

การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายสุกร ในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ปี 2565

กรุณา กาญจนเดมิย์^{1*} รตา รังสิตติยากร^{2*}

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างเป็นการศึกษาแบบ Cross-sectional study วิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม (Social network analysis: SNA) ด้วยโปรแกรม R มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์รูปแบบของเครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง โดยใช้ฐานข้อมูลการเคลื่อนย้ายภายในราชอาณาจักรผ่านระบบการเคลื่อนย้ายสัตว์และซากสัตว์ผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Movement) ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม - 31 ธันวาคม 2565 โดยหน่วยย่อยของการศึกษา (node) คือ อำเภอ และเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยย่อย (tie) คือ การเคลื่อนย้ายสุกร ผลการศึกษาพบว่าการเคลื่อนย้ายทั้งหมด 88,720 ครั้ง สุกรจำนวน 4,690,022 ตัว การเคลื่อนย้ายสุกรส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์เพื่อเข้าโรงฆ่าสัตว์และนำไปเลี้ยงขุนในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ตอนบนและภาคกลาง เครือข่ายแบบมีทิศทาง (directed network) นี้ มีอำเภอในเครือข่ายทั้งหมด 311 อำเภอ และมีความสัมพันธ์ในการเคลื่อนย้ายสุกรระหว่างอำเภอ 2,442 เส้น ภาพรวมของเครือข่ายพบว่าอำเภอต่างๆ มีโอกาสในการรับและแพร่กระจายโรคใกล้เคียงกัน ฟาร์มสุกร เล้าขายและโรงฆ่าสุกรมีบทบาทสำคัญในเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกร เครือข่ายมี giant strongly connected component จำนวน 1 component ประกอบด้วย 138 อำเภอ คิดเป็นร้อยละ 44.38 ของจำนวนอำเภอทั้งหมดในเครือข่าย และมีอำเภอที่เป็น cut point จำนวน 37 อำเภอ โครงสร้างเครือข่ายเป็นแบบ scale free โดยมีอำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร และอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลกเป็นจุดศูนย์กลาง (Hub) ของเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกร ดังนั้นจึงเป็นอำเภอเป้าหมายหลักในการกำหนดมาตรการควบคุม ป้องกัน และเฝ้าระวังโรคทั้งการเฝ้าระวังเชิงรุกและเชิงรับ เพื่อลดโอกาสแพร่กระจายของเชื้อ รวมถึงเป็นจุดสำคัญในการประชาสัมพันธ์ที่จะทำให้การกระจายข้อมูล ข่าวสารทำได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้การมีทรัพยากรอย่างจำกัด

คำสำคัญ: การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม การเคลื่อนย้ายสุกร ภาคเหนือตอนล่าง, โปรแกรม R ระบาดวิทยา

1 สำนักงานปศุสัตว์เขต 6 อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก

2 สำนักควบคุม ป้องกันและบำบัดโรคสัตว์ กรมปศุสัตว์ พญาไท กรุงเทพมหานคร

บทนำ

การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม (Social Network Analysis: SNA) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงต่างๆ ระหว่างหน่วยย่อย (Unit of interest) ซึ่งอาจเป็นบุคคล สัตว์ องค์กร สิ่งของ เป็นต้น ตามนิยามหรือขอบเขตของการศึกษา โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะมีลักษณะเป็นเครือข่ายเชื่อมโยงกัน มีจุดแสดงหน่วยของข้อมูลที่ทำการศึกษา (node) และเส้น (tie) แสดงถึงความสัมพันธ์ของหน่วยข้อมูลนั้นๆ การวิเคราะห์นี้สามารถประยุกต์ใช้ได้หลายสาขาวิชา เช่น สังคมศาสตร์ รัฐศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ สื่อสารมวลชนและสาธารณสุข เป็นต้น (Luke and Harris, 2007) นอกจากนี้ยังนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านระบาดวิทยาทางสัตวแพทย์ เช่น การศึกษาความเสี่ยงของการแพร่กระจายโรคจากการสัมผัสกันระหว่างสัตว์หรือฝูงสัตว์ การสัมผัสกับปัจจัยเสี่ยงต่างๆ การวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายกระป๋องและโค ในพื้นที่ระดับตำบลของประเทศไทย (ณัฐชัยและนพวรรณ, 2560) การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายสุกร โคและกระบือ แขวงไชยบุรี สาธารณรัฐประชาชนลาว (Poolkhet et al., 2019) การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายสุกรของจังหวัดน่าน (สุปรียาและอนรรักษ์, 2563) และการประยุกต์ใช้วิธีวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายโคเนื้อ ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ระหว่างปี 2560-2561 (ณัฐวิทย์และณัฐนิชา, 2563) การศึกษาการแพร่กระจายของโรคอุบัติใหม่ในวงจรการค้าสุกรของประเทศไทยในกรณีที่เกิดการแพร่ระบาดของโรค ด้วยวิธีการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม (Wiratsudakul et al., 2022) ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทำให้เกิดความเข้าใจและช่วยทำนายการแพร่กระจายของโรคติดต่อต่างๆ ได้ สามารถช่วยประกอบการตัดสินใจวางแผนควบคุม ป้องกันและกำจัดโรคระบาดในสัตว์ โดยเฉพาะโรคอุบัติใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Stattner and Vidot, 2011, Wiratsudakul et al., 2022)

ในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างประกอบไปด้วย 9 จังหวัด คือจังหวัดกำแพงเพชร ตาก นครสวรรค์ พิจิตร พิษณุโลก เพชรบูรณ์ สุโขทัย อุตรดิตถ์และอุทัยธานี มีเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรทั้งหมด 15,802 ราย สุกรจำนวนทั้งหมด 1,016,664 ตัว คิดเป็นร้อยละ 9.49 ของประเทศ โดยจังหวัดที่มีการเลี้ยงสุกรสูงที่สุด คือจังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 226,086 ตัว รองลงมาคือจังหวัดกำแพงเพชร และพิษณุโลก จำนวน 210,809 และ 151,172 ตัว ตามลำดับ (กรมปศุสัตว์, 2565) ซึ่งจากการศึกษาของ Wiratsudakul และคณะ (2022) พบว่าการเคลื่อนย้ายสุกรในเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกรของประเทศไทยเป็นจุดเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของโรคติดเชื้ออุบัติใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลื่อนย้ายสุกรมีชีวิต และจากระบบสารสนเทศเพื่อการเฝ้าระวังโรคระบาดสัตว์พบว่าในปี 2565 พื้นที่ภาคเหนือตอนล่างมีรายงานการเกิดโรคคอตีบแอฟริกาในสุกรครั้งแรกในพื้นที่จังหวัดพิจิตรและตามด้วยจังหวัดกำแพงเพชร (กรมปศุสัตว์, 2565) ทำให้เกษตรกรได้รับผลกระทบและเกิดความสูญเสียเป็นอย่างมาก โดยมีรายงานพบว่าโรคคอตีบแอฟริกาในสุกรทำให้ฟาร์มสุกรรายย่อยในประเทศแทนซาเนียมีอัตราการตายร้อยละ 84 คิดเป็นความเสียหายมูลค่ามากกว่า 7 หมื่นล้านดอลลาร์สหรัฐ (ประมาณ 2.3 ล้านล้านบาท) และการระบาดในประเทศไนจีเรีย พบอัตราการตายของสุกรในฟาร์มรายย่อยสูงถึงร้อยละ 91 คิดเป็นความเสียหายมูลค่า 941,492 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (ประมาณ 31 ล้านล้านบาท) จะเห็นได้ว่าความสูญเสียทางเศรษฐกิจจากการเกิดโรคคอตีบแอฟริกาในสุกรนั้นมีมูลค่ามหาศาล (กรมปศุสัตว์, 2562)

การเคลื่อนย้ายสุกรมีชีวิตเป็นปัจจัยเสี่ยงหนึ่งที่ทำให้เกิดการระบาดของโรคในสุกร (Glazunova et al, 2021) ดังนั้นการวางมาตรการควบคุมและป้องกันโรคที่มีประสิทธิภาพนั้นจึงจำเป็นต้องเข้าใจและทราบถึงรูปแบบการเคลื่อนย้ายสุกร ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาเครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือ

ตอนล่าง การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์รูปแบบของเครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นองค์ความรู้ในการวางแผนและกำหนดแนวทางในการควบคุมป้องกันและเฝ้าระวังการโรคสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างอย่างเหมาะสม เพื่อลดอุบัติการณ์ของการเกิดและการแพร่กระจายโรคสุกรได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วิธีการศึกษา

รูปแบบและขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบ Cross-sectional study โดยใช้ข้อมูลการเคลื่อนย้ายสัตว์หรือซากสัตว์เข้า ออกหรือผ่านภายในเขตโรคระบาดชั่วคราว เขตโรคระบาดหรือเขตเฝ้าระวังโรคระบาด (แบบ ร.3) ผ่านระบบ e-movement โดยข้อมูลที่ใช้ศึกษาประกอบด้วยที่อยู่ต้นทาง ที่อยู่ปลายทาง วันที่ขออนุญาตเคลื่อนย้าย วัตถุประสงค์ในการเคลื่อนย้าย และจำนวนสุกรที่เคลื่อนย้าย พื้นที่ที่ทำการศึกษา คือ พื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง 9 จังหวัด (กำแพงเพชร ตาก นครสวรรค์ พิจิตร พิษณุโลก เพชรบูรณ์ สุโขทัย อุตรดิตถ์และอุทัยธานี) ชนิดสัตว์ที่ศึกษา คือ สุกรมีชีวิต หน่วยย่อยของการศึกษา (Unit of interest หรือ node) คือ อำเภอ (พื้นที่อำเภอต้นทางและอำเภอปลายทางที่มีการเคลื่อนย้ายสุกรเข้าและออกในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง) และเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยย่อย (ties) คือ การเคลื่อนย้ายสุกรมีชีวิต ตามฐานข้อมูลในระบบการเคลื่อนย้ายสัตว์และซากสัตว์ผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Movement) ของกองสารวัตรและกักกันสัตว์ กรมปศุสัตว์ ช่วงระยะเวลาที่ศึกษา คือข้อมูลการเคลื่อนย้ายสุกรมีชีวิตตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม - 31 ธันวาคม 2565 โดยมีขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายสุกรเพื่อใช้เป็นแนวทางในการรวบรวมข้อมูล
2. รวบรวมข้อมูลการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างจากงระบบ e-Movement ของกองสารวัตรและกักกันสัตว์ กรมปศุสัตว์ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม - 31 ธันวาคม 2565
3. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (data validation)
4. วิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนย้ายเชิงพรรณนา (descriptive study) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนย้าย ได้แก่ วัตถุประสงค์การเคลื่อนย้าย จำนวนการเคลื่อนย้าย และจำนวนสุกรที่เคลื่อนย้าย
5. วิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม (Social network analysis: SNA) แบบมีทิศทาง โดยใช้โปรแกรม R เวอร์ชัน 4.3.2 (R Core Team, 2021) โดยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ระดับ คือ

5.1 วิเคราะห์ในระดับหน่วยย่อย (analysis of individual node) คือการศึกษาความเป็นศูนย์กลาง (Centrality) ของแต่ละอำเภอ (node) ได้แก่

5.1.1 ค่า degree centrality คือ จำนวนความสัมพันธ์ของการเคลื่อนย้ายสุกรในแต่ละอำเภอ หากอำเภอใดมีค่า degree สูง แสดงว่าอำเภอนั้นมีการติดต่อหรือมีจำนวนการเคลื่อนย้ายกับอำเภออื่นๆ ในเครือข่ายมาก (Martinez-Lopez et al., 2009) แบ่งเป็น

- ค่า in-degree centrality หมายถึง จำนวนอำเภอต้นทางที่เคลื่อนย้ายสุกรเข้าอำเภอที่ศึกษา ดังนั้นหากค่า in-degree สูง บ่งชี้ว่ามีการรับสุกรจากอำเภออื่นเป็นจำนวนมาก

- ค่า out-degree centrality หมายถึง จำนวนอำเภอปลายทางที่เคลื่อนย้ายสุกรออกจากอำเภอที่ศึกษา ดังนั้นหากค่า out-degree สูง บ่งชี้ว่ามีการส่งสุกรออกไปยังอำเภออื่นเป็นจำนวนมาก
- ค่า weight in-degree หมายถึง จำนวนครั้งของการเคลื่อนย้ายสุกรเข้าพื้นที่อำเภอที่ศึกษา ดังนั้นหากค่า weight in-degree สูง บ่งชี้ว่ามีความถี่ในการรับสุกรจากอำเภออื่นเข้ามาเป็นจำนวนมาก
- ค่า weight out-degree หมายถึง จำนวนครั้งของการเคลื่อนย้ายสุกรออกจากพื้นที่อำเภอที่ศึกษา ดังนั้นหากค่า weight out-degree สูง บ่งชี้ว่ามีความถี่ในการส่งสุกรออกไปยังอำเภออื่นเป็นจำนวนมาก

5.1.2 ค่า Betweenness centrality คือ จำนวนการเคลื่อนย้ายสุกรจากอำเภออื่นที่สั้นที่สุดผ่านอำเภอที่ศึกษา เพื่อใช้ดูว่าแต่ละอำเภอมีโอกาสที่อำเภออื่นในเครือข่ายจะเดินทางผ่านโดยใช้เส้นทางที่สั้นที่สุด (shortest path) มากน้อยเพียงใด ซึ่งแสดงถึงอำเภออื่นนั้นเป็นอำเภอทางผ่านเพื่อเคลื่อนย้ายสุกรไปยังอำเภออื่น หากมีค่า betweenness สูง หมายถึงมีการเคลื่อนย้ายสุกรผ่านอำเภอนั้นเพื่อไปอำเภออื่นสูง (สุพจน์, 2558)

5.2 การวิเคราะห์ระดับกลุ่มย่อย (analysis of sub-group of a network) เป็นการพิจารณาจากค่า component คือการเกาะกลุ่มกันของอำเภอภายในเครือข่ายที่มีการเคลื่อนย้ายสุกรระหว่างอำเภอโดยใช้เส้นทางใดเส้นทางหนึ่ง แบ่งเป็น weakly connected component (WCC) หมายถึงแต่ละอำเภอในเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกรสามารถติดต่อเชื่อมโยงกันได้แบบไม่มีสนใจทิศทางของการเคลื่อนย้าย และ strongly connected component (SCC) หมายถึงแต่ละอำเภอในเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกรสามารถติดต่อเชื่อมโยงกันได้แบบสนใจทิศทางของการเคลื่อนย้าย และค่า cut point คืออำเภอที่ถ้าถูกตัดออกจากเครือข่ายจะทำให้การเกาะกลุ่มกันของอำเภอในเครือข่ายแตกออกจากกัน ซึ่งมีประโยชน์มากในการควบคุมโรค เช่น ถ้าหากทำลายสัตว์ทั้งหมดในอำเภอที่เป็น cut point หรือให้พ่อค้าสัตว์ที่อยู่ในอำเภอที่เป็น cut point หยุดดำเนินกิจการ หรือชะลอการเคลื่อนย้ายสุกรในอำเภอที่เป็น cut point ก็จะทำให้ component แยกออกจากกัน ดังนั้นโรคก็จะไม่สามารถแพร่ข้าม component ได้

5.3 การวิเคราะห์ระดับเครือข่าย (analysis of whole network) คือการพิจารณาโครงร่างการเชื่อมต่อเครือข่าย (network topology) แสดงผลของความสัมพันธ์ในรูปแบบกราฟ โดยพิจารณาจากค่า density คือการวัดความหนาแน่นของเครือข่าย ซึ่งหมายถึงจำนวนการเคลื่อนย้ายสุกรที่ปรากฏเมื่อเทียบกับการเคลื่อนย้ายที่มีโอกาสเกิดขึ้นทั้งหมดในเครือข่าย (มีค่าตั้งแต่ 0-1) และสร้าง sociogram ของเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกรร่วมกับการนำเสนอเครือข่ายบนแผนที่ประเทศไทยโดยโปรแกรม R เวอร์ชัน 4.3.2 (R Core Team, 2021)

ผลการศึกษา

การเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ปี 2565

จากข้อมูลการเคลื่อนย้ายภายในราชอาณาจักร (แบบ ร.3) ผ่านระบบการเคลื่อนย้ายสัตว์ ชากสัตว์ผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Movement) ของกองสารวัตรและกักกันสัตว์ กรมปศุสัตว์ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม - 31 ธันวาคม 2565 มีการเคลื่อนย้ายสุกรมีชีวิตในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างเข้า - ออกระหว่างอำเภอ จำนวน 88,720 ครั้ง จำนวนสุกรทั้งหมด 4,690,022 ตัว มีค่ามัธยฐานจำนวนสุกรที่เคลื่อนย้าย 15 ± 111.58 ตัวต่อครั้ง

(จำนวนสุกรที่น้อยที่สุดคือ 1 ตัวต่อครั้ง และจำนวนสุกรที่สูงที่สุดคือ 1,600 ตัวต่อครั้ง) โดยวัตถุประสงค์ส่วนใหญ่ของการเคลื่อนย้ายสุกรคือการเคลื่อนย้ายเพื่อเข้าโรงฆ่าสัตว์ คิดเป็นร้อยละ 83.02 รองมาคือเพื่อนำไปเลี้ยงขุนและนำไปจำหน่าย คิดเป็นร้อยละ 6.20 และ 5.65 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างมีกิจกรรมการเลี้ยงสุกรขุนแล้วส่งสุกรเข้าโรงฆ่าเป็นกิจกรรมหลัก

ตารางที่ 1 วัตถุประสงค์ของการเคลื่อนย้ายสุกรมีชีวิต เข้า – ออก ในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ปี 2565

วัตถุประสงค์	จำนวนการเคลื่อนย้ายครั้ง (ร้อยละ)	จำนวนสุกรตัว (ร้อยละ)	จำนวนสุกรที่เคลื่อนย้าย (ตัว/ครั้ง)				
			ค่าเฉลี่ย	ค่ามัธยฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	น้อยที่สุด	มากที่สุด
เข้าโรงฆ่า	73,652 (83.02)	1,916,862 (40.87)	26.03	10	39.45	1	1,300
นำไปเลี้ยงขุน	5,500 (6.20)	2,090,147 (44.57)	380.03	351	206.97	1	1,600
นำไปจำหน่าย	5,010 (5.65)	246,087 (5.25)	49.12	50	35.42	1	650
นำไปทำพันธุ์	3,421 (3.86)	191,035 (4.07)	55.84	50	51.73	1	1,128
นำไปเลี้ยง	578 (0.65)	204,807 (4.37)	354.34	350	272.17	1	1,000
ส่งออก	473 (0.53)	35,921 (0.77)	75.94	100	31.79	1	130
อื่นๆ	86 (0.10)	5,100 (0.11)	59.30	42.5	109.55	1	650
รวม	88,720 (100.00)	4,689,959 (100.00)	52.86	15	111.58	1	1,600

ลักษณะเครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ปี 2565

การวิเคราะห์ในระดับหน่วยย่อย (Analysis of individual node)

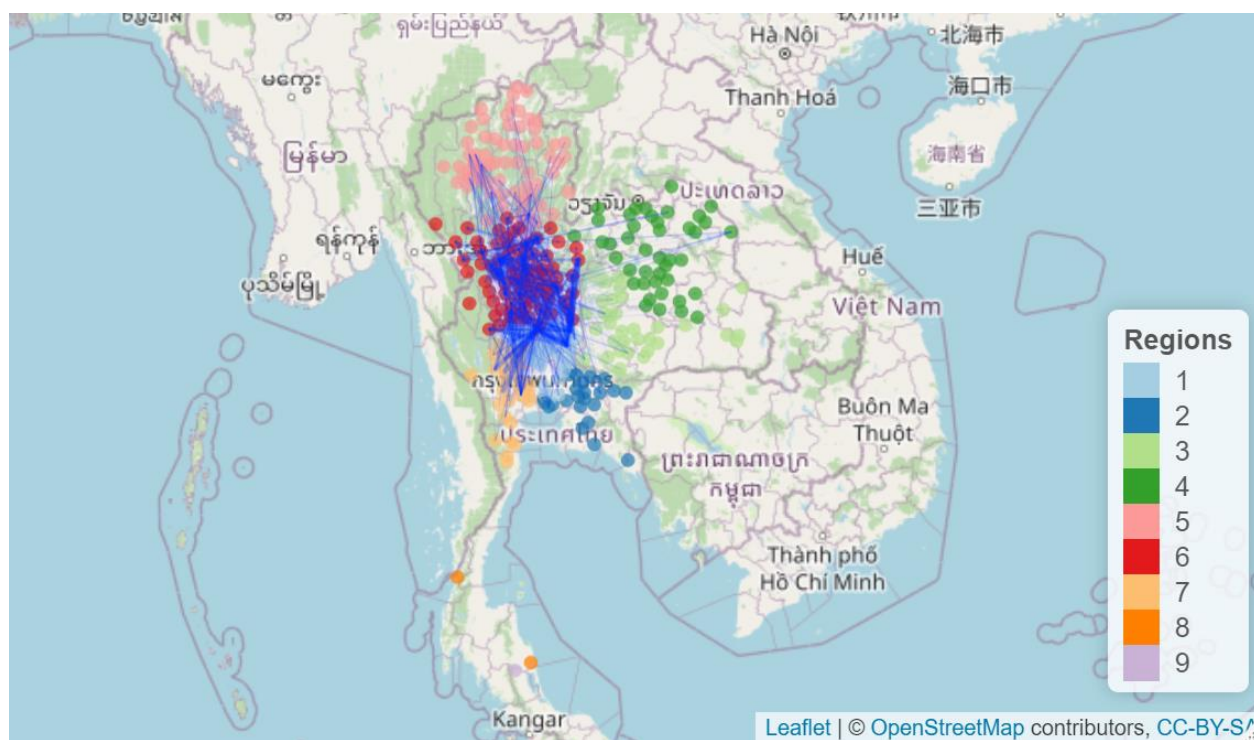
จากการวิเคราะห์เครือข่ายของการเคลื่อนย้ายสุกรมีชีวิตในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ปี 2565 พบว่าเป็นเครือข่ายแบบมีทิศทาง โดยมีจำนวนอำเภอที่เกี่ยวข้องในเครือข่ายทั้งหมด 311 อำเภอ โดยเป็นอำเภอที่อยู่ในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างจำนวน 88 อำเภอ คิดเป็นร้อยละ 28.30 ของอำเภอทั้งหมดในเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกร และมีความสัมพันธ์ในการเคลื่อนย้ายสุกรระหว่างอำเภอจำนวน 2,442 เส้น (ภาพที่ 1) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลระดับหน่วยย่อยโดยหาค่าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่ายของอำเภอที่ศึกษา วัดออกมาเป็นพารามิเตอร์ของเครือข่าย พบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนอำเภอต้นทางที่เคลื่อนย้ายสุกรเข้าอำเภอที่ศึกษา (average in-degree) และค่าเฉลี่ยจำนวนอำเภอปลายทางที่เคลื่อนย้ายสุกรออกจากอำเภอที่ศึกษา (average out-degree) มีค่าเท่ากับ 7.99 ค่า in-degree มีค่าน้อยที่สุด 0 และค่าสูงที่สุด 87 ส่วนค่า out-degree มีค่าน้อยที่สุด 0 และค่าสูงที่สุด 88 (ตารางที่ 2) ซึ่งจากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าเครือข่ายนี้มีลักษณะเป็นทั้งผู้รับและผู้ส่ง หรือหากมองในแง่ของการแพร่กระจายโรค เครือข่ายนี้มีแนวโน้มในการรับและแพร่กระจายโรคใกล้เคียงกัน

จากการวิเคราะห์พบว่าอำเภอที่มีค่า in-degree สูงที่สุด คือ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร มีค่าเท่ากับ 87 รองลงมาคืออำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก และอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ มีค่าเท่ากับ 75 และ 66 ตามลำดับ อำเภอที่มีค่า out-degree สูงที่สุด คือ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก มีค่าเท่ากับ 88 รองลงมาคืออำเภอตากลี จังหวัดนครสวรรค์ และอำเภอเมืองอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ มีค่าเท่ากับ 80 และ 72 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

จากการวิเคราะห์พบว่าอำเภอที่มีค่า weighted in-degree สูงที่สุด คือ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร มีค่าเท่ากับ 5,552 รองลงมาคืออำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ และอำเภอเมืองกำแพงเพชร

จังหวัดกำแพงเพชร มีค่าเท่ากับ 4,088 และ 4,056 ตามลำดับ และอำเภอที่มีค่า weighted out-degree สูงที่สุดคือ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก มีค่าเท่ากับ 7,901 รองลงมาคืออำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก และอำเภอเมืองอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ มีค่าเท่ากับ 6,728 และ 6,318 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

จากการวิเคราะห์พบว่าเครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างมีค่าเฉลี่ยของ betweenness เท่ากับ 269.96 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0 และสูงที่สุดเท่ากับ 9,766.65 อำเภอที่มีค่า betweenness สูงที่สุดคือ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร มีค่าเท่ากับ 9,766.65 รองลงมาคืออำเภอตากลี จังหวัดนครสวรรค์ และอำเภอเมืองอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ มีค่าเท่ากับ 6,619.92 และ 6,068.72 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 1 เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ปี 2565

ตารางที่ 2 ค่าสถิติเชิงพรรณนาของค่าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ปี 2565

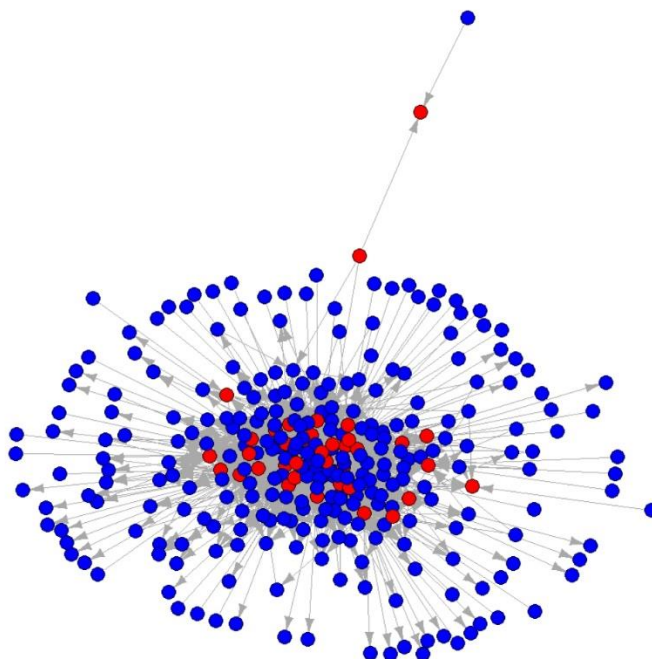
ค่าสถิติ	ค่าศูนย์กลางของเครือข่าย					
	in-degree	out-degree	weighted in-degree	weighted out-degree	closeness	betweenness
ค่าเฉลี่ย	7.99	7.99	285.27	285.27	0.02	269.96
ค่ามัธยฐาน	2	1	10	5	0	0
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	12.96	14.84	697.07	935.51	0.13	969.21
ค่าน้อยที่สุด	0	0	0	0	0	0
ค่ามากที่สุด	87	88	5,552	7,901	1	9,766.65

ตารางที่ 3 ค่า degree centrality และ betweenness centrality 10 ลำดับแรกของเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ปี 2565

ลำดับ	อำเภอ	in-degree	อำเภอ	out-degree	อำเภอ	weighted in-degree	อำเภอ	weighted out-degree	อำเภอ	betweenness
1	พรานกระต่าย	87	บางระกำ	88	พรานกระต่าย	5,552	บางระกำ	7,901	พรานกระต่าย	9,766.65
2	เมืองตาก	75	ตากลี	80	เมืองพิษณุโลก	4,088	วัดโบสถ์	6,728	เมืองอุตรดิตถ์	6,619.92
3	บึงสามพัน	66	เมืองอุตรดิตถ์	72	เมืองเพชรบูรณ์	4,056	เมืองอุตรดิตถ์	6,318	ตากลี	6,068.72
4	เมืองพิษณุโลก	57	ชนแดน	71	บึงสามพัน	3,992	เมืองเพชรบูรณ์	4,566	บางระกำ	5,292.67
5	บางระกำ	48	เมืองกำแพงเพชร	68	เมืองสุโขทัย	3,166	ลาดยาว	3,769	เมืองกำแพงเพชร	4,813.20
6	เมืองสุโขทัย	48	พรหมพิราม	59	ขามเฒ่า	3,068	เมืองสุโขทัย	3,759	เมืองตาก	3,475.95
7	กงไกรลาศ	46	พรานกระต่าย	58	เมืองอุตรดิตถ์	2,974	ตะพานหิน	3,556	เมืองสุโขทัย	3,178.06
8	เมืองนครสวรรค์	46	ศรีสัชนาลัย	54	พัฒนานิคม	2,555	เมืองกำแพงเพชร	3,427	เมืองนครสวรรค์	3,062.66
9	ขามเฒ่า	43	เมืองนครสวรรค์	52	พรหมพิราม	2,239	หนองไผ่	3,060	เมืองพิษณุโลก	2,494.17
10	เมืองเพชรบูรณ์	43	พยุหะคีรี	49	เมืองกำแพงเพชร	2,216	โกสัมพีนคร	2,951	ลาดยาว	2,261.30

การวิเคราะห์ในระดับกลุ่มย่อย (Analysis of subgroup)

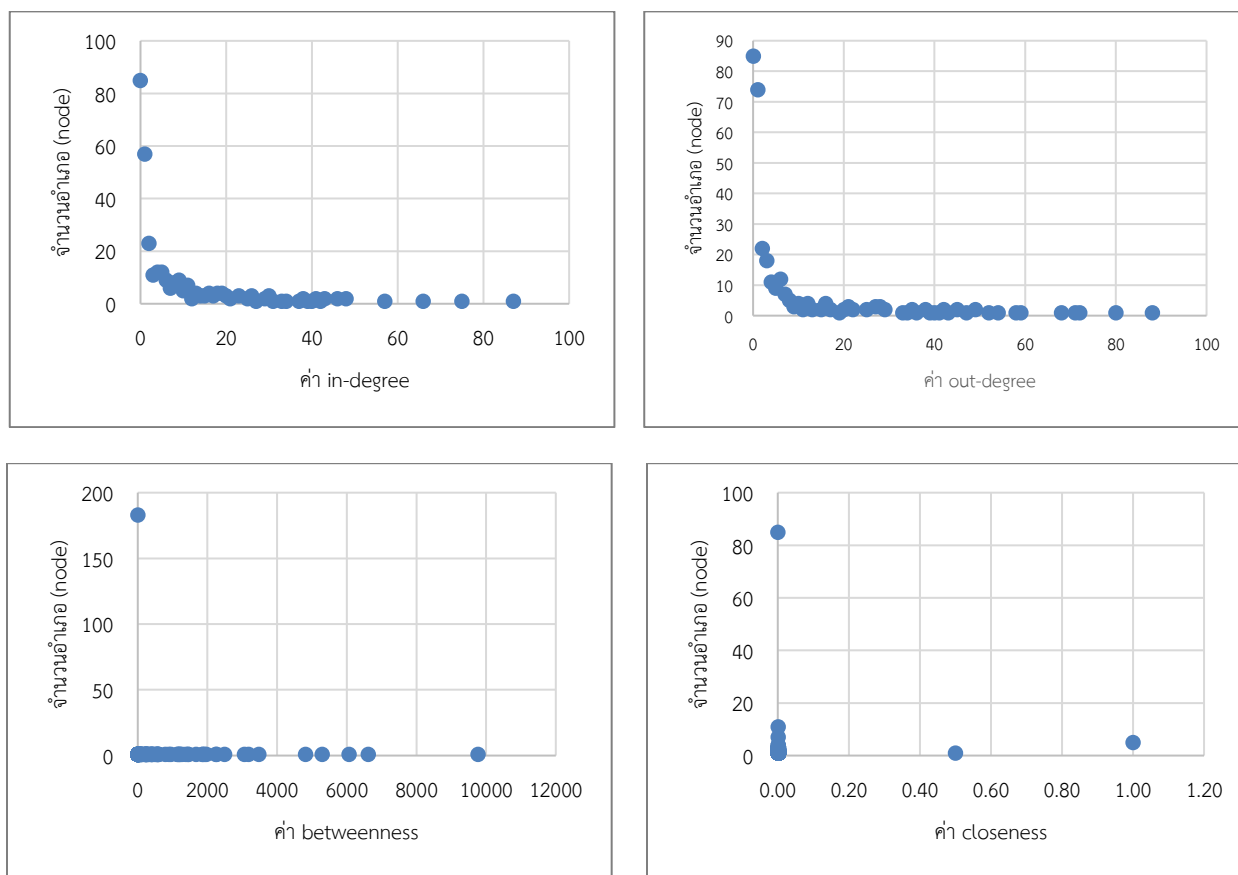
เมื่อวิเคราะห์เครือข่ายในระดับกลุ่มย่อยพบว่า มีอำเภอที่เป็น Cut point จำนวนทั้งหมด 37 อำเภอ (10 จังหวัด) ได้แก่ อำเภอเมืองกำแพงเพชร อำเภอไทรงาม และอำเภอชาลวาลักษณ์บุรี จังหวัดกำแพงเพชร อำเภอเมืองตาก อำเภอสามเงาและอำเภอพบพระ จังหวัดตาก อำเภอเมืองนครสวรรค์ อำเภอบรรพตพิสัย อำเภอตากสิน อำเภอท่าตะโก อำเภอพยุหะคีรีและอำเภอชุมตาบง จังหวัดนครสวรรค์ อำเภอโพทะเล อำเภอทับคล้อและอำเภอสามโก้ จังหวัดพิจิตร อำเภอเมืองพิษณุโลก อำเภอบางระกำ อำเภอพรหมพิราม อำเภอวัดโบสถ์และอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ อำเภอชนแดน อำเภอวิเชียรบุรี อำเภอศรีเทพ อำเภอหนองไผ่และอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ อำเภอกงไกรลาศและอำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย อำเภอเมืองอุตรดิตถ์ อำเภอลับแลและอำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ อำเภอสว่างอารมณ์ อำเภอหนองฉาง อำเภอลานสักและห้วยคต จังหวัดอุทัยธานี (ภาพที่ 2) และมีเครือข่ายที่เชื่อมต่อกัน (component) 2 แบบ ได้แก่ แบบที่ 1 คือเครือข่ายย่อยของอำเภอแบบไม่มีทิศทางจำนวน 1 เครือข่าย โดยเป็นเครือข่ายแบบไม่มีทิศทางที่มีลักษณะแบบ giant weakly connected component (GWCC) ประกอบด้วย 311 อำเภอ คิดเป็นร้อยละ 100 ของเครือข่าย และแบบที่ 2 คือเครือข่ายย่อยของอำเภอแบบมีทิศทางประกอบด้วย 174 เครือข่าย โดยเครือข่ายแบบมีทิศทางที่ใหญ่ที่สุด (giant strongly connected component: GSCC) มีจำนวน 138 อำเภอ คิดเป็นร้อยละ 44.38 ของเครือข่าย



ภาพที่ 2 Cut point ของเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ปี 2565
(จุดสีน้ำเงินคืออำเภอ (node) และสีแดงคืออำเภอที่เป็น cut point)

การวิเคราะห์ในระดับเครือข่าย (Analysis of network structure)

การวิเคราะห์ในระดับเครือข่ายของการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ปี 2565 พบว่ามีความหนาแน่นของเครือข่าย (density) เท่ากับ 0.025 ซึ่งแสดงถึงจำนวนความสัมพันธ์ของการเคลื่อนย้ายที่เกิดขึ้นจริงกับจำนวนความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด เมื่อพิจารณาโครงสร้างการเชื่อมต่อเครือข่ายจากการกระจายตัวของจำนวนการเคลื่อนย้ายของแต่ละอำเภอตามกฎแห่งอำนาจการกระจายตัว (power law distribution) (สุพจน์, 2558) พบว่ามีลักษณะการกระจายตัวแบบเบ้ขวา (right-skewed distribution) (ภาพที่ 3) ดังนั้นเครือข่ายนี้จึงมีโครงสร้าง (network topology) แบบ scale-free network



ภาพที่ 3 การกระจายตัวของค่าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ปี 2565

สรุปและวิจารณ์

จากข้อมูลการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ปี 2565 พบว่าวัตถุประสงค์หลักของการเคลื่อนย้ายสุกรคือการเคลื่อนย้ายเพื่อเข้าโรงฆ่าสัตว์ คิดเป็นร้อยละ 83.02 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างเป็นแหล่งรับสุกรเข้าโรงฆ่าเพื่อการบริโภคและจำหน่าย ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณโรงฆ่าสัตว์ในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างที่มีจำนวน 289 แห่ง กำลังการผลิต 7,369 ตัวต่อวัน และมีการเข้าฆ่าจริง 4,645 ตัวต่อวัน (กรมปศุสัตว์, 2566) และสอดคล้องกับการศึกษาของเบญญาและคณะ (2564) ที่พบว่าการเคลื่อนย้ายสุกรเข้าออก พื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ ระหว่างเดือนมกราคม 2561 ธันวาคม 2562 และการศึกษาของสุปรียาและอนุรักษ์

(2564) ที่พบว่า การเคลื่อนย้ายสุกรของจังหวัดน่านในช่วงปี 2559-2561 มีวัตถุประสงค์หลักของการเคลื่อนย้ายคือการเคลื่อนย้ายเข้าโรงฆ่าสัตว์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Wiratsudakul และคณะ (2022) ที่พบว่า เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกรของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2564 มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเข้าโรงฆ่าสัตว์สูงถึงร้อยละ 78.42 รถขนส่งสุกรจึงมีบทบาทสำคัญที่มีความเสี่ยงในการนำเชื้อเข้าสู่ฟาร์มสุกร ดังนั้นเพื่อป้องกันการระบาดของโรค ฟาร์มสุกรต้องมีระบบการป้องกันโรคทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพ โดยเพิ่มมาตรการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อรถขนส่งสุกรทุกครั้ง และฟาร์มสุกรควรมีจุดขายสุกรที่หน้าฟาร์ม (แยกจากพื้นที่เลี้ยง) เพื่อป้องกันไม่ให้รถขนส่งสุกรเข้าถึงบริเวณพื้นที่เลี้ยงสัตว์ได้โดยตรง (เบญญาและคณะ, 2564, สุปรียาและอนุรักษ์, 2564)

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลระดับหน่วยย่อยโดยหาค่าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่ายของแต่ละอำเภอ พบว่า ค่าเฉลี่ยจำนวนอำเภอต้นทางที่เคลื่อนย้ายสุกรเข้าและค่าเฉลี่ยจำนวนอำเภอปลายทางที่เคลื่อนย้ายสุกรออกมีค่าเท่ากับ 7.99 จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าเครือข่ายนี้มีลักษณะเป็นทั้งผู้รับและผู้ส่งหรือหากมองในแง่ของการแพร่กระจายโรค เครือข่ายนี้มีแนวโน้มในการรับและแพร่กระจายโรคไม่ต่างกัน เนื่องจากในพื้นที่ที่มีการส่งออกสุกรสูงจำเป็นต้องมีการนำเข้าสุกรเข้ามาเลี้ยงสูงด้วยเช่นกัน ทำให้อำเภอที่มีการเลี้ยงสุกรจำนวนมากมีค่าเฉลี่ยทั้งสองค่าสูงเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการประยุกต์ใช้วิธีวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายโคเนื้อ ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ระหว่างปี 2560-2561. ที่พบว่าเครือข่ายการเคลื่อนย้ายโคเนื้อ มีลักษณะเป็นทั้งผู้รับและผู้ส่ง (ณัฐวิทย์และณัฐนิชา, 2563) แต่ไม่สอดคล้องกับการศึกษาการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายสุกรเข้า ออก พื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ ระหว่างเดือนมกราคม 2561 ธันวาคม 2562 ที่พบว่าเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกรมีลักษณะเป็นผู้ส่งมากกว่าผู้รับ ซึ่งหากมีการเกิดโรคระบาดขึ้นภายในจังหวัด จะมีโอกาสในการแพร่โรคมกกว่ารับโรค โดยฟาร์มสุกร เล้าขายสุกรและโรงฆ่าสุกรมีบทบาทสำคัญในเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกร ในด้านการเฝ้าระวังโรคควรมีการส่งเสริมระบบการป้องกันโรคทางชีวภาพสำหรับฟาร์มสุกรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการเพิ่มมาตรการตรวจสอบสุกรให้ครอบคลุมทั้งการเฝ้าระวังทางอาการและการเฝ้าระวังทางห้องปฏิบัติการก่อนการเคลื่อนย้ายสุกรเข้า - ออกจากฟาร์มหรือเล้าขายสุกร รวมถึงควรมีการตรวจสอบสุกรก่อนเข้าฆ่าที่โรงฆ่าสัตว์อย่างเข้มงวดทุกครั้ง และการสุ่มตรวจประสิทธิภาพการทำความสะอาดของโรงฆ่าสัตว์หรือโรงเรือนเลี้ยงสุกรก่อนลงเลี้ยงอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้การเฝ้าระวังโรคมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในด้านของการควบคุมโรคระบาดสัตว์ในพื้นที่ให้พิจารณามาตรการควบคุมการเคลื่อนย้ายของฟาร์มสุกรขุน หรือชะลอการเคลื่อนย้ายสุกรเพื่อลงเลี้ยงใหม่และชะลอการเคลื่อนย้ายสุกรเพื่อเข้าฆ่าในโรงฆ่าสัตว์จะช่วยลดโอกาสในการแพร่กระจายโรคไปยังพื้นที่อำเภออื่นในเครือข่ายได้ ส่วนประเด็นการประชาสัมพันธ์ให้ข่าวสารหรือความรู้เจ้าหน้าที่ควรส่งต่อข้อมูลข่าวสารหรือความรู้ให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรและโรงฆ่าสัตว์โดยเน้นในพื้นที่อำเภอที่มีค่าการวัดทั้งสองค่าสูงเป็นพื้นที่เป้าหมายหลักจะเป็นการส่งสารที่ดี มีประสิทธิภาพและทั่วถึงมากที่สุด (Poolkhet et al., 2016)

เมื่อพิจารณาระดับหน่วยย่อยพบว่าอำเภอที่มีค่า in-degree และค่า weight in-degree สูงที่สุดคือ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งสอดคล้องกับโรงฆ่าสัตว์ในพื้นที่อำเภอพรานกระต่ายมีกำลังการผลิตสูงสุด 1,340 ตัวต่อวัน และมีการเข้าฆ่าจริง 930 ตัวต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 20.02 ของกำลังการเข้าฆ่าจริงในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง (กรมปศุสัตว์, 2566) จึงทำให้มีการเคลื่อนย้ายสุกรมีชีวิตเข้ามาจากหลากหลายพื้นที่และมีความถี่ในการเคลื่อนย้ายสุกรเข้ามาในพื้นที่เป็นจำนวนมาก (Opsahl et al., 2010) อำเภอที่มีค่า in-degree รองลงมาคืออำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก และอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ และอำเภอที่มีค่า weight

in-degree รองลงมาคืออำเภอเมืองพิษณุโลกจังหวัดพิษณุโลก และอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ ทำให้อำเภอเหล่านี้มีโอกาสในการรับโรคจากพื้นที่อื่นมากเช่นกัน ดังนั้น การวางมาตรการเฝ้าระวังการเคลื่อนย้ายและการพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อยานพาหนะขนส่งสุกร รวมถึงบริเวณแหล่งรวมสุกรจึงมีความสำคัญ นอกจากนี้ ควรมีมาตรการเฝ้าระวังเชิงรับ (passive surveillance) ในพื้นที่อำเภอเหล่านี้ให้ครอบคลุมในบริเวณฟาร์มสุกร เล้าขายสุกรหรือแหล่งรวมสุกรและโรงฆ่าสัตว์ จะทำให้การเฝ้าระวังโรคเชิงรับในพื้นที่ดังกล่าวจะมีโอกาสในการพบโรคได้เร็วและมีประสิทธิภาพสูงที่สุดภายใต้การมีทรัพยากรอย่างจำกัด เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีความเสี่ยงในการรับโรคจากพื้นที่อื่นสูงมาก (ยศสรัลและขวัญระมิงค์, 2565) รวมทั้งอาจพิจารณาเฝ้าระวังการเคลื่อนย้ายและการพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อเพิ่มเติมในพื้นที่อำเภออื่นที่มีค่า in-degree และ weight in-degree สูงรองลงมาด้วย เช่น อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก และอำเภอเมืองสุโขทัย จังหวัดสุโขทัย เป็นต้น

เมื่อพิจารณาระดับหน่วยย่อยพบว่าอำเภอที่มีค่า out-degree และ weighted out-degree สูงที่สุดคืออำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลการสำรวจจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์ที่พบว่าอำเภอบางระกำมีฟาร์มสุกรพ่อแม่พันธุ์และฟาร์มสุกรขุนขนาดใหญ่ที่มีการผลิตสุกรขุนและลูกสุกรขุนมีจำนวนสูงถึง 209,607 ตัว คิดเป็นร้อยละ 18.01 ของจำนวนสุกรขุนทั้งหมดในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง (กรมปศุสัตว์, 2566) จึงทำให้มีกิจกรรมการส่งออกสุกรมีชีวิต (ทั้งลูกสุกรหย่านมและสุกรขุน) ออกนอกพื้นที่เพื่อนำไปเลี้ยงต่อและเข้าโรงฆ่าสัตว์จำนวนมาก อำเภอที่มีค่า out-degree รองลงมาคืออำเภอตากลี จังหวัดนครสวรรค์ และอำเภอเมืองอุดรดิตถ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ และอำเภอที่มีค่า weighted out-degree รองลงมาคืออำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก และอำเภอเมืองอุดรดิตถ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ ซึ่งเป็นอำเภอที่มีโอกาสสูงในการแพร่กระจายโรคไปยังอำเภออื่นในเครือข่าย เนื่องจากมีพื้นที่ปลายทางและจำนวนครั้งของการเคลื่อนย้ายสุกรออกจากพื้นที่สูง ซึ่งในทางระบาดวิทยาหากอำเภอดังกล่าวเกิดโรคขึ้นจะมีโอกาสที่จะเกิดการแพร่กระจายเชื้อโรคไปยังอำเภออื่นในเครือข่ายได้มากที่สุด ดังนั้นอำเภอดังกล่าวจึงเป็นอำเภอเป้าหมายที่ควรให้ความสำคัญในการวางมาตรการเฝ้าระวังโรคในสุกรเชิงรุก (active surveillance) และควรมีการสร้างเครือข่ายการเฝ้าระวังโรคเพื่อเป็นช่องทางในการแจ้งโรค การเพิ่มมาตรการลาดตระเวนเพื่อตรวจสอบการลักลอบเคลื่อนย้ายในพื้นที่ รวมถึงการพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อยานพาหนะขนส่งสุกรและพื้นที่เสี่ยงต่างๆ จะช่วยให้ตรวจพบการเกิดโรคได้เร็วที่สุด ส่งผลการดำเนินการควบคุมและป้องกันการแพร่ระบาดของโรคทำได้อย่างรวดเร็ว (Ortiz-Pelaez et al., 2006, สุปรียาและอนุรักษ์, 2563)

เมื่อพิจารณาระดับหน่วยย่อยพบว่าค่า betweenness centrality ซึ่งเป็นค่าที่หมายถึงการเป็นตัวผ่านของแต่ละอำเภอ โดยอำเภอที่มีค่า betweenness สูงที่สุดในเครือข่ายนี้คือ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร รองลงมาคืออำเภอตากลี จังหวัดนครสวรรค์ และอำเภอเมืองอุดรดิตถ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ ซึ่งบ่งบอกว่าการติดต่อเชื่อมโยงระหว่างอำเภอแต่ละอำเภอในเครือข่ายจะต้องผ่านอำเภอเหล่านี้มากที่สุด ดังนั้นอำเภอเหล่านี้จึงเป็นอำเภอสำคัญในการแพร่กระจายข้อมูลข่าวสาร รวมถึงการแพร่กระจายโรคในกรณีที่มีโรคเกิดขึ้นในเครือข่าย ดังนั้น การกำหนดมาตรการเฝ้าระวัง (เชิงรุกและเชิงรับ) และการป้องกันโรคในพื้นที่ให้ประหยัคทรัพยากรและคุ้มค่ามากที่สุด ควรเลือกกำหนดมาตรการในอำเภอที่เป็นศูนย์กลางที่มีอิทธิพลในเครือข่าย (Hub) คืออำเภอที่มีค่า degree และค่า betweenness สูง ซึ่งหากเกิดโรคระบาดในเครือข่าย อำเภอที่เป็น hub นั้นจะมีความสำคัญต่อการควบคุมโรคและถ้าอำเภอที่เป็น hub นั้นเกิดโรคจะทำให้มีการแพร่กระจายโรคได้อย่างรวดเร็ว (Martínez-López et al., 2009, Wey et al., 2008) ซึ่ง hub ของเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกรในภาคเหนือตอนล่างนี้ ได้แก่ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร และอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลกเป็นลำดับแรก

จากการศึกษาของ Ortiz-Palaez และคณะ (2006) พบว่าการแพร่กระจายของโรคมีการติดต่อผ่านการเคลื่อนย้ายสัตว์ไปยังพื้นที่ต่างๆ ถ้าตัด node ที่มีค่า betweenness สูงออกจากเครือข่ายหรือมีการควบคุม node ดังกล่าว จะช่วยลดความเร็วหรือความเสี่ยงในการแพร่กระจายโรคเมื่อเกิดการติดเชื่อในเครือข่ายได้ และจากการศึกษาของ Gates and Woolhouse (2015) พบว่ากรณีเกิดโรคระบาดขึ้นในเครือข่าย การจำกัดการเคลื่อนย้ายใน node ที่มีค่า betweenness สูงจะช่วยลดความชุกของโรคได้มากกว่าร้อยละ 80

เมื่อพิจารณาในระดับกลุ่มย่อยพบว่าเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างนี้มี Cut point ทั้งหมด 37 อำเภอ ซึ่งหมายถึงเมื่ออำเภอที่เป็น cut point ถูกตัดออกจากเครือข่ายจะทำให้การเกาะกลุ่มกันของอำเภอในเครือข่าย (component) แตกออกจากกัน ซึ่งมีประโยชน์มากในกรณีเกิดโรคระบาดขึ้นในเครือข่าย ดังนั้นควรมีการวางมาตรการควบคุมโรคในอำเภอเหล่านี้เป็นลำดับแรก เช่น การทำลายสัตว์ทั้งหมดในพื้นที่ ให้ฟาร์มหยุดดำเนินกิจการหรือจัดการที่การเชื่อมโยงกัน เช่น ห้ามการเคลื่อนย้ายสัตว์จากอำเภอที่เป็น cut point ไปยังอำเภออื่นๆ ทั้งนี้เพื่อให้ component แตกออกจากกัน ซึ่งจะช่วยลดขนาดหรือความรุนแรงของการระบาด ทำให้สามารถควบคุมโรคได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากที่สุด (Dube et al., 2008, พิมลา, 2560) และทางในตรงข้ามถ้าอำเภอที่เป็น cut point เกิดโรคจะทำให้มีการแพร่กระจายของโรคได้อย่างรวดเร็ว (Martinez-Lopez et al., 2009) ส่วนกรณีมีข้อมูลข่าวสารหรือข้อมูลต่างๆ ที่ต้องประชาสัมพันธ์ให้แก่ฟาร์มหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง สามารถกระจายได้โดยอาศัยอำเภอเหล่านี้ให้เป็นที่กลางในการสื่อสาร ซึ่งจะทำให้การสื่อสารเป็นไปอย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพและประหยัดงบประมาณในการสื่อสารมากที่สุด (Lui et al, 2016)

การวิเคราะห์ในระดับเครือข่ายของการเคลื่อนย้ายสุกรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ปี 2565 พบว่ามีความหนาแน่นของเครือข่าย (density) เท่ากับ 0.025 ซึ่งหมายถึงเครือข่ายนี้มีการเชื่อมโยงกันน้อย ส่งผลให้การกระจายของโรคมีโอกาสเกิดขึ้นได้ไม่มากนัก และเมื่อพิจารณาค่าการกระจายตัวของค่าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่ายมีลักษณะเบ้ขวา (right skewed distribution) ดังนั้นเครือข่ายนี้จึงมีแนวโน้มโครงสร้าง (network topology) เป็นแบบ scale-free network (สุพจน์, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายสุกรของจังหวัดน่าน (สุปรียาและอนุรักษ์, 2563) และการศึกษาเครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายโคเนื้อ ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (ณัฐวิทย์และณัฐนิชา, 2563) ที่พบว่าเครือข่ายมีลักษณะแบบ scale free และการศึกษาเครือข่ายการเคลื่อนย้ายโคในประเทศอิตาลีพบว่ามีลักษณะเครือข่ายแบบ scale free network เมื่อทำการจำลองการติดเชื่อในเครือข่าย และดำเนินมาตรการควบคุมโรคโดยการระงับการเคลื่อนย้ายโคออกจาก node ที่เป็น hub หรือ cut point ช่วยให้เกิดขนาดการระบาดของโรคได้ (Natale et al., 2009)

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาเครือข่ายของการเคลื่อนย้ายสุกรมีชีวิตในครั้งนี้ทำให้เห็นถึงภาพรวมของกิจกรรมการเคลื่อนย้ายสุกรมีชีวิต สามารถนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจสำหรับให้ผู้บริหารวางมาตรการการเฝ้าระวังโรคระบาดในสุกรให้มีประสิทธิภาพและประหยัดงบประมาณของทางราชการ โดยเฉพาะการเฝ้าระวังโรคอุบัติใหม่ที่ไม่เคยเกิดขึ้นในพื้นที่ สำหรับโรคระบาดในที่มีสัตว์ชนิดอื่นเป็นพาหะของโรคด้วย เช่น โรคปากและเท้าเปื่อย จำเป็นต้องศึกษาให้ครอบคลุมชนิดสัตว์ที่เป็นพาหะของโรค ด้วย เช่น โค กระบือ แพะ แกะ และสัตว์ปีกชนิดอื่นๆ ด้วย นอกจากนี้การศึกษานี้เป็นการอธิบายภาพรวมรูปแบบเครือข่ายของการเคลื่อนย้ายสุกรมีชีวิตในปี 2565 ซึ่งในอนาคตควรมีการศึกษาความเชื่อมโยงของเคลื่อนย้ายสุกรมีชีวิตและซากสุกรในพื้นที่เพิ่มเติม เพื่อทำความเข้าใจ

เข้าใจรูปแบบของการเคลื่อนย้ายสุกรทั้งระบบและเจ้าหน้าที่ที่สามารถนำข้อมูลที่ได้อ้างอิงแผนผังโรครังโรคได้ สอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพของแต่ละพื้นที่ นอกจากนี้ควรมีการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลต่อเนื่องในปีถัดไป เนื่องจากปัจจุบันยังมีจำนวนของฟาร์มสุกรเพิ่มขึ้นอยู่ตลอดเวลา จึงอาจมีการขยายตลาดการค้าสุกรไปยังพื้นที่ จังหวัดอื่นๆ ได้ ซึ่งจะทำให้ทิศทางและรูปแบบของการเคลื่อนย้ายเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต

ควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรรายย่อย ฟาร์มขนาดเล็กและขนาดกลางยกระดับการเลี้ยงให้เป็น ฟาร์มที่ได้รับการรับรองมาตรฐานฟาร์ม เพื่อให้มีระบบการจัดการฟาร์มและระบบการป้องกันโรคทางชีวภาพที่ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยลดโอกาสในการเกิดและแพร่กระจายของโรคระบาด และลดความเสียหายทั้งทางด้านเศรษฐกิจและ สังคมที่เกิดจากการระบาดของโรคได้ นอกจากนี้ควรส่งเสริมให้มีโรงฆ่าสัตว์ในได้รับรองมาตรฐานจากกรมปศุสัตว์ คลอบคลุมในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง เน้นย้ำการเฝ้าระวังโรคทั้งเชิงรุกและเชิงรับในโรงฆ่าสัตว์ รวมถึงมาตรฐาน ของแหล่งจำหน่ายเนื้อสุกรให้มีสุขลักษณะที่ดี เพื่อลดโอกาสในการแพร่กระจายเชื้อโรคจากเนื้อสัตว์ไปสู่สุกรมีชีวิต ซึ่งจะส่งผลให้การเฝ้าระวังและป้องกันโรคโรคมึประสิทธิภาพสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้จะไม่ประสบความสำเร็จหากไม่ได้รับการสนับสนุนจาก สพ.ญ.วิภาพร เพ็องพุง สพ.ญ. วิไลภรณ์ วงศ์พุกษาสูง และคณะกรรมการวิชาการสำนักงานปศุสัตว์เขต 6 ที่ให้การสนับสนุนการศึกษาวิจัยใน ครั้งนี้ และ รศ.น.สพ.ดร.อนวัตน วิรัชสุตากุล ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกและการสาธารณสุข คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะในการจัดทำผลงานวิจัย รวมถึงบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้องกับ งานวิจัยนี้ที่ไม่ได้กล่าวถึงที่ทำให้ผลงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2562. สำนักควบคุม ป้องกันและบำบัดโรคสัตว์: แผนเตรียมความพร้อมเฝ้าระวัง ป้องกันและควบคุม โรควัวหวัดแอฟริกาในสุกร (Contingency plan) และแนวทางเวชปฏิบัติของโรควัวหวัดแอฟริกาในสุกร (Clinical Practice Guideline). สำนักควบคุม ป้องกันและบำบัดโรคสัตว์ กรมปศุสัตว์. 2-3 หน้า.
- กรมปศุสัตว์. 2565. สำนักควบคุม ป้องกัน และบำบัดโรคสัตว์. กรมปศุสัตว์: ระบบสารสนเทศเพื่อการเฝ้าระวังโรค ระบาดสัตว์. แหล่งที่มา : <http://esmartsur.net/>. 6 ตุลาคม 2565.
- กรมปศุสัตว์. 2565. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรมปศุสัตว์: ข้อมูลจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ และปศุสัตว์ รายเดือน ปี 2565, แหล่งที่มา : <https://ict.dld.go.th>, 6 ตุลาคม 2565.
- กรมปศุสัตว์ 2566. สำนักงานปศุสัตว์เขต 6: ข้อมูลโรงฆ่าสัตว์ ปีงบประมาณ 2566. แหล่งที่มา : <https://region6.dld.go.th>, 16 พฤศจิกายน 2566.
- กรมปศุสัตว์. 2566. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรมปศุสัตว์: ข้อมูลจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ และปศุสัตว์ รายเดือน ปี 2566. แหล่งที่มา : <https://ict.dld.go.th>, 16 พฤศจิกายน 2566.
- เบญญา เบญจศิริรักษ์, ทศนา พูนสิรินาวินและปารณา ทองอินทร์. 2564. การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของ การเคลื่อนย้ายสุกรเข้า ออก พื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ ระหว่างเดือนมกราคม 2561 ธันวาคม 2562. แหล่งข้อมูล: <https://pvlo-brr.dld.go.th>, 16 พฤศจิกายน 2566.
- ณัฐชัย วรสุทธิ และนพวรรณ บัวมีธูป. 2560. การวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายกระบือ และโคในพื้นที่ระดับ

- ตำบลของประเทศไทย (Network Analysis of Cattle and Buffalo Movements in Thailand, 2012-2016). แหล่งที่มา : <http://aqi.dld.go.th>, 6 ตุลาคม 2565.
- ณัฐวิทย์ อิ่มมากและณัฐณิชา ตียะสุขเศรษฐ์. 2563. การประยุกต์ใช้วิธีวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายโคเนื้อ ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ระหว่างปี 2560-2561. แหล่งที่มา : <https://region5.dld.go.th>, 6 ตุลาคม 2565.
- พิมาลา เกษมสุข. 2560. การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการผลิตเป็ดไล่ทุ่งในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตก ของประเทศไทย (Social Network Analysis of Free-Range Layer Duck Production in Central and Western Part of Thailand. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุปรียา พรหมศิลาและอนุรักษ์ ม่วงทิม. 2563. การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมการเคลื่อนย้ายสุกรของจังหวัดน่าน (Social Network Analysis of Pig Movement in Nan). แหล่งที่มา : <http://aqi.dld.go.th>, 6 ตุลาคม 2565.
- สุพจน์ หนูปัทยา. 2558. การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการเคลื่อนย้ายโคกระบือในจังหวัดสุโขทัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Dubé, C., Ribble, C., Kelton, D., & McNab, B. (2008). Comparing network analysis measures to determine potential epidemic size of highly contagious exotic diseases in fragmented monthly networks of dairy cattle movements in Ontario, Canada. *Transboundary and Emerging Diseases*, 55(9–10), 382–392. <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2008.01053>.
- Gates, M .C., & Woolhouse, M .E .J . (2015) . Controlling infectious disease through the targeted manipulation of contact network structure. *Epidemics*, 12, 11-19.
- Glazunova, A.A., Korennoy, F.I., Sevskikh, T.A., Lunina, D.A., Zakharova, O.I., Blokhin, A.A., Karaulov, A.K. and Gogin, A.E. 2021. Risk Factors of African Swine Fever in Domestic Pigs of the Samara Region, Russian. *Front. Vet. Sci.* 8:723375.
- Liu, L., Cheung, W. K., Li, X., and Liao, L. 2016. Aligning Users across Social Networks Using Network Embedding, (90604012).
- Luke, D.A. and Harris, J.K. 2007. Network Analysis in Public Health: History, Methods, and Applications *Annu. Rev. Public Health* 2007. 28:69–93.
- Martínez-López, B., Pérez, A. M., and Sánchez-Vizcaino, J. M. 2009. Social network analysis. Review of general concepts and use in preventive veterinary medicine. *Transboundary and Emerging Diseases*, 56(4), 109–120.
- Natale, F., Giovannini, A., Savini, L., Palma, D., Possenti, L., Fiore, G., & Calistri, P. (2009). Network analysis of Italian cattle trade patterns and evaluation of risks for potential disease spread. *Preventive Veterinary Medicine*, 92(4), 341–350. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2009.08.026>, 6 February 2024.
- Opsahl, T., Agneessens, F., and Skvoretz, J. 2010. Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths. *Social Networks*. 32(3): 245–251

- Ortiz-Pelaez, A., Pfeiffer, D.U., Soares-Magalhaes, R.J. and Guitian, F.J.. 2006. Use of social network analysis to characterize the pattern of animal movements in the initial phases of the 2001 foot and mouth disease (FMD) epidemic in the UK. *Preventive Veterinary Medicine*. 76 (1-2): 40-55.
- Poolkhet, C., Kasemsuwan, S., Seng, S., Keartha, C., Sokmao, C., Shin, M. & Hinrichs, J. 2016. Social network analysis of cattle movement in Kampong Cham, Kampong Speu and Takeo, Cambodia. *Acta Tropica*, 159, 44–49.
- Poolkhet C. , Kasemsuwan S. , Phiphakhavong S. , Phouangsouvanh I. , Vongxay K. , Shin MS, Kalpravidh W. and Hinrichs J. 2019. Social network analysis for the assessment of pig, cattle and buffalo movement in Xayabouli, Lao PDR. DOI 10.7717/peerj.6177
- R Core Team, 2021. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Wey, T., Blumstein, D.T., Shen, W. and Jordán, F.. 2008. Social network analysis of animal behaviour: a promising tool for the study of sociality. *Animal Behavior*. 75: 333-344.
- Wiratsudakul, A., Wongnak, P. and Thanapongtharm. W. 2022. Emerging infectious diseases may spread across pig trade networks in Thailand once introduced: a network analysis approach. *Tropical Animal Health and Production*. 54:209.