เอกสารทางวิชาการ

เรื่องที่ 1

การวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายกระบือ และ โค ในพื้นที่ระดับตำบลของประเทศไทย

โดย

นายณัฐชัย วรสุทธิ์
นางนพวรรณ บัวมีธูป

เลขทะเบียนวิชาการเลขที่ : 60 (2)-0120-110
สถานที่ดำเนินการ : กองสารวัตรและกักกัน
ระยะเวลาดำเนินการ : 1 มกราคม 2556-31 ธันวาคม 2560
การเผยแพร่ : เว็บไซต์ กองสารวัตรและกักกัน
http://aqi.dld.go.th

การวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายกระบือ และ โค ในพื้นที่ระดับตำบลของประเทศไทย

ณัฐชัย วรสุทธิ์[1*] และ นพวรรณ บัวมีธูป[2]

Network Analysis of Cattle and Buffalo Movements in Thailand, 2012-2016

Nattachai Warrasuth[1*] Noppawan Buameethup[2]

[1] กองสารวัตรและกักกัน กรมปศุสัตว์ ปทุมธานี

[2] สำนักควบคุม ป้องกันและบำบัดโรคสัตว์ กรมปศุสัตว์ กรุงเทพมหานคร

[1] Division of animal quarantine and inspection service, Pathumthani

[2] Bureau of Disease Control and Veterinary Service, Department of livestock development, Bangkok

* ผู้เขียนและรับผิดชอบบทความ (corresponding author) E-mail: nattachai.w@dld.go.th

ทะเบียนวิชาการเลขที่ : 60 (2)-0120-110

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบ retrospective โดยใช้ฐานข้อมูลการออกใบอนุญาตเคลื่อนย้ายสัตว์ผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Movement) ของกรมปศุสัตว์ ระหว่างปี พ.ศ. 2555-2559 จำนวน 256,867 ระเบียน และ นำข้อมูลการเคลื่อนย้ายมาสร้างเป็นเครือข่าย โดยกำหนดให้ตำบลของประเทศไทยเป็นหน่วยย่อยในการศึกษา (Node) และ การออกใบอนุญาตการเคลื่อนย้ายสัตว์ เป็นเส้นเชื่อมระหว่างหน่วยย่อย (Tie) ผลการศึกษาพบว่า เครือข่ายการเคลื่อนย้ายโค (รวม 5 ปี) มีค่าพารามิเตอร์ระดับเครือข่ายที่สำคัญ ได้แก่ ค่า in-degree centralization ค่า out degree centralization ค่า maximum k-core เท่ากับ 0.040, 0.095, 23 ตามลำดับ และ เครือข่ายการเคลื่อนย้ายกระบือ (รวม 5 ปี) มีค่า in-degree centralization ค่า out degree centralization ค่า maximum k-core เท่ากับ 0.037, 0.082, 13 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า เครือข่ายการเคลื่อนย้ายทั้งโคและกระบือ มีบางส่วนของเครือข่าย มีการกระจายตัวของ degree ใน รูปแบบ power law ซึ่งเป็นลักษณะโครงสร้างของเครือข่ายชนิด scale free จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเครือข่ายการเคลื่อนย้าย โค กระบือ มีความใกล้เคียงกับเครือข่ายชนิด scale free โดยในทางระบาดวิทยา หากมีการเกิดโรคระบาดภายในเครือข่ายที่มีลักษณะโครงสร้างดังกล่าว จะทำให้มีโอกาสที่จะเกิดการแพร่กระจายโรคในวงกว้างได้ ทั้งนี้มาตรการในการป้องกัน และ ควบคุมโรคระบาด ควรให้ความสำคัญใน node ที่มี degree สูง จะทำให้การป้องกัน และควบคุมโรคมีประสิทธิภาพ สามารถลดขนาดของการระบาดได้

คำสำคัญ : การวิเคราะห์เครือข่าย การเคลื่อนย้ายกระบือและโค

Abstract

Cattle and buffalo movements in 2012-2016 (256,867 records) were derived from e-Movement system of Department of Livestock Development.The movement network designed the nodes as sub-district of Thailand. The ties are movement's activities related to the nodes. The result, recorded for 5 years, showed that the value of network had in-degree centralization, out-degree centralization and maximal k-core of 0.040, 0.095, 23 respectively. The buffaloes network, 5years recorded, had the value of in-degree centralization, out-degree centralization and maximal k-core of 0.037, 0.082, 13 respectively. Some parts of observing networks had degrees of a distribution which fit to a power law. The results can be concluded that the observing networks were fit to the scale free network. Finally, the scale free networks are highly potentiated in disease spread, if it has any effective diseases control and measure in nodes with high degree or members in maximal k-core sub network, it will decrease epidemic size rapidly.

Key Words: Network analysis, Cattle movements, Buffaloes movement

บทนำ

การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม (Social Network Analysis หรือ SNA) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงต่าง ๆ (linkage) ของผู้ถูกกระทำ (Actor) ไม่ว่าจะเป็น บุคคล องค์กร สิ่งของ ฯลฯ ตามนิยามหรือขอบเขตของการศึกษา ทั้งนี้การศึกษาเครือข่ายทางสังคมมีการศึกษาและประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในสาขาวิชา เช่น สังคมศาสตร์ รัฐศาสตร์ เศรษฐศาสตร์และธุรกิจ สื่อสารมวลชนและด้านสาธารณสุข เป็นต้น (Luke and Harris, 2007) นอกจากสาขาวิชาดังที่กล่าวมาแล้วนั้นยังมีการนำมาประยุกต์ใช้ในทางวิทยาศาสตร์และระบาดวิทยา โดยเฉพาะในทางสาขาวิชาสัตวแพทยศาสตร์ได้มีการนำการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมมาใช้ในทางระบาดวิทยา เช่น การศึกษาความเสี่ยงของการแพร่กระจายโรคจากการสัมผัสระหว่างตัวสัตว์หรือฝูงสัตว์ การสัมผัสกับปัจจัยเสี่ยงอื่น ๆ ซึ่งผลที่ให้จากการวิเคราะห์จะสามารถนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการวางแผนควบคุม ป้องกันและกำจัดโรคระบาดสัตว์ (Martínez-López et al., 2009) ตัวอย่างการศึกษาและวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์ในทางระบาดวิทยา เช่น ในประเทศอังกฤษได้มีการนำข้อมูลการเคลื่อนย้ายสัตว์ก่อนที่จะมีการระบาดของโรค FMD ในปี 2001 มาวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้าย พบว่ากลุ่มที่มีความสัมพันธ์และมีแนวโน้มที่จะเป็นตัวแพร่กระจายของโรค FMD ในการระบาดที่ผ่านมา ได้แก่ ฟาร์ม ตลาด และผู้แทนจำหน่าย (Ortiz-Pelaez et al., 2006) และนอกจากนี้ในประเทศอังกฤษยังได้มีการศึกษาแบบจำลองทำนายการระบาดของโรค FMD ในเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์ พบว่าการเคลื่อนย้ายสัตว์เป็นสาเหตุหลักที่จะทำให้มีการแพร่กระจายของโรค FMD ทั่วทั้งประเทศอังกฤษ โดยเฉพาะกรณีมีการระบาดอย่างรุนแรงในโค และกรณีมีการระบาดของโรคในช่วงปลายของฤดูร้อนถึงต้นฤดูใบไม้ร่วง (Green et al., 2006) ในประเทศอิตาลี ได้มีการศึกษารูปแบบการเคลื่อนย้ายสัตว์เชิงพรรณนาจากฐานข้อมูล และนำไปใช้ในแบบจำลองสถานการณ์การระบาดของโรค FMD พบว่าการเลือกพื้นที่ในการควบคุมโรคกรณีเกิดโรคระบาดโดยใช้ค่า degree ในแต่ละ Node ของเครือข่าย จะมีประสิทธิภาพที่สุดในการควบคุมโรค (Natale et al., 2009) สำหรับประเทศไทยได้มีการศึกษาเครือข่ายการเคลื่อนย้าย โค กระบือในพื้นที่จังหวัดสุโขทัย โดยการทำแบบสอบถามในกลุ่มประชากร จำนวน 308 ตัวอย่าง พบว่า การเคลื่อนย้ายส่วนใหญ่เป็นการเคลื่อนย้ายโดยเกษตรกร และพบว่ากลุ่มผู้ค้าสัตว์มีชีวิตจะมีค่า centrality ที่สูง (Noopataya et al., 2015) นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษารูปแบบและเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์ ในกลุ่มผู้ค้า โค กระบือ ในพื้นที่จังหวัดตากโดยใช้แบบสอบถาม พบว่าเครือข่ายการเคลื่อนย้ายมีการเชื่อมโยงในเครือข่ายที่สูงระหว่างต้นทางและปลายทางการเคลื่อนย้ายสัตว์ จึงทำให้มีความเสี่ยงสูงที่อาจนำไปสู่การระบาดของโรคระบาดโค-กระบือได้ (Khengwa et al., 2016)

การเคลื่อนย้ายโค กระบือ มีชีวิต เป็นปัจจัยเสี่ยงหนึ่งที่อาจทำให้เกิดการระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อยในประเทศไทย ซึ่งการวางมาตรการควบคุมโรคที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องเข้าใจและทราบถึงรูปแบบการเคลื่อนย้าย ทั้งนี้ค่าคุณลักษณะเครือข่ายที่ได้จากการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมจะเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ประกอบการวางแผนควบคุมโรคและการเฝ้าระวังโรคได้ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงคุณลักษณะของเครือข่ายการเคลื่อนย้าย โค กระบือ และนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการศึกษาทางระบาดวิทยาและนำไปปรับใช้ในการวางมาตรการในการเฝ้าระวังและควบคุมโรค

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ที่มาของข้อมูลและนิยามที่ใช้ในการศึกษา

เป็นการศึกษาแบบ retrospective โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล e-Movement ของกรมปศุสัตว์ในส่วนของการเคลื่อนย้ายโค กระบือของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2555-2559 จำนวน 256,867 ระเบียน ซึ่งลักษณะของข้อมูลจะมีรายละเอียดวัตถุประสงค์ในการเคลื่อนย้าย ต้นทางและปลายทางของการเคลื่อนย้ายสัตว์ เช่น ที่อยู่เจ้าของสัตว์ โดยสามารถระบุได้เป็นตำบล อำเภอ และจังหวัด โดยการศึกษาครั้งนี้กำหนดหน่วยของการศึกษา (unit of interest) ให้เป็นพื้นที่ต้นทางและปลายทางในระดับตำบล (node) และกำหนดให้การเคลื่อนย้ายโค หรือกระบือ ที่ออกตามใบอนุญาตผ่านทางระบบ e-Movement เป็นเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยย่อย (tie)

2. การควบคุมคุณภาพของข้อมูล

การสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูล e-Movement จะทำการสืบค้น โดยใช้ คำสำคัญในการค้นหา ได้แก่ คำว่า โค กระบือ และทำการดาวน์โหลดข้อมูลเป็น excel ไฟล์ จากนั้นจึงทำการตรวจสอบและแก้ไขเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องจากความผิดพลาดจากการจัดเก็บ ด้วยซอฟต์แวร์ Excel (Microsoft, 2013) โดยเฉพาะข้อมูลที่สำคัญในการกำหนด node เช่น ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด รวมไปถึงชนิดของสัตว์ ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (data validation) และ จัดการข้อมูลอีกครั้งในซอฟท์แวร์ R ด้วย package dplyr (Wickham and Francois, 2015) เพื่อทำการคัดเลือกข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ ในการระบุตำบล อำเภอ และจังหวัด

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาด้วยซอฟต์แวร์ R 3.2.3 (Team, 2015) วิเคราะห์พารามิเตอร์เครือข่ายแบบ directed , binary valued network ตามนิยามในตารางที่ 1 ด้วยซอฟท์แวร์ Pajek 4.08 (Batagelj and Mrvar, 1998) ร่วมกับ igraph package 1.0.1 สำหรับซอฟต์แวร์ R (Csardi and Nepusz, 2006)

ผลการศึกษา

1. การศึกษารูปแบบการเคลื่อนย้าย โค กระบือ

จากข้อมูลการเคลื่อนย้ายโค กระบือ ระดับตำบล ของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2555-2559 พบว่าการเคลื่อนย้าย มีจำนวนโค กระบือที่เคลื่อนย้าย จำนวนทั้งสิ้น 5,314,062 ตัว (กระบือ 955,620 ตัว โค 4,358,442 ตัว) โดยวัตถุประสงค์ส่วนใหญ่ในการออกใบอนุญาตเคลื่อนย้ายเป็นการเคลื่อนย้ายเพื่อจำหน่าย (กระบือร้อยละ 72.27 โค ร้อยละ 61.14) โดยมีค่ามัธยฐานจำนวนสัตว์ต่อการเคลื่อนย้าย กระบือ และ โค เท่ากับ 16 และ 20 ตัว ตามลำดับ รายละเอียดตามตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 1 นิยามค่าพารามิเตอร์เครือข่ายที่ใช้ในการศึกษา

ค่าพารามิเตอร์	นิยาม
Betweenness centralization	ค่าความเป็นศูนย์กลางวัดจากการใช้เป็นทางผ่าน โดยใช้ค่าสัดส่วน geodesic distance ระหว่างคู่ของ $node_x$ และ $node_y$ ที่มีการผ่าน $node_i$ ต่อ geodesic distance ทั้งหมดของเครือข่าย (Freeman, 1977)
Closeness centralization	ค่าความเป็นศูนย์กลางวัดจากความใกล้ชิด โดยใช้ค่า normalize ของ geodesic distance ระหว่าง node ใด ๆ ในเครือข่าย (Sabidussi, 1966)
Density	สัดส่วนจำนวนเส้นเชื่อมที่เกิดขึ้นจริงเมื่อเทียบกับจำนวนเส้นเชื่อมที่น่าจะเกิดขึ้นได้ทั้งหมด(Wasserman, 1994)
Diameter	Path length ที่ยาวที่สุดของเครือข่าย(De Nooy et al., 2011)
In degree centralization	ค่าความเป็นศูนย์กลางวัดจากจำนวนเส้นเชื่อมในทิศทางขาเข้า โดยใช้ค่าสัดส่วนของเส้นเชื่อมในทิศทางขาเข้าทั้งหมดของ node ต่อ จำนวนสูงสุดของเส้นเชื่อมที่ node จะมีได้(จำนวน node ทั้งหมดในเครือข่าย-1)(Martínez-López et al., 2009)
K-core	องค์ประกอบย่อยของเครือข่ายที่ node ในองค์ประกอบนั้นมีการเชื่อมโยงกับ node อย่างน้อย k node (Maximal k-core หมายถึง k-core ที่มีการเชื่อมโยงกันสูงสุด) (De Nooy et al., 2011)
Out degree centralization	ค่าความเป็นศูนย์กลางวัดจากจำนวนเส้นเชื่อมในทิศทางขาออก โดยใช้ค่าสัดส่วนของเส้นเชื่อมในทิศทางขาออกทั้งหมดของ node ต่อ จำนวนสูงสุดของเส้นเชื่อมที่ node จะมีได้(จำนวน node ทั้งหมดในเครือข่าย-1)(Martínez-López et al., 2009)
Path length	จำนวนลำดับเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่าง node (De Nooy et al., 2011)
Strong connect component	องค์ประกอบย่อยของเครือข่ายชนิดมีทิศทาง ที่ระหว่างทุกๆคู่ของ node ในองค์ประกอบนั้น สามารถไปหากันได้ ทั้งไปและกลับ หรือ path จากแต่ละจุดในกราฟ ไปยังทุกจุดอื่นๆ เช่น ถ้ามี วิถีจาก a ไป b แล้วก็จะต้องมีวิถีจาก b กลับมา a ด้วยเช่นกัน (De Nooy et al., 2011)
Transitivity	สัดส่วนของการเชื่อมโยงระหว่าง node ข้างเคียงกับ degree ของ node นั้น ๆ (Martínez-López et al., 2009)

จากการศึกษาข้อมูลการเคลื่อนย้ายตามระยะเวลาจำแนกเป็นรายเดือนในแต่ละปี พบว่า จำนวน โคกระบือ ที่มีการเคลื่อนย้ายจะมีรูปแบบที่ใกล้เคียงกัน โดยจะมีการปริมาณการเคลื่อนย้ายสูงในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนสิงหาคม จากนั้นจะลดลงไปจนถึงเดือนพฤศจิกายน และเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนธันวาคมจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ของทุกปีดังแสดงในภาพที่ 1

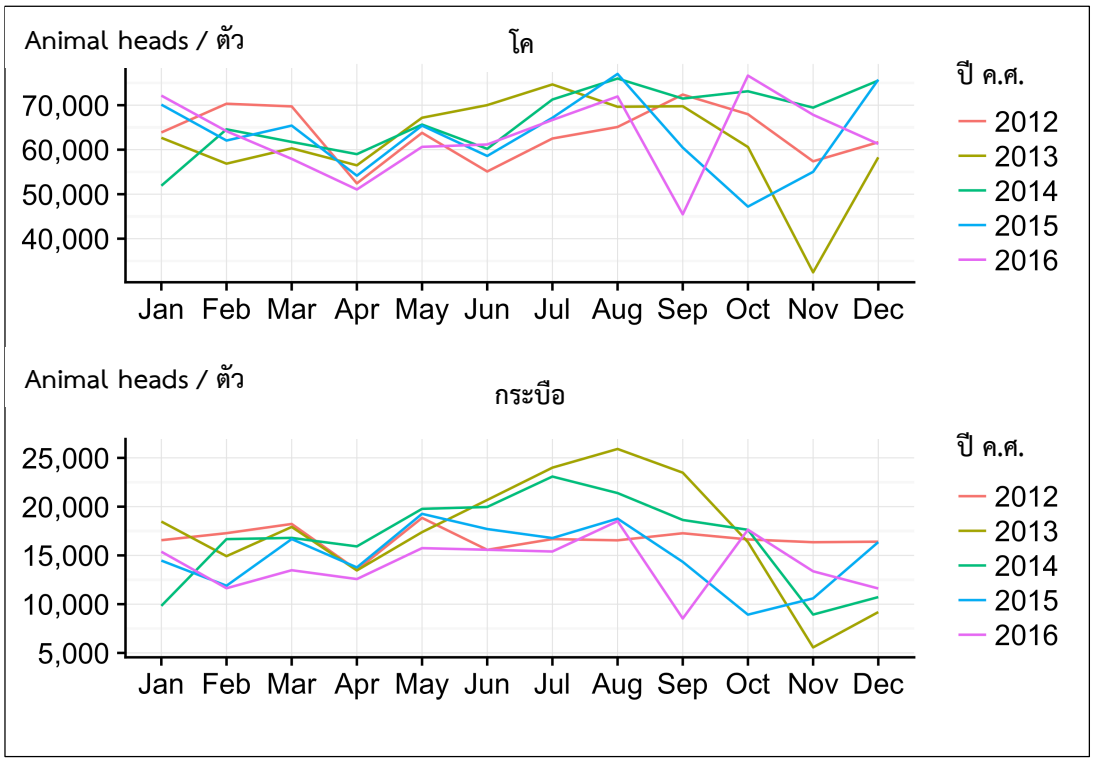
ตารางที่ 2 ค่าสถิติเชิงพรรณนาของการเคลื่อนย้าย กระบือ ตามวัตถุประสงค์ ปี พ.ศ. 2555-2559

วัตถุประสงค์	จำนวนการเคลื่อนย้าย	ร้อยละของจำนวนการเคลื่อนย้าย	จำนวนสัตว์ทั้งหมด	ค่าเฉลี่ยจำนวนสัตว์ต่อการเคลื่อนย้าย	ค่ามัฐยฐานจำนวนสัตว์ต่อการเคลื่อนย้าย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไปจำหน่าย	47,574	72.27	727,337	15.29	16	7.67
เข้าโรงฆ่า	8,192	12.44	114,333	13.96	14	8.03
นำไปเลี้ยง	5,428	8.25	54,595	10.06	8	8.6
ไปทำพันธุ์	1,149	1.75	11,025	9.6	6	8.66
ไปตลาดค้าสัตว์	1,070	1.63	17,954	16.78	19	7.54
อื่น ๆ	923	1.4	14,409	15.61	16	10.24
ไปเลี้ยงขุน	730	1.11	6,575	9.01	5	9.39
ไปประกวด/แข่งขัน	527	0.8	1,835	3.48	3	2.91
ส่งออก	229	0.35	7,520	32.84	30	14.71
ไปใช้งาน	9	0.01	37	4.11	2	5.4

ตารางที่ 3 ค่าสถิติเชิงพรรณนาของการเคลื่อนย้าย โค ตามวัตถุประสงค์ ปี พ.ศ. 2555-2559

วัตถุประสงค์	จำนวนการเคลื่อนย้าย	ร้อยละของจำนวนการเคลื่อนย้าย	จำนวนสัตว์ทั้งหมด	ค่าเฉลี่ยจำนวนสัตว์ต่อการเคลื่อนย้าย	ค่ามัฐยฐานจำนวนสัตว์ต่อการเคลื่อนย้าย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไปจำหน่าย	122,240	61.14	2,661,459	21.77	20	12.2
นำไปเลี้ยง	23,316	11.66	388,557	16.66	16	10.86
เข้าโรงฆ่า	22,236	11.12	460,055	20.69	19	12.08
ไปเลี้ยงขุน	20,309	10.16	499,905	24.61	21	14.24
ส่งออก	5,141	2.57	218,987	42.6	39	20.59
อื่นๆ	2,558	1.28	60,292	23.57	25	9.81
ไปทำพันธุ์	2,244	1.12	38,125	16.99	15	9.33
ไปตลาดค้าสัตว์	1,484	0.74	27,764	18.71	20	7.34
ไปประกวด/แข่งขัน	390	0.2	3,126	8.02	7	4
ไปใช้งาน	13	0.01	172	13.23	10	7.53

ภาพที่ 1 แสดงถึงจำนวนโค กระบือ ที่มีการเคลื่อนย้ายจำแนกเป็นรายเดือน (ตัว) ปี พ.ศ. 2555-2559



2. การศึกษาคุณลักษณะของเครือข่าย (Network parameter)

ผลการศึกษาเครือข่ายการเคลื่อนย้าย กระบือ (รวม 5 ปี) พบว่าเป็นเครือข่ายชนิดมีทิศทาง มีขนาดของเครือข่ายเท่ากับ 2,832 node โดยมีเส้นเชื่อมความสัมพันธ์เท่ากับ 6,562 tie มีค่าพารามิเตอร์เครือข่ายที่สำคัญ ได้แก่ค่า in-degree centralization ค่า out degree centralization ค่า maximum k-core เท่ากับ 0.0037, 0.082, 13 ตามลำดับ และมีรายละเอียดของแต่ละปีดังแสดงในตารางที่ 4

ผลการศึกษาเครือข่ายการเคลื่อนย้าย โค (รวม 5 ปี) พบว่าเป็นเครือข่ายชนิดมีทิศทาง มีขนาดของเครือข่ายเท่ากับ 3,848 node โดยมีเส้นเชื่อมความสัมพันธ์เท่ากับ 14,493 tie มีค่าพารามิเตอร์เครือข่ายที่สำคัญ ได้แก่ ค่า in-degree centralization ค่า out degree centralization ค่า maximum k-core เท่ากับ 0.04, 0.095, 23 ตามลำดับ และมีรายละเอียดของแต่ละปีดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 แสดงถึงค่าพารามิเตอร์เครือข่ายในเครือข่ายการเคลื่อนย้าย กระบือ

ค่าพารามิเตอร์	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	รวม 5 ปี
Size	1,078	1,081	1,093	1,201	1,281	2,832
Edge count	1,743	1,748	1,809	1,917	1,959	6,562
Density	0.0015	0.0015	0.0015	0.0013	0.0012	0.0008
Avg. path length	4.84	4.69	5.24	4.62	4.85	4.47
Avg. degree	3.23	3.23	3.31	3.19	3.06	4.63
Diameter	12	11	13	11	13	13
In degree centralization	0.037	0.061	0.048	0.026	0.025	0.037
Out degree centralization	0.073	0.087	0.077	0.069	0.077	0.082
Betweeness centralization	0.017	0.025	0.032	0.038	0.037	0.035
Closeness centralization	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Transitivity	0.032	0.036	0.032	0.036	0.032	0.04
Maximal k-core	7	7	7	7	7	13
subnetwork size (max. k-core)	34	35	29	30	34	44
% Strong connect component	5.659	6.475	8.417	8.576	5.543	13.524

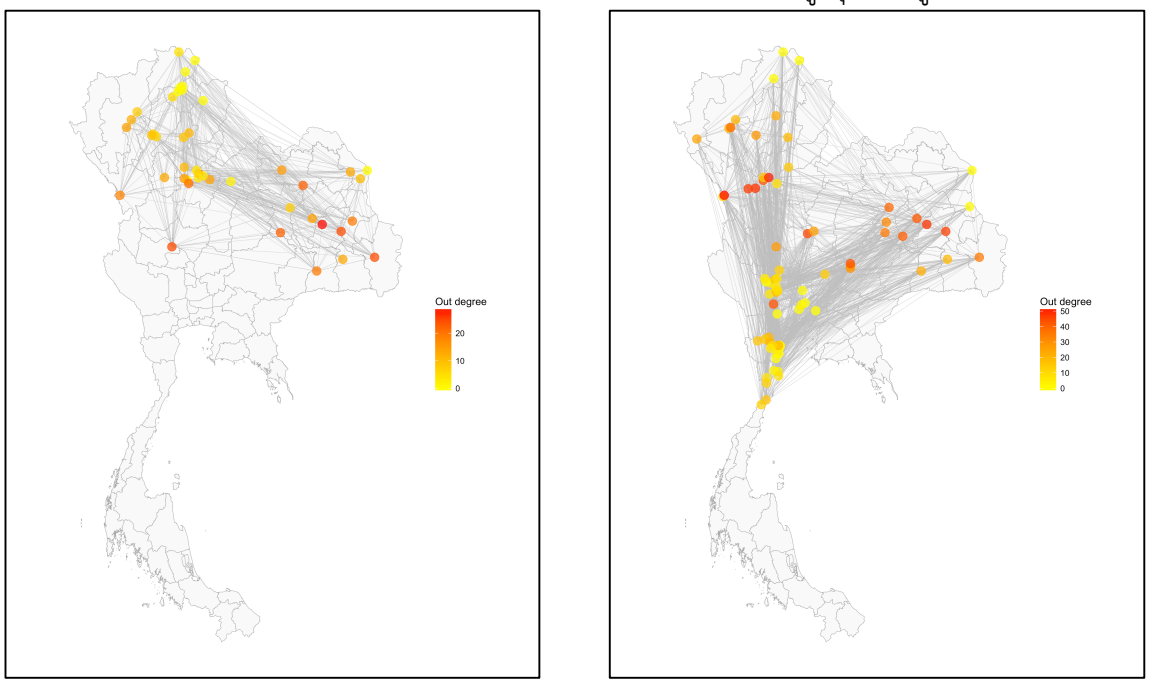
ตารางที่ 5 แสดงถึงค่าพารามิเตอร์เครือข่าย ในเครือข่ายการเคลื่อนย้าย โค

ค่าพารามิเตอร์	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	รวม 5 ปี
Size	1,738	1,660	1,702	1,898	2,088	3,848
Edge count	4,482	4,020	4,200	4,290	4,824	14,493
Density	0.0015	0.0015	0.0015	0.0012	0.0011	0.001
Avg. path length	5.78	5.49	5.06	5.22	5.07	4.49
Avg. degree	5.16	4.84	4.94	4.52	4.62	7.53
Diameter	16	14	12	14	14	14
In degree centralization	0.042	0.051	0.054	0.031	0.031	0.04
Out degree centralization	0.085	0.105	0.088	0.066	0.065	0.095
Betweeness centralization	0.034	0.039	0.043	0.032	0.022	0.034
Closeness centralization	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Transitivity	0.042	0.043	0.041	0.034	0.042	0.058
Maximal k-core	12	12	11	11	12	23
subnetwork size (max. k-core)	51	51	60	59	29	76
% Strong connect component	11.565	11.145	11.398	8.799	8.333	19.763

3. การศึกษาองค์ประกอบย่อยเครือข่าย (network subgroup)

เมื่อนำเครือข่ายการเคลื่อนย้าย กระบือ โค (รวม 5 ปี) มาวิเคราะห์องค์ประกอบย่อย พบว่า มีร้อยละของค่า strong connect component เท่ากับ 13.524 และ 19.763 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเครือข่ายการเคลื่อนย้าย กระบือ และ โค มี ค่า maximal k-core เท่ากับ 13 (44 node) และ 23 (76 node) ตามลำดับโดยมีการกระจายของ node ตามพิกัดทางภูมิศาสตร์ ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยจะเห็นได้ว่า node ของเครือข่ายการเคลื่อนย้ายกระบือที่เป็น maximal k-core จะมีการกระจายตัว ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ส่วนnode ของเครือข่ายการเคลื่อนย้ายโคที่เป็น maximal k-core จะมีการกระจายตัว ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลาง

ภาพที่ 2 การกระจายตัวองค์ประกอบย่อยเครือข่าย ที่มีค่า k-core สูงสุด (ข้อมูลรวม 5 ปี)



ก. เครือข่ายย่อย กระบือ (Max.k-core =13, Size=44) ข. เครือข่ายย่อย โค (Max.k-core =23, Size=76)

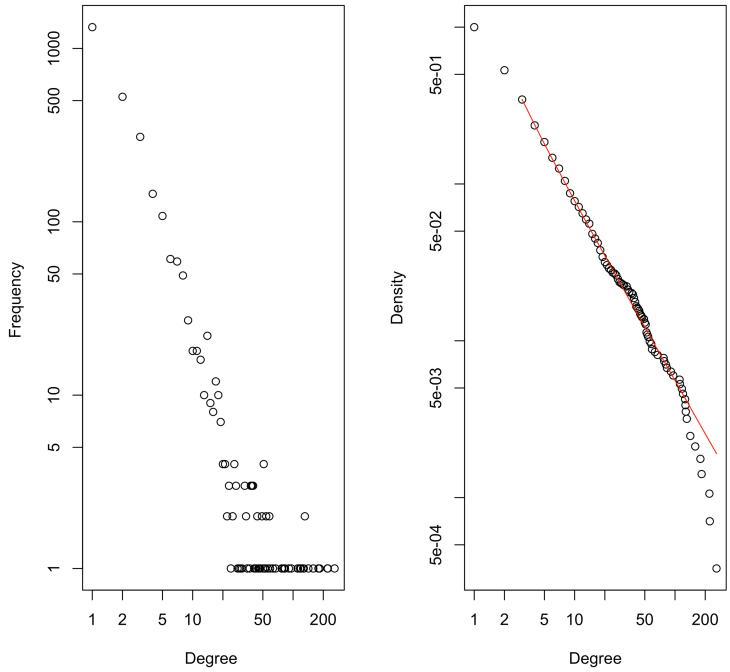
* ความเข้มของสี node หมายถึง ค่า out degree

4. การศึกษาโครงสร้างเครือข่ายจากการกระจายตัวของ degree

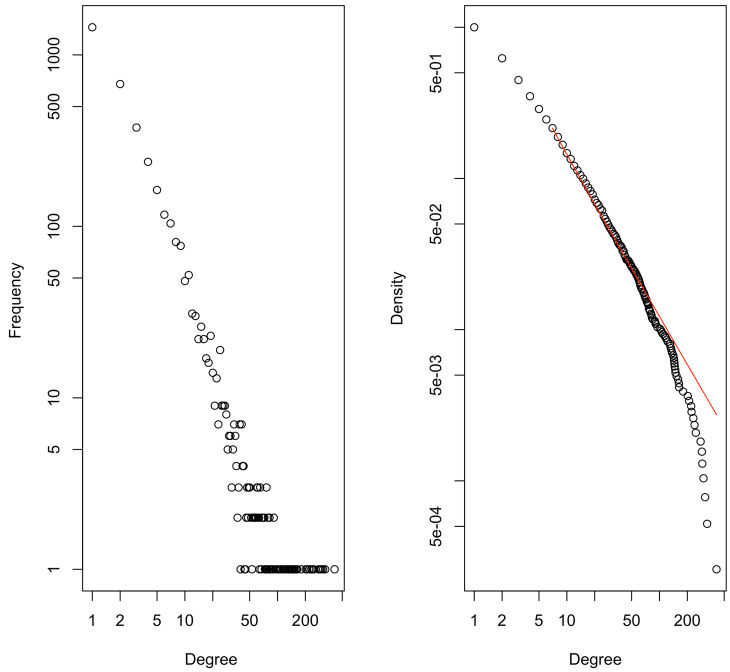
ผลการศึกษาการกระจายตัวของ Degree ในเครือข่ายการเคลื่อนย้ายกระบือ (รวม 5 ปี) โดยการทดสอบ power law fit ด้วยวิธี Kolmogorov-Smirnov (KS) พบว่าที่ค่า degree ต่ำสุดเท่ากับ 3 มีค่า KS เท่ากับ 0.0168 (p-value> 0.05) บ่งชี้ว่าการกระจายตัวของ node ที่มี degree ตั้งแต่ 3 ขึ้นไปมีการกระจายตัวในรูปแบบ power law (ภาพที่ 3) และในเครือข่ายการเคลื่อนย้ายโค (รวม 5 ปี) พบว่าที่ค่า degree ต่ำสุดเท่ากับ 7 มีค่า KS เท่ากับ 0.031 (p-value> 0.05) บ่งชี้ว่าการกระจายตัวของ node ที่มี degree ตั้งแต่ 7 ขึ้นไปมีการกระจายตัวในรูปแบบ power law (ภาพที่ 4)

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เครือข่ายการเคลื่อนย้าย กระบือ และ โค มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับเครือข่ายชนิด scale free ที่จะมีบางส่วนของเครือข่าย มีการกระจายตัวของ degree ในรูปแบบ power law ทั้งนี้คุณลักษณะอีกประการหนึ่งของเครือข่ายชนิด scale free จะพบว่าส่วนหางของกราฟจะมีลักษณะขยายออก (De Nooy et al., 2011) ดังแสดงในภาพที่ 3 (ซ้าย) และ ภาพที่ 4 (ซ้าย)

ภาพที่ 3 การกระจายตัวของ degree ในเครือข่ายการเคลื่อนย้ายกระบือ (รวม 5 ปี)



ภาพที่ 4 การกระจายตัวของ degree ในเครือข่ายการเคลื่อนย้าย โค (รวม 5 ปี)



วิจารณ์

จากค่าทางสถิติเชิงพรรณนาของการเคลื่อนย้าย กระบือ และ โค พบว่ากิจกรรมหลักของการเคลื่อนย้าย กระบือ โค คือ การเคลื่อนย้ายเพื่อจำหน่าย (ร้อยละ 72.27 และ 61.14 ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้ประกอบการค้าสัตว์เป็นผู้ที่มีบทบาทหลักในเครือข่ายการเคลื่อนย้าย โค กระบือ เมื่อพิจารณาการจำนวนโค กระบือที่มีการ เคลื่อนย้าย ตามระยะเวลา ตามภาพที่ 1 พบว่า การเคลื่อนย้ายทั้งกระบือ และ โค มีจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในช่วงตั้งแต่เดือน เมษายน ไปจนถึงเดือนสิงหาคม ของทุกปี และจะลดลง ในช่วงเดือนกันยายน จนถึงเดือนพฤศจิกายน และจะเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ในช่วงมกราคมไปจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งช่วงระยะเวลาที่มีแนวโน้มการเคลื่อนย้ายที่เพิ่มขึ้นควรเป็นระยะเวลาที่มีการเข้มงวดตรวจสอบการเคลื่อนย้ายสัตว์หรือมาตรการเพิ่มเติม เพื่อป้องกันการระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อย เช่น การทำลายเชื้อโรค การเฝ้าระวังสัตว์เข้าพื้นที่ปลายทาง

จากการศึกษาคุณลักษณะของการเครือข่ายการเคลื่อนย้ายกระบือและโค พบว่า มีบางส่วนของเครือข่ายเชื่อมต่อแบบ strong component (ร้อยละ13.524 และ19.673 ตามลำดับ) ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวถือว่าเป็นแกนกลางของเครือข่าย หากมีโรคระบาดที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้าย เกิดขึ้นในองค์ประกอบนี้ ก็มีโอกาสที่จะทำให้มีการแพร่กระจายในวงกว้างได้ ซึ่งเมื่อทำการศึกษาองค์ประกอบย่อยเพิ่มเติมโดยใช้ค่า k-core พบว่าในเครือข่ายการเคลื่อนย้าย กระบือ และ โค มีองค์ประกอบย่อยที่มีค่า k-core สูงสุด ซึ่งความสำคัญองค์ประกอบย่อยที่มีค่า k-core สูงสุด คือ องค์ประกอบดังกล่าวมักจะเป็นแกนกลางของเครือข่าย (network core) และมีโอกาสที่จะพบ node ที่มีศักยภาพสูงในการเป็นตัวแพร่กระจาย (spreader) ในองค์ประกอบดังกล่าวได้ (Kitsak et al., 2010) จากที่ได้กล่าวมาการที่เลือกที่จะดำเนินการหรือมีมาตรการใด ๆ ในองค์ประกอบย่อยชนิด strong component หรือ องค์ประกอบย่อยที่มีค่า k core สูง ทำให้มีโอกาสที่จะควบคุม node ที่เป็นตัวแพร่กระจายที่สำคัญของ network ได้ ตัวอย่างเช่น การมีมาตรการควบคุมเคลื่อนย้ายอย่างเข้มงวดในพื้นที่แกนกลางเครือข่ายจะการลดการแพร่กระจายของโรค หรือในทางกลับกันอาจจะนำไปใช้ในการแพร่กระจายข้อมูลข่าวสารได้ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาในแง่ภูมิศาสตร์แล้ว พบว่าการกระจายตัวของ node ที่เป็น maximal k-core โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยที่มีการกระจายตัว ค่อนข้างหนาแน่นจึงเป็นพื้นที่น่าจะให้ความสำคัญในการดำเนินมาตรการเชิงรุกในลำดับต้นๆ

จากการศึกษาค่าความเป็นศูนย์กลางระดับเครือข่าย จะเห็นได้ว่าเครือข่ายที่ทำการศึกษาทั้ง กระบือ และ โค มีค่า out-degree centralization มากกว่า ค่า in-degree centralization แสดงให้เห็นว่าเครือข่ายที่ทำการศึกษามีแนวโน้มที่จะมีกิจกรรมของ node ภายในเครือข่ายเป็นแบบผู้ส่ง (hub หรือ เส้นเชื่อมของเครือข่ายในทิศทางขาออก) มากกว่าเป็นผู้รับ (authorities หรือ เส้นเชื่อมของเครือข่ายในทิศทางขาเข้า) (Martínez-López et al., 2009) ซึ่งประโยชน์ในนำค่าความเป็นศูนย์กลางไปใช้ประกอบการวางแผนควบคุมโรค เช่น การลดกิจกรรมการเคลื่อนย้ายใน node ที่มีค่า Betweeness centrality สูงจะช่วยลดความชุกของโรคได้ (Gates and Woolhouse, 2015)

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า การกระจายตัวของค่า degree ในเครือข่าย กระบือ และ โค มีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกับเครือข่ายชนิด scale free โดยการทดสอบ power law fit ทำให้สรุปได้ว่าเครือข่ายที่ทำการศึกษามีโครงสร้างเครือข่ายใกล้เคียงกับเครือข่ายชนิด scale free ซึ่งจากรายงานข้อมูลการศึกษาเครือข่ายที่เกี่ยวข้องกับระบาดวิทยาทางสัตวแพทย์ที่ผ่านมาพบว่าเครือข่ายที่มีโครงร่างแบบ scale free จะมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของโรค ตัวอย่างเช่น เครือข่ายชนิด scale free จะสามารถแพร่กระจายเชื้อได้เร็ว แต่หากมีการควบคุมโรคที่ node ที่มีลักษณะเป็น hub จะมีผลในการควบคุมโรคได้ดี (Dubé et al., 2009) ใน

ประเทศเดนมาร์กพบว่าเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกรมีโครงร่างของเครือข่ายเป็นลักษณะแบบ scale free ซึ่งประกอบด้วย component ขนาดใหญ่อย่างน้อย1 component โดยในเครือข่ายดังกล่าวหากได้รับเชื้อที่มีความสามารถในการแพร่กระจายระดับต่ำ จะทำให้เครือข่ายมีการแพร่กระจายและมีการคงอยู่ของเชื้อโรคอยู่ตลอดเวลา ทำให้การกำจัดโรคเป็นไปได้ยาก (Bigras-Poulin et al., 2007) ในประเทศอิตาลีพบว่าเครือข่ายการเคลื่อนย้ายโคมีโครงร่างเครือข่ายเป็นลักษณะ scale Free โดยมีลักษณะบางประการเป็นแบบ small world ซึ่งผลจากการศึกษาจากแบบจำลองการติดเชื้อในเครือข่ายพบว่าการระงับการเคลื่อนย้ายออกจาก node ที่มีค่า degree และ eigen vector สูง จะลดขนาดของการระบาดได้ (Natale et al., 2009)

จากข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าเครือข่ายการเคลื่อนย้ายโค กระบือ ในประเทศไทยมีศักยภาพสูงที่จะมีการแพร่กระจายโรคระบาดเป็นวงกว้าง โดยเฉพาะโรคที่มีการติดต่อจากการสัมผัสโดยตรง เช่น โรคปากและเท้าเปื่อย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับคุณลักษณะเครือข่ายระดับ node โดยเฉพาะใน Strong connect component หรือ maximal k-core เพื่อประกอบการวางแผนในการควบคุมและป้องกันโรคโดยการจำแนกตำบลตามค่าความเป็นศูนย์กลางต่างๆ เช่น การระบุตำบลที่มี ค่า betweeness centrality สูงเพื่อใช้ในการควบคุมโรคกรณีมีโรคระบาด การระบุตำบลที่มี ค่า in-degree centrality สูง ในการวางแผนการฉีดวัคซีนเชิงรุก รวมถึง ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้ข้อมูลคุณลักษณะเครือข่ายเพื่อหาความสัมพันธ์ของการเคลื่อนย้ายกับการเกิดโรคที่เกิดขึ้นในประเทศไทย แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลที่มาจากการเคลื่อนย้ายที่ถูกต้องตามระเบียบการเคลื่อนย้ายของกรมปศุสัตว์ที่มีอยู่ในระบบ e-Movement เท่านั้น ซึ่งยังมีข้อมูลการเคลื่อนย้ายที่ไม่มีการบันทึกไว้ เช่น การเคลื่อนย้ายภายในจังหวัดและการลักลอบเคลื่อนย้ายจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นดังกล่าว นอกจากนี้ควรมีการพัฒนาและปรับปรุงระบบ e-Movement ให้มีการระบุประเภทของต้นทางและปลายทางให้ชัดเจนมากขึ้นเพื่อนำไปประกอบการวางมาตรการควบคุม และป้องกันโรคที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

สรุปผลการศึกษา

เครือข่ายการเคลื่อนย้าย กระบือ และโค พื้นที่ระดับตำบล ในปี 2555-2559 ของประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะมีกิจกรรมการเคลื่อนย้ายแปรผันตามช่วงเวลาในแต่ละเดือน โดยลักษณะโครงสร้างเครือข่ายใกล้เคียงกับเครือข่ายชนิด scale free และมีกิจกรรมหลักของ node ในเครือข่ายมีลักษณะเป็นผู้ส่ง มากกว่าเป็นผู้รับ นอกจากนี้ยังพบว่าเครือข่ายที่ทำการศึกษามีองค์ประกอบย่อย (Strong connect component) ที่สำคัญต่อการแพร่กระจายของโรคระบาด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ น.สพ.บุรินทร์ สรสิทธิ์สุขสกุล ผู้อำนวยการกองสารวัตรและกักกัน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนย้ายโค กระบือ, น.สพ. วัลลภ ตัณฑ์พันธุ์กุล สพ.ญ สุนันท์ กิตติจารุวัฒนา และ สพ.ญ. อินทุอร ธีรานุวัฒน์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจทานต้นฉบับงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Batagelj, V., Mrvar, A., 1998. Pajek-program for large network analysis. Connections 21, 47-57.

Bigras-Poulin, M., Barfod, K., Mortensen, S., Greiner, M., 2007. Relationship of trade patterns of the Danish swine industry animal movements network to potential disease spread. Prev. Vet. Med. 80, 143-165.

Csardi, G., Nepusz, T., 2006. The igraph software package for complex network research. InterJournal, Complex Systems 1695, 1-9.

De Nooy, W., Mrvar, A., Batagelj, V., 2011. Exploratory social network analysis with Pajek. Cambridge University Press.

Dubé, C., Ribble, C., Kelton, D., McNab, B., 2009. A Review of Network Analysis Terminology and its Application to Foot-and-Mouth Disease Modelling and Policy Development. Transbound. Emerg. Dis. 56, 73-85.

Freeman, L.C., 1977. A set of measures of centrality based on betweenness. Sociometry, 35-41.

Gates, M.C., Woolhouse, M.E.J., 2015. Controlling infectious disease through the targeted manipulation of contact network structure. Epidemics 12, 11-19.

Green, D., Kiss, I., Kao, R., 2006. Modelling the initial spread of foot-and-mouth disease through animal movements. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 273, 2729-2735.

Khengwa, C., Jongchansittoe, P., Sedwisai, P., Wiratsudakul, A., 2016. A traditional cattle trade network in Tak province, Thailand and its potential in the spread of infectious diseases. Animal Production Science 57, 152-160.

Kitsak, M., Gallos, L.K., Havlin, S., Liljeros, F., Muchnik, L., Stanley, H.E., Makse, H.A., 2010. Identification of influential spreaders in complex networks. Nature physics 6, 888-893.

Luke, D.A., Harris, J.K., 2007. Network Analysis in Public Health: History, Methods, and Applications. Annu. Rev. Public Health 28, 69-93.

Martínez-López, B., Perez, A.M., Sánchez-Vizcaíno, J.M., 2009. Social Network Analysis. Review of General Concepts and Use in Preventive Veterinary Medicine. Transboundary and Emerging Diseases 56, 109-120.

Microsoft, 2013. Excel 2013. Albuquerque, New Mexico, U.S.A.

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, 341-350.

Noopataya, S., Thongratsakul, S., Poolkhet, C., 2015. Social Network Analysis of Cattle Movement in Sukhothai Province, Thailand: A Study to Improve Control Measurements. Veterinary Medicine International 2015, 6.

Ortiz-Pelaez, A., Pfeiffer, D.U., Soares-Magalhães, R.J., 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, 40-55.

Sabidussi, G., 1966. The centrality index of a graph. Psychometrika 31, 581-603.

Team, R.C., 2015. R: A language and environment for statistical computing [Internet]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2014.

Wasserman, S., 1994. Social network analysis: Methods and applications. Cambridge university press.

Wickham, H., Francois, R., 2015. dplyr: A grammar of data manipulation. R package version 0.4 1, 20.