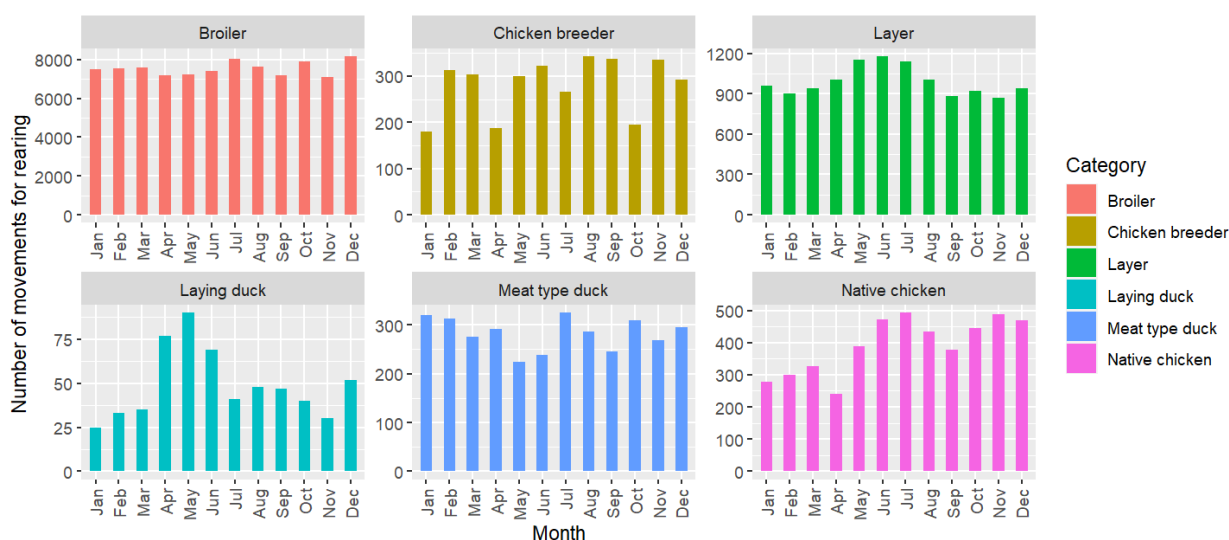
ภาพที่ 2 ปริมาณการเคลื่อนย้ายทั้งหมดแยกรายชนิดสัตว์ปีกระหว่างเดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2563

ผลการวิเคราะห์จำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกทั้งหมดในแต่ละเดือนแยกรายชนิดสัตว์ปีกระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2563 พบจำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายไก่พ่อแม่พันธุ์สูงสุดในเดือนสิงหาคมและพฤศจิกายน การเคลื่อนย้ายไก่เนื้อพบการกระจายตัวสูงตลอดทั้งปี ไก่ไข่พบการเคลื่อนย้ายสูงสุดในเดือนมกราคมและมิถุนายน เป็ดไข่พบการเคลื่อนย้ายสูงสุดในเดือนพฤษภาคม เป็ดเนื้อพบการเคลื่อนย้ายสูงสุดในเดือนมีนาคม ไก่พื้นเมืองพบการเคลื่อนย้ายสูงสุดในเดือนสิงหาคมและตุลาคม และในสัตว์ปีกชนิดอื่นพบการเคลื่อนย้ายสูงสุดในเดือนมกราคมและมิถุนายน ตามที่แสดงในภาพที่ 2

1.3 จำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกเพื่อนำไปเลี้ยงในจังหวัด

จากข้อมูลการเคลื่อนย้ายของสัตว์ปีกเพื่อนำไปเลี้ยงในจังหวัดระหว่างเดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2563 พบว่าชนิดสัตว์ปีกที่มีการเคลื่อนย้ายมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ไก่เนื้อ 90,438 ครั้ง (78.70%) ไก่ไข่ 11,898 ครั้ง (10.35%) และไก่พื้นเมือง 4,714 ครั้ง (4.10%) (ตารางที่ 1)

ผลการวิเคราะห์จำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกเพื่อนำไปเลี้ยงในจังหวัดระหว่างเดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2563 พบจำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายไก่พ่อแม่พันธุ์สูงสุดในเดือนสิงหาคม การเคลื่อนย้ายไก่เนื้อพบการกระจายตัวสูงตลอดทั้งปี ไก่ไข่พบการเคลื่อนย้ายสูงสุดในเดือนมิถุนายน เป็ดไข่พบการเคลื่อนย้ายสูงสุดในเดือนพฤษภาคม เป็ดเนื้อพบการเคลื่อนย้ายสูงสุดในเดือนกรกฎาคม และไก่พื้นเมืองพบการเคลื่อนย้ายสูงสุดในเดือนกรกฎาคม ตามที่แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ปริมาณการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกเพื่อนำไปเลี้ยงในจังหวัดแยกรายชนิดสัตว์ปีก ระหว่างเดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2563

2. ผลการวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง

การให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับช่วงเวลาในการเกิดโรคไข้หวัดนก ผู้เชี่ยวชาญได้ให้น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงปริมาณนกอพยพมากที่สุด ในสัตว์ปีกชนิดเป็ดไข่และไก่พื้นเมือง และได้ให้น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงปริมาณการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกเข้าเลี้ยงมากที่สุด ในสัตว์ปีกชนิดไก่เนื้อและไก่พ่อแม่พันธุ์ สัตว์ปีกชนิดไก่ไข่และเป็ดเนื้อผู้เชี่ยวชาญได้ให้น้ำหนักความสำคัญปัจจัยเสี่ยงเท่ากัน (ตารางที่ 2)

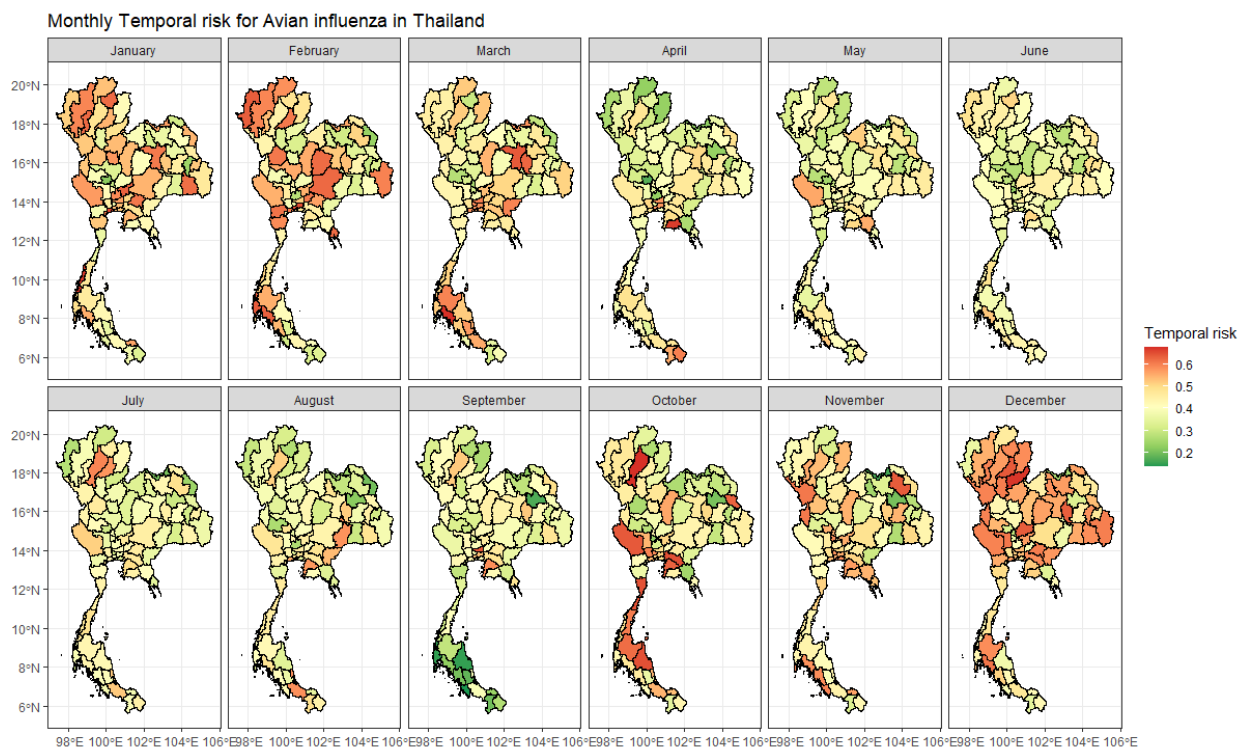
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคไข้หวัดนกสายพันธุ์สัตว์ปีก

ชนิดสัตว์ปีก	ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง		
	ปริมาณนกอพยพ	ปริมาณการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีก	ปริมาณการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกเข้าเลี้ยง
ไก่เนื้อ	0.30	0.30	0.40
ไก่พ่อแม่พันธุ์	0.30	0.30	0.40
ไก่ไข่	0.33	0.33	0.33
เป็ดเนื้อ	0.33	0.33	0.33
เป็ดไข่	0.40	0.35	0.25
ไก่พื้นเมือง	0.40	0.35	0.25

3. ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยง

ผลรวมความเสี่ยงของแต่ละจังหวัดถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละเขตในแต่ละชนิดสัตว์ปีก โดยแสดงผลระดับความเสี่ยงในแต่ละเดือนโดยระดับสีด้วยซอฟต์แวร์ Microsoft Excel โดยที่ระดับความเสี่ยงอยู่ระหว่าง 0 (ความเสี่ยงต่ำแสดงผลด้วยสีเขียว) ถึง 1 (ความเสี่ยงสูงแสดงผลด้วยสีแดง) ผลการวิเคราะห์พบช่วงเดือนที่มีความเสี่ยงสูงมีความแตกต่างกันในแต่ละเขตและแต่ละชนิดสัตว์ปีก โดยส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะพบช่วงเดือนที่มีความเสี่ยงสูงระหว่างเดือน ตุลาคม – มีนาคม โดยในพื้นที่ปศุสัตว์เขต 1 พบความเสี่ยงสูงสุดในไก่พื้นเมืองช่วงเดือนพฤศจิกายน พื้นที่ปศุสัตว์เขต 2 พบความเสี่ยงสูงสุดในไก่เนื้อช่วงเดือนมีนาคม พื้นที่ปศุสัตว์เขต 3 พบความเสี่ยงสูงสุดในไก่เนื้อช่วงเดือนธันวาคม พื้นที่ปศุสัตว์เขต 4 พบความเสี่ยงสูงสุดในไก่พ่อแม่พันธุ์ช่วงเดือนมกราคม พื้นที่ปศุสัตว์เขต 5 พบความเสี่ยงสูงสุดในไก่พื้นเมืองช่วงเดือนมกราคม ไก่เนื้อช่วงเดือนธันวาคมและไก่พ่อแม่พันธุ์ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พื้นที่ปศุสัตว์เขต 6 พบความเสี่ยงสูงสุดในไก่เนื้อช่วงเดือนธันวาคม พื้นที่ปศุสัตว์เขต 7 พบความเสี่ยงสูงสุดในไก่เนื้อช่วงเดือนตุลาคม พื้นที่ปศุสัตว์เขต 8 พบความเสี่ยงสูงสุดในไก่เนื้อและไก่พ่อแม่พันธุ์ช่วงเดือนมีนาคม และพื้นที่ปศุสัตว์เขต 9 พบความเสี่ยงสูงสุดในไก่พ่อแม่พันธุ์ช่วงเดือนเมษายน และเดือนสิงหาคม (ตารางที่ 3)

ผลวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงพื้นที่ระดับจังหวัดแยกรายเดือน พบพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยเสี่ยงในช่วงระหว่างเดือนตุลาคม-มีนาคม โดยส่วนใหญ่พบความเสี่ยงสูงในเดือนธันวาคม (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ผลวิเคราะห์ความเสี่ยงช่วงเวลา โดยจำแนกตามพื้นที่ระดับจังหวัด

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์หาช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดโรคไข้หวัดนกชายเขตและรายชนิดสัตว์

เขต	ชนิดสัตว์ปีก	เดือน											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	ไก่พื้นเมือง	0.50	0.46	0.47	0.39	0.37	0.34	0.37	0.39	0.43	0.41	0.58	0.49
	ไก่เนื้อ	0.47	0.44	0.48	0.41	0.40	0.38	0.44	0.41	0.48	0.44	0.52	0.48
	ไก่พ่อแม่พันธุ์	0.48	0.47	0.48	0.43	0.45	0.41	0.43	0.46	0.47	0.48	0.55	0.53
	เป็ดเนื้อ	0.44	0.46	0.47	0.36	0.36	0.36	0.37	0.43	0.45	0.44	0.52	0.45
	ไก่ไข่	0.42	0.41	0.39	0.36	0.39	0.35	0.35	0.42	0.39	0.36	0.51	0.41
	เป็ดไข่	0.40	0.41	0.40	0.38	0.34	0.31	0.35	0.36	0.39	0.38	0.48	0.43
2	ไก่พื้นเมือง	0.49	0.50	0.52	0.46	0.43	0.40	0.42	0.44	0.42	0.46	0.54	0.50
	ไก่เนื้อ	0.55	0.52	0.57	0.48	0.48	0.48	0.47	0.49	0.49	0.53	0.55	0.55
	ไก่พ่อแม่พันธุ์	0.48	0.49	0.49	0.38	0.40	0.36	0.39	0.44	0.46	0.42	0.46	0.45
	เป็ดเนื้อ	0.47	0.47	0.47	0.41	0.40	0.39	0.40	0.42	0.42	0.45	0.49	0.47
	ไก่ไข่	0.46	0.47	0.49	0.44	0.43	0.39	0.44	0.43	0.45	0.44	0.47	0.49
	เป็ดไข่	0.44	0.46	0.48	0.42	0.46	0.39	0.39	0.41	0.38	0.43	0.47	0.49
3	ไก่พื้นเมือง	0.47	0.46	0.41	0.37	0.36	0.38	0.33	0.35	0.32	0.34	0.36	0.53
	ไก่เนื้อ	0.47	0.48	0.47	0.42	0.44	0.50	0.46	0.46	0.47	0.46	0.44	0.58
	ไก่พ่อแม่พันธุ์	0.50	0.51	0.46	0.45	0.48	0.47	0.46	0.47	0.47	0.45	0.49	0.55
	เป็ดเนื้อ	0.46	0.45	0.41	0.44	0.42	0.45	0.41	0.41	0.41	0.39	0.40	0.55
	ไก่ไข่	0.40	0.39	0.36	0.32	0.36	0.44	0.35	0.42	0.34	0.32	0.31	0.46
	เป็ดไข่	0.39	0.41	0.34	0.40	0.40	0.36	0.32	0.35	0.33	0.35	0.34	0.50
4	ไก่พื้นเมือง	0.46	0.47	0.46	0.38	0.39	0.37	0.35	0.34	0.38	0.39	0.42	0.51
	ไก่เนื้อ	0.48	0.43	0.48	0.39	0.42	0.42	0.43	0.41	0.44	0.39	0.40	0.49
	ไก่พ่อแม่พันธุ์	0.54	0.44	0.46	0.40	0.41	0.43	0.38	0.38	0.41	0.40	0.42	0.49
	เป็ดเนื้อ	0.42	0.42	0.43	0.35	0.40	0.37	0.39	0.35	0.36	0.38	0.38	0.47
	ไก่ไข่	0.40	0.40	0.44	0.41	0.46	0.42	0.37	0.37	0.38	0.37	0.37	0.48
	เป็ดไข่	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.30	0.27	0.31	0.31	0.32	0.33	0.49
5	ไก่พื้นเมือง	0.57	0.56	0.45	0.36	0.36	0.39	0.42	0.36	0.38	0.44	0.45	0.55
	ไก่เนื้อ	0.56	0.55	0.49	0.34	0.41	0.52	0.48	0.39	0.42	0.49	0.48	0.57
	ไก่พ่อแม่พันธุ์	0.56	0.57	0.49	0.37	0.37	0.48	0.44	0.38	0.39	0.44	0.46	0.51
	เป็ดเนื้อ	0.51	0.51	0.42	0.31	0.37	0.42	0.42	0.34	0.37	0.41	0.44	0.53
	ไก่ไข่	0.54	0.56	0.42	0.34	0.38	0.44	0.45	0.34	0.39	0.46	0.43	0.56
	เป็ดไข่	0.53	0.53	0.42	0.30	0.35	0.40	0.39	0.30	0.32	0.38	0.41	0.56
6	ไก่พื้นเมือง	0.52	0.43	0.39	0.33	0.33	0.33	0.33	0.37	0.37	0.42	0.47	0.54
	ไก่เนื้อ	0.55	0.52	0.48	0.46	0.41	0.45	0.50	0.47	0.47	0.50	0.53	0.59
	ไก่พ่อแม่พันธุ์	0.47	0.49	0.45	0.38	0.40	0.39	0.44	0.42	0.43	0.45	0.48	0.52
	เป็ดเนื้อ	0.44	0.42	0.36	0.36	0.29	0.29	0.34	0.35	0.30	0.37	0.40	0.51
	ไก่ไข่	0.44	0.39	0.38	0.33	0.36	0.34	0.37	0.31	0.38	0.39	0.43	0.51
	เป็ดไข่	0.44	0.38	0.32	0.33	0.32	0.26	0.33	0.33	0.34	0.36	0.42	0.50

เขต	ชนิดสัตว์ปีก	เดือน											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
7	ไก่พื้นเมือง	0.53	0.52	0.44	0.44	0.39	0.40	0.42	0.44	0.35	0.53	0.46	0.52
	ไก่เนื้อ	0.57	0.55	0.52	0.48	0.47	0.48	0.48	0.51	0.40	0.58	0.50	0.55
	ไก่พ่อแม่พันธุ์	0.48	0.52	0.47	0.48	0.45	0.42	0.48	0.44	0.42	0.54	0.47	0.51
	เป็ดเนื้อ	0.50	0.52	0.48	0.44	0.42	0.45	0.46	0.47	0.42	0.54	0.49	0.55
	ไก่ไข่	0.47	0.47	0.42	0.44	0.35	0.39	0.44	0.42	0.36	0.45	0.42	0.53
	เป็ดไข่	0.44	0.48	0.40	0.39	0.37	0.33	0.35	0.41	0.32	0.50	0.47	0.52
8	ไก่พื้นเมือง	0.46	0.49	0.52	0.41	0.34	0.34	0.34	0.34	0.21	0.48	0.43	0.43
	ไก่เนื้อ	0.53	0.56	0.58	0.45	0.43	0.50	0.47	0.49	0.27	0.55	0.54	0.57
	ไก่พ่อแม่พันธุ์	0.51	0.54	0.58	0.48	0.53	0.45	0.49	0.46	0.33	0.56	0.54	0.52
	เป็ดเนื้อ	0.49	0.51	0.51	0.42	0.39	0.45	0.43	0.40	0.22	0.50	0.46	0.48
	ไก่ไข่	0.50	0.48	0.52	0.42	0.41	0.39	0.39	0.40	0.16	0.48	0.49	0.45
	เป็ดไข่	0.43	0.48	0.50	0.38	0.40	0.40	0.38	0.38	0.21	0.49	0.44	0.47
9	ไก่พื้นเมือง	0.38	0.33	0.42	0.49	0.46	0.44	0.39	0.38	0.17	0.39	0.41	0.37
	ไก่เนื้อ	0.49	0.44	0.50	0.54	0.46	0.47	0.49	0.51	0.34	0.52	0.52	0.50
	ไก่พ่อแม่พันธุ์	0.49	0.48	0.47	0.58	0.46	0.52	0.52	0.58	0.34	0.50	0.53	0.48
	เป็ดเนื้อ	0.37	0.29	0.31	0.46	0.32	0.32	0.34	0.45	0.12	0.40	0.41	0.34
	ไก่ไข่	0.40	0.32	0.37	0.47	0.47	0.44	0.44	0.44	0.28	0.47	0.51	0.39
	เป็ดไข่	0.34	0.31	0.35	0.54	0.42	0.44	0.39	0.40	0.25	0.44	0.46	0.38

วิจารณ์ผลการศึกษา

การระบาดของโรคไข้หวัดนกก่อให้เกิดผลกระทบต่อ การเลี้ยงสัตว์ปีกในวงกว้างตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 จนถึงปัจจุบัน การวิเคราะห์หาช่วงเวลาเสี่ยงสามารถนำมาใช้ในการวางแผนเฝ้าระวังโรค ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาโรคและสามารถดำเนินการตามมาตรการควบคุมโรคได้อย่างรวดเร็ว

จากข้อมูลการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกพบการเคลื่อนย้ายไก่เนื้อมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 86.9 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ปีกประจำปีงบประมาณ 2563 ที่ปริมาณการเลี้ยงไก่เนื้อมากที่สุด 287 ล้านตัว รองลงมาคือ ไก่พื้นเมือง 94 ล้านตัวและไก่ไข่ 57 ล้านตัว (กรมปศุสัตว์, 2563) ปริมาณการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาและชนิดสัตว์ปีก อาจมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น วงจรการผลิตสัตว์ปีก การวางแผนการผลิตและการตลาด เป็นต้น จากการศึกษาในประเทศจีนพบว่า การค้าสัตว์ปีกมีชีวิตที่เพิ่มขึ้นในช่วงเทศกาลตรุษจีนเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงของการติดเชื้อ H5N1 ในคนและในสัตว์ปีก (Soares Magalhães *et al.*, 2012) ข้อมูลปริมาณการนำสัตว์ปีกเข้ามาเลี้ยงบ่งชี้ว่าช่วงเวลานั้นมีการเลี้ยงสัตว์ปีกในพื้นที่ปริมาณมาก จากการศึกษาในประเทศบังกลาเทศพบว่าความหนาแน่นของการเลี้ยงสัตว์ปีกและระบบป้องกันโรค เป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญในการติดเชื้อไข้หวัดนกในไก่โดยที่ไม่แสดงอาการ (Ali *et al.*, 2021)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการรายงานการพบนกอพยพในประเทศไทยพบปริมาณนกอพยพเริ่มเพิ่มมากขึ้นในเดือนกันยายนและพบปริมาณสูงต่อเนื่องไปจนถึงเดือนมีนาคม โดยพบนกในอันดับ Charadriiformes มากที่สุด รองลงมาคืออันดับ Accipitriformes สอดคล้องกับการศึกษาาระหว่างเดือนตุลาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2561 บริเวณนาเกลือในจังหวัดสมุทรสงครามและจังหวัดเพชรบุรี พบชนิดนกอพยพในอันดับ Charadriiformes มากที่สุด (Tudpet *et al.*, 2019) และการศึกษาที่จังหวัดชุมพรพบกลุ่มนกล่าเหยื่ออพยพผ่านในช่วงระหว่างปลายเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน (Limparungpatthanaku *et al.*, 2019)

ผลการวิเคราะห์พบช่วงเดือนที่มีความเสี่ยงสูงและผลวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงพื้นที่ระดับจังหวัดแยกในแต่ละเดือน โดยส่วนใหญ่พบความเสี่ยงสูงอยู่ระหว่างเดือนตุลาคม-มีนาคม สอดคล้องกับการศึกษาการระบาดของ H5N1 โดยพบการระบาดในช่วงระหว่างเดือนตุลาคม-มีนาคมซึ่งเกี่ยวข้องกับฤดูกาลอพยพของนก ในช่วงแรกของการระบาดพบในเส้นทางนกอพยพ East Asian-Australasian Flyway ต่อมาได้แพร่กระจายไปสู่เส้นทางนกอพยพอื่นๆในบริเวณทวีปเอเชียกลาง ทวีปยุโรปและทวีปแอฟริกา (Si *et al.*, 2009) นกน้ำในอันดับ Anseriformes และ Charadriiformes เกี่ยวข้องกับการแพร่กระจายของ H5N1 โดยนกได้นำเชื้อไวรัสจากเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ไปทางทิศเหนือในฤดูใบไม้ผลิแล้วแพร่กระจายไปยังทั่วโลกผ่านการอพยพในฤดูใบไม้ร่วง (Xu *et al.*, 2016) มีการศึกษาในประเทศเนเธอร์แลนด์ที่พบความเกี่ยวข้องทางพันธุกรรมของเชื้อไข้หวัดนก H5N6 ในนกธรรมชาติและสัตว์ปีกในฟาร์มที่พบโรคในช่วงแรกของการระบาด โดยนกเป็นตัวนำเชื้อเข้าไปสู่ฟาร์ม (Beerens *et al.*, 2019) อย่างไรก็ตามการระบาดของโรคในฟาร์มสัตว์ปีกอาจเกิดจากการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกหรือยานพาหนะระหว่างฟาร์มได้ มีการศึกษาในประเทศเกาหลีใต้พบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางพันธุกรรมของเชื้อไข้หวัดนก H5N6 จากฟาร์มที่พบการระบาดเป็นกลุ่มกับยานพาหนะที่เข้าออกระหว่างฟาร์ม (Yoo *et al.*, 2021)

ข้อจำกัดของการศึกษานี้คือ ข้อมูลการรายงานนกอพยพขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของนกและโอกาสที่นกจะถูกพบและรายงาน ทำให้มีข้อมูลการพบนกในบริเวณพื้นที่ห่างไกลน้อย อย่างไรก็ตามถึงแม้ข้อมูลจะจำกัดแต่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงในการเกิดโรคไข้หวัดนกได้ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการวางแผนเฝ้าระวังโรคแบบ Risk-based surveillance เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำมาใช้ในการดำเนินงานเฝ้าระวังโรคและเตรียมความพร้อมในการรับมือป้องกันโรคอย่างมีประสิทธิภาพ ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงยังมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะพื้นที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของนกอพยพและข้อมูลชนิดนกที่มีการรายงานโรค เป็นต้น รวมทั้งวิธีในการทดสอบความแม่นยำของผลการวิเคราะห์ เป็นสิ่งที่ต้องมีการศึกษาต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

โครงการเฝ้าระวังโรคไข้หวัดนกเชิงรุกแบบบูรณาการของประเทศไทยที่ผ่านมา ได้มีการวางแผนเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนมกราคมและกรกฎาคมของทุกปี ผลที่ได้จากการศึกษานี้นำมาใช้ในโครงการเฝ้าระวังโรคไข้หวัดนกเชิงรุกแบบบูรณาการของประเทศไทย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 โดยวางแผนเก็บตัวอย่างเฝ้าระวังโรคเชิงรุกในระหว่างเดือนธันวาคม 2564 - มีนาคม 2565 ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่มีความเสี่ยงสูงและมีการติดตามประเมินผลการเก็บตัวอย่างให้เป็นไปตามแผน นอกจากนี้ยังมีการแจ้งเตือนให้เกษตรกรเข้มงวดระบบความปลอดภัยทางชีวภาพของฟาร์มเพื่อป้องกันการสัมผัสระหว่างสัตว์ปีกเลี้ยงและนกธรรมชาติในช่วงเดือนที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดโรคไข้หวัดนก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.สพ.ญ.สุวิชา เกษมสุวรรณ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับคำแนะนำสนับสนุนการศึกษา และกองสารวัตรและกักกัน กรมปศุสัตว์ สำหรับข้อมูลการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีก

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2563. ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และไกรรายจังหวัด ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563. Available Source: <https://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/report/regislives/2020/country/6-Chick.pdf>, 15 เมษายน 2565.
- Ali, M.Z., M. Hasan and M. Giasuddin. 2021. Potential Risk Factors of Avian Influenza Virus Infection in Asymptomatic Commercial Chicken Flocks in Selected Areas of Bangladesh During 2019. **Journal of advanced veterinary and animal research** 8(1): 51-57.
- Beerens, N., R. Heutink, S. Pritz-Verschuren, E.A. Germeraad, S.A. Bergervoet, F. Harders, A. Bossers and G. Koch. 2019. Genetic Relationship between Poultry and Wild Bird Viruses During the Highly Pathogenic Avian Influenza H5n6 Epidemic in the Netherlands, 2017–2018. **Transboundary and Emerging Diseases** 66(3): 1370-1378.
- Blagodatski, A., K. Trutneva, O. Glazova, O. Mityaeva, L. Shevkova, E. Kegeles, N. Onyanov, K. Fede, A. Maznina, E. Khavina, S.-J. Yeo, H. Park and P. Volchkov. 2021. Avian Influenza in Wild Birds and Poultry: Dissemination Pathways, Monitoring Methods, and Virus Ecology. **Pathogens (Basel, Switzerland)** 10(5): 630.
- eBird. (2021) Ebird Basic Dataset. Version: Ebd_Reldec-2021. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. Dec 2021., in: C. L. o. Ornithology (Ed.), December 2021., Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York.
- European Commission. 2019. **Commission Delegated Regulation (Eu) 2020/689**. Available Source: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0689#d1e32-267-1>, April 14, 2022.

- Gilbert, M., X. Xiao, D.U. Pfeiffer, M. Epprecht, S. Boles, C. Czarnecki, P. Chaitaweesub, W. Kalpravidh, P.Q. Minh, M.J. Otte, V. Martin and J. Slingenbergh. 2008. Mapping H5n1 Highly Pathogenic Avian Influenza Risk in Southeast Asia. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 105(12): 4769-4774.
- Limparungpatthanaku, W., C. Nualsri, A. Jearwattananok, C. Hansasuta, K. Sutasha, R. Angkaew and P.D. Round. 2019. Abundance and Timing of Migratory Raptors Passing through Khao Dinsor, Southern Thailand, in Autumn 2015-2016. **Forktail** 35): 18-27.
- McLeod, A., N. Morgan, A. Prakash and J. Hinrichs. 2005. Economic and Social Impacts of Avian Influenza, 7-9. *In*.
- Mun, P.C.W., E. Ong, Y.D. Li and R. Jordan. 2020. East Asian-Australasian Flyway. **Nature Watch** July–September 2020):
- Mur, L., B. Martínez-López and J.M. Sánchez-Vizcaino. 2012. Risk of African Swine Fever Introduction into the European Union through Transport-Associated Routes: Returning Trucks and Waste from International Ships and Planes. **BMC Veterinary Research** 8(1): 149.
- OIE. 2021. **Avian Influenza (Including Infection with High Pathogenicity Avian Influenza Viruses)**. Available Source: https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.03.04_AI.pdf, April 3, 2022.
- Pfeiffer, D.U., M.J. Otte, D. Roland-Holst, K. Inui, N. Tung and D. Zilberman. 2011. Implications of Global and Regional Patterns of Highly Pathogenic Avian Influenza Virus H5n1 Clades for Risk Management. **The Veterinary Journal** 190(3): 309-316.
- Si, Y., A.K. Skidmore, T. Wang, W.F. de Boer, P. Debba, A.G. Toxopeus, L. Li and H.H.T. Prins. 2009. Spatio-Temporal Dynamics of Global H5n1 Outbreaks Match Bird Migration Patterns. **Geospatial Health** 4(1): 65-78.
- Soares Magalhães, R.J., X. Zhou, B. Jia, F. Guo, D.U. Pfeiffer and V. Martin. 2012. Live Poultry Trade in Southern China Provinces and Hpaiv H5n1 Infection in Humans and Poultry: The Role of Chinese New Year Festivities. **PLOS ONE** 7(11): e49712.
- Taylor, R.A., R. Condoleo, R.R.L. Simons, P. Gale, L.A. Kelly and E.L. Snary. 2020. The Risk of Infection by African Swine Fever Virus in European Swine through Boar Movement and Legal Trade of Pigs and Pig Meat. **Frontiers in Veterinary Science** 6(486):
- Tiensen, T., P. Chaitaweesub, T. Songserm, A. Chaisingh, W. Hoonsuwan, C. Buranathai, T. Parakamawongsa, S. Premashthira, A. Amonsin, M. Gilbert, M. Nielen and A. Stegeman. 2005. Highly Pathogenic Avian Influenza H5n1, Thailand, 2004. **Emerg Infect Dis** 11(11): 1664-1672.
- Tiensen, 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. **J Infect Dis** 196(11): 1679-1684.

- Tudpet, S., K. Srinongnut and N. Charoenpokaraj. 2019. The Study on Species Diversity, Seasonal Status and Similarity of Birds in Salt Field Areas in Bang Kaew Sub-District, Muang District, Samut Songkharm Province and Ban Pak Talay Subdistrict, Ban Laem District, Phetchaburi Province, 151-151. *In*.
- WOAH. 2022. **World Animal Health Information System**. Available Source: <https://wahis.woah.org/#/dashboards/qd-dashboard>, June 3, 2022.
- Xu, Y., P. Gong, B. Wielstra and Y. Si. 2016. Southward Autumn Migration of Waterfowl Facilitates Cross-Continental Transmission of the Highly Pathogenic Avian Influenza H5n1 Virus. **Scientific Reports** 6(1): 30262.
- Yang, Q., X. Zhao, P. Lemey, M.A. Suchard, Y. Bi, W. Shi, D. Liu, W. Qi, G. Zhang, N.C. Stenseth, O.G. Pybus and H. Tian. 2020. Assessing the Role of Live Poultry Trade in Community-Structured Transmission of Avian Influenza in China. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 117(11): 5949-5954.
- Yoo, D.-S., B.c. Chun, Y. Kim, K.-N. Lee and O.-K. Moon. 2021. Dynamics of Inter-Farm Transmission of Highly Pathogenic Avian Influenza H5n6 Integrating Vehicle Movements and Phylogenetic Information. **Scientific Reports** 11(1): 24163.