



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ระบาควิทยาทางสัตวแพทย)

ปริญญา

ระบาควิทยาทางสัตวแพทย

สัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการค้าแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท

Social Network Analysis of Meat Goat Trading in Chainat

นามผู้วิจัย นายเชมพรรษ บุญโญ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิษณุ ตุลยกุล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวิชา เกษมสุวรรณ, M.Phil)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงห์สีทอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการค้าแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท

Social Network Analysis of Meat Goat Trading in Chainat

โดย

นายเชมพรรษ บุญโญ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ระบาคติวิทยาทางสัตวแพทย)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เฉลิมพรหม บุญโญ 2557: การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการค้าแพะเนื้อในจังหวัด
ชัยนาท ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ระบาดวิทยาทางสัตวแพทย์) สาขาระบาดวิทยา
ทางสัตวแพทย์ ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิษณุ ตุลยกุล, Ph.D. 91 หน้า

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อวิเคราะห์รูปแบบเครือข่ายทางสังคมของการค้าแพะเนื้อใน
จังหวัดชัยนาท และใช้รูปแบบเพื่ออธิบายการพบผลบวกทางชีรั้มในฝูงแพะเนื้อต่อการติดเชื้อ
ไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อย โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ และการพบผลบวกทางชีรั้ม
ต่อโรค布鲁เซลโลซิส บนเครือข่ายทางสังคมของการค้าแพะเนื้อ วิธีการศึกษาโดยการเก็บข้อมูล
จากฟาร์มแพะเนื้อทั้งหมด จำนวน 112 ฟาร์มใน 8 อำเภอของจังหวัดชัยนาท ผลการศึกษาพบว่า
ลักษณะเครือข่ายเป็นแบบ scale-free network เครือข่ายลักษณะแบบนี้มักจะคงทน หากมี
เกษตรกรเลิกเลี้ยงแพะไปแบบสุ่ม เครือข่ายก็ยังคงอยู่ได้ หากเกิดโรคระบาดจะเกิดการระบาดแพร่
ไปได้รวดเร็ว เพราะมี hub ที่สามารถแพร่เชื้อได้ ควรต้องควบคุมโรคที่ hub ก่อน นอกจากนี้ใน
การศึกษา พบว่า เครือข่ายประกอบด้วยหน่วยย่อยที่มีความสำคัญ (cutpoint) ทั้งหมด 67 node จาก
232 node (28.88%) โดยส่วนมาก cutpoint เป็นเกษตรกรจากอำเภอต่าง ๆ การมี cutpoint มากทำ
ให้การควบคุมโรคที่ cutpoint ต้องทำอย่างรวดเร็วซึ่งอาจเริ่มต้นจากการควบคุมการเคลื่อนย้าย
cutpoint มีการเชื่อมต่อ (degree) มากกว่า node อื่น ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยของการออกจาก node
(out-degree) และการเข้าสู่ node (in-degree) เป็น 6.46 และ 4.84 ตามลำดับ แต่สำหรับ node อื่น ๆ
มี out-degree และ in-degree เป็น 1 และ 1.66 การนำ node ที่เป็น cut-point ออกจากเครือข่ายจะทำให้
ให้เกิดเครือข่ายแตกออก (fragment) ไม่มีการเชื่อมต่อกัน ซึ่งจำเป็นในการลดการแพร่โรค
เมื่อศึกษา node ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับ node ที่มีความเป็นศูนย์กลางของเครือข่ายการค้าแพะเนื้อ
ในจังหวัดชัยนาท (ego-centric network) ได้แก่ (1) โครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ
แกะของจังหวัดชัยนาท และ (2) เกษตรกรที่ซื้อขายแพะ แลกเปลี่ยนพ่อพันธุ์และเป็นพ่อค้าแพะด้วย
สำหรับโครงการฯ เป็นศูนย์กลางที่มีการส่งออกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท
พบว่าการพบผลบวกทางชีรั้มต่อโรคปากและเท้าเปื่อยมีลูกศรออกจากโครงการฯ ทำให้วิเคราะห์
ได้ว่าแพะจากโครงการฯ มีโอกาสแพร่เชื้อไปยัง node อื่น นอกจากนี้ยังมีโอกาสแพร่เชื้อ布鲁เซลโล
ซิสอีกด้วย แต่ไม่พบลักษณะเช่นนี้ในโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ

Khemmapat Boonyo 2014: Social Network Analysis of Meat Goat Trading in Chainat.
Master of Science (Veterinary Epidemiology), Major Field: Veterinary Epidemiology,
Department of Veterinary Public Health. Thesis Advisor: Assistant Professor
Phitsanu Tulayakul, Ph.D. 91 pages.

The objectives of this research were (1) to determine social network topology of production indexes and trading pattern of goat farms in Chaient Province, and (2) to describe the relative pathway of positive serum antibody to Foot and Mouth disease virus, Caprine Arthritis Encephalitis virus and Brucellosis on Social Network Analysis of Meat Goat Trading. Data for network analysis of meat goats in Chainat were collected from the goat farms in total number of 112 farms in 8 districts. The results revealed that the network type was scale-free topology type. This type of network was important, although the farmers were random gave up their business, the network still remains. However, disease can spread rapidly in outbreak situation because the hub can be point of spreading an outbreak. Thus, the disease control strategy must be done first at these hub. Moreover, this study also showed that there were 28.88% of cutpoints (67/232 cutpoints) in the network from many district in this study. As far as many cutpoints found, the outbreak will be fast and the disease control strategy must be done quickly started from the higher degree of cutpoint (out degree = 6.46, in degree = 4.84) than others nodes (out degree = 1.00, in degree = 1.66). Therefore, once removing the cutpoint out of the network, it caused the fragmentation of the network, then the disease can be controlled and reduced the spreading time of the diseases. On the other hand, concerning the results of positive serum antibody for these 3 diseases collected from the study, it revealed that the ego-centric network were at (1) provincial strategy's project, and at (2) the goat trader. Furthermore, the direction of arrow head were indicated out of the ego-centric nodes into other connection nodes for FMD and Brucellosis. Therefore, It was interpreted that the goats from provincial strategy's project could be source of spreading of Foot and Mouth Disease and Brucellosis but not Caprine Arthritis Encephalitis in this study.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พิษณุ ตูลยกุล ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผศ.สุวิชา เกษมสุวรรณ หัวหน้าภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์ ผศ.ดร.พัฒน์ อรุณวิภาส และ อ.ดร.วราพร พิมพ์ประไพ อาจารย์ประจำภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์ รศ.ดร.ธีระ รักความสุข และ ดร.ศิษฐ์ เปรมย์เชิฐ คณะกรรมการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย สำหรับคำปรึกษา คำแนะนำ ในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ผู้สนับสนุนทุนในการวิจัย

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ผู้สอนในสาขาระบาดวิทยาทางสัตวแพทย์ทุกท่าน ที่ได้อบรม สั่งสอน สนับสนุน ให้กำลังใจและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์ยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ขอขอบพระคุณ น.สพ.สุขุม สันธิพันธ์ น.สพ.วัชรพงษ์ สุดดี และ สพ.ญ.ภัทริน โอภาส ชัยทัตต์ สำหรับการร่วมเก็บข้อมูลในพื้นที่ รวมทั้ง สพ.ญ.วิไลภรณ์ วงษ์พฤกษาสูง ที่ให้คำปรึกษา และการช่วยเหลือที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ ขอขอบพระคุณ น.สพ.กันภณ ปภากรเกตุรัตน์ นายสัตวแพทย์ชำนาญการพิเศษ สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดชัยนาท สำหรับการประสานงานภายใน จังหวัดชัยนาท

ขอขอบพระคุณสำหรับความร่วมมือและการสนับสนุนข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำ วิจัย จากสำนักงานปศุสัตว์ชัยนาท เจ้าหน้าที่สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดชัยนาท และ เกษตรกรเจ้าของ ฟาร์มแพะทุกท่าน

ขอขอบพระคุณ นายเกษม บุญโญ ผู้เป็นบิดา นางวิระวรรณ บุญโญ ผู้เป็นมารดา และ ครอบครัวบุญโญ สำหรับกำลังใจและการสนับสนุนในทุกเรื่อง ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใด เนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวตลอดจนครูอาจารย์ทุกท่าน

เจนพรรษ บุญโญ

มกราคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	28
อุปกรณ์	28
วิธีการ	29
ผลและวิจารณ์	35
ผล	35
วิจารณ์	51
สรุปและข้อเสนอแนะ	58
สรุป	58
ข้อเสนอแนะ	59
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	60
ภาคผนวก	74
ภาคผนวก ก แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย	75
ภาคผนวก ข ตารางข้อมูล	79
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	91

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระดับการวิเคราะห์เครือข่ายด้วยการพรรณนาและการวัดเครือข่าย	26
2	จำนวนประชากรแพะเนื้อและจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะของจังหวัดชัยนาทปี 2552	32
3	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน ค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดของ degree, betweenness, farness และ closeness	39
4	Geodesic distance, frequency และ proportion ของ node ที่มี geodesic distance	41
5	ขนาด component จำนวนและ proportion ของ node ในขนาด component นั้น ๆ	44
ตารางผนวกที่		
ข1	ค่า Freeman's degree centrality measures ค่า betweenness และค่า closeness และ farness ของ node ต่าง ๆ ของเครือข่ายแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท	81
ข2	ศัพท์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เครือข่ายเรียงตามลำดับตัวอักษรภาษาอังกฤษ	86

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เครือข่ายการผลิตแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท	37
2	Egocentric ของโครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะ ของจังหวัดชัยนาท และเกษตรกรที่เป็นพ่อค้าและแลกเปลี่ยนแพะ	38
3	โครงสร้างเครือข่ายที่มี out-degree มากกว่า 3	42
4	โครงสร้างเครือข่ายที่มี out-degree มากกว่า 3 และ cutpoint	43
5	โครงสร้างแสดงเครือข่ายแยกสีตาม component	44
6	เครือข่ายที่เกี่ยวข้องกับการค้าแพะทั้งหมด ของแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท	46
7	เครือข่ายของเกษตรกรกับการค้าแพะทั้งหมด ของแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท	47
8	เครือข่าย Egocentric network ของโครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะ	48
9	เครือข่าย Egocentric network ของพ่อค้ารับซื้อ แลกเปลี่ยนพ่อพันธุ์และเกษตรกรเลี้ยงแพะรายใหญ่	49
10	เครือข่าย Egocentric network ของโครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะของจังหวัดชัยนาทรวมกับพ่อค้ารับซื้อ แลกเปลี่ยนพ่อพันธุ์และเกษตรกรเลี้ยงแพะรายใหญ่	50

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

mua	=	อำเภอเมือง
han	=	หันคา
man	=	มโนรมย์
sap	=	สรรพยา
san	=	สรรคบุรี
wad	=	วัดสิงห์
non	=	หนองมะโมง
ner	=	เนินขาม
com	=	node ที่ถูกอ้างอิงจากการสอบถาม

การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการค้าแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท

Social Network Analysis of Meat Goat Trading in Chainat

คำนำ

จังหวัดชัยนาทตั้งอยู่ในภาคกลางตอนบน มีพื้นที่ทั้งหมด 2,469,746 ตารางกิโลเมตร มีประชากร 333,473 คน แบ่งเขตปกครองเป็น 8 อำเภอคือ อำเภอเมืองชัยนาท มโนรมย์ วัดสิงห์สรรพยา สรรคบุรี หันคา หนองมะโมง และเนินขาม ชัยนาทเป็นจังหวัดที่มีลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่ม มีแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำน้อยไหลผ่านพื้นที่ต่าง ๆ รวมทั้งมีคลองชลประทานหลายสาย นอกจากลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นราบแล้ว ยังมีเนินเขาเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 1-3 กิโลเมตรกระจายอยู่ทั่วไป จังหวัดชัยนาทอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมที่พัดผ่านประจำฤดู ฤดูหนาวอากาศจะหนาวที่สุดช่วงระหว่างเดือนธันวาคมและมกราคม ฤดูร้อนประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคมและอากาศร้อนจัดในเดือนเมษายน พกกลางเดือนพฤษภาคมฝนเริ่มตกจนถึงเดือนตุลาคม และเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีฝนตกชุกมากที่สุดในรอบปี ประชากรส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 80 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม การเกษตรนับว่ามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจของจังหวัดและชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชน พื้นที่ร้อยละ 81.46 เป็นพื้นที่เกษตรกรรม มีเกษตรกรประกอบอาชีพด้านการปศุสัตว์ประมาณ 17,500 ครัวเรือน ประกอบอาชีพเลี้ยงไก่มากที่สุด รองลงไปได้แก่การเลี้ยงโคเนื้อและเป็ด จังหวัดชัยนาทมีแหล่งสนับสนุนการเลี้ยงสัตว์ภายในจังหวัด โดยภาครัฐมีหน่วยผสมเทียมของกรมปศุสัตว์ 9 หน่วย โรงฆ่าสัตว์ใหญ่ 1 แห่ง โรงฆ่าสัตว์เล็ก 4 แห่งและสถานที่กักกันสัตว์ 1 แห่ง มีเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ ร้อยกว่าราย จำนวนแพะหมื่นกว่าตัว (สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดชัยนาท กรมปศุสัตว์, 2556)

ตั้งแต่พ.ศ. 2547 จังหวัดชัยนาทได้ดำเนินโครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะและแกะ โดยมอบหมายให้สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดชัยนาทจัดทำโครงการส่งเสริมการเลี้ยงแพะและแกะเพื่อเป็นอาชีพเสริมและเพื่อแก้ไขปัญหาความยากจนของเกษตรกรในพื้นที่ดอนประมาณ 40% ของจังหวัดที่ไม่เหมาะกับการเพาะปลูก มีการตั้งกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะเนื้อประกอบด้วยสมาชิกกลุ่มละ 10 คน สมาชิกแต่ละรายได้รับการจัดสรรแม่พันธุ์แพะ 5 ตัวและพ่อพันธุ์ 1 ตัว พันธุ์แพะพร้อมด้วยวัสดุที่จำเป็นในการสร้างโรงเรือนและเวชภัณฑ์ รวมทั้งมีการฝึกอบรมการเลี้ยง

การดูแลและการป้องกันโรค เกษตรกรบางกลุ่มจะนำแพะมาเลี้ยงรวมกันโดยมีการจ้างคนเลี้ยง โครงการนี้กำหนดเงื่อนไข ว่าภายในระยะเวลา 5 ปี เกษตรกรต้องส่งคืนแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์แพะ

สำนักงานจังหวัดชัยนาทระบุว่า พ.ศ.2547 มีการจัดสรรงบประมาณ 4.926 ล้านบาท ให้โครงการส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจใหม่ ปี พ.ศ.2548 จัดสรรงบประมาณ 7.1 ล้านบาท ให้โครงการส่งเสริมการเลี้ยงกระบือ แพะ เป็นอุตสาหกรรมปศุสัตว์และจัดสรรงบประมาณอีก 1,520,800 บาทให้แก่โครงการส่งเสริมการเลี้ยงกระบือ แพะ เป็นอุตสาหกรรมปศุสัตว์อีกในปีงบประมาณ 2549

สืบเนื่องจากยุทธศาสตร์ของจังหวัดชัยนาทที่ส่งเสริมการเลี้ยงแพะและแกะ ทำให้เกิดเกษตรกรผู้เลี้ยงมีความสัมพันธ์เป็นเครือข่ายของการผลิตและการค้าแพะ และมีจำนวนแพะและแกะเนื้อเพิ่มขึ้นในระยะเวลาอันสั้น จากปีพ.ศ.2547- 2552 มีจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ และจำนวนแพะตามลำดับปีดังนี้ 151 ราย 7,949 ตัว 211 ราย 11,204 ตัว 268 ราย 15,527 ตัว 262 ราย 15,891 ตัว 230 ราย 17,266 ตัว และ 169 ราย 15,367 ตัว (ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์, 2547-2552)

การเคลื่อนย้ายสัตว์เข้า-ออกจากฝูงเป็นปัจจัยหลักอย่างหนึ่งในการแพร่กระจายของเชื้อโรคติดต่อ เข้าสู่ฟาร์มแต่พบว่ายังขาดมาตรการในการควบคุมโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดจากการที่ยังขาดข้อมูลเครือข่ายในการเคลื่อนย้ายเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งส่งผลต่อการแพร่โรคติดต่อในฟาร์มแพะเนื้อหลายชนิดที่กระทบต่อสถานะเศรษฐกิจ ทำให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิตและการค้าแพะเนื้อ

การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม (Social Network Analysis) มีการนำมาประยุกต์ใช้ทั้งในทางสัตวแพทย์ และการแพทย์ เพื่อใช้ในการศึกษาลักษณะทางระบาดวิทยา และทำนายการแพร่กระจายของโรคติดต่อต่างๆ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์รูปแบบเครือข่ายทางสังคมของการค้าแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท และเพื่ออธิบาย การพบผลบวกทางซีรัมในฝูงแพะ ต่อการติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อย โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ และ โรค布鲁เซลโลซิส บนเครือข่ายทางสังคมของการค้าแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท รวมทั้งเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนมาตรการควบคุม ป้องกันโรคในฟาร์มแพะเนื้อให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์รูปแบบเครือข่ายทางสังคมของการค้าแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท
2. เพื่ออธิบาย การพบผลบวกทางซีรัมในฝูงแพะเนื้อ ต่อการติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อย โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ และโรค布鲁เซลโลซิส บนเครือข่ายทางสังคมของการค้าแพะเนื้อ



การตรวจเอกสาร

สัตว์เศรษฐกิจของประเทศไทยที่ผลิต เลี้ยง แปรรูปและทำการค้ามีหลายชนิด เช่น ไก่ สุกร โคเนื้อ โคเนื้อ ปลา กุ้ง แกะ และแพะ ซึ่งแพะเป็นสัตว์เศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทยชนิดหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ภาคใต้ที่มีการเลี้ยงแพะเพื่อใช้บริโภคเนื้อและเนื้อ นอกระบบยังเลี้ยงเพื่อใช้ประกอบพิธีกรรมทางศาสนาในพิธีกรรมสำคัญสองพิธีคือ การอากีเกาะฮเป็นการรับขวัญทารกแรกเกิดทั้งเพศหญิงและชาย และการกูรบ้านเป็นการเสียดสต่อพระผู้เป็นเจ้าหรือการเฉลิมฉลองหลังเสร็จการประกอบพิธีฮัจญ์ที่นครเมกกะ ประเทศซาอุดีอาระเบีย แพะเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มนุษย์เลี้ยงมานานกระจายอยู่ทั่วโลก 570 พันธุ์ จำนวนมากกว่า 710 ล้านตัว เลี้ยงมากในทวีปเอเชียและแอฟริกา สำหรับกลุ่มอาเซียน ประเทศอินโดนีเซียมีแพะจำนวน 14 ล้านตัว ซึ่งมากเป็นอันดับ 8 ของโลก ส่วนประเทศไทยมีแพะเพียง 338,355 ตัว ภาคใต้ในจังหวัดยะลา สตูล ปัตตานี นราธิวาส และสงขลา รวมกันมีแพะเพียง 159,390 ตัว เทียบกับประชากรมุสลิมที่มีอยู่ประมาณ 1.98 ล้านคน พบว่ายังมีความต้องการแพะมากถึง 1.82 ล้านตัว เป็นเงินรายได้กว่า 4,950 ล้านบาท การเลี้ยงแพะสามารถส่งเสริมเป็นอาชีพยั่งยืนได้ (ชาลีนา, 2550)

นอกจากพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยแล้วรัฐบาลโดยกรมปศุสัตว์ได้ส่งเสริมให้มีการเลี้ยงแพะเป็นอาชีพเพื่อสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารฮาลาล มีหลายจังหวัดที่กำหนดให้การเลี้ยงแพะเป็นยุทธศาสตร์หนึ่งในภาคการเกษตร เขตภาคกลางจังหวัดชัยนาทเป็นจังหวัดหนึ่งที่ได้ดำเนินโครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะและแกะ ตั้งแต่ พ.ศ. 2547 เพื่อเป็นอาชีพเสริมและแก้ไขปัญหาความยากจนของเกษตรกรในเขตพื้นที่ดอน 40% ของจังหวัดที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจไม่ค่อยได้ผลดี โดยที่สมาชิกโครงการแต่ละรายได้รับการจัดสรรแม่พันธุ์แพะ 5 ตัว พ่อพันธุ์ 1 ตัว และพันธุ์ผู้พร้อมทั้งมีการฝึกอบรมการเลี้ยงดูและการป้องกันโรค เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะในจังหวัดชัยนาทมีการสร้างเครือข่ายทางสังคมของการผลิตและการค้าแพะ ในปี พ.ศ. 2552 ในจังหวัดชัยนาทมีเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ 169 ราย และมีแพะจำนวน 15,367 ตัว ในการเลี้ยง การแลกเปลี่ยน เคลื่อนย้าย และค้าขายแพะของเกษตรกรนั้นก็พบอุปสรรคอยู่บ้าง โดยเฉพาะโรคภัยที่เกิดกับแพะที่สำคัญๆ ได้แก่ โรคปากและเท้าเปื่อย โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบ รวมทั้งโรค布鲁เซลโลซิส

คุณภาพของแพะเนื้อที่ดีจะเกิดขึ้นได้ เกษตรกรผู้เลี้ยงต้องมีความตั้งใจ ใส่ใจ มีความรู้ ใฝ่รู้ ศึกษาพัฒนาเพิ่มเติมวิธีการจัดการฟาร์ม ทั้งเรื่องพันธุ์แพะ อาหาร โรงเรือน สุขภาพ การป้องกันโรค การลงทุนและการตลาดเพื่อให้การจัดการมีรูปแบบที่มีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล

แพะเนื้อ

ภูมิภาคประเทศเขตร้อน แพะเนื้อสามารถสืบพันธุ์ได้ทั้งปี (Restall, 1991) และจากการศึกษาในประเทศอินโดนีเซียที่มีความแตกต่างกันน้อยระหว่างช่วงไม่มีแสงและช่วงที่มีแสงเป็นการเปลี่ยนแปลงช่วงแสงที่มีความแปรปรวนต่ำพบว่าสายพันธุ์แพะที่เลี้ยงยังมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงช่วงแสงต่ำ (Sodig *et al.*, 2002) และ Greyling (2000) พบว่าแพะเนื้อพันธุ์บอร์ (Boer) ที่นิยมเลี้ยงกันมากในช่วงเวลาผสมพันธุ์ยาวและไม่พบช่วงพักการเป็นสัด (anestrus) ที่แน่ชัดในขณะที่แพะพันธุ์แองโกรา (Angora) มีช่วงเวลาผสมพันธุ์จำกัด ถึงแม้จะพบว่าช่วงปลายฤดูใบไม้ผลิจนกระทั่งกลางๆ ฤดูร้อนแพะจะมีการสืบพันธุ์มากกว่า แม่แพะส่วนมากจะเริ่มเป็นสัดขณะที่มีน้ำหนัก 60 – 70 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวที่โตเต็มที่ ในประเทศแอฟริกาได้นำหนักแพะแม่พันธุ์บอร์ในวัยเจริญพันธุ์มีน้ำหนักระหว่าง 27.5 – 30.6 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับคุณภาพและปริมาณอาหารที่ได้รับ รวมทั้งมีอายุเฉลี่ย 191.1 หรือ 157.2 วันขึ้นกับว่าแพะนี้เกิดช่วงปลายฤดูหนาวหรือกลางฤดูร้อน (Greyling, 2000) และจากการศึกษาของ Sodig (2003) ในประเทศอินโดนีเซียพบว่าแม่แพะเริ่มผสมพันธุ์เมื่ออายุ 7 เดือน ถึง 2 ปี โดยแพะพันธุ์ Kacang ซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมืองเริ่มผสมพันธุ์เมื่ออายุน้อย Otuma และ Osakwe (2008) พบว่าแม่แพะที่ผสมพันธุ์ตามธรรมชาติมีอัตราการผสมติดสูงถึงร้อยละ 85 เป็นอัตราการผสมติดสูงกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่น แม่แพะพันธุ์บอร์ในประเทศแอฟริกาได้มีระยะเวลาดังท้องเฉลี่ยอยู่ที่ 148.2 วัน และสำหรับอายุการให้ลูกตัวแรกของแม่แพะนั้น Mohammed *et al.* (2006) พบว่าแพะพันธุ์บอร์โน (Borno) ในประเทศไนจีเรียมีอายุแรกคลอดที่ 350.25 วัน ส่วนแพะในประเทศอินโดนีเซียร้อยละ 60 ผสมติดที่อายุก่อน 7 เดือน และให้ลูกตัวแรกเมื่อแม่แพะอายุเฉลี่ย 12.4 เดือน

ขนาดครอกและจำนวนลูกต่อแม่ต่อปีนั้น Sodig (2003) พบว่า ขนาดครอกมีช่วงระหว่าง 1 ถึง 3 ตัวโดยเฉพาะในแพะพันธุ์ Kacang ส่วนค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปพบว่ามีแพะร้อยละ 15.3, 63.4 และ 21.3 มีขนาดครอกเป็น 1 2 และ 3 ตัว ตามลำดับ โดยมีปัจจัยเรื่องฤดูกาลและลำดับท้องมีอิทธิพลต่อขนาดครอก (Awemu *et al.*, 1999) สำหรับประเทศไนจีเรียพบขนาดครอกเป็น 1.61 – 1.77 ตัว (Bosman *et al.*, 1997) เมื่อคำนวณเป็นขนาดครอกต่อปีพบว่าแพะพันธุ์ Ettawah และ Kacang ที่ใช้วิธีเลี้ยงแบบขังคอกมีขนาดครอกเป็น 1.42 และ 1.76 ตามลำดับ (Knipscheer *et al.*, 1984) จำนวนลูกที่ได้จากแม่แพะในช่วงเวลาหนึ่งๆ ค่าเฉลี่ยของลูกต่อแม่ต่อปีของแพะพันธุ์ Kacang และ Peranakan Ettawah คือ 3.07 และ 1.65 ตามลำดับ พันธุ์ผสม Peranakan Ettawah ให้ลูกต่อแม่ต่อปีน้อยกว่าพันธุ์พื้นเมือง (Sodig, 2004)

ส่วนเรื่องระยะห่างของการคลอดลูกแต่ละครั้งนั้น Mohammed *et al.* (2006) ได้ศึกษาในประเทศไนจีเรียพบว่าระยะห่างของการคลอดลูกแต่ละครั้งของแม่แพะนาน 251.92 วัน ใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Bosman *et al.* (1997) ที่ศึกษาแม่แพะที่เลี้ยงในสถานีวิจัย 2 แห่ง พบเป็น 260 ± 11 และ 279 ± 9 วัน ส่วนแพะที่เลี้ยงปล่อยอิสระมีระยะห่างของการคลอดลูก 259 ± 8 วัน แต่แพะที่เลี้ยงตามหมู่บ้านนอกสถานีวิจัยมีช่วงระยะห่างของการคลอดระยะเวลายาวได้ถึง 400 วัน โดยแพะที่มีอายุ 3 – 4 ปี มีช่วงห่างของการคลอดลูกต่ำกว่าแม่แพะที่มีอายุ 1 – 2 ปี และแม่แพะที่อายุมากกว่า 5 ปี (Das, 1993) อาจเป็นผลจากสรีระของระบบสืบพันธุ์ของแพะจะสมบูรณ์ที่สุดในช่วงที่แม่แพะอายุ 3 – 4 ปี

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการเลี้ยงแพะวัดได้ด้วยอัตราผลลัพธ์ต่อตัวป้อนที่ใส่เข้าไป แต่สิ่งที่เป็นตัวป้อนที่ใส่เข้าไปในระบบการเลี้ยงแพะมักไม่ใช่ในรูปของเงินทำให้การประมาณค่าเหล่านี้ได้ยาก Knipscheer *et al.* (1984) ได้สำรวจการเลี้ยงแพะในหมู่บ้าน โดยได้จำแนกอัตราการขาย อัตราการแบ่งปันแพะทั้งออกและเข้า อัตราการบริโภค อัตราการซื้อเข้าและการแบ่งใช้ อัตราเหล่านี้คำนวณจากจำนวนสัตว์เข้า/ออกต่อปี และจากจำนวนสัตว์ที่มีต่อหมู่บ้านต่อปี การนำสัตว์เข้าออกและขนาดฝูงวัดเป็นหน่วยแพะ โดยแพะหนึ่งหน่วยเท่ากับน้ำหนักมีชีวิต 500 กิโลกรัม ซึ่งหน่วยนี้กำหนดขึ้นแล้วแต่สถานที่และเวลา ข้อดีของการใช้หน่วยแพะคือได้น้ำหนักที่เป็นมาตรฐาน โดยนำความแตกต่างของน้ำหนักระหว่างพันธุ์หรือพื้นที่ที่นำมาพิจารณาด้วย ในประเทศไนจีเรีย Bosman *et al.* (1997) พบว่าแพะที่ปล่อยเลี้ยงอิสระที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อฝูงคือ 96.5 กิโลกรัม ได้ผลตอบแทนต่อทุนร้อยละ 2.3 และมีผลตอบแทนต่อแรงงานเป็น 0.17 ในไร่ต่อชั่วโมงและมีรายได้ต่อปีเป็น 172 ในไร่หรือ 34.4 บาท ส่วน Knipscheer *et al.* (1984) ได้ศึกษาในประเทศอินโดนีเซียพบว่าผลตอบแทนต่อแม่แพะในฟาร์มบางแห่งเป็นเงิน 24,000 บาท หรือ 32,000 รูปี ขณะที่ผลตอบแทนเฉลี่ยของแพะที่เลี้ยงตามหมู่บ้านเป็นจำนวนเงิน 18,832 รูปีต่อแม่แพะและผลตอบแทนเป็นอัตราชั่วโมงต่อคนอาจสูงถึง 150 บาทต่อชั่วโมงหรือ 200 รูปีต่อชั่วโมง

โรคปากและเท้าเปื่อย

โรคปากและเท้าเปื่อยพบในโคเป็นครั้งแรกที่ประเทศอิตาลี ในปี ค.ศ. 1546 โดยนักบวช Hieronymus Fracastorius ได้บันทึกการระบาดของโรคนี้ไว้ ในปี ค.ศ. 1897 Friedrich Loeffler and Paul Frosch สามารถแยกเชื้อไวรัสของโรคปากและเท้าเปื่อยได้สำเร็จ ต่อมาปี ค.ศ. 1920 Waldman และ Pape ได้ทดลองฉีดเชื้อไวรัสเข้าไปในหนูตะเภาและพบว่าหนูตะเภามีความไวต่อเชื้อไวรัสนี้ การทดลองครั้งนี้ นับเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาการเพาะเลี้ยงเชื้อไวรัสในหลอดทดลองและต่อมา

Vallee และ Carre ค้นพบในปี ค.ศ. 1922 ว่าเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อยมีมากกว่า ซีโรไทป์ (Murphy et al., 1987; Mahy, 2005; Longjam, N et al, 2011) หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 โรคปากและเท้าเปื่อยแพร่ระบาดไปทั่วโลก โดยพบเป็นโรคประจำถิ่นในหลายแห่งในโลก ส่วนใหญ่พบการระบาดอยู่ในทวีปเอเชีย แอฟริกาใต้และอเมริกาใต้และในปี ค.ศ. 1967 มีการระบาดครั้งใหญ่ที่ประเทศสหราชอาณาจักร และระบาดอีกครั้ง ในปี ค.ศ. 2001 ซึ่งครั้งนี้เป็นเชื้อไวรัสชนิดไทป์โอ สายพันธุ์ Pan Asia รวมทั้งปี ค.ศ. 2007 มีการระบาดอีก 2 ครั้ง ในสหราชอาณาจักร สาเหตุเกิดจากเชื้อไวรัสสำหรับการผลิตวัคซีน ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ระบาดมาตั้งแต่ ค.ศ. 1967 (OIE, 2010)

ปัจจุบันพบว่าเชื้อปากและเท้าเปื่อยมีการระบาดหลายพื้นที่ทั่วโลก โดยเฉพาะในทวีปเอเชีย แอฟริกาใต้ ตะวันออกกลางและอเมริกาใต้ พบซีโรไทป์ที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ซึ่งซีโรไทป์ O พบมากที่สุด (Kitching, 1999)

การระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อยในประเทศไทยพบครั้งแรกในปี พ.ศ. 2496 เป็นเชื้อไวรัสไทป์ A 15 และปี พ.ศ. 2497 มีการระบาดของเชื้อไวรัสไทป์ Asial ต่อมาปี พ.ศ. 2500 ก็ตรวจพบเชื้อไวรัสไทป์ O 1 และโรคปากและเท้าเปื่อยถูกประกาศเป็นโรคระบาดในพระราชบัญญัติโรคระบาดสัตว์ พ.ศ. 2499 เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในมาตรการควบคุมโรค (สมใจ และนภดล, 2535) กุลภา และคณะ (2553) พบว่าระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2552 ประเทศไทยเกิดโรคปากและเท้าเปื่อยจำนวน 92, 45, 35, 52 และ 50 ครั้งตามลำดับ

ระยะฟักตัวของโรคอยู่ที่ประมาณ 3 – 8 วัน แต่มีรายงานจากการทดลองว่าใช้เวลาฟักตัวเพียง 24 ชั่วโมงหรือมากกว่า 12 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความไวต่อการรับเชื้อของสัตว์ ปริมาณของเชื้อที่ได้รับและช่องทางการรับเชื้อ (Kitching and Hughes, 2002) ภายใต้สภาวะการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยของระยะฟักตัวของการติดเชื้อภายในฝูงแกะที่มีการเลี้ยงแบบหนาแน่นมีค่า 2 วัน ในฝูงโค 3.5 วัน ซึ่งความแตกต่างของระยะฟักตัวในสัตว์แต่ละชนิดชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการได้รับเชื้อและระยะฟักตัว ภายใต้สภาวะการติดเชื้อตามธรรมชาติ ความหนาแน่นของการเลี้ยงสัตว์ ระบบระบายอากาศโรงเรือน การกระทำบริเวณจมูกและปาก รวมทั้งการจัดการอื่นๆ ในฟาร์มเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการติดเชื้อ (Alexandersen et al., 2003)

อาการทางคลินิกของโรคปากและเท้าเปื่อยในแพะที่เป็นโรคจะปรากฏน้อยหรือไม่แสดงอาการ แพะที่อายุน้อยอาจตายเนื่องจากภาวะหัวใจล้มเหลว โดยไม่พบอาการไข้ (Fiebre, 2007) ส่วนแพะโตเต็มวัยอาจแสดงอาการป่วยที่ไม่จำเพาะเจาะจง การเจ็บขาเป็นการบ่งชี้อาการแรกโดย

จะพบว่ามิใช่สูง เดินขากระเผลกและแยกตัวออกจากฝูงและอาจพบการตุ่มใสที่ไรกีบระหว่างกีบเท้าและสันเท้าซึ่งจะพบเพียง 1 วัฏการเท่านั้น การพบการตุ่มใสในปาก เช่นที่ลิ้น ริมฝีปาก เหงือก และเพดานปาก ตุ่มใสเหล่านี้จะแตกง่ายและรวดเร็วเกิดแผลถลอกขึ้นๆ และยังสามารถพบการตุ่มใสที่เต้านม Vulva และ Prepuce เมื่อตุ่มใสในจุดต่างๆ แตกออกถ้าไม่มีการติดเชื้อขึ้นทุติยภูมิ ในแพะ โศภาการของโรคจะหายอย่างรวดเร็ว (Kitching and Hughes, 2002)

การตรวจวินิจฉัยโรคปากและเท้าเปื่อย วินิจฉัยเบื้องต้นได้จากอาการซึม มีไข้ น้ำลายไหล ยืด เลียริมฝีปากบ่อย เดินขากระเผลกและรอยโรคที่เห็นได้ชัดคือตุ่มพองเกิดขึ้นภายในเป็นน้ำเหลืองใสที่เต็มไปด้วยไวรัส ตุ่มใสมักจะแตกใน 24 ชั่วโมงแล้วเหลือแต่ร่องรอยโรคเป็นแผลคันและลอกหลุดง่าย (Thai Agricultural Standard, 2004) การตรวจวินิจฉัยอาการเพียงอย่างเดียวจะไม่สามารถบอกได้แน่ชัดว่าเป็นโรคปากเท้าเปื่อย ต้องอาศัยตรวจวินิจฉัยในห้องปฏิบัติการซึ่งจะบ่งบอกชนิดไวรัสได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง (FAO, 2002)

ปี ค.ศ. 1924 มีการก่อตั้ง OIE และประเทศไทยเป็นสมาชิกตั้งแต่เริ่มแรก วัตถุประสงค์เพื่อประสานความร่วมมือในการปราบปรามและควบคุมโรคระบาดสัตว์ โรคสำคัญหนึ่งในโรคทั้งหลายคือโรคปากและเท้าเปื่อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการ SEAFMD ซึ่งเป็นโครงการความร่วมมือในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่เริ่มปี ค.ศ. 1994 มีเป้าหมายเพื่อทำให้ประเทศในภูมิภาคปลอดจากโรคปากและเท้าเปื่อย (OIE-SEAFMD, 2007)

Anonymous (2002) อธิบายไว้ว่าในแต่ละประเทศมีวิธควบคุมป้องกันและกำจัดโรคปากและเท้าเปื่อยคล้ายคลึงกันด้วยการควบคุมการเคลื่อนย้ายและกักกันสัตว์ การกำหนดพื้นที่ควบคุมโรค การใช้วัคซีน การสืบสวน (Tracing) การเฝ้าระวัง การทำลายสัตว์ที่ติดเชื้อหรือเสี่ยงต่อการติดเชื้อ การควบคุมสัตว์ป่า การผลิตผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่ปลอดเชื้อ การกำจัดหรือทำลายซาก การฆ่าเชื้อวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้และการสื่อสารความเสี่ยงต่อสาธารณชนด้วยการสื่อสาร

ภูมิคุ้มกันจากการป่วยเป็นโรคปากและเท้าเปื่อยของแพะ เป็นการสร้างภูมิคุ้มกันหลังจากพบแอนติบอดีในซีรัมตั้งแต่วันที่ 6 หลังจากเชื้อเข้าสู่ร่างกายแพะ ระดับแอนติบอดีถึงจุดสูงสุดที่ระยะเวลา 14 – 16 วัน และยาวต่อไปไม่น้อยกว่า 120 – 140 วัน ระดับแอนติบอดี (Serum neutralizing reciprocal log titers) ในแพะ แกะ ที่ระดับ 1.9 – 2.8 เป็นระดับที่ถือว่ามีประสิทธิภาพดีเชื้อ (Smith and Sherman, 1994) แพะ แกะ ตามธรรมชาติแล้วเป็นสัตว์ที่ป่วยแบบแทบไม่แสดงอาการ

จึงไม่สามารถหาเกณฑ์ระดับภูมิคุ้มกันโรคของวัคซีนได้จากการวัดขนาดอาการที่เกิดขึ้น (สมเกียรติ และลักษณา, 2542)

อินตา และคณะ (2552) อธิบายว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการแพร่ระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อยอาจเกิดจากหลายปัจจัยร่วมกัน แต่สามารถแบ่งได้เป็น 5 ปัจจัยหลักคือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการฟาร์ม ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แหล่งอาหาร ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการซื้อขายสัตว์ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพทางภูมิศาสตร์

การระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อยมีผลกระทบกับเศรษฐกิจ ผลกระทบโดยตรง ได้แก่ การลดลงของผลผลิต การตายของสัตว์ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของฝูงสัตว์และการลดลงของความสมบูรณ์พันธุ์ ผลกระทบทางอ้อมอันมีค่าใช้จ่ายในการจัดการและควบคุมโรค ค่าตรวจวินิจฉัยโรคและการที่ไม่สามารถส่งออกสินค้าที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ การสูญเสียเฉพาะค่าวัคซีนที่ใช้ในการป้องกันโรคในแต่ละปีทั่วโลกและการสูญเสียจากการผลิตลดลงรวมมูลค่าเป็นเงินประมาณห้าพันล้านเหรียญสหรัฐ (Knight-Jones and Rushton, 2013)

โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบ

โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในสัตว์เลี้ยงประเภทแพะ เป็นโรคเรื้อรังสามารถก่อโรคได้ทั้งในแพะเนื้อและแพะนมทุกวัย การติดเชื้อไวรัส Lentivirus ใน Family Retroviridae จะส่งผลกระทบต่อหลายๆ ระบบในร่างกาย เมื่อติดเชื้อแล้วจะติดและเป็นพาหะของโรคไปตลอดชีวิตของแพะ หลายๆ ประเทศมีอัตราการติดเชื้อสูง นับเป็นโรคที่ส่งผลกระทบด้านสวัสดิภาพสัตว์และด้านเศรษฐกิจ (Narayan and Cork, 1990; Knowles *et al.*, 1992; Murphy *et al.*, 1999)

โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะพบได้ทั่วโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศอุตสาหกรรม ประเทศที่มีการเลี้ยงแพะแบบหนาแน่น (Knowles *et al.*, 1992) แพะนมจะติดเชื้อเป็นส่วนใหญ่ เช่นในสหราชอาณาจักรพบความชุก 10.3% (Dawson and Wilesmith, 1985) ประเทศสวิตเซอร์แลนด์พบความชุก 42% (Krieg and Peterhans, 1990) พบความชุก 73% ในประเทศสหรัฐอเมริกา (Cutlip *et al.*, 1992) พบความชุก 97% ในประเทศนอร์เวย์ (Nord *et al.*, 1998) พบความชุก 23.2% ในประเทศจอร์แดน (Al-Qudah *et al.*, 2006) และพบความชุก 81.5% ในประเทศอิตาลี (Guflier *et al.*, 2008) ประเทศอัลจีเรียพบผลบวกจากแพะนมที่นำเข้าจากแหล่งที่มีความชุกของโรคสูงแล้วแพร่กระจายโรคต่อที่ปลายทางทั้งที่ก่อนหน้านี้ไม่มีการเกิดโรค (Achour *et al.*, 1994)

ประเทศสเปนมีการนำเข้าแพะนมจากประเทศฝรั่งเศสอยู่เสมอพบความชุก 12.1% (Contreras *et al.*, 1998) รัฐ Yucatan ในประเทศเม็กซิโกพบความชุก 3.6% เพราะแพะที่นำเข้าจากรัฐ Campeche ที่อยู่ใกล้เคียงพบผลบวก (Torres-Acosta *et al.*; 2003) นอกจากนี้เริ่มมีการพบโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบที่ประเทศญี่ปุ่น (Konishi *et al.*, 2004)

ประเทศไทยพบโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2527 ถึง 2528 ที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ อ.หนองแกว จ.ราชบุรี พบในแพะพันธุ์ชาแนลที่นำเข้ามาจากประเทศออสเตรเลีย โดยมีอาการอัมพาตและเสียชีวิต ต่อมาเขาเจ็บ เคลื่อนไหวลำบาก และเป็นอัมพาต ล้มนอนแล้วตายในที่สุด โดยไม่พบอาการจากการชันสูตรซากแต่ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนและซีรัมวิทยาตรวจพบ retrovirus ที่มีลักษณะคล้ายเชื้อไวรัสของโรคข้อและสมองอักเสบในแพะจากไต้หวัน (Tantaswasdi *et al.*, 1985)

Narayan and Cork (1990) อธิบายว่า การเพาะเชื้อไวรัสช่วงแรกจะเพาะจากเซลล์ที่เกิดจาก Synovial membranes ของแพะ ใช้เวลา 15 ถึง 20 วัน ในวงจรการเจริญเติบโตของไวรัส ไวรัสที่โตเต็มที่แตกหน่อออกจากเยื่อหุ้มเซลล์ โดยส่วนมากจะแตกหน่อจาก endoplasmic reticulum ที่อยู่ในไซโตพลาสซึมของ Vesicles การแบ่งตัวของเชื้อไวรัส (replication) ในเซลล์ที่เพาะเลี้ยงเกิดขึ้นร่วมกับการหลอมละลายของเซลล์ ซึ่งเป็นผลของการเกิดพยาธิสภาพจากเชื้อไวรัสแต่จะไม่พบในวิธีการของสัตว์ที่เป็นโรค

ระยะฟักตัวของโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบ มักจะพบโรคนี้ในแพะอายุ 2 ถึง 9 ปี และใช้เวลานานในการก่อโรคและทำลายเนื้อเยื่อส่วนมากจะไม่แสดงอาการ เช่น ประเทศสวีเดนเซอร์แลนด์พบความชุก 42% แต่ไม่พบแพะที่มีอาการอักเสบของสมองและไขสันหลัง และพบเป็นข้อ carpal อักเสบหรือเอ็นอักเสบเพียง 20 – 30% ของสัตว์ที่ติดเชื้อ คัดทั้งแพะที่ข้ออักเสบ 5 ถึง 10% และปริมาณน้ำนมลดลงประมาณ 10 ถึง 15% (Krieg and Peterhans, 1990) แพะที่ติดเชื้อ CAEV จะมี subclinical bacterial infection ที่เด่นชัดกว่าแพะที่ไม่ติดเชื้อ (Ryan *et al.*, 1993) ในประเทศกรีซมีการตรวจพบเชื้อ CAEV แต่ไม่พบแพะที่แสดงอาการของโรค (Karanikolaou *et al.*, 2005) และพบการแสดงอาการเพียง 2.5% ในประเทศอิตาลี (Guffler *et al.*, 2008)

ระยะแพร่เชื้อโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ พบว่านมแม่เหลือง และน้ำนมคือวิธีการติดต่อที่สำคัญในการแพร่เชื้อจากแม่ที่ติดเชื้อสู่ลูก ส่งผลให้มีอุบัติการณ์ของ Leukoencephalitis ในกลุ่มแพะแรกเกิดและพบการติดเชื้อได้ในวันที่ 60 (Narayan and Cork, 1990)

ลูกแพะจำนวน 61% ของลูกแพะที่เลี้ยงด้วยนมน้ำเหลืองจากแม่แพะที่ติดเชื้อให้ผลบวกทางซีรัมวิทยา เมื่ออายุ 9 ถึง 11 เดือน (Leitner et al., 2010) ถ้าได้ของลูกสัตว์เคี้ยวเอื้องมีสตรีวิทยาที่ยอมดูดซับเซลล์ที่ติดเชื้อของแม่และลักษณะของเชื้อไวรัสทำให้เกิดการติดต่อของเชื้อผ่านทางน้ำนมได้ (Pisoni et al., 2010) และการเลี้ยงลูกแพะโดยใช้ขวดนมปนกัน เมื่อนมที่ติดเชื้อจะทำให้แพะโรคได้อย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับการสัมผัสลูกแพะโดยตรง (Narayan and Cork, 1990) การติดเชื้อจากละอองของเหลวจากระบบทางเดินหายใจ (aerosol transmission and direct contact) เกิดขึ้นได้ทุกช่วงอายุของแพะที่อยู่กันอย่างใกล้ชิด (East et al., 1987) จำนวน 76.9% ของแพะที่มีอายุ 24 เดือนที่ให้ผลบวกทางซีรัมวิทยาจะให้ผลบวกทางซีรัมวิทยาสืบเนื่องจากการเลี้ยงรวมกันกับแพะที่ติดเชื้อ (Leitner et al., 2010) การติดเชื้อจะดำรงอยู่ไปตลอดชีวิตของแพะ และแพร่เชื้อไวรัสได้โดยผ่านทางนมน้ำเหลืองหรือทางสิ่งแวดล้อมจากระบบทางเดินหายใจ (Narayan and Cork, 1990)

ปัจจัยเสี่ยงในการติดเชื้อโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบของแพะ มีตั้งแต่การนำสัตว์ใหม่เข้าฝูง การสัมผัสกับแพะฝูงอื่น (Al - Qudah et al., 2006) การเลี้ยงร่วมกับแกะ (Ghanem et al., 2009) และความเสี่ยงที่สำคัญคือการเทนมน้ำเหลืองรวมกันเพื่อเลี้ยงลูกแพะก่อให้เกิดการติดเชื้อภายในฟาร์ม (Dawson and Wilesmith, 1985; Gufler et al., 2007)

การรักษาแพะที่ป่วยด้วยโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบ ถ้าแพะได้รับการรักษาพยาบาลที่ดี แพะที่ติดเชื้อจะฟื้นตัวและอยู่รอดได้แม้ว่าจะเป็นอัมพาต บางตัวอาจพบว่า คอและหัวบิดไป (Murphy et al., 1999)

การวางมาตรการป้องกันและการควบคุมโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบที่สำคัญที่สุดคือการมีรายการป้องกันโรคที่ดี ไม่มีวิธีกำจัดโรคนี้ออกจากแพะที่ติดเชื้อแล้วและไม่มีวัคซีนสำหรับแพะ การรักษาเป็นเพียงทำให้อาการบรรเทาลง เพราะฉะนั้นต้องป้องกันการติดต่อของโรคจริงจัง และลดความชุกของโรคภายในฝูงแพะด้วยการตรวจทางซีรัมวิทยา ตรวจและระบุว่าแพะตัวใดมีการติดเชื้อแล้วคัดออกจากฝูง (Knowless et al., 1992) ฝูงแพะที่ให้ผลตรวจทางซีรัมวิทยาเป็นลบแม่และลูกสามารถอยู่ด้วยกันตามธรรมชาติได้ (Sanchez et al., 2001) การควบคุมโรคทั้งในแกะและแพะ (Pisoni et al., 2005) ในบางพื้นที่ เช่น อิตาลีพบการติดเชื้อที่เป็น SRLV subtype B1 เป็นการติดเชื้อที่พบบ่อย แม้ไม่ค่อยมีการเลี้ยงแพะปนกับสัตว์ชนิดอื่น จึงคาดว่าโปรแกรมการกำจัดโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะจะสำเร็จได้โดยไม่รวมแกะในโปรแกรมนั้นด้วย แต่ขณะเดียวกันก็ต้องแยกการเลี้ยงแพะออกจากแกะแบบถาวร (Gufler et al., 2008) ส่วนเรื่องวัคซีนในการป้องกันโรคนี้นั้นยังอยู่ระหว่างการพัฒนา การตอบสนองต่างกันของโฮสต์ต่างชนิดกันยังเป็น

ปัญหา (Adebayo *et al.*, 2002) และมีการพบว่าการทดลองใช้วัคซีนในแพะนม แม้มีการยับยั้งการแบ่งตัวของไวรัสแต่ที่ต่อมน้ำเหลืองก็มีไวรัสจำนวนมากและเกิดข้ออักเสบขึ้นในเวลา 84 สัปดาห์ (Cheevers *et al.*, 2003)

โรค布鲁เซลโลซิส

Pappas และ Papadimitriou (2007) อธิบายว่า มีการค้นพบโรค布鲁เซลโลซิสเมื่อประมาณ 1,600 ปีก่อนคริสตกาล เมื่อมีการตรวจพบในโครงกระดูกอียิปต์โบราณว่ามีหลักฐานการเกิด Sacroiliitis และอื่นๆ พบรอยโรคที่ Osteoarticular ได้บ่งชี้ในรายที่มีการติดเชื้อแทรกซ้อนจากโรค布鲁เซลโลซิส ปี ค.ศ. 1887 มีทหารของอังกฤษที่ประจำการอยู่ในมอลต้ามาเป็นเวลา 20 ปี เสียชีวิตกับตัน David Bruce ชาวอังกฤษเช่นกัน ได้เพาะแยกเชื้อ Genus *Brucella* จากม้ามของผู้ตายจากการป่วยไข้ (ไข้มอลต้า) และให้ชื่อว่า *Micrococcus melitenensis* หลังจากนั้นได้เปลี่ยนชื่อมาเป็น *B. melitensis* ซึ่งเป็นสายพันธุ์แรกในการค้นพบเชื้อ Genus *Brucella* จากนั้นในปี ค.ศ. 1905 Themistocles Zammit พบว่าแพะคือแหล่งที่ทำให้คนติดเชื้อโรคชนิดนี้ โดยเขาได้แยกเชื้อ *B. melitensis* จากนั้นนมแพะ ทำให้มีการศึกษาทางระบาดวิทยาการเกิดโรค布鲁เซลโลซิส (Nene and Chittaranjan, 2009 ; Waytt, 2005) ค.ศ. 1897 สัตวแพทย์ชาวเดนมาร์ก LF Benhard Bang ค้นพบเชื้อแบคทีเรียจากการแท้งของโค (*B. abortus*) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรค Bang's disease ต่อมา Alice Evan นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันผู้ซึ่งทำงานเกี่ยวกับการเกิดพยาธิจากเชื้อแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์นมและได้ยืนยันว่ามีความสัมพันธ์กับโรค Bang's disease และมอลต้าและได้เปลี่ยนชื่อเชื้อเป็น *Brucella* ให้เป็นเกียรติแก่กับตัน David Bruce และเขามีผลงานเป็นที่ยอมรับจากการนำกระบวนการพาสเจอร์ไรส์มาใช้ในการผลิตนมเพื่อป้องกันโรค布鲁เซลโลซิสในมนุษย์และปี ค.ศ. 1990 มีการค้นพบเชื้อ *Brucella* SPP. ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในทะเล ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของการกระจายโรค布鲁เซลโลซิสและมาตรการการควบคุมโรคที่แต่เดิมเชื่อว่าแพร่กระจายเฉพาะบนบก (Nene and Chittaranjan, 2009)

รูปร่างและลักษณะของเชื้อ *Brucella* SPP. เป็นเชื้อแบคทีเรีย facultative intracellular แกรมลบ มีรูปร่าง coccobacilli หรือ short rods ขนาดเล็ก มีขนาดความยาว 0.6 – 1.5 ไมโครเมตร กว้าง 0.5 – 0.7 ไมโครเมตร เป็นแบคทีเรียที่ไม่มีแคปซูล ไม่มีการสร้างสปอร์ flagella หรือ pilli รวมทั้งเคลื่อนไหวไม่ได้ (Fretin *et al.*, 2005) ส่วนเชื้อแบคทีเรีย Genus *Brucella* เป็นแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโตแต่มีบางสายพันธุ์ต้องใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5 – 10 เปอร์เซ็นต์

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเพาะเชื้อครั้งแรกเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิระหว่าง 36 – 38 องศาเซลเซียส

มีการแบ่งสายพันธุ์ *Brucella* คือ Genus *Brucella* แบ่งเป็น 7 สายพันธุ์ (Species) ที่พบบนบกได้แก่ *B. abortus*, *B. suis*, *B. melitensis*, *B. neotomae*, *B. canis*, *B. ovis* และ *B. maris* (Scholz *et al.*, 2008; Verger *et al.*, 1987) และที่พบในน้ำ 2 สายพันธุ์คือ *B. ceti* และ *B. pinnipedialis* (Foster *et al.*, 2007)

แพะ แกะ จะติดเชื้อ *B. melitensis* จากการสัมผัสสิ่งคัดหลั่งหรือโดยการกิน มีการพบเชื้อในปริมาณมากจากสิ่งคัดหลั่งจากมดลูก ช่องคลอด รก หรือน้ำนม ในแกะจะมีช่วงเวลาการปล่อยเชื้อออกสู่สิ่งแวดล้อมสั้นกว่าแพะแต่จะมีเชื้อแบคทีเรียปนเปื้อนในน้ำนมเป็นระยะเวลา 2 เดือน ต่างจากในแพะจะสามารถพบเชื้อในสิ่งคัดหลั่งเป็นเวลา 2 เดือน หลังการตกไข่ ทำให้พบการกระจายตัวของเชื้อในสิ่งแวดล้อมนาน หากแพะมีการติดเชื้อในฝูงที่ปลอดจากโรคจะก่อให้เกิดการติดเชื้อทั้งฝูงและแท้งทุกตัว (มนยา, 2546)

อาการติดเชื้อในสัตว์ส่วนใหญ่จะมีการช่วงที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองเฉพาะที่กับเชื้อแบคทีเรียในช่วงแรก เมื่อมีการติดเชื้อเรื้อรัง แพะจะไม่ค่อยแสดงอาการแต่จะขับเชื้อแบคทีเรียออกมา อาการในแม่แพะจะแสดงอาการเด่นชัดคืออาการแท้งในช่วงท้ายของการตั้งท้อง โดยจะแท้งในช่วง 2 เดือนสุดท้าย ส่วนสัตว์ชนิดอื่นๆ อาจมีการแท้งที่รุนแรงในระยะแรกและลดความรุนแรงลงในระยะต่อมา (มนยา, 2546) ถ้าเป็นการติดเชื้อในระยะท้ายของการตั้งท้องจะไม่แท้งและในรายที่ติดเชื้อเรื้อรัง เชื้อแบคทีเรียจะถูกขับออกมาพร้อมกับของเหลวในช่องคลอดและอาจถูกดูดซึมกลับเข้าในร่างกายอีกครั้งแต่จะไม่พบการแท้ง ฝูงแพะที่มีการติดเชื้อใหม่จะมีอัตราการแท้งร้อยละ 60 ถึงร้อยละ 80 และลูกแพะที่แท้งจะมีเชื้อแบคทีเรียจำนวนมากในปอดและของเหลวในม้ามและกระเพาะ (Alton, 1990) อาการติดเชื้อในพ่อแพะ จะมีอาการข้ออักเสบ อัมพาตข้อ เทอเก็บน้ำเชื้ออักเสบ (Robinson, 2003)

อาการติดเชื้อในมนุษย์ของโรค布鲁塞尔热จะมีระยะฟักตัว 1 – 3 สัปดาห์ แต่อาจจะหลายเดือนก่อนที่จะแสดงอาการติดเชื้อ (Mantur *et al.*, 2007) ผู้ป่วยจะมีไข้ต่ำๆ สูงๆ นอนไม่หลับ เบื่ออาหาร น้ำหนักลดลงเรื่อยๆ หนาวสั่น เหงื่อออก อ่อนเพลีย ปวดหัว วิงเวียน ท้องผูก กล้ามเนื้อแข็งตึง ไร้สมรรถภาพทางเพศ ไอ เจ็บหน้าอก ซึม อาการทางระบบประสาท และมีการอักเสบตามข้อต่างๆ (Acha *et al.*, 2003) ถ้าขาดการรักษาที่เหมาะสมในช่วงติดเชื้อแบบ acute อาจส่งผลถึง

ตำแหน่งเชื้อ *Brucella* อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ทำให้ผู้ป่วยมีอาการ Sub acute หรือเรื้อรัง ทำให้รักษายาก (Young, 1995)

ในเรื่องความไวต่อโรคนั้น ชนิดและพันธุ์ในลาตินอเมริกา จะเป็น host หลักของ *B. melitensis* แม้จะสัมผัสใกล้ชิดกับแหล่งโรคแต่อัตราป่วยจะไม่สูงเท่า ความสำคัญของแพะเปรียบเทียบกับแกะอาจมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ การจับเชื้อจากช่องคลอดของแพะอาจยาวนานถึง 2 – 3 เดือน ดังนั้นแพะ 2 ใน 3 ของการติดเชื้ออย่างเฉียบพลันจะเกิดในช่วงตั้งท้อง แล้วหลังจากนั้นจะมีการจับเชื้อในน้ำนมช่วงให้น้ำนมที่ตามมา (EU, 2001)

การรักษาการติดเชื้อบรูเซลโลซิส เนื่องจากเชื้อบรูเซลลาเป็นเชื้อที่อาศัยอยู่ในเซลล์ (intracellular) ทำให้สามารถเจริญเติบโตและอยู่ใน macrophage (Seleem *et al.*, 2009) ทำให้การรักษาด้วยยาที่เป็นโรคบรูเซลโลซิสมักจะไม่ประสบความสำเร็จ การรักษาที่เหมาะสมและได้ผลเป็นการรักษาโดยใช้ยาปฏิชีวนะร่วมกัน (Pappas *et al.*, 2006; Seleem *et al.*, 2008)

จะใช้วิธีการตรวจวินิจฉัยโรคด้วยการทำ Smear การทำ blood culture และการทำ Conventional Serological test และอาจมีการตรวจหาเชื้อด้วยวิธีอื่น เช่น การเพาะแยกเชื้อ

ในประเทศไทยส่วนใหญ่การติดเชื้อในคนนั้นพบผู้ป่วยเป็นโรคบรูเซลโลซิส จากการบริโภคนมแพะที่ไม่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์และได้มีการควบคุมแพะนมที่เป็นแหล่งของการติดโรคใน พ.ศ. 2546 (นพวรรณ และคณะ, 2549)

กรมปศุสัตว์ได้กำหนดมาตรการการป้องกันและควบคุมโรคบรูเซลโลซิสในประเทศไทย โดยวางมาตรการป้องกันและควบคุม เช่น ให้มีการทดสอบโรคในแพะจากสัตว์นำเข้าทุกตัว มีการทดสอบโรคแพะทั่วประเทศ ให้กำจัดแพะที่เป็นโรคตามระเบียบกรมปศุสัตว์ฯ พ.ศ. 2538 ประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรป้องกันโรคในฟาร์ม ประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภค บริโภคนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และนำระบบผสมเทียมไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์แพะ ส่วนการควบคุมโรคเมื่อเกิดโรคระบาดหรือมีฟาร์มที่พบผลบวกทางห้องปฏิบัติการก็ให้มีการควบคุมโรคในฟาร์มที่มีการระบาดและมีการควบคุมโรคในพื้นที่รอบจุดที่มีการระบาดของโรคด้วยวิธีการต่างๆ (สำนักควบคุมป้องกันและบำบัดโรคสัตว์, 2548)

ความสำคัญทางสัตวแพทยสาธารณสุขของโรค布鲁เซลโลซิส การติดเชื้อ *Brucella melitensis* จะก่อให้เกิดโรครุนแรงและเรื้อรังในคน (Corbel, 2006) จะมีระยะฟักตัวในคน 2 – 8 เดือน จะแสดงอาการป่วยได้หลายแบบ ตามปกติผู้ป่วยที่ติดเชื้อ *Brucella melitensis* จะเป็นไข้ น้ำหนักลด เหงื่อออก ไม่มีแรง ปวดข้อ ปวดกล้ามเนื้อ และปวดหัว ส่วนมากจะแสดงอาการตอนกลางคืนและในตอนเช้าอาการไข้จะลดลง (Corbel, 2006) แต่อาจพบอาการเฉพาะที่ เช่น อักเสบ อักเสบ ไหล่ หัวเข่า ข้อสะโพกอักเสบและอาการเหล่านี้อาจจะยังคงอยู่และกลายเป็นการติดเชื้อเรื้อรังได้มากกว่า 6 เดือน (EU, 2001) การติดเชื้อส่วนมากติดต่อกจากการสัมผัสทางตรงและทางอ้อมกับสัตว์ที่เป็นโรคหรือผลิตภัณฑ์ของสัตว์นั้น โดยทางบาดแผลและการดื่มน้ำนมและผลิตภัณฑ์ที่ติดเชื้อโรคนี้ (Mustafa and Nicoletti, 1993) เนื่องจากเชื้อ *Brucella melitensis* อยู่ในน้ำนมจึงทำให้ผู้ดื่มน้ำนมและผลิตภัณฑ์นมที่ไม่ผ่านความร้อน เช่น เนยแข็งบางชนิด มีความเสี่ยงในการติดโรค布鲁เซลโลซิส (Mendez *et al.*, 2003) องค์การโรคระบาดสัตว์ระหว่างประเทศ (OIE) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) จึงให้ความสำคัญในการควบคุมโรค布鲁เซลโลซิสทั้งในคนและสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแพะ การควบคุมและกำจัดโรคในปศุสัตว์จะลดอันตรายและป้องกันอันตรายไม่ให้มนุษย์ติดเชื้อ (Corbel, 1997)

การติดเชื้อและป่วยเป็นโรค布鲁เซลโลซิสของสัตว์และมนุษย์ก่อให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมากประการหนึ่ง ช่วงปลายปีที่ผ่านมาพบโรคนี้ในคน เนื่องจากปัญหาสุขภาพาลังคม การเมืองและเศรษฐกิจ ประกอบกับมีการขนส่ง เดินทางระหว่างประเทศเพิ่มมากขึ้น จึงก่อให้เกิดการระบาดของโรคนี้ในมนุษย์อยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกลุ่มตะวันออกกลางและเอเชียกลาง (Pappas *et al.*, 2006) ถึงแม้ว่ามีข้อจำกัดของแต่ละประเทศในการประมาณการตัวเลขของค่าใช้จ่ายในการควบคุมโรค แต่ข้อมูลทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าความเสียหายทางเศรษฐกิจของโลกจากโรคนี้โดยยังไม่รวมถึงผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เช่น การผสมพันธุ์ข้าว การแท้งลูก การที่ปริมาณน้ำนมลดลง ในลาตินอเมริกาสูญเสียประมาณ 600,000,000 ดอลลาร์อเมริกา ปี ค.ศ. 1934 และ 1997 มีการสูญเสียในการกำจัดโรคประมาณ 3,500,000,000 ดอลลาร์อเมริกา สูญเสียจากการแท้งลูกและจากน้ำนมที่มีปริมาณลดลงอีกประมาณ 400,000,000 ดอลลาร์อเมริกา (Acha *et al.* 2003; Nene and Chittaranjan, 2009)

ประเทศไทยและประเทศต่างๆ ในโลกจึงควรใส่ใจ ติดตาม ป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดหรือลดความสูญเสียจากโรค布鲁เซลโลซิส

การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม (Network analysis)

เครือข่ายทางสังคมเป็นการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ หรือความเชื่อมโยง (linkage หรือ tie) ต่างๆของผู้กระทำทางสังคม หรือหน่วยการศึกษาที่เรียกว่าหน่วยย่อยหรือ node ซึ่งเป็นได้ทั้งในรูปแบบ บุคคล กลุ่ม หรือ องค์กร (Martino and Spoto, 2006) โดยความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นอาจเป็นความสัมพันธ์ด้านเดียว หรือหลายด้าน (Marin and Wellman, 2009) ความสัมพันธ์ทางสังคมไม่มีการกำหนดให้มีลักษณะตายตัว ทั้งทางด้านบทบาท และหน้าที่ เนื่องจากมีกระบวนการที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ตามเงื่อนไขของกาลเวลาได้เสมอ (พิมพัลย์ และ วาทีนิ, 2531) กรอบแนวคิดของการศึกษาจะเกี่ยวกับการศึกษารูปแบบการติดต่อ และการระบุหน่วยการศึกษาเพื่อวิเคราะห์การเชื่อมต่อ หรือความถี่ของการเชื่อมต่อระหว่างหน่วยศึกษาในเครือข่ายนั้นๆ (Martí'nez-Lo' pez, 2009) โดยมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่ออธิบายลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง node ในกลุ่มการศึกษานั้นๆ จึงให้ความสนใจกับความสัมพันธ์ต่างๆ ระหว่าง node มากกว่าคุณสมบัติต่างๆ (attribute) ของ node (Marsden, 1990) ประโยชน์ที่สำคัญของการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมเมื่อเทียบกับการศึกษาวิเคราะห์อื่น ๆ คือ การศึกษานี้สามารถศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการศึกษาทั้งสองทิศทางเช่น การเคลื่อนไหวระหว่างบุคคล การเคลื่อนไหวทางการค้าหรือการเคลื่อนย้ายสัตว์ ดังนั้นจึงมีการนำการศึกษาเครือข่ายทางสังคมมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาต่างๆเรื่อยมา (Martí'nez-Lo' pez, 2009)

การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมเริ่มจากการนำทฤษฎี ความรู้ด้านต่างๆ เช่น สังคม คณิตศาสตร์ สถิติ และการคำนวณมาใช้ร่วมกัน (Wasserman and Faust, 1994) โดยทฤษฎีกราฟ (graph theory) ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมเพื่อระบุส่วนประกอบสำคัญของเครือข่าย บ่งบอกลักษณะความสัมพันธ์ หรือเปรียบเทียบความแตกต่างในเครือข่าย โดยสามารถใช้ทฤษฎีกราฟอธิบายลักษณะในแต่ละ node ในเครือข่ายเพื่อบ่งบอกลักษณะในภาพรวมของเครือข่ายได้ (Martí'nez-Lo' pez, 2009)

การวิเคราะห์ลักษณะของเครือข่าย

การนำข้อมูลมาวิเคราะห์ลักษณะของเครือข่ายประกอบด้วย หน่วยย่อยความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยย่อย อาจรวมข้อมูลคุณลักษณะของหน่วยย่อยร่วมด้วย การนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในภาพรวมเครือข่าย ทำให้มีความเข้าใจลักษณะคุณสมบัติของเครือข่าย ซึ่งจะบอกลักษณะดังนี้

1. Degree distribution ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของหน่วยย่อยในเครือข่ายกับจำนวนของเส้นความสัมพันธ์ จะใช้พิจารณาชนิดโครงสร้างของเครือข่าย (Hanneman and Raiddle, 2005)

2. Average path length ค่าเฉลี่ยของเส้นทางที่สั้นที่สุดที่เชื่อมต่อระหว่างสองหน่วยย่อยที่สนใจในเครือข่าย (Hanneman and Raiddle, 2005)

3. Density คือความหนาแน่นของเครือข่าย บ่งบอกถึงความยืดหยุ่นของเครือข่ายหรือความเร็วของการเชื่อมต่อสัมพันธ์ไปยังหน่วยย่อยในเครือข่ายโดยคำนวณจากสัดส่วนของการติดต่อที่เกิดขึ้นจริงระหว่างหน่วยย่อยในเครือข่ายเทียบกับการติดต่อที่อาจเป็นไปได้ของหน่วยย่อยในเครือข่าย เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์ในการเลี้ยงแบบหนาแน่นจะพบว่ามีค่า density มากกว่าเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์ที่เลี้ยงแบบไม่หนาแน่น (Hanneman and Raiddle, 2005; Martinez-Lopez *et al.*, 2009)

4. Cluster coefficient การวิเคราะห์ผ่านหน่วยย่อยที่สัมพันธ์ใกล้ชิดกับหน่วยย่อยหลัก ถ้ามีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าทุก ๆ หน่วยย่อยติดต่อโดยตรงกับหน่วยย่อยอื่น ๆ ในเครือข่าย แต่ถ้ามีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าไม่มีการติดต่อระหว่างหน่วยย่อยในเครือข่าย (Martinez-Lopez *et al.*, 2009)

โครงสร้างการเชื่อมต่อของเครือข่าย (Network Topology)

โครงสร้างการเชื่อมต่อของเครือข่าย หรือ Topology สามารถพิจารณาจากค่าคุณสมบัติของเครือข่าย คือ ระยะทางในการติดต่อระหว่างหน่วยย่อยในเครือข่าย ลักษณะความเป็นกลุ่มของการติดต่อ โดยสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. เครือข่ายแบบ regular เป็นเครือข่ายที่มีลักษณะความเป็นกลุ่มของการติดต่อสูง การติดต่อระหว่างหน่วยย่อยที่ใกล้กันใช้เส้นทางสั้นกว่าการติดต่อกับหน่วยย่อยที่อยู่ไกลออกไป ทำให้เครือข่ายนี้มีค่า average path length และ cluster coefficient สูงกว่าเครือข่ายแบบ random (Hanneman and Raiddle, 2005; Martinez-Lopez *et al.*, 2009)

2. เครือข่ายแบบ random มีลักษณะที่แต่ละหน่วยย่อยสามารถติดต่อกันแบบสุ่ม ระยะทางที่ติดต่อระหว่างหน่วยย่อยมีการกระจายตัวทำให้ความเป็นกลุ่มของเครือข่ายมีค่าน้อย เครือข่ายนี้มีค่า average path length และ cluster-coefficient ต่ำ (Shirley and Rushton, 2005)

3. เครือข่ายแบบ small-world มีลักษณะการติดต่ออยู่ระหว่างเครือข่ายแบบ regular และ random แต่ไม่มีหน่วยย่อยใดแสดงความเป็นจุดเด่น เครือข่ายนี้มีค่า average path length ต่ำ และ cluster coefficient สูง (Hanneman and Raiddle, 2005 ; Martinez-lopez *et al.*, 2009)

4. เครือข่ายแบบ Scale free มีการกระจายตัวของ Degree distribution แบบ Power Distribution ซึ่งมีลักษณะเป็น right skewed distribution ซึ่งเครือข่ายรูปแบบนี้มีการติดต่อของหน่วยย่อยจำนวนมากที่มีความสัมพันธ์กับหน่วยย่อยอื่นน้อย แต่มีบางหน่วยย่อยที่มีความสัมพันธ์กับหน่วยย่อยอื่นมาก เรียกหน่วยย่อยนั้นว่า hub โดยความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบเครือข่าย Scale free กับการเกิดโรคระบาด เมื่อนำหน่วยย่อยในเครือข่ายออกแบบสุ่ม จะทำให้เครือข่ายได้รับผลกระทบความเป็นเครือข่ายเพียงเล็กน้อย แต่ถ้านำหน่วยย่อยออกแบบเฉพาะเจาะจง ในหน่วยย่อยที่เป็น hub จะทำให้โครงสร้างเครือข่ายเกิดการเปลี่ยนแปลงได้มาก (Hanneman and Raiddle, 2005; Shirley and Rushton, 2005; Martinez-Lopez *et al.*, 2009)

Dube *et al.* (2009) จำแนกการวิเคราะห์เครือข่ายเป็น 1) การศึกษาเชิงพรรณนาของโครงสร้างของการเคลื่อนย้ายสัตว์ 2) การวิเคราะห์เครือข่ายเพื่อให้เข้าใจการระบาดของโรคในอดีต 3) การวิเคราะห์เครือข่ายในการประเมินผลกระทบของกฎระเบียบเรื่องการเคลื่อนย้ายสัตว์ และ 4) ลักษณะเฉพาะของโครงสร้างเครือข่ายของการแพร่กระจายโรค ทำนายขนาดของการระบาดและการพัฒนาโมเดลเครือข่ายเพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของแนวความคิดเครือข่าย

1. การศึกษาเชิงพรรณนาของโครงสร้างของการเคลื่อนย้ายสัตว์

มักเน้น measures of centrality เพื่อหาความสำคัญของฟาร์มที่เป็นศูนย์กลางการเคลื่อนย้าย และ measures of cohesiveness เพื่อประเมินระดับของการเชื่อมโยงในเครือข่าย โดยวัดระดับการเชื่อมโยงในเครือข่าย ซึ่งการติดต่อเชื่อมโยงระหว่างฟาร์ม มักพบว่าเป็น heterogeneity หรือมีความแปรปรวนสูงไม่ว่าจะเป็น incoming และ/หรือ outgoing การวัด betweenness และ fairness เพื่อบ่งบอกความสำคัญของการเคลื่อนของสัตว์ในเครือข่ายด้วยค่า in-degree และ out-degree หากค่าสูงแสดงว่าการเคลื่อนที่มีความสำคัญสูง ยิ่งมากยิ่งขึ้นยิ่งเกิดการแพร่เชื้อได้มากกว่า และสำคัญต่อการเฝ้าระวังและการควบคุมโรค เช่น ตลาดนัดค้าสัตว์มักมีค่า in-degree และ out-degree สูง

ข้อดีของการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมเมื่อเปรียบเทียบกับวิเคราะห์อื่นคือ สามารถจัดการความสัมพันธ์ที่เป็นแบบ bi-direction เช่น การสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ การค้า และการเคลื่อนย้ายสัตว์ (Martinez-Lopez *et al.*, 2009) ความเข้าใจการเคลื่อนย้ายจำเป็นอย่างยิ่งในการป้องกัน ควบคุม และพยากรณ์โรค การเคลื่อนย้ายโคที่เกิดที่ Co. Kerry ประเทศไอร์แลนด์ ระหว่างปี ค.ศ.2000 และติดตามถึงปี 2004 พบว่ามีการเคลื่อนย้ายเฉลี่ยของโคเนื้อ 1.31 ครั้ง และโคนม 0.83 ครั้ง โดยโคเนื้อมีการเคลื่อนย้ายไปทั่วประเทศไอร์แลนด์ (Ashe *et al.*, 2009)

Christley *et al.* (2005) นำเสนอ strong และ weak component เพื่อประเมินประชากรเสี่ยงหากมีการนำโรคเข้าเครือข่าย ถ้าฟาร์มติดต่อกับฟาร์มอื่น ๆ มาก ทำให้เกิด cohesive group ใหญ่ หรือเป็น component และเรียกเครือข่ายว่าเชื่อมต่อกันเต็มที่ อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงอาจมีการรวมกันของ giant strong component (GSC) (strong = เครือข่ายที่การเชื่อมต่อระบุทิศทางจาก node หนึ่งไปอีก node หนึ่ง) และ giant weak component (GWC) (weak = เครือข่ายที่การเชื่อมต่อไม่ระบุทิศทาง) โดยคาดว่าหากมีโรคเข้าสู่ฟาร์มภายใน GSC แล้ว จะแพร่ไปทั่วสู่ฟาร์มอื่นใน GSC ดังนั้น GSC จึงใช้ประมาณขนาดของการระบาดได้ แต่หากการเคลื่อนย้าย เช่น การเคลื่อนย้ายโคที่เครือข่ายเป็น GWC โดยมี GSC เป็นแกน โดยการเคลื่อนย้ายจาก source (node ที่เริ่มต้นกิจกรรมนั้น ๆ) ในการส่งสัตว์ไปฟาร์มในแกน และเป็น sink (node ที่จบกิจกรรมนั้น ๆ) ในการรับสัตว์จากแกน เครือข่ายเช่นนี้พบว่า GSC มีลักษณะเฉพาะโดยมีระดับ clustering สูง และมี path length สั้น และพิจารณาได้ว่าเป็น small-world

การทราบโครงสร้างเครือข่าย (topology) มีความสำคัญในการควบคุมโรคระบาด ฟาร์มที่เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนย้ายสัตว์จากส่วนหนึ่งของเครือข่ายไปยังส่วนอื่น ๆ เรียกว่า ฟาร์ม cut-points ซึ่งเมื่อนำฟาร์มนี้ออกจากเครือข่ายแล้ว จะเพิ่มจำนวนของ component หรือ fragment ในเครือข่าย คือทำให้เครือข่ายแตกเป็นฟาร์มเดี่ยว ๆ หรือกลุ่มฟาร์มย่อย ๆ (Robinson และ Christley, 2007) ตัวอย่าง topology เช่น small-world หรือ scale-free การจำแนกลักษณะโครงสร้างเครือข่ายจะช่วยระบุแนวทางการควบคุมโรค

correlation ที่ต่ำระหว่าง degree, betweenness และ out-degree ของ seeding site และจุดสุดท้ายของการระบาด บ่งบอกว่าการระบาดเป็น dynamic โดยขึ้นกับ centrality measure ของ premise ตามขั้นตอนการเชื่อมต่อที่ต่อเนื่องในเครือข่าย มากกว่าที่จะระบาดจาก centrality ของ seeding site เริ่มต้น เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปผลของตำแหน่ง seeding site ที่มีในช่วงแรกจะหมดไปเมื่อมีการแพร่ไปยัง node อื่นมากขึ้น ๆ (Natale *et al.*, 2009)

สำหรับการวัด centrality ด้วย eigenvector และ closeness เมื่อโรคดำเนินไปจะพบ correlation ในทางตรงข้าม ซึ่งเกิดจากการวัด centrality นั้นใช้ node ทั้งหมดในการวิเคราะห์ไม่ใช่เฉพาะ node ใกล้เคียง; จากค่า eigenvector พบว่า node จะเป็น central ไม่ใช่เฉพาะในแง่ของความสัมพันธ์ในสิ่งรอบ ๆ ใกล้เคียงแต่ดูการเป็น centrality กับ node อื่นที่ไม่เชื่อมต่อกันด้วย (Natale et al., 2009)

ค่า closeness บ่งบอกระยะห่างระหว่าง node กับ node อื่นที่ไปถึงได้; node จะมีความเป็นศูนย์กลางสูงถ้าเข้าถึงได้ด้วย node อื่น ๆ; จากการใช้ค่า correlation จะพบว่า node ที่มีค่า closeness ที่สูงจะสามารถแพร่โรคไปสู่ node อื่นด้วยขั้นตอนที่น้อยกว่า

ความสัมพันธ์ของจำนวน node ที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อของ neighbouring node หนึ่ง ๆ จะใช้ค่า out-degree ในการพิจารณาโดยดูจากค่า correlation ที่สูง ขณะที่การวัด centrality อื่น ๆ มีความสำคัญน้อยกว่า (Natale et al., 2009)

Green et al. (2009) ทำการศึกษาการเคลื่อนย้ายปลาแซลมอนในประเทศ สกอตแลนด์ ในปีค.ศ. 2003 และพบว่าเครือข่ายเป็นแบบทั้งเสริมและหยุดการแพร่โรคโดยพบคุณสมบัติของเครือข่ายที่เป็น fragment มีจำนวนการเชื่อมต่อเฉลี่ย 2.83 มี correlation ของการเชื่อมต่อระหว่าง inward และ outward ต่ำประมาณ 0.12 แต่อาจช่วยแพร่เชื้อจากการที่มีระดับ clustering ต่ำ (0.06) และมี non-random mixing อยู่ การศึกษาเครือข่ายจะช่วยให้จัดลำดับการเฝ้าระวังโรคในการเชื่อมต่อที่สำคัญได้

ตลาดค้าโคมีชีวิตมีความเป็น centrality สูง สำหรับเครือข่ายการเคลื่อนย้ายโคในประเทศอิตาลี (ทั้งนี้ได้ตัดตลาดสดออกจากการวิเคราะห์เพราะเป็น sink ไม่ได้นำโรคต่อไป) โดยมีความสัมพันธ์ทั้ง outgoing และ incoming กับ premise อื่น ๆ โดยมี correlation เป็น 0.43 แสดงว่ามีระดับความรุกราน (assertive) เป็น intermediate การวิเคราะห์เครือข่ายพบว่ามีฟาร์มจำนวนมากในช่วง 20% แรกของกลุ่มค่า centrality สูงสุด ฟาร์มเหล่านี้อยู่ใน path ที่เชื่อมโยงกับ premise อื่น ๆ ในเครือข่าย และอาจมีบทบาทสูงในการแพร่โรค เครือข่ายการเคลื่อนย้ายโคนี้อยู่ระหว่าง "rewired lattice" และ "random network" หรือหากเรียกแบบ topology คือเป็น "scale free" หรือ "small world" สำหรับค่า path length บ่งบอกความน่าจะเป็นสำหรับโรคที่จะไปถึง seeding site; พบว่า premise ในเครือข่ายโคในประเทศอิตาลีมีประมาณ 8 step ต่อเนื่อง และมีโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง premise ในการแพร่โรคติดเชื้อเป็น heterogeneity การวิเคราะห์เครือข่ายจะมีความสำคัญ

สำหรับโรคติดเชื้อเช่น FMD, rinderpest, bovine virus diarrhoea, bovine tuberculosis ที่แพร่ด้วยการเคลื่อนย้ายสัตว์ ส่วนโรคที่นำพาด้วย vector เช่น rift valley fever และ bluetongue นั้น บทบาทการเคลื่อนย้ายสัตว์จะมีความสำคัญในช่วงการนำเข้าเข้ามาในเครือข่าย การเป็น heterogeneity ของเครือข่าย รวมทั้งการมี hub และการเป็น small world จะช่วยในการแพร่โรค ทำให้การนำ node ออกจากเครือข่ายในรูปแบบ random จะให้ผลในการหยุดการแพร่โรคได้มากกว่า แต่หากเป็น scale free network แล้ว การแยก hub ออกจะมีประสิทธิภาพในการจำกัดการแพร่เชื้อเช่นเดียวกับ random network (Natale *et al.*, 2009)

2. การวิเคราะห์เครือข่ายเพื่อให้เข้าใจการระบาดของโรคในอดีต

Shirley และ Rushton (2005) และ Ortiz-Pelaez *et al.* (2006) ได้ใช้ข้อมูลการระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อยในประเทศอังกฤษในปี 2001 เพื่อวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์ในช่วงแรกของการระบาด และพบว่าเครือข่ายเป็นแบบ weak connection มี link เฉลี่ยเป็น 1.22 จาก 653 node และ 797 link และมี cluster ที่เกี่ยวข้องได้แก่ ฟาร์ม ตลาดค้าสัตว์ คนกลาง โรงฆ่าสัตว์ การขนส่ง และอื่น ๆ; เครือข่ายของการระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อยในประเทศอังกฤษมี dealer ไม่กี่รายที่ควบคุมเครือข่ายและยังเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายแกะในระยะไกล Ortiz-Pelaez *et al.* (2006) ใช้บันทึกการเคลื่อนย้ายสัตว์ก่อนการออกกฏบังคับไม่ให้เคลื่อนย้ายโดยวัด betweenness ในการหาบุคคลที่สำคัญในการแพร่โรคในระยะแรก โดยใช้ระดับการกระจายตัวและ k-neighbours และกำหนดใช้ที่ k มากกว่าหรือเท่ากับ 2 ในการกำหนดผู้เล่นที่สำคัญ โดย k เป็นจำนวนฟาร์มที่เข้าถึงได้ใน k-step จากฟาร์มหนึ่ง ๆ และให้ข้อคิดเห็นว่าฟาร์มที่มี betweenness สูงและมีจำนวน k น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ควรเป็นเป้าหมายสำหรับการควบคุมโรคต่อจากตลาดนัดค้าสัตว์ คนกลาง และโรงฆ่าสัตว์เช่นเดียวกับก่อนหน้านี้ คุณสมบัติของเครือข่ายในการเป็น scale-free หรือไม่มีส่วนสำคัญในการควบคุมโรค

การวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกในประเทศกัมพูชา (Van Kerkhove *et al.*, 2009) พบว่าจำนวนไก่มีชีวิตที่ค้าขายผ่านคนกลางในแต่ละสัปดาห์คือ 281.3 (IQR: 140.7-410; n=113) จำนวนเฉลี่ยของไก่ที่เคลื่อนย้ายผ่านเครือข่ายในแต่ละสัปดาห์คือ 82,655 ตัว โดยเครือข่ายมีทั้งหมด 70 node ที่เชื่อมต่อกับ node อื่น node เดียว มี 28 node ที่เชื่อมต่อ 2 node และมี 20 node ที่เชื่อมต่อ 3 node และมี 15 node ที่เชื่อมต่อกับ 4 node หรือมากกว่า การเคลื่อนย้ายสัตว์ปีกมีชีวิตในภาคใต้ของกัมพูชาเป็นแบบ undirect มีการเชื่อมโยงกันสูงและมีความเป็น centralize สูง (Van Kerkhove *et al.*, 2009)

3. การวิเคราะห์เครือข่ายในการประเมินผลกระทบของกฎระเบียบเรื่องการเคลื่อนย้ายสัตว์

ขนาดของ strong component ที่ใหญ่ที่สุดจะเป็นการประเมินขอบล่างของขนาดการระบาดที่มากที่สุด ขณะที่ขนาดของ weak component ที่ใหญ่ที่สุด เป็นการประเมินขอบบน ดังนั้น การกระจายตัวของขนาดของ strong และ weak component เป็นการประเมินการกระจายตัวของขนาดการระบาดสุดท้าย การวิเคราะห์เครือข่ายเช่นนี้เป็น post hoc analysis จากการศึกษาเครือข่ายการเคลื่อนย้ายต่าง ๆ ในระยะเวลานานในอดีตเพื่อสื่อเหตุการณ์ในอนาคต ทำให้สามารถทำนายและได้แผนการควบคุมโรค จากการระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อยในประเทศอังกฤษ Kao *et al.* (2006) พบว่าขนาด strong component ที่ใหญ่ที่สุดของเครือข่ายการเคลื่อนย้ายแพะสูงขึ้นไป 10 เท่า เมื่อมีการเคลื่อนย้ายมากขึ้น 3.9 เท่า ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนย้ายระยะไกลที่เชื่อมโยงชุมชนที่อยู่ใกล้กัน โดยมากผ่านทางตลาดค้าสัตว์

Robinson *et al.* (2007) แสดงให้เห็นว่าการควบคุมการเคลื่อนย้ายในประเทศอังกฤษในปี ค.ศ. 2001 ทำให้มีการเพิ่มขนาดของ strong component ที่ใหญ่ที่สุดโดยเป็นการเพิ่มแบบเส้นตรง การศึกษาการเคลื่อนย้ายต่อเนื่องในปี 2002 ถึง 2004 พบว่ามีการปรับอุตสาหกรรมเลี้ยงโคใหม่ ทำให้มีการติดต่อเชื่อมโยงกันมากขึ้น กฎระเบียบในการควบคุมการเคลื่อนย้ายมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ลดการเกิดการระบาดของโรคโดยการลดจำนวนการเคลื่อนย้ายสัตว์ พบว่าการลดการติดต่อของแต่ละคนในเครือข่ายทำให้การเป็น cohesive network ลดลง (Robinson *et al.*, 2007) และทำให้เกิดระบบการจัดการเอง (self-organizing system) แทนที่ ซึ่งไปทำให้เกิดการเพิ่มขนาดของการระบาดของโรคติดต่อในอุตสาหกรรมเลี้ยงโคกลุ่มนั้น ๆ ตามข้อสมมุติฐานของการติดต่อของผู้ผลิตทำให้เกิดเครือข่ายมากขึ้น เพื่อให้มีการเคลื่อนย้ายได้มากที่สุดภายในข้อจำกัดของกฎระเบียบควบคุมการเคลื่อนย้าย แม้ว่าการควบคุมการเคลื่อนย้ายไม่ทำให้เกิดการลด cohesion ของเครือข่ายแต่ก็สามารถจัดการให้ลดขนาดของการระบาดอย่างมีประสิทธิภาพได้ เพราะมันมีช่วงเวลาให้อาการทางคลินิกของโรคปากและเท้าเปื่อยให้เห็นได้ ทำให้ไม่เคลื่อนย้ายสัตว์ที่ป่วยนั้น ๆ ต่อไป แต่หากไม่เห็นอาการแล้วจะเกิดการระบาดใหญ่เช่นก่อนการควบคุมการเคลื่อนย้าย

การวัดโดย k-neighbours (Ortiz-Pelaez *et al.*, 2006) โดยกำหนด step สำหรับ indirect source และ recipient ทำให้ไม่ทราบ infection chain ของ node ทั้งหมด Dube *et al.* (2008) ศึกษาการเคลื่อนย้ายโคนมของฟาร์มที่เป็นสมาชิกของโปรแกรมการปรับปรุงฝูงโคนมใน Ontario ประเทศแคนาดา ได้พัฒนาการวัดที่เรียกว่า infection chain ที่สามารถบอกฟาร์มทั้งหมดที่สามารถ

สัมพันธ์กับการติดเชื้อได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม (ผ่านฟาร์มอื่น) ซึ่งเป็นวิธีการกำหนดทางชีววิทยาที่ดีกว่าในการประเมินขนาดของการระบาด

4. ลักษณะเฉพาะของโครงสร้างเครือข่ายของการแพร่กระจายโรค

ลักษณะที่สำคัญ 2 ประการของเครือข่ายคือ heterogeneity ของการติดต่อ และ clustering ของการติดต่อ Christley *et al.* (2005) และ Bigras-Poulin *et al.* (2007) ศึกษาการเคลื่อนย้ายสัตว์ในประเทศอังกฤษพบว่า มี node จำนวนไม่มากที่ควบคุมการติดต่อ ขณะที่ node อื่น ๆ ส่วนใหญ่มีการติดต่อไม่มาก ยิ่งไปกว่านั้นพบว่า clustering ในเครือข่ายเป็นการติดต่อระยะไกลทำให้โรคแพร่ไปได้ แนวคิดนี้ใช้คุณสมบัติ scale-free และ small-world ของเครือข่ายที่มีอิทธิพลสูงต่อการแพร่โรค

สำหรับเครือข่าย scale-free ระดับการกระจายตัว (degree distribution) เข้ากัน (fit) ได้กับ power law distribution โดยการกระจายตัวนี้มีลักษณะเฉพาะคือไม่มี peak และมี long tail ที่แสดงว่ามีความแปรปรวนของจำนวนการติดต่อต่อ node สูง มี node จำนวนมากที่มีการเชื่อมต่อกันน้อย และมี node จำนวนน้อยที่มีการเชื่อมต่อกับ node อื่นมาก เรียกเครือข่ายว่า scale-free; Dube *et al.* (2009) แปลความหมายเครือข่ายชนิดนี้ว่าพบการมีอยู่ของ hub ในเครือข่าย โดยพบ hub ที่ส่วนหางของ power law distribution ซึ่งคือ node ที่มีจำนวนการเชื่อมต่อมากกว่า node อื่นส่วนมากในเครือข่าย และไม่เป็นไปตามรูปแบบทั่วไปของ Poisson-based random network

การศึกษาบางเครือข่ายจริงแสดงจำนวน step ไม่มากที่จะไปถึง node อื่น ๆ และมีโอกาสที่ neighbour จะติดต่อกันมาก เป็นลักษณะ clustering ในเครือข่าย พวกลักษณะ clustering และ path length สั้นแสดงถึง small-world network ซึ่งหมายความว่าโรคสามารถแพร่ไปยัง local cluster และไปยัง cluster อื่นที่อยู่ห่างออกไปในเครือข่ายได้ (Dube *et al.*, 2009)

โรคระบาดสามารถแพร่กระจายได้รวดเร็วบน scale-free network เมื่อเทียบกับ random network เพราะ scale-free network มี hub อยู่ อย่างไรก็ตามเมื่อ hub ติดเชื้อและทำให้ partner ของมันติดเชื้อด้วยแล้ว หลังจากนั้นการแพร่การติดเชื้อจะช้ากว่า random network และทำให้ขนาดการระบาดของ scale-free network เล็กกว่า (Kao *et al.*, 2006) ดังนั้นการควบคุมโรคที่มุ่งเป้าไปที่ node ที่มีการเชื่อมต่อสูง (หรือ hub) ใน scale-free network จะมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบที่สุ่มเลือก node; และเนื่องจากใน scale-free network นั้น node ส่วนมากมีค่า degree ต่ำ ดังนั้นการเลือกแบบสุ่มจึง

ไม่น่าที่จะเลือกได้ hub ขึ้นมาแต่จะได้ node ทั่วไปมากกว่า และการนำ node นั้นออกจะมีผลเล็กน้อยต่อโครงสร้างของเครือข่ายและการแพร่โรคในเครือข่าย ระหว่างการระบาดของโรคต้องติดตามหาการเชื่อมโยงให้เร็วเพื่อลดฟาร์มที่ติดเชื้อ; Kiss *et al.* (2006) ศึกษาการควบคุมการระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อยในประเทศอังกฤษ พบว่าอัตราของการติดตามต่อการกำจัด (tracing/removal) ใน scale-free network สูงกว่า random network แต่เมื่อระยะเวลา latent ลดลง tracing/removal ใน random network จะดีกว่า scale-free network โดยมีสัดส่วนของ node ที่ต้องถูกกำจัดน้อยกว่าและมีอัตรา tracing/removal น้อยกว่าทำให้สามารถควบคุมการระบาดได้ เพราะการระบาดแพร่ไปช้ากว่าใน random network ใน scale-free network โรคแพร่รวดเร็วและมักแพร่ไปทาง node ที่เชื่อมต่อกันสูง การติดตามการติดต่อของ node ไม่ทัน เพียงพอสำหรับการกำจัด node ที่ติดต่อกันก่อนที่มันจะติดเชื้อ ยกเว้นจะรู้มาก่อนว่า node ใดจะติดต่อกันมากที่สุดเพื่อกำจัดออกก่อนที่ node นั้นจะสามารถแพร่การติดเชื้อไปสู่ node อื่น ๆ (Kiss *et al.*, 2006) การระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อยในประเทศอังกฤษแสดงให้เห็นว่าหากค้นพบ case แรกและจำกัดการเคลื่อนย้ายแล้ว network จะเปลี่ยนจาก small-world ไปเป็นการแพร่กระจายเฉพาะที่ (Shirley และ Rushton, 2005)

การศึกษาเครือข่ายส่วนมากในสัตว์เป็นการศึกษาของเครือข่ายที่ static คือ เมื่อมีการเชื่อมโยงระหว่างฟาร์มแล้ว จะอยู่เป็นเวลานาน ถ้าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของการเชื่อมโยงของเครือข่ายช้ากว่าของเชื้อแล้ว โครงสร้างเครือข่ายจะไม่เปลี่ยนแปลงมากระหว่างช่วงการระบาดของโรค อย่างไรก็ตามหากการระบาดเป็นผลระยะยาวแล้ว จำเป็นต้องพิจารณาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเครือข่ายที่มีผลกระทบต่อโรค

การศึกษาการแพร่ของโรคปากและเท้าเปื่อยที่มีระยะฟักตัวเป็นวันหรือสัปดาห์ และการระบาดของโรค Scabies ที่มีระยะฟักตัวนานเป็นปีในเครือข่ายเดียวกัน พบว่าโรค scrapie ที่มีโอกาสแพร่โรคต่อการสัมผัสหนึ่ง ๆ ต่ำและมีระยะฟักตัวของโรคที่ยาว โครงสร้างเครือข่ายจะมีความสำคัญน้อยต่อการประมาณการแพร่เชื้อ ดังนั้นการใช้เครือข่ายที่เป็นแบบ static เหมาะสมพอแต่สำหรับโรคปากและเท้าเปื่อยแล้ว epidemiological network ที่ได้จากการเคลื่อนย้ายแกะในฤดูใบไม้ร่วง และในฤดูใบไม้ผลิต่างกัน จึงต้องพิจารณาฤดูกาลประกอบด้วย (Kao *et al.*, 2007)

Bigras-Poulin *et al.* (2006) ศึกษาเครือข่ายของโคในประเทศแคนาดาเพื่อประเมินความเสี่ยงของการแพร่โรคพบว่า เครือข่ายเป็นแบบ scale-free ที่มีทิศทาง (ทราบเส้นทางเคลื่อนย้าย) โดยมี in-degree เป็น 2 มี out-degree เป็น 1.46 มีทั้งหมด 29,999 node และมีการ

เคลื่อนย้าย 130,265 ครั้งใน 6 เดือน สำหรับ clustering coefficient เป็น 0.52 สำหรับการเคลื่อนย้ายเข้า และ 0.02 สำหรับการเคลื่อนย้ายออก การเคลื่อนย้ายเป็น heterogeneity ซึ่งจะนำไปใช้สำหรับการพิจารณาหากมีการแพร่โรกระหว่างฟาร์ม กลุ่มผู้วิจัยนี้ (Bigras-Poulin *et al.*, 2007) ได้ศึกษาเครือข่ายการเคลื่อนย้ายสุกรในเดนมาร์กในปี 2003 ว่ามีฐานของจำนวนสุกรในการเคลื่อนย้ายระหว่างฟาร์มสุกรขุนในแต่ละครั้งเป็น 130 ตัวโดยมีจำนวนที่มากที่สุดคือ 3,306 ตัวสำหรับมีฐานของจำนวนสุกรในการเคลื่อนย้ายจากฟาร์มไปโรงเชือดคือ 24 ตัวและมากที่สุดคือ 2,018 ตัว การเคลื่อนย้าย 82.5% เป็นการเคลื่อนย้ายไปโรงเชือด ระยะ Euclidean จากฟาร์มไปฟาร์มที่มากที่สุดคือ 285 กิโลเมตร โดยมีค่ามีฐานเป็น 22 กิโลเมตร และสำหรับฟาร์มไปโรงเชือดที่มากที่สุดคือ 285 กิโลเมตร และมีค่ามีฐานเป็น 36.2 กิโลเมตร ความยาว path เฉลี่ยเป็น 3.19 ซึ่งบ่งบอกว่าเครือข่ายเป็น small-world จากการวัดเครือข่ายด้วยความเป็น cluster พบว่าเครือข่ายนี้มี clustering coefficient สำหรับ inbound เป็น 0.064 และสำหรับ outbound เป็น 0.005

เครือข่ายอาจเป็นแบบมีทิศทาง (directed) หรือแบบไม่มีทิศทาง (undirected) ขึ้นกับธรรมชาติของความสัมพันธ์ของ node ว่าเป็น unidirectional (สำหรับ directed) หรือ bidirectional (สำหรับ undirected) (Martinez-Lopez *et al.*, 2009)

เครือข่ายทางสังคมสามารถนำเสนอได้ 3 รูปแบบ: (1) รายการกลุ่มของหน่วยและความสัมพันธ์โดยใช้ notation ทางคณิตศาสตร์ $G = \{(n_i, n_j)\}$ โดย G เป็นชื่อของเครือข่ายและ (n_1, n_2) เป็นกลุ่มของคู่ของ node (2) กราฟที่เสนอกำหนดของ node และ contact ของเครือข่าย หรือ (3) adjacency matrix ของ $N \times N$ node ที่เสนอจำนวนของ contact ระหว่างคู่ของ node ในเครือข่าย (Martinez-Lopez *et al.*, 2009)

ตารางที่ 1 ระดับการวิเคราะห์เครือข่ายด้วยการพรรณนาและการวัดเครือข่าย

ระดับ	คำบรรยายและ จุดประสงค์	ตัววัดเครือข่ายแบบมาตรฐาน
individual	Actor หรือ node หนึ่ง ๆ	degree การเชื่อมต่อของ actor หรือ node หนึ่ง ๆ ด้วยจำนวนเส้นที่ต่อกับ node
	ระบุตำแหน่งและ ลักษณะของ actor ภายในเครือข่าย	centrality centrality มีตัววัด หลายแบบ -betweenness actor ระหว่าง node 2 node ที่หากไม่มี actor นี้แล้ว node ทั้งสองจะไม่เชื่อมต่อกัน -closeness ความใกล้ชิดของ actor หนึ่งกับ actor อื่นตามพื้นฐานของความห่างระหว่าง node -degree ลักษณะของการที่ actor เชื่อมต่อกับ actor อื่น เป็นวิธีการวัด centrality ที่ง่ายที่สุด -prestige เน้นสำหรับเครือข่ายแบบมีทิศทาง เป็นลักษณะที่สมาชิกอื่นเลือก actor หรือ node หนึ่ง ๆ
	structural equivalence	ลักษณะที่ actor แสดงบทบาท คล้ายคลึงภายในเครือข่าย โดยการมี รูปแบบของการเชื่อมต่อกับ actor อื่น ๆ เหมือนกัน

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ระดับ	คำบรรยายและ จุดประสงค์	ตัววัดเครือข่ายแบบมาตรฐาน
subgraph	เป็น subset ของกราฟที่ ขึ้นกับ node หรือ link หนึ่ง	dyad actor คู่หนึ่ง และ tie ที่เป็นไปได้ ระหว่างคู่นั้น
	การตรวจสอบ ลักษณะเฉพาะของกลุ่ม	triad Actor 3 actor และ tie ระหว่างมัน
		k-core Node ทั้งหมดในเครือข่ายที่มี degree $\geq k$
		clique Actor ≥ 3 actor ที่เชื่อมต่อด้วยการ เชื่อมต่อที่เป็นไปได้ทั้งหมด
network	ระบบ node และ link ทั้งหมด	density Ratio ของ observed tie เทียบกับ tie ที่เป็นไปได้
		diameter Geodesic ที่ยาวที่สุด (path ที่สั้นสุด ระหว่าง 2 node)
	การพรรณนา หรือ การ เปรียบเทียบ ขึ้นกับ โครงสร้างของเครือข่าย ทั้งหมด	centralization ลักษณะที่กราฟแสดงโครงสร้าง hierarchical หรือ centralized

ที่มา: Luke and Harris (2007)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูล

ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลพื้นฐานฟาร์ม ผู้เลี้ยง ข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนย้ายผ่านการค้าแพะ

อุปกรณ์สำหรับเก็บชีรัม

1. กระบอกฉีดยา ขนาด 10 มิลลิลิตร
2. หัวเข็ม หมายเลข 18 ความยาว 1 นิ้ว
3. สำลี
4. แอลกอฮอล์ 70 %
5. กระจกใส่น้ำแข็ง

อุปกรณ์สำหรับตรวจวินิจฉัยโรคปากและเท้าเปื่อย โรค布鲁เซลโลซิส และ โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ

1. ชุดตรวจสอบ สำเร็จรูป NSP test ด้วยวิธี blocking ELISA เพื่อตรวจวินิจฉัยโรคปากและเท้าเปื่อย
2. ชุดทดสอบสำเร็จรูป Competitive ELISA เพื่อตรวจวินิจฉัยโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ
3. น้ำยา Rose Bengal และ Brucellosis antigen สำหรับการทดสอบ Complement fixation test เพื่อตรวจวินิจฉัยโรค布鲁เซลโลซิส
4. Micropipette
5. เครื่องอ่านความยาวคลื่นสำหรับการทำ ELISA

วิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ฟาร์มแพะเนื้อในขอบเขตจังหวัดชัยนาททุกฟาร์มทั้งหมด 112 ฟาร์มใน 8 อำเภอ โดยมีฟาร์มจำนวนหนึ่งมีการเลี้ยงแพะร่วมกัน บางฟาร์มมีเจ้าของร่วมกัน 10 คนการศึกษานี้จึงใช้หน่วยของฝูงที่เลี้ยงร่วมกันนับเป็นฟาร์มเดียวกัน ทำให้มีจำนวนฟาร์ม 66 ฟาร์ม ได้แก่อำเภอเมือง (mua) 3 ฟาร์ม อำเภอหันคา (han) 9 ฟาร์ม อำเภอมโนรมย์ (man) 15 ฟาร์ม อำเภอสรรพยา(sap) 8 ฟาร์ม อำเภอสรรคบุรี (san) 10 ฟาร์ม อำเภอวัดสิงห์(wad) 5 ฟาร์ม อำเภอหนองมะโมง(non) 11 ฟาร์ม และอำเภอเนินขาม (ner) 5 ฟาร์ม

การศึกษาเครือข่ายทางสังคมของการค้าแพะเนื้อ

1. จำนวนตัวอย่าง

ทำการศึกษาเครือข่ายทางสังคมแบบบางส่วน (partial social network analysis) ของฟาร์มแพะเนื้อในขอบเขตจังหวัดชัยนาทและสุ่มตัวอย่างแบบ snowball sampling เป็นการสุ่มโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็น โดยเลือกฟาร์มทั้งหมด 112 ฟาร์มใน 8 อำเภอเป็นตัวอย่างกลุ่มแรก เพื่อให้เสนอตัวอย่างอื่น ๆ โดยมี node (ผู้แสดง) ได้แก่ กรมปศุสัตว์ เกษตรกร พ่อค้า และคนที่เกี่ยวข้อง

2. การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลด้วยการสอบถามเกษตรกรฟาร์มแพะในจังหวัดชัยนาท เช่นข้อมูลทั่วไป (ที่อยู่ อายุ อาชีพ การศึกษา ศาสนา) ข้อมูลการเลี้ยง ข้อมูลการเคลื่อนย้ายแพะเข้า-ออก บันทึกข้อมูลระบุตัว node และสมบัติ (attribute) ของ node ได้แก่ กิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ node ได้แก่ โครงการส่งเสริมการเลี้ยงแพะและแกะของจังหวัดชัยนาท การซื้อมูลแพะ การผสมเทียม ตลาดค้าแพะ และหาความสัมพันธ์ระหว่าง node โดยทำการสอบถามการเข้าและออกจาก node ของกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีในแต่ละ node (เป็นการเชื่อมต่อแบบมีทิศทาง) โดยบันทึกข้อมูลใน Access

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามด้วยการใช้สถิติเชิงพรรณนา เพื่ออธิบายข้อมูลพื้นฐานของฟาร์มแพะเนื้อในพื้นที่จังหวัดชัยนาท

การวิเคราะห์ข้อมูลเครือข่ายทางสังคมของการค้าแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Ucinet 6.0 (Borgatti *et al.*, 2002)

การศึกษาเครือข่ายทำได้โดย (1) การวิเคราะห์ node แต่ละ node (2) การวิเคราะห์เครือข่ายภาพรวม และ (3) การวิเคราะห์และจำแนกกลุ่มของ node ในเครือข่าย

3.1 ศึกษาหาความสำคัญของ node แต่ละ node โดยการวิเคราะห์ point centrality ด้วยการคำนวณ degree, closeness/farness, betweenness ของแต่ละเครือข่าย

3.2 ศึกษาเครือข่ายในภาพรวม โดยการประเมินการเชื่อมต่อของเครือข่ายด้วยการใช้ degree distribution, density, reachability, fragmentation, connectivity, distance, centralization และ clustering

3.3 ศึกษาหา sub-group ของเครือข่าย ทำการวิเคราะห์รูปแบบของเครือข่าย (topological property) ด้วยการคำนวณ clustering coefficient เพื่อจำแนกชนิดของเครือข่าย

ทำการศึกษาเครือข่ายการผลิตและการค้าแพะร่วมกับสถานการณ์เกิดโรคในแพะ เช่น โรคปากและเท้าเปื่อย โรค布鲁เซลโลซิส และโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบ โดยทำการวิเคราะห์เครือข่ายเชิงบรรยายเพื่อดูหน่วยย่อยที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่าย

การศึกษาโรคปากและเท้าเปื่อย โรคบรูเซลโลซิส และ โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ

1. จำนวนตัวอย่าง

ใช้ข้อมูลตัวอย่างจากการศึกษาภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) เพื่อศึกษาความชุกและปัจจัยเสี่ยงของการพบผลบวกทางซีรัมต่อการติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อย โรคบรูเซลโลซิส และโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบ ในฝูงแพะเนื้อของจังหวัดชัยนาท

$$n = \left[\frac{t \cdot SD}{L} \right]^2$$

เมื่อ n คือ จำนวนตัวอย่าง
SD คือ Standard deviation

$$SD = \sqrt{p \cdot (1-p)}$$

L คือ Accepted absolute error (ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับ)
t คือ Student's t-value (1.96 ที่ความเชื่อมั่นที่ 95 %)
p คือ prevalence

การคำนวณจำนวนตัวอย่าง สำหรับการหาการติดเชื้อระดับฟาร์ม (จำนวนฝูง) จำนวนตัวอย่างภายในฝูง โดยใช้สูตรคำนวณเพื่อค้นหาการติดเชื้อ หากฝูงใดพบอย่างน้อย 1 ตัวติดเชื้อ ให้กำหนดว่าเป็นฝูงติดเชื้อ

$$n = (1 - (1 - CL)^{1/2}) \left(N - \frac{(d-1)}{2} \right)$$

เมื่อ
n คือ Sample size
N คือ population size
CL คือ Confidence interval
d คือ Prevalence

ประชากรขนาด 66 ฟุ้ง คาดว่าความชุกระดับฟุ้ง 50 เปอร์เซนต์ ความคาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 5 เปอร์เซนต์ ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ จะต้องเก็บตัวอย่าง 57 ฟุ้ง ใช้จริง 61 ฟุ้ง และจำนวนตัวอย่างการติดเชื้อในฟาร์ม (จำนวนตัวต่อฟุ้ง) กำหนด ให้ประชากรแต่ละฟุ้งเฉลี่ย 92 ตัว (ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์, 2552) ความชุกของโรค 4.23 (สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดชัยนาท, 2550) ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ จะเก็บตัวอย่างฟุ้งละ 48 ตัว หรือหากฟาร์มใดมีจำนวน

ประชากรขนาด 66 ฟุ้ง คาดว่าความชุกระดับฟุ้ง 50 เปอร์เซนต์ ความคาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 5 เปอร์เซนต์ ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ จะต้องเก็บตัวอย่าง 57 ฟุ้ง ใช้จริง 61 ฟุ้ง และจำนวนตัวอย่างการติดเชื้อในฟาร์ม (จำนวนตัวต่อฟุ้ง) กำหนด ให้ประชากรแต่ละฟุ้งเฉลี่ย 92 ตัว (ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์, 2552) ความชุกของโรค 4.23 (สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดชัยนาท, 2550) ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ จะเก็บตัวอย่างฟุ้งละ 48 ตัว หรือหากฟาร์มใดมีจำนวนแพะน้อยกว่านี้จะเก็บตัวอย่างจากแพะที่อายุมากกว่า 6 เดือนทุกตัวในฟาร์ม ดังนั้นได้จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 5,616 ตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่าง

สุ่มเก็บตัวอย่างโดยวิธี two stage sampling ขึ้นแรกสุ่มจากรายชื่อเกษตรกรและจำนวนประชากรแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาทปี 2552 ดังแสดงในตารางที่ 2 ขึ้นสองสุ่มจากแพะในฟาร์มเกษตรกรที่ได้จากขั้นแรก

เก็บเลือดแพะทุกตัวในฟุ้งที่อายุตั้งแต่ 6 เดือนขึ้นไปในฟุ้ง ปริมาณตัวละ 10 ซีซี ทางเส้นเลือดดำที่คอ (Jugular vein) โดยใช้หลอดเก็บซีรัม และตั้งทิ้งไว้ให้ซีรัมแยกออกมา

นำเลือดที่เก็บมาปั่นด้วย centrifuge ปั่นที่ 1,500 รอบในเวลา 10 นาที และเก็บซีรัมไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2 จำนวนประชากรแพะเนื้อและจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะของจังหวัดชัยนาท ปี 2552

อำเภอ	จำนวนเกษตรกร (ราย)	จำนวนแพะเนื้อ (ตัว)
เมืองชัยนาท	18	2,475
มโนรมย์	62	4,884
วัดสิงห์	14	626
สรรพยา	15	1,170
สรรคบุรี	26	2,413

อำเภอ	จำนวนเกษตรกร (ราย)	จำนวนแพะเนื้อ (ตัว)
หันคา	8	413
หนองมะโมง	18	2,777
เนินขาม	7	606
รวม	168	15,364

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์, (2552)

2. การตรวจวินิจฉัยโรค

การตรวจวินิจฉัยโรคปากและเท้าเปื่อยที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการสัตวแพทย์ภาค ตะวันตก กรมปศุสัตว์ โดยใช้ชุดตรวจสอบ สำเร็จรูป NSP test ด้วยวิธี blocking ELISA โดยการ ตรวจหาแอนติบอดีต่อ non-structure protein ส่วน 3ABC ของไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อย โดยแปล ผลจากค่า Percentage inhibition ของตัวอย่างซีรัมถ้ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 50% แปลผลเป็น positive แต่ถ้าค่า Percentage inhibition น้อยกว่า 50% แปลผลเป็น negative (ศูนย์อ้างอิงโรคปาก และเท้าเปื่อย ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, 2552)

การตรวจวินิจฉัยโรค布鲁เซลโลซิสที่สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ กรมปศุสัตว์ด้วยวิธี modified Rose Bengal test (mRBT) ใช้แอนติเจน Rose Bengal ที่ผลิตจากแอนติเจน *Brucella abortus* สเตรน 1119-3 โดยสำนักเทคโนโลยีชีวภัณฑ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ และยืนยันด้วยวิธี Complement Fixation test (CFT) ซึ่งเตรียมโดยสถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ กรมปศุสัตว์ โดยแพะ เนื้อที่มีผลบวกต่อเชื้อ布鲁เซลลา หมายถึงแพะเนื้อที่มีผลบวกจากการตรวจทั้ง 2 วิธี ดังนั้นฝูงแพะ เนื้อที่มีผลบวกต่อเชื้อ布鲁เซลลา คือฝูงแพะเนื้อที่มีแพะเนื้ออย่างน้อย 1 ตัวที่มีผลบวกต่อเชื้อ布鲁เซล ลาจากการตรวจตามวิธีดังกล่าวและอาศัยในฝูงอย่างน้อย 1 เดือน

การตรวจวินิจฉัยโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะที่สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ กรมปศุสัตว์ด้วยวิธี competitive ELISA เพื่อตรวจหาแอนติบอดีต่อ CAEV

3. การเก็บและการวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เจ้าของฝูงแพะเนื้อหรือผู้เลี้ยงแพะเนื้อโดยตรง และรวบรวมข้อมูลบนโปรแกรม Excel รวบรวมผลการตรวจวินิจฉัยบนโปรแกรม Excel

นิยามระดับรายตัว

แพะที่ให้ผลบวกต่อเชื้อบรูเซลลาและฝูงแพะเนื้อที่มีผลบวกต่อเชื้อบรูเซลลา คือ แพะเนื้อที่ให้ผลบวกทางซีรัมต่อเชื้อบรูเซลลาแพะเนื้อเลี้ยงอย่างน้อย 1 เดือนในฝูงที่มีผลบวกการตรวจวินิจฉัยโรคด้วยวิธี mRBT และยืนยันด้วยวิธี CFT เป็นบวก

สำหรับโรคปากและเท้าเปื่อย และ โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ แพะที่ให้ผลบวกต่อโรคเหล่านี้คือ แพะเนื้อที่ให้ผลบวกทางซีรัมต่อเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อย และ เชื้อโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะด้วยวิธีการตรวจด้วย ELISA

นิยามระดับฟาร์ม

ฟาร์มที่มีแพะอย่างน้อย 1 ตัวที่ตรวจให้ผลบวกต่อเชื้อโรคดังกล่าว ด้วยขนาดตัวอย่างตามที่กำหนดเพื่อค้นหาโรค

ผลและวิจารณ์

ผล

1. ลักษณะข้อมูลพื้นฐาน

ฟาร์มแพะในจังหวัดชัยนาทส่วนใหญ่ 48 ฟาร์มเป็นฟาร์มที่เลี้ยงขายลูกตัวผู้เป็นแพะเนื้อ และเก็บตัวเมียไว้ทำพันธุ์ อาจมีบางฟาร์มที่มีพ่อและแม่พันธุ์เป็นสายพันธุ์บอร์สายเลือดสูง จึงทำให้การขายลูกเป็นลักษณะขายไปเป็นพ่อแม่พันธุ์ซึ่งจะได้ราคาต่อตัวสูงกว่า

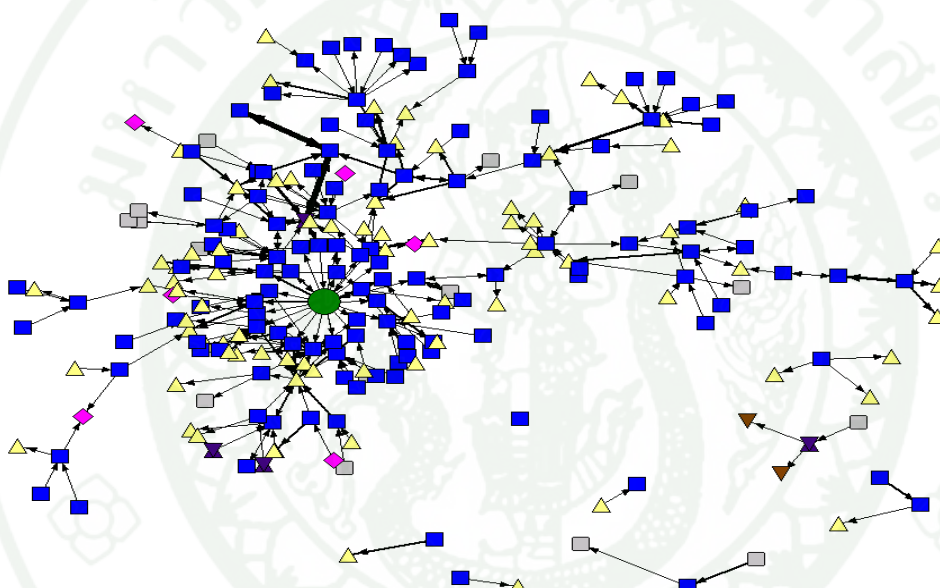
จากฟาร์มที่มีการระบุเจ้าของต่างกัน 112 ฟาร์ม มีฟาร์มจำนวนหนึ่งที่มีการเลี้ยงแพะร่วมกัน บางฝูงอาจมีเจ้าของร่วมกันถึง 10 คน การศึกษานี้จึงใช้หน่วยของฝูงที่เลี้ยงร่วมกันนับเป็นฟาร์มเดียวกัน ทำให้มีจำนวนฟาร์ม 66 ฟาร์ม ช่วงอายุของเกษตรกรตั้งแต่ 20 ถึง 72 ปี (เฉลี่ย 48.83, มัธยฐาน 49.5, ฐานนิยม 62) โดยมีประสบการณ์การเลี้ยงแพะระหว่าง 0.25 ถึง 12 ปี และ 2 ใน 3 ของเกษตรกรเลี้ยงแพะเป็นอาชีพเสริม ร้อยละ 90 เลี้ยงแพะในบริเวณบ้านที่เจ้าของอาศัยอยู่ ร้อยละ 84.2 (48/57) เลี้ยงแพะเพื่อทำพันธุ์ร่วมกับเป็นแพะเนื้อ ที่เหลือร้อยละ 10.5 (6/57) เลี้ยงแพะขุน ร้อยละ 3.5 (2/57) เลี้ยงเป็นแพะพันธุ์ และร้อยละ 1.8 (1/57) เป็นคนกลางซื้อขายแพะ เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะทั้งหมดนับถือศาสนาพุทธ

จำนวนแพะมีตั้งแต่ 12 ถึง 700 ตัว โดยมีจำนวนแพะเฉลี่ย 80.67 มัธยฐาน 66 และฐานนิยม 80 ความหนาแน่นของแพะต่อตารางเมตรคือ 0.03 ถึง 4.48 โดยมีค่าเฉลี่ย 1.15 ร้อยละ 90 ของโรงเรือนแพะทำด้วยไม้ ที่เหลือเป็นพื้นดินหรือพื้นซีเมนต์ หรือทั้งไม้และดิน ระยะเวลาปล่อยเล็มหญ้าคือวันละ 5 ชั่วโมง ช่วงเวลาปล่อยแพะมี 2 ช่วงคือ ช่วงสายและเย็น หรือปล่อยครั้งเดียว 5 ชั่วโมง มีเพียงแค่ 2 ฟาร์มที่ให้อาหารแพะในโรงเรือน

2. ผลการศึกษาเครือข่ายการผลิตแพะ

การเก็บข้อมูลศึกษาครั้งนี้เป็นวิธีการที่เก็บข้อมูลจากฟาร์มแพะทั้งหมด โดยมีขอบเขตเป็นแพะเนื้อจังหวัดชัยนาทใน 8 อำเภอได้แก่ อำเภอเมือง (mua) หันคา (han) มโนรมย์ (man) สรรพยา (sap) สรรคบุรี (san) วัดสิงห์ (wad) หนองมะโมง (non) และเนินขาม (ner) และมีรหัสสำหรับ node ที่ไม่ได้ทำการสอบถามคือ com ที่เป็น node ที่ถูกอ้างอิงจากการสอบถาม โดยอาจเป็นพ่อค้าที่ไม่อยู่

เฉพาะที่ เกษตรกร ตลาฯ ฯลฯ สำหรับ node ที่อยู่นอกเหนือจากการเป็นเกษตรกรที่สอบถามใน จังหวัดชัยนาทจะได้รับการติดตามไปแค่ 1 ระดับ การศึกษานี้ได้ข้อมูลทั้งหมด 232 node ลักษณะเครือข่ายแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาทที่มี node เป็นกรมปศุสัตว์, เกษตรกร, โครงการ ยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะ, พ่อค้า, ตลาดและพ่อค้า, พ่อค้าและเกษตรกร (ภาพที่ 1) จากการสังเกตลักษณะเครือข่ายแพะเนื้อนี้มีการรวมศูนย์ที่โครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยง แพะ แกะ ของจังหวัด (ต่อไปจะเรียกว่าโครงการส่งเสริม) เป็นหลัก ที่รองลงมาคือเกษตรกรที่เป็น พ่อค้าและมีการแลกเปลี่ยนแพะ (ต่อไปจะเรียกว่า เกษตรกรแลกเปลี่ยน) และมีเกษตรกรที่เป็นศูนย์ รวมย่อย ๆ ลงมาอีก

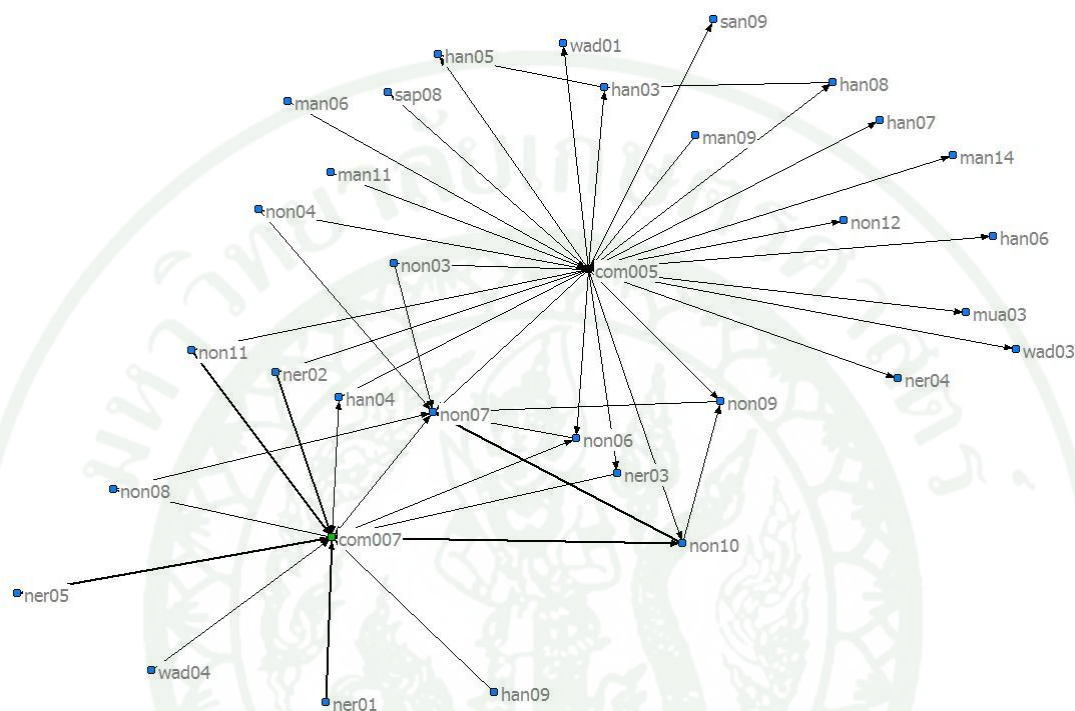


หมายเหตุ ● = โครงการส่งเสริม, = เกษตรกร, ▲ = พ่อค้า, = พ่อค้าและเกษตรกร
▼ = ตลาด, = เจ้าหน้าที่กรมปศุสัตว์, ■ = ไม่ระบุ ความหนาที่บของเส้นเชื่อมต่อบ่ง บอความถี่ของกิจกรรมระหว่าง node ที่เชื่อมต่อ (หนามาก คือ ความถี่มาก)

ภาพที่ 1 เครือข่ายการผลิตแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท (สำหรับพ่อค้าบาง node อาจเป็นคนเดียวกัน ได้เนื่องจากเกษตรกรไม่สามารถระบุตัวพ่อค้าได้ชัดเจน)

ในภาพที่ 2 แสดงเครือข่ายเฉพาะที่ติดต่อโดยตรงกับโครงการส่งเสริม (com005) และ เกษตรกรแลกเปลี่ยน (com007) โดยโครงการส่งเสริมเชื่อมต่อกับเกษตรกรจากต่างอำเภอจำนวน มากเป็นลักษณะเครือข่ายรูปดาว (ส่วนบนของภาพที่ 2) บ่งบอกเป็นแหล่งกระจายแพะไปยังพื้นที่

ต่างๆ ขณะที่เกษตรกรแลกเปลี่ยน (com007) มีทั้งนำเข้าแพะและส่งออกแพะออก จึงมีลักษณะรูปแบบเกษตรกรที่เป็นตัวแทนติดต่อกัน นอกจากนี้พบว่าเกษตรกรที่อำเภอหนองมะโมง (non07) เป็นเกษตรกรตัวเชื่อมต่อระหว่าง โครงการส่งเสริมและเกษตรกรแลกเปลี่ยน



หมายเหตุ com005 คือ โครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะ ของจังหวัดชัยนาท
com007 คือ เกษตรกรที่เป็นพ่อค้าและแลกเปลี่ยนแพะ
node อื่น ๆ คือ เกษตรกร โดยมีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่นำหน้าตัวเลขเป็นรหัสอำเภอ

ภาพที่ 2 Egocentric ของโครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะ ของจังหวัดชัยนาท และ ของเกษตรกรที่เป็นพ่อค้าและแลกเปลี่ยนแพะ

การกำหนดและวัดโครงสร้างเครือข่ายทำให้ทราบรูปแบบเครือข่ายแบบเชิงพรรณนาพบว่า เครือข่ายแพะเนื้อนี้มีการเข้า-ออกจาก node ทั้งออกจาก node (out-degree) และเข้าสู่ node (in-degree) โดยมี node ที่มีทั้ง out และ in-degree จำนวนมากคือ โครงการส่งเสริม (com005) โดยมี out-degree และ in-degree เป็น 29 และ 4 บ่งบอกถึงการเป็นหน่วยย่อยที่มีการกระจายแพะไปยังหน่วยย่อยต่างๆมาก ส่วนเกษตรกรแลกเปลี่ยน (com007) มี out-degree และ in-degree เป็น 6.2 และ 28.5 จึงบ่งบอกเป็นหน่วยย่อยที่มีการรับแพะเข้าจำนวนมาก ซึ่งทำให้หน่วยย่อยนี้เป็นแหล่งรวม

แพะจากหน่วยย่อยหลายๆแหล่ง เกษตรกรเลี้ยงแพะรายหนึ่งในอำเภอเมือง (mua04) มี out-degree เป็น 40 และ in-degree เป็น 60 ซึ่งบ่งบอกภาวะการนำเข้า และส่งออกแพะสูงซึ่งจัดเป็นหน่วยย่อยที่เป็นศูนย์กลางในการขนส่งแพะ แต่อย่างไรก็ดีสำหรับรายนี้ แม้มีกิจกรรมนำเข้าแพะบ่อยครั้ง แต่เป็นการนำเข้าจากแค่ 2 node ในส่วนนำเข้าเป็นการนำเข้าแพะตั้งท้องจากพ่อค้าและเกษตรกร และมีการนำเข้าน้ำเชื้อด้วย นอกจากนี้พบว่าพ่อค้าและเกษตรกร (com 050) ที่มี degree ทั้งคู่มาก เนื่องจากความถี่ของการนำเข้าและส่งออกแพะมาก แต่จำนวน node ที่เกี่ยวข้องมีจำนวนไม่มาก ยิ่ง node ใดมี degree มากยิ่งมีบทบาทจากการติดต่อมากในเครือข่าย ดังนั้นหากพิจารณาในแง่การระบาดของโรคติดเชื้อต่าง ๆ ที่ผ่านการขนส่งอาหารแล้วถ้าหาก node ดังกล่าวเป็น node ที่ติดเชื้อ โอกาสที่จะแพร่เชื้อไปยังหน่วยย่อยอื่น ๆ มากที่สุดในเครือข่ายนี้ ทั้งนี้จึงมีความสำคัญต่อการเฝ้าระวังและการควบคุมโรค (Ortiz-Pelaez *et al.*, 2006)

สำหรับค่า betweenness ของเครือข่ายนี้ มี node จำนวน 124 node ที่มี betweenness > 0 และมี 30 node ที่มีค่า betweenness สูงกว่าค่าเฉลี่ย node ดังนั้นบ่งบอกว่ามีหน่วยย่อยบางส่วนเท่านั้นจะเป็นตัวผ่านของหน่วยย่อยอื่นๆในเครือข่าย ดังนั้นพิจารณาได้ว่าการเคลื่อนย้ายแพะส่วนใหญ่เป็นการเคลื่อนย้ายโดยตรง ไม่มีการผ่านหน่วยย่อยอื่นๆที่ไม่มีความเกี่ยวข้อง โดยที่มีค่า betweenness มากที่สุดนั้นคือ โครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะ (com005) ตามมาด้วยพ่อค้าและเกษตรกรที่มีการแลกเปลี่ยนพ่อแพะ (com007) และเกษตรกร (man06) โดยมีค่า betweenness เป็น 2,085, 768 และ 699.33 ตามลำดับ ดังนั้นโครงการส่งเสริม (com005) มี path ที่สั้นที่สุดอย่างน้อย 2,085 path ระหว่างตัวมันกับ node อื่น ๆ ในเครือข่าย (ตารางผนวกที่ ข1) ค่า betweenness บ่งบอกความสำคัญของ node นั้น ๆ ค่าที่สูงจะเป็นศูนย์กลางของเครือข่าย

ค่า closeness: เป็นการวัด centrality ที่เน้นระยะห่างจาก node หนึ่ง ๆ กับ node อื่น ๆ พบว่าพ่อค้าที่อำเภอหันคา (com056) มี in-farness ต่ำสุด หมายความว่าในการเข้าถึง node นี้จาก node อื่น ๆ ทั้งหมดใช้ขั้นตอนต่ำที่สุด มีความใกล้ชิดกับหน่วยย่อยอื่นๆในเครือข่ายสูงสุด และ com056 ก็มีค่า closeness centrality สูงสุดด้วย ถ้า node ใดที่สามารถเข้าถึงได้ด้วย path ที่สั้นกว่าจะเป็นศูนย์กลางมากกว่า การวัด centrality เหล่านี้ทั้ง degree, betweenness และ closeness ไม่คำนึงถึงทิศทางของการเชื่อมต่อ node

เครือข่ายนี้มีการเชื่อมต่อเข้าออกจาก node เฉลี่ย 2.57 โดยที่ออกจาก node มากที่สุดคือ 40 และเข้าสู่ node มากที่สุดคือ 60, range และ variability ของเครือข่ายมีความสำคัญในการใช้บอกว่าเครือข่ายเป็น heterogeneous หรือ homegenouse สำหรับ out-degree ของเครือข่ายแพะเนื้อนี้มี

coefficient of variation เป็น $(5.343/2.576)*100 = 207.4\%$ และสำหรับ in-degree เป็น $(5.728/2.576)*100 = 222.36\%$ และเครือข่ายนี้มีค่า betweenness โดยเฉลี่ย 43.5 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน ค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดของ degree, betweenness, farness และ closeness

	Out-Degree	In-Degree	Betweenness	In farness	Out farness	In closeness	Out closeness
Mean	2.58	2.58	43.5	50153.574	50153.57	0.47	0.47
Std Dev	5.34	5.73	173.40	5074.81	5555.88	0.06	0.07
Sum	597.67	597.67	10092	11635629	11635629	108.17	108.49
Variance	28.55	32.81	30068.91	25753662	30867762	0.003	0.004
Minimum	0	0	0	35157	35358	0.43	0.43
Maximum	40	60	2085	53592	53592	0.66	0.65

3. การศึกษาเครือข่ายในภาพรวม

หากเครือข่ายมีขนาดใหญ่ การดูรูปเครือข่ายเพียงอย่างเดียวจะไม่สามารถให้ความเข้าใจได้อย่างดี จึงมีการประเมินการเชื่อมต่อของเครือข่ายด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น ความเกาะติดของเครือข่าย (density) เครือข่ายใดมีค่า density สูงจะมีการเคลื่อนของข้อมูล (โรค) ที่เร็วมาก สำหรับเครือข่ายนี้มีค่า density เป็น 0.0112 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.2680 มีเพียงการเชื่อมต่อจริงแค่ 1.2% ของการเชื่อมต่อที่เป็นไปได้ทั้งหมด จึงไม่ใช่เครือข่ายที่เกาะกระจุกตัวมาก

เครือข่ายนี้มี distance (ระหว่างคู่ที่เข้าถึงได้) เฉลี่ยเป็น 3.886 มี distance-based cohesion (compactness) เป็น 0.022 หมายถึงว่าความยึดกันแน่นของเครือข่ายไม่มาก มี geodesic distance ส่วนมากเป็น 4 (23.7%) ตามมาด้วย 3 (20.7%) และ 5 (15.7%) แสดงให้เห็นว่าเครือข่ายการซื้อขายแพะนี้มีความยึดแน่นไม่มากนัก ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยย่อยเป็นแบบหลวม ซึ่งผลดังกล่าวก็สอดคล้องกับผลการศึกษาในเบื้องต้น

ค่า network centrality เครือข่ายแพะในจังหวัดชัยนาทมีค่า network centrality (out-degree) เป็น 0.678% และ network centrality (in-degree) เป็น 1.040% ซึ่งค่า network centrality เป็นการสรุปคะแนน centrality ของทุก node เป็นการวัด heterogeneity ทำให้สามารถเปรียบเทียบระหว่าง

เครือข่ายได้ หรือสามารถทำการสังเกตซ้ำ ๆ ในเครือข่ายเดียวกัน นอกจากนี้พบว่าเครือข่ายนี้มี network centrality index เป็น 0.0386 เมื่อดูเครือข่ายในภาพรวมจึงไม่มี node ที่เด่นมากเป็นพิเศษ

เครือข่ายนี้มีค่าเฉลี่ยของ out-degree และ in-degree centralization เท่ากันคือ 2.576 แต่ out-degree มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 5.343 มี range เป็น 0 ถึง 40 ขณะที่ in-degree มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 5.728 มี range เป็น 0 ถึง 60 ดังนั้นเครือข่ายจึงมี in-degree ที่มีความแปรปรวนสูงเมื่อเทียบกับ out-degree บ่งบอกว่าหน่วยย่อยต่างๆมีการเปลี่ยนแปลงค่าการนำเข้าและสูงกว่า การส่งออกและ เนื่องจากผู้นำเข้าและส่วนใหญ่จะเป็นเกษตรกรรายย่อย ส่วนผู้ส่งออกและส่วนใหญ่คือพ่อค้าคนกลาง หรือ โครงการส่งเสริมดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นอาจมีความแปรปรวนในการส่งออกน้อยกว่านั่นเอง

clustering coefficient ของกราฟภาพรวมเป็น 0.087 และ geodesic distance ของเครือข่ายมีค่าเฉลี่ยเป็น 3.886 มี diameter ของเครือข่ายที่ดูจาก geodesic ที่ใหญ่สุดซึ่งในที่นี้เป็น 11 (ตารางที่ 4) จาก clustering coefficient ที่ต่ำและ path length ที่ค่อนข้างต่ำ ทำให้พิจารณาได้ว่าเครือข่ายนี้เป็น random network เพราะกรณี random network จะมี clustering coefficient ที่ต่ำมาก (0.000) ขณะที่หากเป็น complete network ที่ทุก node เชื่อมต่อกันแล้วจะมีค่านี้เป็น 1 จากการที่เครือข่ายเป็นแบบ random network แต่เนื่องจากมี hub เฉพาะตัว ซึ่งได้แก่ โครงการส่งเสริม และ เกษตรกรแลกเปลี่ยน ทำให้ลักษณะ topology ของเครือข่ายเป็นแบบ scale free เครือข่ายแบบ scale-free นี้มี degree distribution เฉพาะตัวและเครือข่ายส่วนมากในโลกนี้มักเป็น scale-free โดยมี node ที่มีการเชื่อมต่อกันมาก ๆ (hub) จำนวนน้อย ทำให้ในกรณีเกิดโรคระบาดที่การติดต่อผ่านในเครือข่ายนี้ node ที่เป็น hub จะเป็น node ที่มีความสำคัญต่อการควบคุมโรค โดยเราสามารถวางมาตรการควบคุมโรคที่ node เหล่านี้ได้จะสามารถลดโอกาสการแพร่กระจายเชื้อได้ หรือลดขนาดการระบาดของโรคได้

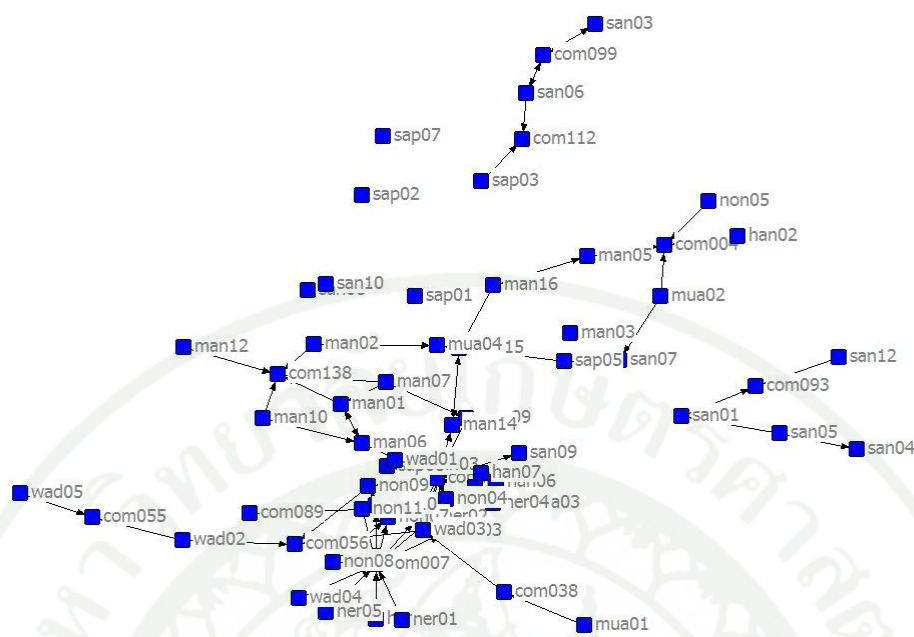
เครือข่ายลักษณะแบบนี้มักจะคงทน หากมีเกษตรกรเลิกเลี้ยงแพะไปแบบสุ่ม เครือข่ายก็ยังคงอยู่ได้ แม้แต่ hub เลิกทำงานไปแค่ 5-15% เครือข่ายก็ยังคงอยู่ได้เช่นกัน โดยจะมี node อื่นปรับสภาพเป็น hub แทน หากเกิดโรคระบาดจะเกิดการระบาดแพร่ไปได้รวดเร็ว เพราะมี hub ที่สามารถแพร่เชื้อได้ ต้องรีบควบคุมโรคที่ hub ก่อน และในเวลาเดียวกันต้องควบคุมโรคที่ cutpoint node ด้วย

ตารางที่ 4 Geodesic distance, frequency และ proportion ของ node ที่มี geodesic distance

Geodesic distance	Frequency	Proportion
1	279	0.0802
2	518	0.1489
3	719	0.2067
4	823	0.2366
5	547	0.1572
6	322	0.0926
7	137	0.03938
8	84	0.0241
9	39	0.0112
10	7	0.0020
11	4	0.0012

4. การวิเคราะห์ sub-group ของเครือข่าย

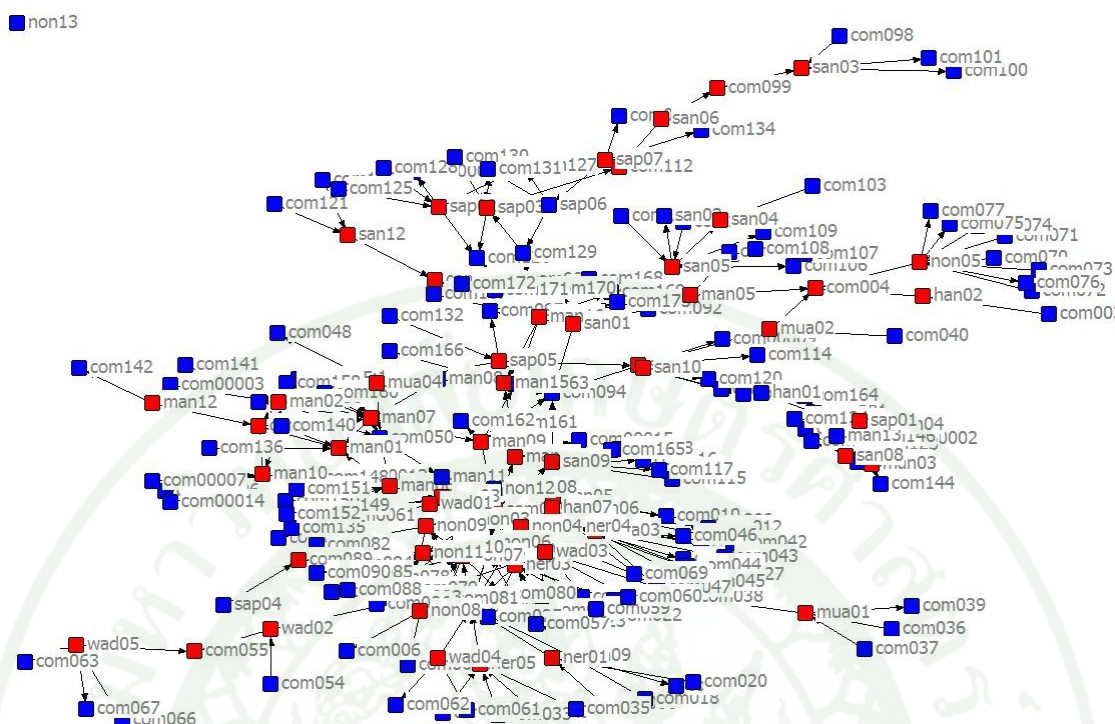
เมื่อเลือกนำเสนอเฉพาะเครือข่ายที่มี outdegree มากกว่า 3 เพื่อจุดประสงค์ในการค้นหา node ที่มีความสำคัญหากมีโรคระบาดเกิดขึ้นพบลักษณะโครงสร้างเครือข่ายเป็นตามภาพที่ 3 ซึ่งจะพบว่ามียังรวม 48 node จาก 232 node



ภาพที่ 3 โครงสร้างเครือข่ายที่มี out-degree มากกว่า 3

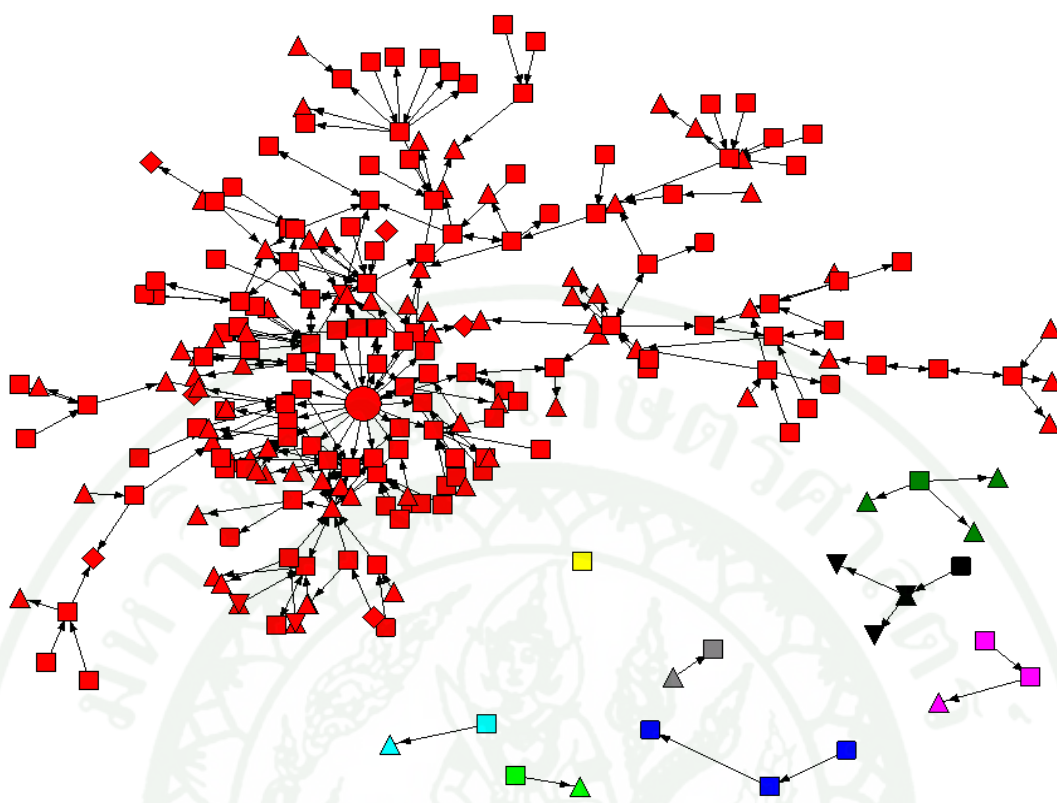
โดยทั่วไปแล้วเครือข่ายประกอบด้วยกลุ่มหลายกลุ่ม (หรือ sub-graph) หากมีการเชื่อมต่อของ node 2 node ก็เกิดเป็นกลุ่มแล้ว ซึ่งอาจเกิดเป็นเครือข่ายย่อยในเครือข่าย (component) ซึ่งในแต่ละ component อาจพึ่งพาตัวเองได้หากนำออกจะทำให้แตกโครงสร้างเป็น component เล็กลง node เหล่านี้เรียกว่า cutpoints และเส้นเชื่อมต่อที่เกิดจาก cut-points เรียกว่า bridges โดย cut-point เป็น node ที่หากตัดออกแล้วจะทำให้จำนวน component ในเครือข่ายเพิ่มขึ้น และ bridge เป็นเส้นเชื่อมต่อที่หากนำออกแล้วจะทำให้จำนวน component ในเครือข่ายเพิ่มขึ้น การนำ cut-point ออก (บางครั้งเรียกว่า cut-vertices) หรือนำ bridge ออกจากเครือข่ายจะทำให้เกิด fragment ในเครือข่าย ซึ่งอาจสำคัญมากสำหรับการมุ่งโจมตีเป้าหมายในเครือข่าย ในขบวนการสื่อสารจำเป็นต้องป้องกัน cut-point ให้ดีแต่ในเรื่องโรคแล้วการทำลาย cut-point จำเป็นในการลดการแพร่โรค

สำหรับเครือข่ายนี้ เมื่อค้นหา cutpoint พบว่าเครือข่ายนี้มี cutpoint ทั้งหมด 67 node จาก 232 node (28.88%) โดยส่วนมากเป็นเกษตรกรจากอำเภอต่าง ๆ หากเกิดโรคระบาดในเครือข่ายนี้ ควรจะมุ่งเน้นการควบคุมโรคที่ node ที่เป็น cutpoint เหล่านี้ก่อนให้เกิดเป็น fragment ที่ไม่เชื่อมต่อกันเพื่อให้สามารถควบคุมการแพร่กระจายได้ (ภาพที่ 4) cutpoint มี degree มากกว่า node อื่น ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยของ out-degree และ in-degree ของ cutpoint เป็น 6.46 และ 4.84 ตามลำดับ แต่สำหรับ node อื่น ๆ มี out-degree และ in-degree เป็น 1 และ 1.66



ภาพที่ 4 โครงสร้างเครือข่ายที่มี outdegree มากกว่า 3 และแสดง cutpoint (สีแดงเป็น node ที่เป็น cutpoint, สีน้ำเงินคือ node ที่ไม่ใช่ cutpoint อื่น ๆ)

เครือข่ายนี้มีทั้งหมด 9 component โดย component ที่ใหญ่ที่สุดประกอบด้วย 211 node คิดเป็น 90.9% (ตารางที่ 5) (ภาพที่ 5) และเครือข่ายนี้มี fragment (node ที่เข้าถึงไม่ได้) อยู่คิดเป็น 17.2% พบว่าหากมีการเกิดโรคระบาด หรือมีการกระจายของโรคติดต่อขึ้นภายในเครือข่ายที่พบ component ขนาดใหญ่ อาจส่งผลกระทบทำให้โรคแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเมื่อมีการติดเชื้อเข้าสู่ component หลักจะเป็นการเพิ่มโอกาสที่โรคจะแพร่ในประชากรส่วนมาก (Morris and Kretzschmar, 1997)



ภาพที่ 5 โครงสร้างแสดงเครือข่ายแยกสีตาม component

ตารางที่ 5 ขนาด component จำนวนและ proportion ของ node ในขนาด component นั้น ๆ

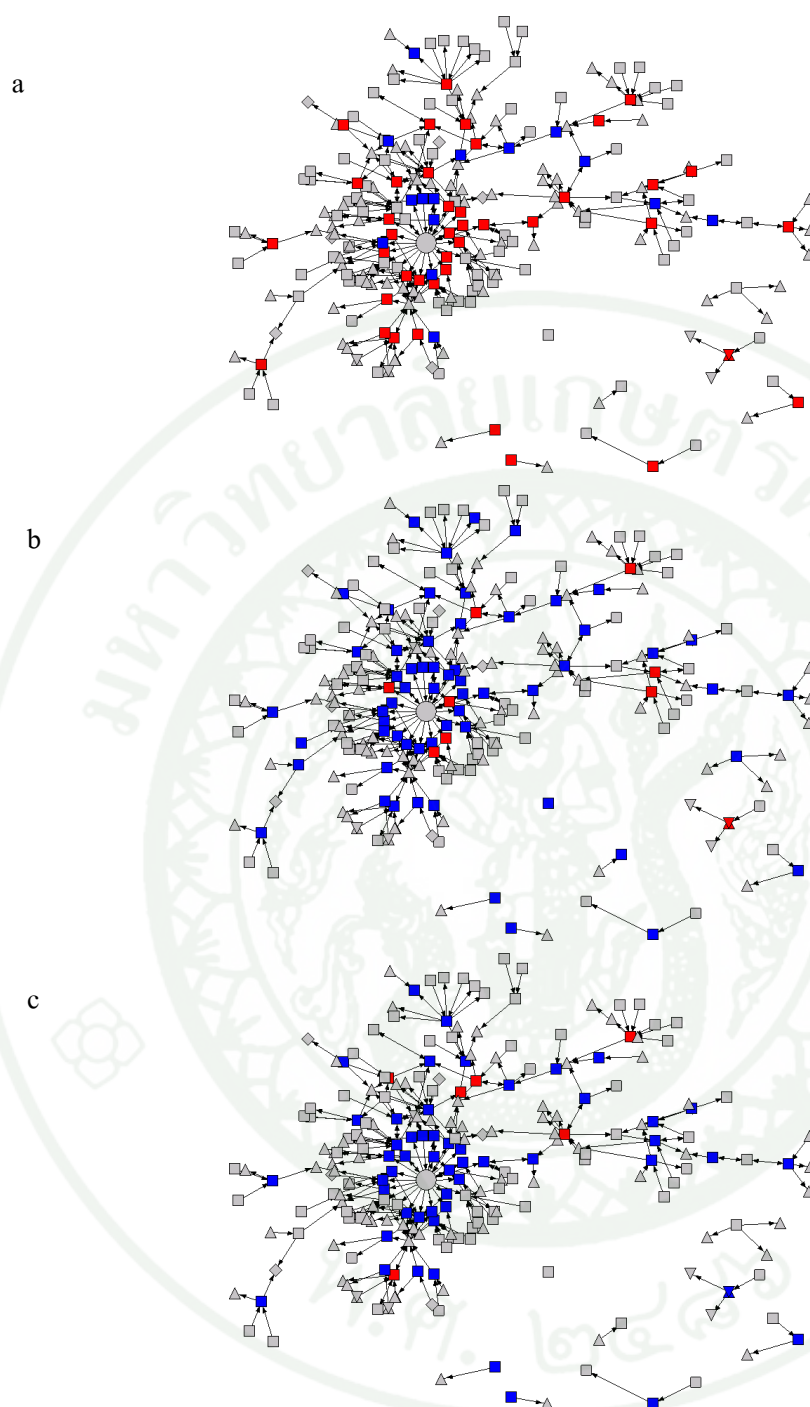
Component	Nodes	Proportion
1	211	0.909
2	3	0.013
3	4	0.017
4	2	0.009
5	3	0.013
6	4	0.017
7	2	0.009
8	2	0.009
9	1	0.004

5. ลักษณะโครงสร้างเครือข่ายแพะเนื่องกับการติดเชื้อ

จากการวิเคราะห์เครือข่ายเชิงบรรยาย การนำเสนอการติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อย โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ และโรค布鲁เซลโลสิสของ node กับเครือข่ายกิจกรรมทั้งหมดของแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท (ภาพที่ 6) สำหรับโรคปากและเท้าเปื่อยพบ node ที่ติดเชื้อมากกว่าโรคอื่นๆ และ node ที่ติดเชื่อนั้นเป็น node ที่มีความสำคัญในการเชื่อมต่อกับ node อื่น ๆ ในเครือข่าย และทำให้มีแนวโน้ม การแพร่เชื้อปากและเท้าเปื่อยผ่านเครือข่ายขยายต่อไปอีกมาก อันเนื่องมาจากแพะที่ติดเชื้อไม่แสดงอาการชัดเจนและเป็นพาหะของโรคต่อไป

สำหรับโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะนั้น พบการติดเชื้ออยู่ 6 node และมีแนวโน้มจะแพร่ออกไปอย่างกว้างขวางเนื่องจากแพะที่ติดเชื้อโรคนี้แล้วจะเป็นโรคเรื้อรัง อาการอาจไม่ชัดเจน หากไม่รีบกำจัดโรคนี้หรือตรวจภาวะแพะต่อการติดเชื้อโรคนี้ก่อนนำเข้าฝูงแล้ว จะมีปัญหาระยะยาว

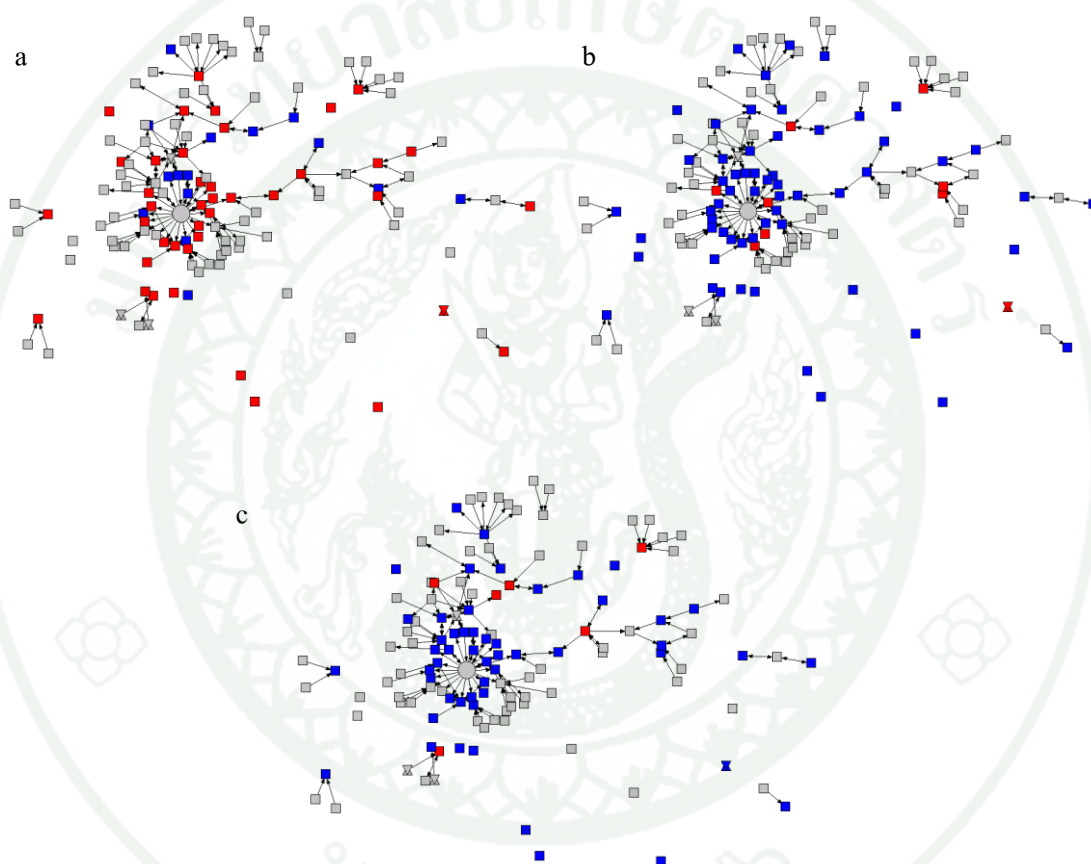
โรค布鲁เซลโลสิสที่ทางกรมปศุสัตว์มีมาตรการตรวจหาแพะติดเชื้ออย่างต่อเนื่อง และทำลายแพะหรือฝูงแพะที่ติดเชื่อนั้น พบว่ายังคงพบฝูงแพะที่ติดเชื้ออยู่จำนวนหนึ่ง โดย node ที่ติดเชื้อ เป็น node ที่มีการรับเข้า (มีลูกสรเข้า) ดังนั้น node ที่ส่งกิจกรรมเข้านี้ (ที่มีลูกสรออกจาก node นั้น ๆ เพื่อเข้า node ที่ติดเชื้อ) อาจมีการติดเชื้อด้วย (ภาพที่ 6)



- หมายเหตุ a (บน) = เครือข่ายกับการติดเชื้อปากและเท้าเปื่อย
 b (กลาง) = เครือข่ายกับการติดเชื้อโรค布鲁เซลโดซิส
 c (ล่าง) = เครือข่ายกับการติดเชื้อโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ
 สีแดง = positive, สีน้ำเงิน = negative และสีเทา = ไม่ได้ตรวจ

ภาพที่ 6 เครือข่ายที่เกี่ยวข้องกับการค้าแพะทั้งหมด ของแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท

เมื่อจำกัดเครือข่ายสำหรับเฉพาะ node ที่เป็นเกษตรกร จะพบ node ที่มีการติดเชื้อปากและเท้าเปื่อยนั้น บาง node มีลูกศรเข้า ที่แสดงเด่นชัดได้แก่ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรรายอื่นๆ เช่นการซื้อขายแพะเป็นต้น และมีลูกศรออก (ที่แสดงถึงการส่งออกของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรรายอื่น) บาง node มีทั้งลูกศรเข้าและออก แสดงให้เห็นว่ามีโรคกระจายอยู่ทั่วไปในแพะเนื้อ (ระดับฟาร์ม) ในจังหวัดชัยนาท การควบคุมโรคน่าจะได้ลำบาก สำหรับโรคอื่นที่ศึกษามีรูปแบบคล้ายคลึงกับเครือข่ายทั้งหมด (ภาพที่ 7)

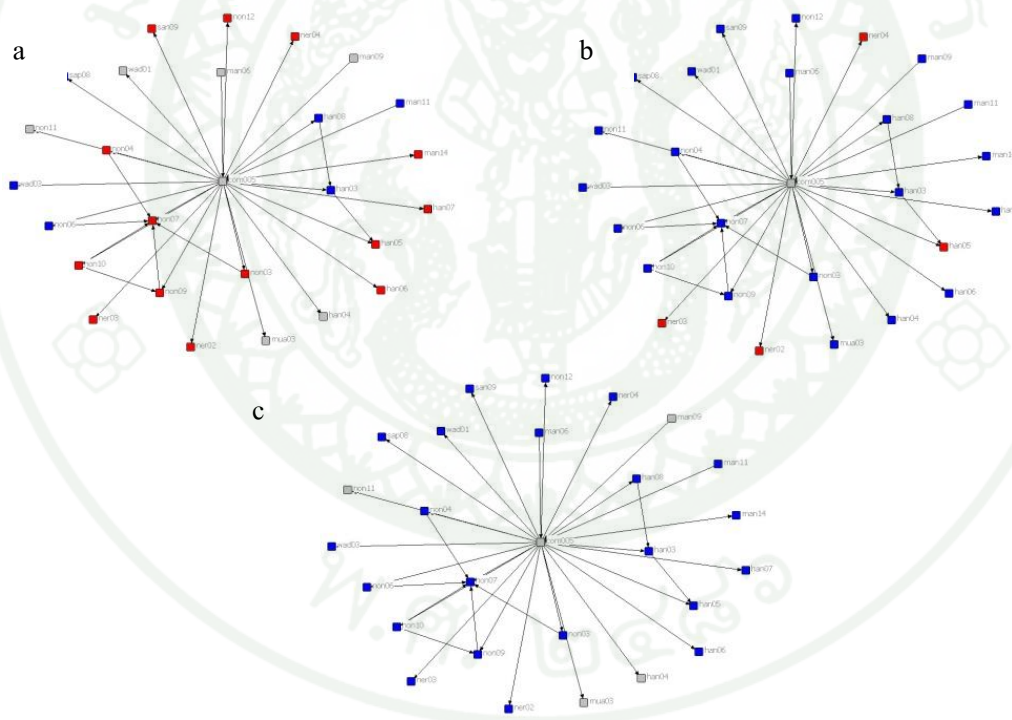


หมายเหตุ a (บน) = เครือข่ายกับการติดเชื้อปากและเท้าเปื่อย
 b (กลาง) = เครือข่ายกับการติดเชื้อโรค布鲁เซลโลซิส
 c (ล่าง) = เครือข่ายกับการติดเชื้อโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ
 สีแดง = positive, สีน้ำเงิน = negative และสีเทา = ไม่ได้ตรวจ

ภาพที่ 7 เครือข่ายของเกษตรกรกับการค้าแพะทั้งหมด ของแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท

เมื่อศึกษา node ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับ node ที่มีความเป็นศูนย์กลางของเครือข่ายแพะเนื้อ ในจังหวัดชัยนาท (ego-centric network) ได้แก่ (1) โครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะของจังหวัดชัยนาท และ (2) เกษตรกรที่ซื้อขายแพะ แลกเปลี่ยนพ่อพันธุ์และเป็นพ่อค้าแพะด้วย (ภาพที่ 8) การศึกษาเช่นนี้ทำให้ทราบว่ามีการเชื่อมต่อระหว่าง node ศูนย์กลางกับ node ใดบ้างและความใกล้ชิดของ node เหล่านี้

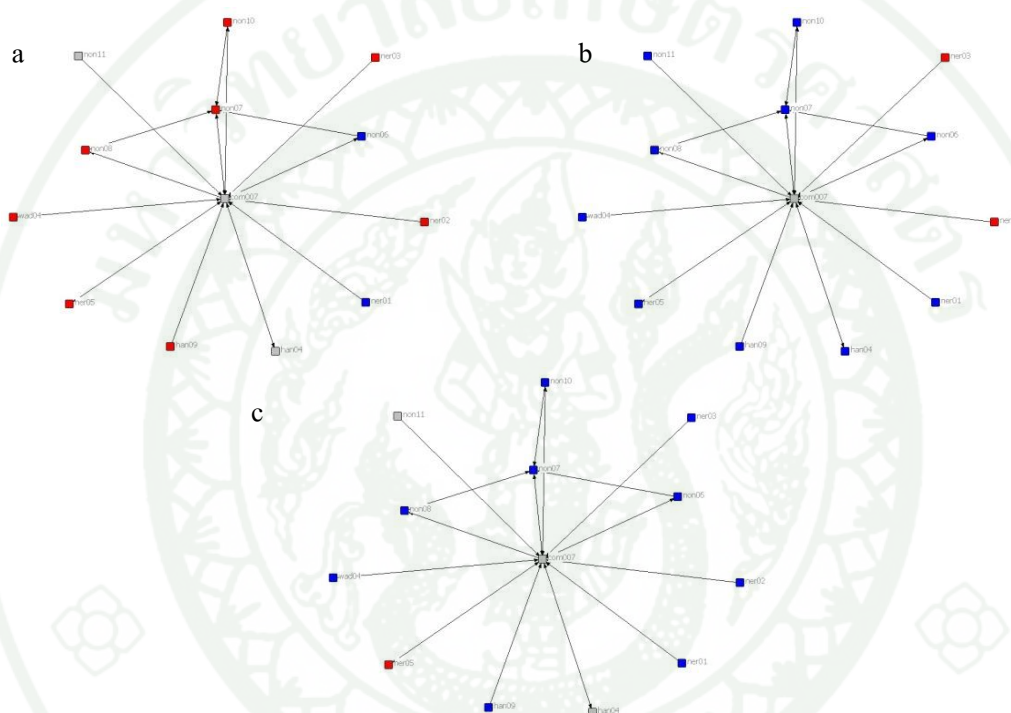
สำหรับโครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะ เป็นศูนย์กลางที่มีการส่งออกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท พบว่าสำหรับโรคปากและเท้าเปื่อยมีลูกศรออกจากโครงการ ทำให้วิเคราะห์ได้ว่าแพะจากโครงการมีโอกาสติดเชื้อไปยัง node อื่น นอกจากนี้ยังมีโอกาสแพร่เชื้อบรูเซลโลสิสอีกด้วย แต่ไม่พบลักษณะเช่นนี้ในโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ (ภาพที่ 8)



หมายเหตุ a (บน) = เครือข่ายกับการติดเชื้อปากและเท้าเปื่อย, b (กลาง) = เครือข่ายกับการติดเชื้อโรคบรูเซลโลสิส, c (ล่าง) = เครือข่ายกับการติดเชื้อโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ, สีแดง=positive, สีน้ำเงิน=negative และสีเทา=ไม่ได้ตรวจ

ภาพที่ 8 เครือข่าย Ego-centric network ของโครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะ

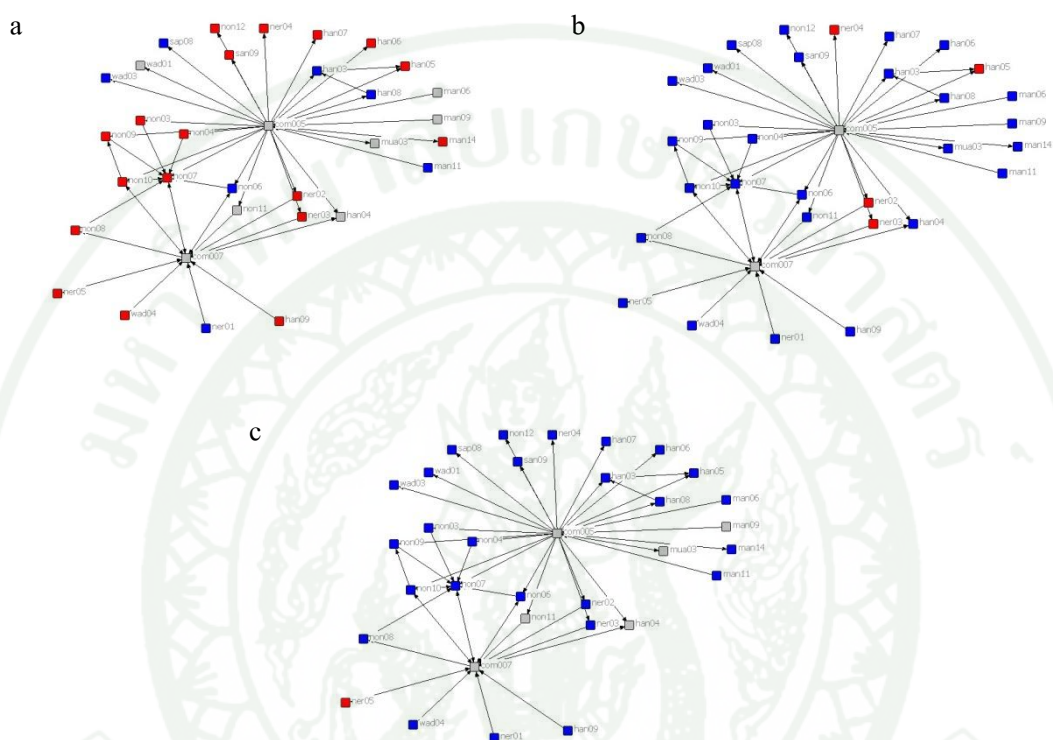
สำหรับเครือข่ายที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับเกษตรกรที่ซื้อขายแพะ แลกเปลี่ยนพ่อพันธุ์และเป็นพ่อค้าแพะด้วย (ภาพที่ 9) พบว่าสำหรับโรคปากและเท้าเปื่อยมีลูกศรออกจากและเข้า node นี้ ทำให้วิเคราะห์ได้ว่า node นี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการแพร่เชื้อปากและเท้าเปื่อยในแพะ และยังมีโอกาสแพร่เชื้อบรูเซลโลซิสและโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะอีกด้วยแม้ว่าจะไม่มากเท่าโรคปากและเท้าเปื่อย แต่หากไม่มีการจัดการใด ๆ จะมีการแพร่กระจายการติดเชื้อไปมากและจะควบคุมโรคได้ลำบาก



หมายเหตุ a (บน) = เครือข่ายกับการติดเชื้อปากและเท้าเปื่อย, b (กลาง) = เครือข่ายกับการติดเชื้อโรคบรูเซลโลซิส, c (ล่าง) = เครือข่ายกับการติดเชื้อโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ, สีแดง=positive, สีน้ำเงิน=negative และสีเทา=ไม่ได้ตรวจ

ภาพที่ 9 เครือข่าย Egocentric network ของพ่อค้ารับซื้อ แลกเปลี่ยนพ่อพันธุ์และเกษตรกรเลี้ยงแพะ รายใหญ่

เมื่อศึกษา hub ทั้งสองนี้ (ภาพที่ 10) พบมีการเชื่อมต่อโดย node ที่ทำหน้าที่เป็น bridge ระหว่าง hub ทั้งสองและเป็น node ที่พบว่าติดเชื้อปากและเท้าเปื่อยอีกด้วย ซึ่ง node นี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการแพร่เชื้อระหว่างทั้งสอง hub



หมายเหตุ a (บน) = เครือข่ายกับการติดเชื้อปากและเท้าเปื่อย, b (กลาง) = เครือข่ายกับการติดเชื้อโรคบรูเซลโลซิส, c (ล่าง) = เครือข่ายกับการติดเชื้อโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ, สีแดง=positive, สีน้ำเงิน=negative และสีเทา=ไม่ได้ตรวจ

ภาพที่ 10 เครือข่าย Ego-centric network ของโครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ และของจังหวัดชัยนาทร่วมกับพ่อค้ารับซื้อ แลกเปลี่ยนพ่อพันธุ์และเกษตรกรเลี้ยงแพะรายใหญ่

วิจารณ์

จากการวิเคราะห์รูปแบบเครือข่ายทางสังคม ของการค้าแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท พบว่า ลักษณะเครือข่ายมีการรวมศูนย์ที่โครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะ ของจังหวัด รองลงมาคือเกษตรกรที่เป็นพ่อค้าและมีการแลกเปลี่ยนแพะ และ มีเกษตรกรที่เป็นศูนย์รวมย่อย ๆ ลงมาโดยที่โครงการส่งเสริม (com005) เชื่อมต่อกับเกษตรกรจากต่างอำเภอจำนวนมากเป็นลักษณะ เครือข่ายรูปดาว (ส่วนบนของภาพที่ 2) แสดงให้เห็นว่าเป็นแหล่งกระจายแพะไปยังพื้นที่ต่าง ๆ เกษตรกรแลกเปลี่ยน (com007) ดำเนินการทั้งนำเข้าและส่งออกแพะจึงมีลักษณะรูปแบบเป็น เกษตรกรตัวแทนติดต่อ สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าความสัมพันธ์ของเครือข่ายทางสังคมอาจเป็น ความสัมพันธ์ด้านเดียวหรือหลายด้าน (Marin and Wellman, 2009) นอกจากนี้พบว่าเกษตรกรที่ อำเภอหนองมะโมง (non07) เป็นเกษตรกรตัวเชื่อมต่อระหว่างโครงการส่งเสริมกับเกษตรกร แลกเปลี่ยน การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟวิเคราะห์อื่นมีข้อดีคือสามารถ จัดการความสัมพันธ์ที่เป็นแบบ bidirection เช่นความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ การค้า และการ เคลื่อนย้ายสัตว์ (Martinez-Lopez *et al.*, 2009)

การกำหนดและวัดโครงสร้างเครือข่ายทำให้ทราบรูปแบบเชิงพรรณนาพบว่าเครือข่ายแพะ เนื้อมีการ เข้า-ออก จาก node โดยโครงการส่งเสริม (com005) เป็น node ที่มีทั้ง out และ in-degree จำนวนมากชี้ให้เห็นว่าเป็นหน่วยย่อยที่มีการกระจายแพะ ไปยังหน่วยย่อยต่าง ๆ มาก ส่วน เกษตรกรแลกเปลี่ยน (com 007) เป็นหน่วยย่อยที่มีการรับแพะเข้าจำนวนมากและเป็นแหล่งรวม แพะ จากหน่วยย่อยหลาย ๆ แหล่ง เกษตรกรเลี้ยงแพะรายหนึ่งในอำเภอเมือง (mua 04) เป็น ศูนย์กลางในการขนส่งแพะ เพราะมีการนำเข้าและส่งออกแพะมาก โดยมี out-degree เป็น 40 และ in-degree เป็น 60 ถึงแม้จะมีการนำเข้าแพะบ่อยครั้งแต่เป็นการนำเข้าจากแค่ 2 node ในแง่การนำเข้า เป็นการนำเข้าแพะตั้งท้องจากพ่อค้าและเกษตรกรและมีการนำเข้าเนื้อด้วย นอกจากนี้พบว่าพ่อค้า และเกษตรกร (com 050) ที่มีความถี่ของการนำเข้าและส่งออกแพะมากแต่จำนวน node ที่เกี่ยวข้อง มีจำนวนไม่มาก จะเห็นได้ว่า node ใดมี degree มากยังมีบทบาทการติดต่อมากในเครือข่าย หาก พิจารณาในแง่การระบาดของโรคติดต่อต่าง ๆ แล้วถ้าหาก node ดังกล่าวเป็น node ที่ติดเชื้อ โอกาส ที่จะแพร่เชื้อไปยังหน่วยย่อยอื่น ๆ ในเครือข่ายมากที่สุด จึงมีความสำคัญต่อการเฝ้าระวังและการ ควบคุมโรค (Ortiz-Pelaez *et al.*, 2006)

สำหรับค่า betweenness ของเครือข่ายนี้มี node จำนวน 124 node ที่มี betweenness > 0 และ มี 30 node ที่มีค่า betweenness สูงกว่าค่าเฉลี่ย node จึงชี้ให้เห็นได้ว่ามีหน่วยย่อยบางส่วนเท่านั้นจะ

เป็นตัวผ่านของหน่วยย่อยอื่น ๆ ในเครือข่าย บ่งบอกได้ว่าการเคลื่อนย้ายแพะส่วนใหญ่เป็นการเคลื่อนย้ายโดยตรงไม่มีการผ่านหน่วยย่อยอื่น ๆ ที่ไม่มีความเกี่ยวข้องโดยมีค่า betweenness มากที่สุดคือโครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยง แพะ แกะ (com05) ตามมาด้วยพ่อค้าและเกษตรกรที่มีการแลกเปลี่ยนพ่อแพะ (com007) และเกษตรกร (man 06) โดยมีค่า betweenness เป็น 2,085 768 และ 699.33 ดังนั้นโครงการส่งเสริม (com005) มี Path ที่สั้นที่สุดอย่างน้อย 2,085 Path ระหว่างตัวมันกับ node อื่น ๆ ในเครือข่าย (ตารางผนวกที่ 1 ข) ค่า betweenness บ่งบอกความสำคัญของ node นั้น ๆ ค่าที่สูงจะเป็นศูนย์กลางของเครือข่าย Ortiz-Paleaz *et al.* (2006) ใช้บันทึกการเคลื่อนย้ายสัตว์ก่อนการออกกักขังบังคับไม่ให้เคลื่อนย้ายโดยวัด betweenness ในการหาบุคคลที่สำคัญในการแพร่โรคในระยะแรก โดยใช้ระดับการกระจายตัวและ K-neighbours และกำหนดให้ K มากกว่าหรือเท่ากับ 2 ในการกำหนดผู้คนที่สำคัญ โดย K เป็นจำนวนฟาร์มที่เข้าถึงได้ใน K-step จากฟาร์มหนึ่ง ๆ และให้ข้อคิดเห็นว่าฟาร์มที่มี betweenness สูงและมีจำนวน K น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ควรเป็นเป้าหมายสำหรับการควบคุมโรคต่อจากตลาดนัดค้าสัตว์ คนกลาง และโรงฆ่าสัตว์ เช่นเดียวกับก่อนหน้านี้ สมบัติของเครือข่ายในการเป็น Scale free หรือไม่มีส่วนสำคัญในการควบคุมโรค

ค่า Closeness เป็นการวัด centrality ที่เน้นระยะห่างจาก node หนึ่ง ๆ กับ node อื่น ๆ พบว่าพ่อค้าที่อำเภอหันคา (com056) มี in-farness ต่ำสุด หมายความว่าในการเข้าถึง node นี้จาก node อื่น ๆ ทั้งหมดใช้ขั้นตอนต่ำที่สุด มีความใกล้ชิดกับหน่วยย่อยอื่น ๆ ในเครือข่ายสูงสุด และ com056 ก็มีค่า closeness centrality สูงสุดด้วยถ้า node ใดที่สามารถเข้าถึงได้ด้วย path ที่สั้นกว่าจะเป็นศูนย์กลางมากกว่า การวัด centrality เหล่านี้ทั้ง degree, betweenness และ closeness ไม่คำนึงถึงทิศทางของการเชื่อมต่อ node เช่นเดียวกับที่ Natale *et al.* (2009) อธิบายว่า closeness บ่งบอกระยะห่างระหว่าง node กับ node อื่นที่ไปถึงได้ node จะมีความเป็นศูนย์กลางสูงถ้าเข้าถึงได้ด้วย node อื่น ๆ จากการใช้ค่า correlation จะพบว่าถ้าค่า closeness ที่สูงแล้วโรคจะแพร่ไปสู่ node อื่นด้วยขั้นตอนที่น้อยกว่าความสัมพันธ์ของจำนวน node ที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อของ neighbouring node หนึ่ง ๆ จะใช้ค่า Out-degree ในการพิจารณาโดยดูจากค่า correlation ที่สูงขณะที่การวัด centrality อื่น ๆ มีความสำคัญน้อยกว่า

1. การศึกษาเครือข่ายในภาพรวม

ถ้าเครือข่ายมีขนาดใหญ่ การดูรูปเครือข่ายเพียงอย่างเดียวจะไม่สามารถให้ความเข้าใจได้อย่างดี จึงมีการประเมินการเชื่อมต่อของเครือข่ายด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น ความเกาะติดของเครือข่าย

(density) เครือข่ายใดมี density สูงจะมีการเคลื่อนของข้อมูล (โรค) ที่เร็วมากสำหรับเครือข่ายนี้มีค่า density เป็น 0.0112 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.2680 มีเพียงการเชื่อมต่อจริงแค่ 1.2 % ของการเชื่อมต่อที่เป็นไปได้ทั้งหมด จึงเป็นเครือข่ายที่ไม่เกาะกระจุกตัวมาก

เครือข่ายนี้พบว่า distance (ระหว่างคู่ที่เข้าถึงได้) เฉลี่ยเป็น 3.886 มี distance-based cohesion (compactness) เป็น 0.022 หมายถึงว่าความยึดกันแน่นของเครือข่ายไม่มาก มี geodesic distance ส่วนมากเป็น 4 (23.7%) 3(20.7%) และ 5(15.7%) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเครือข่ายการชื้อขายแพะนี้มีความยึดแน่นไม่มากนัก ความสัมพันธ์หน่วยย่อยเป็นแบบหลวม

ค่า network centrality เครือข่ายแพะในจังหวัดชัยนาทมีค่า network centrality (out-degree) เป็น 0.678% และ network centrality (in-degree) เป็น 1.040% นอกจากนี้พบว่าเครือข่ายนี้มี network centrality index เป็น 0.0386 เมื่อดูเครือข่ายในภาพรวมจึงไม่มี node ที่เด่นมากเป็นพิเศษ

เครือข่ายนี้มีค่าเฉลี่ยของ out-degree และ in-degree เท่ากัน มีความแปรปรวนของ in-degree สูงเมื่อเทียบกับ out-degree อธิบายได้ว่าหน่วยย่อยต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงค่าการนำเข้าแพะสูงกว่าการส่งออกแพะ เนื่องจากผู้นำเข้าแพะส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยส่วนผู้ส่งออกแพะส่วนใหญ่คือพ่อค้าคนกลางหรือโครงการส่งเสริม

การศึกษา Clustering coefficient ของกราฟภาพรวม ทำให้พิจารณาได้ว่าเครือข่ายนี้เป็น random network แต่เนื่องจากมี hub เฉพาะตัวซึ่งได้แก่โครงการส่งเสริมและเกษตรกรแลกเปลี่ยน ทำให้ลักษณะ topology ของเครือข่ายเป็นแบบ scale free ซึ่งเครือข่ายแบบนี้มี degree distribution เฉพาะตัวและเครือข่ายส่วนมากในโลกนี้มักเป็น scale free โดยมี node จำนวนน้อยที่เป็น hub เชื่อมต่อกับ node อื่นในเครือข่ายอีกมาก ในกรณีเกิดโรคระบาดที่ติดเชื้ผ่านในเครือข่ายนี้ node ที่เป็น hub จะมีความสำคัญต่อการควบคุมโรค แต่ถ้า hub เกิดติดเชื้อจะทำให้โรคแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วในเครือข่ายแบบ scale – free นี้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเครือข่ายนี้ถูกนำ hub ออกไป ก็มีความสามารถที่จะปรับโครงสร้างเพื่อให้เกิด hub ใหม่ขึ้นมาแทนที่ได้ (Shirley and Rushton, 2005; Martinez – Lopez *et al.*, 2009)

เครือข่ายลักษณะนี้มักจะคงทน หากมีเกษตรกรเลิกเลี้ยงแพะไปแบบสุ่ม เครือข่ายก็ยังคงอยู่ได้ แม้แต่ hub เลิกทำงานไปแค่ 5% - 15 % เครือข่ายก็ยังคงอยู่ได้เช่นกัน เพราะจะมี node อื่นปรับ

สภาพเป็น hub แทน การควบคุมโรคนอกจากกระทำที่ hub แล้ว ในเวลาเดียวกันต้องควบคุมที่ cutpoint node ด้วย

2. การวิเคราะห์เครือข่าย Sub – group ของเครือข่าย

การนำเสนอเฉพาะเครือข่ายที่มี out degree มากกว่า 3 เพื่อค้นหา node ที่มีความสำคัญหากมีโรคระบาดเกิดขึ้น พบลักษณะ โครงสร้างเครือข่ายเป็นตามภาพที่ 3 ซึ่งพบว่ามีทั้งหมด 48 node จาก 232 node

โดยทั่วไปแล้วเครือข่ายประกอบด้วยกลุ่มหลายกลุ่ม (หรือ Sub – group) หากมีการเชื่อมต่อของ node 2 node ก็ถือว่าเป็นกลุ่ม ซึ่งอาจเกิดเป็นเครือข่ายย่อยในเครือข่าย (component) ซึ่งในแต่ละ component อาจพึ่งพาตัวเองได้แสดงหลักที่หากนำออกจะทำให้แตกโครงสร้างเป็น (component) เล็กลง node เหล่านี้เรียกว่า cutpoint ในเครือข่ายนี้พบว่ามี cutpoint ทั้งหมด 67 node จาก 232 node (28.88%) ส่วนมากเป็นเกษตรกรจากอำเภอต่าง ๆ หากเกิดโรคระบาดในเครือข่ายนี้ควรจะมีงานเน้นการควบคุมโรคที่ node ที่เป็น cutpoint เหล่านี้ก่อนให้เกิดเป็น fragment ที่ไม่เชื่อมต่อกันเพื่อให้สามารถควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรคโดยการนำ cutpoint และ bridges ออกจากเครือข่าย หรือกรณีเครือข่ายที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสาร cutpoint และ bridges จะเป็น node และเส้นทางสำคัญที่ช่วยให้การสื่อสารประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพ (Hanneman and Riddle, 2005)

เครือข่ายนี้มีทั้งหมด 9 component โดย component ใหญ่ที่สุดประกอบด้วย 211 node คิดเป็น 90.9% และเครือข่ายนี้มี fragment (node ที่เข้าถึงไม่ได้) คิดเป็น 17.2% พบว่าหากมีการเกิดโรคระบาดหรือมีการกระจายของโรคติดเชื้อขึ้นภายในเครือข่ายที่พบ component ขนาดใหญ่ อาจส่งผลกระทบต่อทำให้โรคแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเมื่อมีการติดเชื้อเข้าสู่ component หลัก จะเป็นการเพิ่มโอกาสที่โรคจะแพร่ในประชากรส่วนมาก (Morris and Kretzchman, 1997)

3. ลักษณะโครงสร้างเครือข่ายแพะเนื่องกับการติดเชื้อ

การศึกษาเพื่ออธิบาย การพบผลบวกทางซีรัมในฝูงแพะต่อการติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อย โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ และ โรค布鲁เซลโลซิสบนเครือข่ายทางสังคมของการค้าแพะเนื้อ

จากการวิเคราะห์เครือข่ายที่เกี่ยวข้องกับแพะทั้งหมดดังภาพที่ 6 การนำเสนอการติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อย โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ และโรค布鲁เซลโลซิสของ node กับเครือข่ายกิจกรรมทั้งหมดของแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาทพบ node ที่ติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อยมากกว่าโรคอื่น ๆ และ node ที่ติดเชื่อนั้นเป็น node ที่มีความสำคัญในการเชื่อมต่อกับ node อื่น ๆ ในเครือข่าย และทำให้มีแนวโน้มการแพร่เชื้อผ่านเครือข่ายขยายต่อไปอีกมากเนื่องจากแพะที่ติดเชื้อไม่แสดงอาการชัดเจนสอดคล้องกับการอธิบายของ สมเกียรติและลักษณะ(2542) ที่ว่าแพะ เกะตามธรรมชาติ แล้วเป็นสัตว์ที่ป่วยแบบแทบไม่แสดงอาการ จึงไม่สามารถหาเกณฑ์ระดับภูมิคุ้มกันโรคของวัคซีนได้จากการวัดขนาดคิวการที่เกิดขึ้น และเป็นพาหะของโรคปากและเท้าเปื่อยต่อไป และสุขุม และคณะ (2556) ได้ศึกษาเรื่องการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณต่อการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าสู่ฟาร์มแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อโอกาสการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยเข้าสู่ฟาร์มแพะเนื้อสูงที่สุด ต่อการนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อยผ่านแพะเนื้อในรอบ 1 ปี คือการซื้อแพะจากฟาร์มที่เป็นโรคปากและเท้าเปื่อย และปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงที่สุดต่อการลดโอกาสนำเข้าเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อย ผ่านแพะเนื้อในรอบ 1 ปี คือความไวของวิธีตรวจคัดกรองโรค

สำหรับโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ ในเครือข่ายพบการติดเชื้ออยู่ 6 node และมีแนวโน้มจะแพร่ออกไปอย่างกว้างขวางสอดคล้องกับการศึกษาของ ภัทธิน และคณะ (2554) ที่พบว่าแพะที่เลี้ยงในจังหวัดชัยนาทมีโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะอยู่ในพื้นที่โดยมีความชุกของการติดเชื้อมากกว่าร้อยละ 10 และมีปัจจัยเสี่ยงของการติดเชื้อสัมพันธ์กับการจัดการฟาร์ม ดังนั้นจึงควรมีการตรวจคัดกรองโรคและมีมาตรการควบคุมโรคและการป้องกันการแพร่เชื้อของโรคออกจากพื้นที่จังหวัดชัยนาท เนื่องจากแพะที่ติดเชื้อโรคนี้แล้วจะเป็นโรคเรื้อรัง อาการอาจไม่ชัดเจนสอดคล้องกับการค้นพบที่ว่า โรคข้อและสมองอักเสบในสัตว์เลี้ยงประเภทแพะ เป็นโรคเรื้อรังสามารถก่อโรคได้ทั้งในแพะเนื้อ และแพะนมทุกวัย การติดเชื้อไวรัส Lentivirus ใน Family Retroviridae จะส่งผลกระทบต่อหลาย ๆ ระบบในร่างกาย เมื่อติดเชื้อแล้วจะติดและเป็นพาหะของโรคไปตลอดชีวิตของแพะ ในหลายประเทศมีอัตราการติดเชื้อสูง นับเป็นโรคที่ส่งผลกระทบด้านสวัสดิภาพสัตว์และด้านเศรษฐกิจ (Narayan and Cork, 1990; Knowles *et al.*, Murphy *et al.*, 1999)

โรค布鲁เซลโลซิสที่ทางกรมปศุสัตว์มีมาตรการตรวจหาแพะติดเชื้ออย่างต่อเนื่อง และทำลายแพะที่ติดเชื้อ การศึกษาครั้งนี้ยังคงพบฝูงแพะที่ติดเชื้อในเครือข่ายอยู่ 10 node (ภาพที่ 6) สอดคล้องกับการศึกษาของ วัชรพงษ์ สุดดี และ คณะ (2554) ที่พบว่าฟาร์มที่เคยมีประวัติการแท้งในปีที่ผ่านมามีโอกาสพบผลบวกทางซีรัมต่อการติดเชื้อ布鲁เซลลาประมาณ 10 เท่าของฟาร์มที่ไม่

เคยมีประวัติการแท้ง แม้ว่าความชุกของการติดเชื้อระดับตัวสัตว์ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำแต่ความชุกรายฝูงสูง แสดงให้เห็นว่ายังคงมีฝูงแพะในจังหวัดชัยนาทที่อย่างน้อยมีแพะหนึ่งตัวยังคงให้ผลบวกทางซีรัมต่อการทดสอบการติดเชื้อ จึงควรให้ความสำคัญในการวางมาตรการกำจัดโรคนี้จากฝูงแพะ เมื่อวิเคราะห์เครือข่ายของเกษตรกรและการติดเชื้อปากและเท้าเปื่อย โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ และโรค布鲁เซลโลสิสของแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท (ภาพที่ 7) พบ node ที่มีการติดเชื้อปากและเท้าเปื่อยนั้น แสดงให้เห็นว่ามีโรคหรือผลบวกกระจายอยู่ทั่วไปในแพะเนื้อ (ระดับฟาร์ม) ในจังหวัดชัยนาท การควบคุมโรคน่าจะทำได้ลำบาก ประกอบ กับแพะ แกะ ตามธรรมชาติแล้วเป็นสัตว์ป่วยแบบแทบไม่แสดงอาการ (สมเกียรติ และลักษณะ, 2542) สำหรับโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ พบผลบวกหรือมีโรคกระจายในเครือข่าย 6 node และ โรค布鲁เซลโลสิส พบผลบวกหรือมีโรคกระจายอยู่ในเครือข่ายของเกษตรกร 10 node

ผลการวิเคราะห์ Egocentric network ของโครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะ ของจังหวัดชัยนาทกับการติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อย โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ และ โรค布鲁เซลโลสิส ของแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท พบผลบวกทางซีรัมในแพะที่ติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อยจำนวน 14 node (ภาพที่ 8) จากภาพมีลูกศรออกจากโครงการ วิเคราะห์ได้ว่าแพะจากโครงการมีโอกาสติดเชื้อไปยัง node อื่น และพบว่ามี 4 node ที่พบผลบวกทางซีรัมแสดงให้เห็นว่าติดเชื้อโรค布鲁เซลโลสิส แต่ไม่พบผลบวกทางซีรัมของการติดเชื้อโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ จากภาพที่ 8 นี้ทำให้เราทราบว่าหน่วยย่อยหลัก ๆ ในแต่ละเครือข่ายที่มีความสำคัญสูง มีโอกาสที่จะแพร่เชื้อไปยังหน่วยย่อยอื่น ๆ และสำคัญต่อการเฝ้าระวังและ การควบคุมโรค (Ortiz-Pelace *et al.*, 2006)

ผลของการวิเคราะห์ Egocentric network (ภาพที่ 9) ของพ่อค้ารับซื้อ แลกเปลี่ยนพ่อพันธุ์ และเกษตรกรเลี้ยงแพะรายใหญ่ ของจังหวัดชัยนาท ซึ่งเป็น node ที่มีความเป็นศูนย์กลางเครือข่ายแพะเนื้อ 1 ใน 2 node ศูนย์กลางนอกเหนือจากโครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะ ของจังหวัดชัยนาท พบผลบวกทางซีรัมในแพะที่ติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อย 7 node พบผลบวกทางซีรัมในแพะที่ติดเชื้อโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะเพียง 1 node และ โรค布鲁เซลโลสิส 2 node ทั้ง 2 โรคที่พบไม่มากนัก ถ้าหากไม่มีการจัดการที่ดีก็จะมี การแพร่กระจายการติดเชื้อไปได้อีกมากและจะควบคุมโรคได้ลำบาก การวางมาตรการป้องกันและการควบคุมโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบที่สำคัญที่สุดคือการมีรายการป้องกันโรคที่ดี ไม่มีวิธีกำจัดโรคนี้ออกจากแพะที่ติดเชื้อแล้ว และไม่มีวัคซีนสำหรับแพะ การรักษาเป็นเพียงทำให้อาการบรรเทาลง เพราะฉะนั้นต้องป้องกันการติดต่อของโรคอย่างจริงจัง และลดความชุกของโรคภายในฝูงแพะด้วยการตรวจทางซีรัมวิทยา ตรวจ

และระบุว่าแพะตัวใดมีการติดเชื้อแล้วคัดออกจากฝูง (Knowless *et al.*, 1992) รวมทั้งกรมปศุสัตว์ได้กำหนดมาตรการป้องกันและควบคุมโรค布鲁เซลโลสิสในประเทศไทย โดยวางมาตรการป้องกันและควบคุมเช่นให้มีการทดสอบโรคในแพะจากสัตว์นำเข้าทุกตัว มีการทดสอบโรคแพะทั่วประเทศ ให้กำจัดแพะที่เป็นโรคตามระเบียบกรมปศุสัตว์ฯ พ.ศ. 2538 ประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรป้องกันโรคในฟาร์ม ประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภค บริโภคนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์และนาระบบผสมเทียมไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์แพะ ส่วนการควบคุมโรคเมื่อเกิดโรคระบาดหรือมีฟาร์มที่พบผลบวกทางห้องปฏิบัติการก็ให้มีการควบคุมโรคในฟาร์มที่มีการระบาดและมีการควบคุมโรคในพื้นที่รอบจุดที่มีการระบาดของโรคด้วยวิธีการต่าง ๆ (สำนักควบคุม ป้องกันและบำบัดโรคสัตว์, 2548) ถ้าหากผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายทั้งภาครัฐและเอกชนร่วมมือกันอย่างจริงจังในการใช้มาตรการป้องกันและควบคุมโรคก็จะลดและจัดการติดเชื้อโรคสำคัญ ๆ เหล่านี้ในวงการปศุสัตว์ของประเทศไทยได้

ผลของการวิเคราะห์ Egocentric network (ภาพที่ 10) ของโครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะ ของจังหวัดชัยนาทร่วมกับพ่อค้ารับซื้อ แลกเปลี่ยนพ่อพันธุ์และเกษตรกรเลี้ยงแพะรายใหญ่ กับการติดเชื้อปากและเท้าเปื่อย โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ และโรค布鲁เซลโลสิส ของแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาทพบผลบวกทางชีรม์แสดงว่ามีการติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อยใน hub ทั้ง 2 จำนวน 18 node โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะเพียง 1 node และ โรค布鲁เซลโลสิส จำนวน 4 node hub ทั้ง 2 นี้ มีการเชื่อมต่อโดย node ที่ทำหน้าที่เป็น bridge ระหว่าง hub ทั้งสอง และเป็น node ที่พบว่าติดเชื้อปากและเท้าเปื่อยอีกด้วย และ node นี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการแพร่เชื้อระหว่างทั้งสอง hub แพะเนื้อนับเป็นสัตว์ที่เป็นอาหารและเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศและของโลก

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของการค้าแพะเนื้อ จังหวัดชัยนาท พบว่า โครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะ และเกษตรกรแลกเปลี่ยนเป็นหน่วยงานที่มีความสำคัญในเครือข่าย โครงการส่งเสริมเชื่อมต่อกับเกษตรกรจากต่างอำเภอจำนวนมาก โดยที่เกษตรกรแลกเปลี่ยนเป็นตัวแทนคิดต่อการซื้อขาย ทำให้ทั้ง 2 หน่วยย่อยเป็นหน่วยย่อยที่มีความเป็นศูนย์กลาง นอกจากนี้พบว่าเกษตรกรในแต่ละอำเภอบางรายก็มีความเป็นศูนย์กลางสูง เช่น เกษตรกรที่อำเภอหนองมะโมงที่ non07 เป็นตัวเชื่อมต่อกับทั้งโครงการส่งเสริมและเกษตรกรแลกเปลี่ยน และเกษตรกรเลี้ยงแพะรายในอำเภอเมือง ที่ mua04 เครือข่ายมีเป็นแบบ random network แต่เนื่องจากมี hub เฉพาะตัว ซึ่งได้แก่ โครงการยุทธศาสตร์การส่งเสริมการเลี้ยงแพะ แกะ และ เกษตรกรแลกเปลี่ยน ทำให้ลักษณะ topology ของเครือข่ายเป็นแบบ scale free ดังนั้นจึงพบหน่วยย่อยที่มีความสำคัญของเครือข่าย ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนในการควบคุม ป้องกันโรคได้ เครือข่ายลักษณะแบบนี้มักจะคงทน หากมีเกษตรกรเลิกเลี้ยงแพะไป เครือข่ายก็ยังคงอยู่ได้ แม้แต่ hub เลิกเลี้ยงหรือเลิกกิจการไปแค่ 5-15% เครือข่ายก็ยังคงอยู่ได้เช่นกันโดยจะมี node อื่นปรับสภาพเป็น hub แทน หากเกิดโรคระบาดจะเกิดการระบาดแพร่ไปได้รวดเร็ว เพราะมี hub ที่สามารถแพร่เชื้อได้ ต้องรีบควบคุมโรคที่ hub ก่อน และในเวลาเดียวกันต้องควบคุมโรคที่ cutpoint node ด้วย

การนำเสนอการพบผลบวกทางชีวะซึ่งบ่งบอกถึงการติดเชื้อโรคปากและเท้าเปื่อย โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ และโรค布鲁เซลโลสิสของ node กับเครือข่ายกิจกรรมทั้งหมดของแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท สำหรับโรคปากและเท้าเปื่อยพบ node ที่ติดเชื้อมากกว่าโรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะ และโรค布鲁เซลโลสิส และ node ที่ติดเชืื่อนั้นเป็น node ที่มีความสำคัญในการเชื่อมต่อกับ node อื่น ๆ ในเครือข่าย จะมีผลถึงการแพร่เชื้อปากและเท้าเปื่อยผ่านเครือข่ายได้ต่อไปอีกมาก อันเนื่องมาจากแพะที่ติดเชื้อไม่แสดงอาการชัดเจนและสามารถเป็นพาหะของโรคต่อไป โรคข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะนั้น พบการติดเชื้ออยู่และมีแนวโน้มจะแพร่ออกไปเนื่องจากแพะที่ติดเชื้อโรคนี้แล้วจะเป็น โรคเรื้อรัง อาการอาจไม่ชัดเจน หากไม่รีบกำจัดโรคนี้หรือตรวจภาวะแพะต่อการติดเชื้อโรคนี้ก่อนนำเข้าฝูงแล้ว จะสร้างปัญหาต่อไป และโรค布鲁เซลโลสิสยังคงพบฝูงแพะที่ติดเชื้ออยู่จำนวนหนึ่ง โดย node ที่ติดเชื้อ เป็น node ที่มีการรับเข้า

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา

1. ควรมีการนำผลการศึกษาไปใช้ในการวางแผนป้องกัน และควบคุมโรคแพะในพื้นที่ รวมถึงใช้วางแผนในการประชาสัมพันธ์ ให้ความรู้ เพื่อจะทำให้สามารถใช้งบประมาณและทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้ประโยชน์สูงสุด ซึ่งการสร้างระบบเฝ้าระวังโรคในพื้นที่ โดยเฉพาะการสร้างเครือข่ายเฝ้าระวังโรคในหมู่บ้าน ชุมชนหรือตำบลโดยมีองค์กรท้องถิ่น เป็นผู้ที่มีความสำคัญในการเป็นผู้นำในการเฝ้าระวังโรคและรายงานการเกิดโรคระบาดในพื้นที่ ปกครองของตนเองให้เจ้าหน้าที่กรมปศุสัตว์ทราบ และมีการแต่งตั้งผู้รับผิดชอบในการทำหน้าที่รับแจ้งรายงาน โรคในแต่ระดับอย่างชัดเจน และจัดตั้งทีมควบคุมโรคระบาดสัตว์ที่สามารถดำเนินการควบคุมโรคได้อย่างรวดเร็ว
2. ควรมีการเสริมสร้างให้เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะเนื้อตระหนักในความสำคัญเรื่องการจัดการฟาร์มด้วยหลักการความปลอดภัยทางชีวภาพอย่างจริงจังและยั่งยืน เพื่อป้องกันและควบคุมโรค
3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมไปยังต้นทางและปลายทางของการค้าแพะ เพื่อจะได้ทราบถึงรูปแบบเครือข่ายของการค้าในภาพรวมของประเทศไทยซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนเฝ้าระวัง ควบคุม ป้องกัน โรค รวมถึงการประชาสัมพันธ์ และการจัดกลุ่มเพื่อดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ได้ในระดับประเทศ
4. ในส่วนความเชื่อมโยงของการพบโรคกับเครือข่ายทางสังคม ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในปัจจุบัน และในสัตว์ชนิดอื่นที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากโรคบางชนิดมีช่องทางการติดต่อนอกเหนือไปจากการค้า และสามารถติดและแพร่เชื้อได้ในสัตว์หลายชนิดเช่น โรคปากและเท้าเปื่อย โรค布鲁เซลโลซิส เพื่อจะสามารถทราบความเชื่อมโยงที่อาจมีความเกี่ยวข้องกับปัจจุบันและสัตว์ชนิดอื่น ทำให้เพิ่มความสามารถในการควบคุมและป้องกันโรคได้ดีขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กฤตา พลรัตน์ นลินี หงษ์ชุมพลและชญานิ์ เจนพานิชย์. 2553. การศึกษาโรคปากและเท้าเปื่อยในประเทศไทย ระหว่างปีพ.ศ. 2548-2552 โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และวิธีทางสถิติเชิงพรรณนา. สำนักควบคุม ป้องกัน และบำบัดโรคสัตว์ กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ.
- ชารินา สือแม. 2550. การเพาะเลี้ยงแพะตามวิถีมุสลิม: แนวทางสู่ความสำเร็จ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตรคณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 2(1): 72-76.
- นพวรรณ และคณะ. 2546. รายงานการควบคุมโรค布鲁เซลโลซิสในแพะที่จังหวัดราชบุรี ปี 2546. รายงานการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา กรมปศุสัตว์. 10 (พิเศษ กันยายน):1-11.
- พิมพ์วัลย์ ปริดาสวัสดิ์ และวาทีนิ บุญระลักษ์ณ์. 2531. การวิเคราะห์เครือข่ายในสังคมในเบญจขอดำเนิน – แอ๊ดดิกซ์. การวิจัยเชิงคุณภาพ: เทคนิคภาคสนาม. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยประชากร และสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ภัทริน โอภาสชัยทัตต์, สุวิชา เกษมสุวรรณ, สุขุม สนิธิพันธ์, วัชรพงษ์ สุดดี, เจมพรรษ บุญโญ และพิพัฒน์ อรุณวิภาส. 2554. ความชุกทางซีรัมและปัจจัยเสี่ยงของการติดเชื้อไวรัสข้ออักเสบและสมองอักเสบในแพะของแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท. วารสารสัตวแพทย์ 21(1): 32-41
- มนยา เอกทัตต์. 2546. โรค布鲁เซลโลซิส ใน: หนังสือประกอบการฝึกอบรม Zoonosis โรคติดต่อระหว่างสัตว์และคน. สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 98-108.
- วัชรพงษ์ สุดดี, ภัทริน โอภาสชัยทัตต์, สุขุม สนิธิพันธ์, เจมพรรษ บุญโญ, สุวิชา เกษมสุวรรณ, และธีระ รักความสุข. 2554. ความชุกและปัจจัยเสี่ยงของการพบผลบวกทางซีรัมต่อโรค布鲁เซลโลซิสของแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท. วารสารสัตวแพทย์ 21(1): 32-41

ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์. 2547-2552. ข้อมูลจำนวนแพะ แกะ และเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์

ปี 2547-2552. แหล่งที่มา: <http://www.dld.go.th/ict/th>, 2 เมษายน 2554.

ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์. 2552. ข้อมูลจำนวนแพะ แกะ และเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ ปี 2552.

แหล่งที่มา: http://ict.dld.go.th/th2/images/stories/stat_web/yearly/2552/sum_5.pdf,

2 เมษายน 2554.

ศูนย์อ้างอิงโรคปากและเท้าเปื่อย ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. ม.ป.ป. มาตรฐานการตรวจสอบ

และวินิจฉัยโรคปากและเท้าเปื่อยทางห้องปฏิบัติการ. สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา: <http://www.dld.go.th/rrl/km1/fmd.pdf>, 9 เมษายน 2552.

สมเกียรติ เพชรวานิชกุล และลักขณา นิลฉวี. 2542. เปรียบเทียบระดับแอนติบอดีของแพะอายุ

3 เดือน ที่ได้รับวัคซีนโรคปากและเท้าเปื่อยในขนาดต่างกัน. วารสารชีวผลิตภัณฑ์ 9 (1-2): 37-44.

สมใจ ศรีหาคิม และ นพดล มีมาก. 2535. การวิเคราะห์ทางระบาดวิทยาโรคปากและเท้าเปื่อยโค

กระบือในประเทศไทยและมาตรการป้องกันและควบคุมโรค. ศูนย์วิจัยและชันสูตรโรค

สัตว์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรมปศุสัตว์, ขอนแก่น.

สำนักควบคุม ป้องกันและบำบัดโรคสัตว์. 2548. แผนปฏิบัติการป้องกัน ควบคุมและกำจัดโรคบรู

เซลโลซีสในแพะ-แกะ 1-12.

สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดชัยนาท. 2556. แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาด้านการปศุสัตว์ 4 ปี

(ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556-2559). แหล่งที่มา: http://www.chainat.go.th/sub/dld/strategy/plan/plan_56-59.pdf, 18 เมษายน 2556 .

สุขุม สนธิพันธ์, กันภณ ปภากรเกตุรัตน์, เขมพรพรช บุญโญ, วัชรพงษ์ สุดดี, ภัทธิน โอภาสชัยทัตต์, สุวิชา เกษมสุวรรณ และ วราพร พิมพ์ประไพ. 2556. การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณต่อการนำเชื้อไวรัสโรคปากและเท้าเปื่อย เข้าสู่ฟาร์มแพะเนื้อในจังหวัดชัยนาท. **วารสารสัตวแพทย์** 23(1): 13-24.

อินตา พวงสุวรรณ, พิษณุ ตุลยกุล และ สุวิชา เกษมสุวรรณ. 2552. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อยในโคกระบือในพื้นที่นครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. **เชียงใหม่สัตวแพทยสาร** 7 (2): 97-106.

Acha, N.P. and B. Szyfres. 2003. **Zoonoses and Communicable Diseases Common to Man and Animals, third ed., vol. 1.** Pan American Health Organization (PAHO), Washington, DC.

Achour, H. A., S. Azizen, Y. Ghemmam and B. Mazari. 1994. Caprine arthritis-encephalitis in Algeria. **Rev Elev Med Vet Pays Trop** 47(2): 159-161.

Adebayo, I. A., D. Walbey and O. Adeyemo. 2002. Host differences in serum antibody response during infection of goats by caprine arthritis-encephalitis virus. **Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)**, 48 Online Pub: OL309-315.

Alexandersen, S., M. Quan, C. Murphy, J. Knight and Z. Zhang. 2003b. Studies of quantitative parameters of virus excretion and transmission in swine and cattle experimentally infected with foot-and-mouth disease virus. **J. Comp. Path** 129: 268-282

Al-Qudah, K., A.M. Al-Majali and Z.B. Ismail. 2006. Epidemiological studies on caprine arthritis-encephalitis virus infection in Jordan. **Small Rumin Res** 66: 181-186.

Alton , G.G. 1990. *Brucella melitensis*, pp. 383-409. In Nielsen K. and Duncan J.R., eds. Animal Brucellosis. **CRC Press.**, Boston.

Anonymous. 2002. AUSVETPLAN; **Disease strategy foot and mouth disease. 3 ed. Primary Industries Ministerial Council of Australia and New Zealand**, Australia.

Ashe, S., S.J. More, J. O'Keeffe, P. White, G. McGrath and I. Aznar. 2009. Survival and Dispersal of a defined Cohort of Irish Cattle. **Irish Veterinary Journal** 62(1): 44-49.

Awemu, E.M., L.N. Nwakolar, B.Y. Abubakar. 1999. Environmental influences on preweaning mortality and reproductive performance of Red Sakoto does. **Small Ruminant Research** 34 :161-165.

Bigras-Poulin M., R.A. Thompson, M. Chriel, S. Mortensen and M. Greiner. 2006. Network analysis of Danish cattle industry trade patterns as an evaluation of risk potential for disease spread. **Preventive Veterinary Medicine** 76: 11–39.

Bigras-Poulin, M., K. Barfod, S. Mortensen and M.Greiner. 2007. Relationship of trade patterns of the Danish swine industry animal movements network to potential disease spread. **Preventive Veterinary Medicine** 80: 143-165.

Borgatti, S.P., M.G. Everett and L.C. Freeman. 2002. **Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis**. Harvard, MA: Analytic Technologies.

Bosman, H., H. Moll and H. Udo. 1997. Measuring and Interpreting the Benefits of Goat Keeping in Tropical Farm Systems. **Agricultural Systems** 53: 349-372

Cheevers, W.P., K.R. Snekvik, J.D. Trujillo, N.M. Kumpula-McWhirter, K.J. Pretty On Top and D.P. Knowles. 2003. Prime-boost vaccination with plasmid DNA encoding caprine-arthritis encephalitis lentivirus env and viral SU suppresses challenge virus and development of arthritis. **Virology** 306(1): 116-125.

- Christley, R.M., S.E. Robison, R. Lysons and N.P. French. 2005. Network analysis of cattle movement in Great Britain. **Proceedings of the Society for Veterinary Epidemiology and Preventive Medicine** 234-244.
- Contreras, A., J.C. Corrales, A. Sanchez, J.J. Aduriz, L. Gonzalez and J. Marco. 1998. Caprine arthritis-encephalitis in an indigenous Spanish breed of dairy goat. **Vet Rec** 142(6): 140-142.
- Corbel, M.J. 2006. **Brucellosis in humans and animals**. 1 st. WHO, Switzerland.
- Corbel, M.J. 1997. Brucellosis: an Overview. **Emerging Infectious Disease** 3 (2): 213-221.112.
- Cutlip, R.C., H.D. Lehmkuhl, J.M. Sacks and A.L. Weaver. 1992. Prevalence of antibody to caprine arthritis-encephalitis virus in goats in the United States. **J Am Vet Med Assoc** 200(6): 802-805.
- Das, S.M. 1993. Reproductive parameters and productivity indices of Blended goats At Malya Tanzania. International Foundation for Science Workshop Animal Production Scientific. 9 pp. **In Workshop for East African IFS Grantees**.
- Dawson, M. and J.W. Wilesmith. 1985. Serological survey of lentivirus (maedi-visna/caprine arthritis-encephalitis) infection in British goat herds. **Vet Rec** 117(4): 86-89.
- Dube, C., C. Ribble, D. Kelton and B. McNab. 2008. Comparing network analysis measures to determine potential epidemic size of highly contagious exotic diseases in fragmented monthly network of dairy cattle movements in Ontario, Canada. **Transboundary and Emergency Disease** 55: 382-392

- Dube, C., C. Ribble, D. Kelton and B. McNab. 2009. A Review of networks analysis terminology and its application to foot and mouth disease modelling and policy development. **Transboundary and Emergency Disease** 56: 73-85.
- East, N. E., J.D. Rowe, B.R. Madewell and K. Floyd. 1987. Serologic prevalence of caprine arthritis-encephalitis virus in California goat dairies. **J Am Vet Med Assoc** 190(2): 182-186.
- EU. 2001. **Brucellosis in Sheep and Goats (*Brucella melitensis*)**. Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare, European Commission. Available Source: http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scsh/out59_en.pdf, May 19, 2012.
- FAO. 2002. **PREPARATION OF FOOT-AND-MOUTH DISEASE CONTINGENCY PLANS**. Available Source: <http://www.fao.org/docrep/006/y4382e/y4382e00.htm>, May 22, 2012.
- Fiebre, A. 2007. **Foot and Mouth Disease**, Available Source: http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/foot_and_mouth_disease.pdf, May 25, 2012.
- Foster, G., B.S. Osterman, J. Godfroid, I. Jacques and A. Cloeckert. 2007. *Brucella ceti* sp. nov. and *Brucella pinnipedialis* sp. nov. for *Brucella* strains with cetaceans and seals as their preferred hosts. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol** 57: 2688–2693.
- Fretin, D., A. Fauconnier, S. Kohler, S. Halling, S. Leonard, C. Nijskens, J. Ferooz, P. Lestrade, R.M. Delrue, I. Danese, J. Vandenhoute, A. Tibor, X. DeBolle and J.J. Letesson. 2005. The sheathed flagellum of *Brucella melitensis* is involved in persistence in a murine model of infection. **Cell Microbiol** 7: 687–698.

- Ghanem, Y.M., S.A. El-Khodery, A.A. Saad, S.A. Elragaby, A.H. Abdelkader and A. Heybe. 2009. Prevalence and Risk Factors of Caprine Arthritis Encephalitis Virus Infection (Caev) in Northern Somalia. **Small Ruminant Research** 85 142-148.
- Green D.M., A. Gregory and L.A. Munro 2009. Small-and large scale network structures of live fish movements in Scotland. **Preventive Veterinary Medicine** 91: 261-269.
- Greyling, J. 2000. Reproduction traits in the Boer goat doe. **Small Ruminant research** 36: 171-177.
- Gufler, H., J. Gasteiner, D. Lombardo, E. Stifter, R. Krassnig and Baumgartner. 2007. Serological study of small ruminant lentivirus in goats in Italy. **Small Ruminant Research** 73: 169-173.
- Gufler, H., P. Moroni, S. Casu and G. Pisoni. 2008. Seroprevalence, clinical incidence, and molecular and epidemiological characterisation of small ruminant lentivirus in the indigenous Passirian goat in northern Italy. **Arch Virol** 153(8): 1581-1585.
- Hanneman, R. A. and M. Riddle. 2005. **Introduction to Social Network Methods**. Riverside, CA: University of California, Riverside. Available Source: <http://www.faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext/>, 12 May 2010.
- Kao, R.R., D.M. Green, J. Johnson and I.Z. Kiss. 2007. Disease dynamics over very different time-scales, Foot-and-mouth disease and scrapie on the network of livestock movements in the UK. **Journal of The Royal Society Interface** 4: 907-916.
- Kao, R.R., L.Danon, D.M. Green and I.Z.Kiss. 2006. Demographic structure and pathogen dynamics on the network of livestock movements in Great Britain. **Proc. Biol. Sci.** 273: 1999-2007.

- Karanikolaou, K., K. Angelopoulou, M. Papanastasopoulou, M. Koumpati-Artopiou, O. Papadopoulos and G. Koptopoulos. 2005. Detection of small ruminant lentiviruses by PCR and serology tests in field samples of animals from Greece. **Small Rumin Res** 58: 181-187.
- Kiss, I.Z., D.M.Green and R.R. Kao. 2006. The network of sheep movements within Great Britain, network properties and their implications for infectious disease spread. **Journal of The Royal Society Interface** 3: 669-677
- Kitching, R.P. 1999. Foot-and-mouth disease: Current world situation. **Vaccine** 17: 1772-1774
- Kitching, R.P. and G.J. Hughes. 2002. Clinical variation in foot and mouth disease: sheep and goats. **Rev. sci. tech. Off. int. Epiz** 21(3): 505-512
- Knight-Jones, T.J. and J. Rushton. 2013. The Economic Impacts of Foot and Mouth Disease - What Are They, How Big Are They and Where Do They Occur? **Preventive Veterinary Medicine** 112(3-4): 161-173.
- Knipscheer, H., U. Kusnadi and A. de Boer. 1984. Some Efficiency Measures for Analysis of the Productive Potential of Indonesian Goats. **Agricultural System** 15: 125-135.
- Knowles, D. P., T.C. McGuire and W.P. Cheevers. 1992. 70 Caprine Arthritis Encephalitis. In A. E. Castro, & W. P. Heuschele (Eds.), **Veterinary Diagnostic Virology**, First ed.: 202-205. the United States of America: Mosby-Year Book, Inc.
- Konishi, M., S. Tsuduku, M. Haritani, K. Murakami, T. Tsuboi, C. Kobayashi, K. Yoshikawa, K. M. Kimura and H. Sentsui. 2004. An epidemic of caprine arthritis encephalitis in Japan: isolation of the virus. **J Vet Med Sci** 66(8): 911-917.

- Krieg, A. and E. Peterhans. 1990. [Caprine arthritis-encephalitis in Switzerland: epidemiologic and clinical studies]. **Schweiz Arch Tierheilkd** 132(7): 345-352.
- Leitner, G., O. Krifucks, L. Weisblit, Y. Lavi, S. Bernstein and U. Merin. 2010. The effect of caprine arthritis encephalitis virus infection on production in goats. **Veterinary Journal** 183(3): 328-331.
- Longjam, N., R. Deb, A.K. Sarmah, T. Tayo, V.B. Awachat and V.K. Saxena. 2011. A Brief Review on Diagnosis of Foot-and-Mouth Disease of Livestock: Conventional to Molecular Tools. **Vet Med Int** 2011 905768.
- Luke, D.A., J.K. Harris. 2007. Network analysis in public health: history, methods, and applications. **Annu. Rev. Public. Health** 28: 69-93.
- Mahy, B.W.J. 2005. Introduction and history of foot-and-mouth disease virus. **Curr. Top. Microbiol. Immunol** 288: 1-8.
- Mantur, B.G., S.K. Amarnath, R.S. Shinde. 2007. Review of clinical and laboratory features of human brucellosis. **Indian J. Med. Microbiol** 25: 188–202.
- Marin, A. and B. Wellman. 2009. Social Network Analysis: An Introduction. **Handbook of Social Network Analysis Department of Sociology**, University of Toronto. London: Sage 2010
- Marsden, P. V. 1990. Network Data and Measurement. **Annual Review of Sociology** 16: 435-463.
- Martinez-Lopez, B., A.M. Perez and J.M. Sanchez-Vizcaino. 2009. Social network analysis. Review of general concepts and use in preventive veterinary medicine. **Transboundary and Emerging Disease** 56:109-120.

- Martino, F. and A. Spoto. 2006. Social Network Analysis: A brief theoretical review and further perspectives in the study of Information Technology. **PsychNology**. 4 (1): 53-86.
- Mendez, M.C., J.A. Paez, C. Salmoral, M.E. Mohedano, C. Plata, B.A. Varo and N.F. Martinez. 2003. Outbreak report Brucellosis outbreak due to unpasteurized raw goat cheese in Andalusia (Spain), January-March 2002. **Eurosurveillance** (8).
- Mohammed, I., B. Abdullahi, I. Adeyinka. 2006. The Performance of Borno White Goat in Agropastoral Management of Semi-Arid North East Nigeria. **Journal of Animal and Veterinary Advances** 5: 959-963
- Morris, M. and M. Kretzchmar. 1997. Concurrent partnerships and the spread of HIV. **AIDS** 11:641-684.
- Murphy, F.A., E.P.J. Gibbs, M.C. Horzinek and M. J. Studdert. 1999. Chapter 23 Retroviridae, **Veterinary virology**, Third ed.: 363-389. The United States Of America: Academic Press.
- Murphy, F.A., E.P.J. Gibbs, M.C. Horzinek and M.J. Studdert. 1987. **Veterinary virology**. Third. THE UNITED STATES OF AMERICA
- Mustafa, D. and C. Nicoletti. 1993. FAO, WHO, OIE **Guidelines for a regional Brucellosis control programme for Middle East**. Prepared at the Workshop of Amman, Jordan 14-17 February 1993.
- Narayan, O. and L.C. Cork. 1990. Chapter 41 Caprine arthritis-encephalitis virus. In Z. Dinter, & B. Morein (Eds.), **Virus infections of ruminants**, First ed., Vol. 3: 441-451.

- Natale, F., A. Giovannini, L. Savini, D. Palma, L. Possenti, G. Fiore and P. Calistri. 2009. Network analysis of Italian cattle trade patterns and evaluation of risks for potential disease spread. **Preventive Veterinary Medicine** 92: 341-350.
- Nord, K., G. Holstad, L.O. Eik and H. Gronstol. 1998. Control of caprine arthritis-encephalitis virus and *Corynebacterium pseudotuberculosis* infection in a Norwegian goat herd. **Acta Vet Scand** 39(1): 109-117.
- Office International des Epizooties. 2007. **A roadmap for foot and mouth disease freedom with vaccination by 2020 in south-east asia**. Available Source: <http://www.seafmd-rcu.oie.int/documents/SEAFMD%202020%20WEB%20Version.pdf>, March 21, 2012.
- Office International des Epizooties. 2010. **List of Foot and Mouth Disease Free Members. Official animal health situation**. Available Source: http://www.oie.int/eng/status/FMD/en_fmd_free.htm, November 21, 2010.
- Ortiz-Pelaez, A., D.U. Pfeiffer, R.J. Soares-Magalhães and F.J. Guitian. 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.
- Otuma, M. and I. Osakwe. 2008. Assessment of the Reproductive Performance and Post Weaning Growth of Crossbred Goat in Derived Guinea Savanna Zone. **Research Journal of Animal Sciences** 2(3) 87-91.
- Pappas, G., P. Panagopoulou, L. Christou, N. Akritidis. 2006a. *Brucella* as a biological weapon. **Cell Mol. Life Sci** 63: 2229–2236.
- Pappas, G. and P. Papadimitriou. 2007. Challenges in *Brucella* bacteraemia. **Int. J. Antimicrob. Agents** 30 (Suppl. 1), S29–31.

- Pisoni, G., A. Quasso and P. Moroni. 2005. Phylogenetic Analysis of Small-Ruminant Lentivirus Subtype B1 in Mixed Flocks: Evidence for Natural Transmission from Goats to Sheep. **Virology** 339 (2): 147-152.
- Pisoni, G., G. Bertoni, G. Manarolla, H.-R. Vogt, L. Scaccabarozzi, C. Locatelli and P. Moroni. 2010. Genetic analysis of small ruminant lentiviruses following lactogenic transmission. **Virology** 407: 91-99.
- Restall, B.J. 1991. Goat reproduction in the Asian Humid Tropics. pp.74-81. *In* **Proceedings of an International Seminar** 28-31 May 1991. Thailand.
- Robinson, A. 2003. **Guidelines for coordinated human and animal brucellosis surveillance**. Available Source: <http://www.fao.org/docrep/006/y4723e/y4723e00.HTM>, November 21, 2012.
- Robinson, S.E. and R.M. Christley. 2007. Exploring the Role of Auction Markets in Cattle Movements within Great Britain. **Preventive Veterinary Medicine** 81 (1-3): 21-37.
- Ryan, D.P., P.L. Greenwood and P.J. Nicholls. 1993. Effect of caprine arthritis-encephalitis virus infection on milk cell count and N-acetyl-beta-glucosaminidase activity in dairy goats. **J Dairy Res** 60(3): 299-306.
- Sanchez, A., A. Contreras, J.C. Corrales and J.C. Marco. 2001. Relationships between infection with caprine arthritis encephalitis virus, intramammary bacterial infection and somatic cell counts in dairy goats. **Vet Rec** 148(23): 711-714.

- Scholz, H.C., S. Al Dahouk, H. Tomaso, H. Neubauer, A. Witte, M. Schlöter, P. Kampfer, E. Falsen, M. Pfeffer and M. Engel. 2008. Genetic Diversity and Phylogenetic Relationships of Bacteria Belonging to the *Ochrobactrum-Brucella* Group by RecA and 16s Rna Gene-Based Comparative Sequence Analysis. **Systematic and Applied Microbiology** 31 (1): 1-16.
- Seleem, M.N., S.M. Boyle and N. Sriranganathan. 2008. *Brucella*: a pathogen without classic virulence genes. **Vet. Microbiol** 129, 1–14.
- Seleem, M.N., N. Jain, N. Pothayee, A. Ranjan, J.S. Riffle and N. Sriranganathan. 2009. Targeting *Brucella melitensis* with polymeric nanoparticles containing streptomycin and doxycycline. **FEMS Microbiol. Lett** 294: 24–31.
- Shirley, M.D.F and S.P. Rushton. 2005. Where disease and network collide: lesson to be learnt from a study of the foot and mouth disease epidemic. **Epidemiol.Infect** 133:1023-1032.
- Smith M.C. and D.M. Sherman. 1994. **Goat Medicine**. Lea&Febiger, Philadelphia.
- Sodiq, A. 2004. Doe productivity of Kacang and Peranakan Ethwah goats and factors affecting them in Indonesia. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtopics**, Supplement 78.
- Sodiq, A., S. Ezzat and S. Tawfik. 2003. **Reproduction rate of Kacang and Peranakan Etawah Goats under Village Production Systems in Indonesia Detacher Tropentag-gottingen**. P.1-5.
- Sodiq, A., A. Soedito and E. Tawfik. 2002. Doe productivity of Kacang and Peranakan Etawah goats in Indonesia and factors affecting them, pp.140. *In* **Proceedings of Deutscher Tropentag “Challenges to Organic Farming and Sustainable Land Use in the Tropics and Subtopics**. 9-11 October 2002 Witzenhausen,

- Nene, V. and K. Chittaranjan. 2009. **Genome mapping and genomics in animal-associated microbes**. Springer, Baltimore
- Tantaswasdi, U., W. Wattanavijarn, W. Pinyochon, A. Malayaman, A. Supcharoen and S. Pachariyanon. 1985. **Caprine arthritis-encephalitis like virus infection in Saanen goats**. 376-377.
- Thai Agricultural Standard. 2004. **Diagnostic Test Of Foot And Mouth Disease**, Available Source: <http://www.acfs.go.th/standard/download/eng/orchids.pdf>, November 21, 2012
- Torres-Acosta, J. F. J., E. J. Gutierrez-Ruiz, V. Butler, A. Schmidt, J. Evans, J. Babington, K. Bearman, T. Fordham, T. Brownlie, S. Schroer, E. Camara-G and J. Lightsey. 2003. Serological survey of caprine arthritis-encephalitis virus in 83 goat herds of Yucatan, Mexico. **Small Rumin Res** 49: 207-211.
- Van Kerkhove, M.D., S. Vong, D. Holl, S. San and A. Ghani. 2009. Poultry movement in Cambodia. Implications for surveillance and control of high pathogenic avian influenza (HPAI/H5N1). **Vaccine** 27(45): 6345-6352
- Verger, J.M., F. Grimont, P.A. Grimont and M. Grayon. 1987. Taxonomy of the Genus *Brucella*. **Ann Inst Pasteur Microbiol** 138 (2): 235-238.
- Wasserman, S. and K. Faust. 1994. **Social network analysis: methods and application**. The Press Syndicate of the University of Cambridge, USA.
- Wyatt HV. 2005. How Themistocles Zammit found Malta fever (brucellosis) to be transmitted by the milk of goats. **J R Soc Med** 98: 451-4
- Young, E.J. 1995. An overview of human brucellosis. **Clin. Infect. Dis.** 21,





แบบสอบถาม เพื่อการทำวิทยานิพนธ์ของนิสิตปริญญาโท สาขาระบาดวิทยาทางสัตวแพทย์
คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยทำการศึกษาในปี 2553-2554

1. รายละเอียดทั่วไป

1.1 ชื่อ.....สกุล.....อายุ.....ปี

บ้านเลขที่.....หมู่.....ตำบล.....อำเภอ.....

จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....โทรศัพท์.....

พิกัด X □□□□□□□□ Y □□□□□□□□ ความสูง □□□□□□□□

1.2 อาชีพหลัก.....

ที่อยู่ทำงาน.....หมู่.....ตำบล.....อำเภอ.....

จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....โทรศัพท์.....

1.3 อาชีพเสริม.....

ที่อยู่ทำงาน.....หมู่.....ตำบล.....อำเภอ.....

จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....โทรศัพท์.....

1.4 เริ่มเลี้ยงแพะเมื่อ วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....จำนวน.....ตัว

หรือ เลี้ยงแพะมานาน.....เดือน หรือ (ถ้ามากกว่า 11 เดือน).....ปี

1.5 ระดับการศึกษา

☐ ไม่ได้เรียน ☐ ประถมศึกษา ☐ มัธยมศึกษา ☐ อนุปริญญา

☐ ปริญญาตรี ☐ สูงกว่าปริญญาตรี

1.6 ศาสนา

☐ พุทธ ☐ คริสต์ ☐ อิสลาม

1.7 สัตว์เลี้ยงอื่นๆ นอกจากแพะ

☐ สุนัข ☐ โค ☐ กระบือ ☐ แกะ ☐ แมว ☐ สุกร

☐ อื่นๆ ระบุ.....

2. ลักษณะการเลี้ยงแพะ

2.1 จุดประสงค์ในการเลี้ยง

- ☐ แพะขุน ☐ แพะพันธุ์ ☐ แพะและขายตามน้ำหนัก
☐ รับซื้อและขายต่อ ☐ อื่นๆ ระบุ.....

2.2 จำนวนแพะ จำนวนโรงเรือนและขนาดคอก

จำนวน.....ตัว ผู้.....ตัว เมีย.....ตัว

ในฟาร์มมี.....โรงเรือน ในโรงเรือนมีทั้งหมด.....คอก (ข้อนี้มีต่อหน้า 2 →)

ขนาดคอก.....ตารางเมตร มีทั้งหมด.....คอก คอกละ.....ตัว คิดเป็น.....ตัว/ตร.ม.

ขนาดคอก.....ตารางเมตร มีทั้งหมด.....คอก คอกละ.....ตัว คิดเป็น.....ตัว/ตร.ม.

ขนาดคอก.....ตารางเมตร มีทั้งหมด.....คอก คอกละ.....ตัว คิดเป็น.....ตัว/ตร.ม.

ขนาดคอก.....ตารางเมตร มีทั้งหมด.....คอก คอกละ.....ตัว คิดเป็น.....ตัว/ตร.ม.

2.3 แหล่งที่มา

ชื่อ-สกุลของผู้ขาย ผู้ให้หรือแหล่งที่มา ของแพะ	โทร.	จำนวน (ตัว)	ราคา/ตัว หรือ ราคา/กก.	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	จุดประสงค์เพื่อ (พ่อ/แม่พันธุ์ ลูก แพะ แพะขุน อื่นๆ)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					

2.4 ส่งออกจากฟาร์มไปที่....รวมถึงโรงฆ่าสัตว์

ชื่อ-สกุลของผู้ขาย ผู้ให้หรือแหล่งที่มา ของแพะ	โทร.	จำนวน (ตัว)	ราคา/ตัว หรือ ราคา/กก.	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	จุดประสงค์เพื่อ (พ่อ/แม่พันธุ์ ลูก แพะ แพะขุน อื่นๆ)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					

2.5 ลักษณะการเลี้ยง

- ☐ ในโรงเรือน ไม่ปล่อยทุ่ง ☐ พื้นดิน ☐ พื้นไม้ ☐ พื้นคอนกรีต
☐ ในโรงเรือน ปล่อยทุ่ง ☐ ทุ่งหญ้า รั้วไฟฟ้า ☐ ทุ่งหญ้า ไม่มีรั้วไฟฟ้า ☐ คอกกัก
☐ พ่อกำ ☐ บริษัท ☐ อื่นๆ ระบุ.....

.....ขอขอบคุณ ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม.....



ตารางผนวกที่ ข1 ค่า Freeman's degree centrality measures, ค่า betweenness และค่า closeness และ farness ของ node ต่าง ๆ ของเครือข่ายพะเนินในจังหวัด
ชัยนาท

No	ID	occupation	OutDegree	InDegree	Betweenness	nBetweenness	ClusCoef	nPairs	inFarness	outFarness	inCloseness	outCloseness
1	com000		1.000	0.000	0.000	0.000		0.000	53592	49023	0.431	0.471
2	com001	พ่อค้า	2.000	0.000	0.000	0.000		0.000	53592	53361	0.431	0.433
3	com003	พ่อค้า	1.000	0.000	0.000	0.000		0.000	53592	53131	0.431	0.435
4	com004	พ่อค้า	0.000	17.000	0.000	0.000	0.000	6.000	50370	53592	0.459	0.431
5	com005	โครงการฯ	29.000	4.000	2085.000	3.924	0.017	325.000	45347	40010	0.509	0.577
6	com006	พ่อค้า	0.000	1.000	0.000	0.000		0.000	37268	53592	0.62	0.431
7	com007	เกษตรกร พ่อค้า และแลกเปลี่ยน พ่อพะ	6.250	28.500	768.000	1.446	0.053	66.000	37359	49448	0.618	0.467
8	com008	พ่อค้า	0.000	3.000	0.000	0.000		0.000	37195	53592	0.621	0.431
...												
27	com034	เกษตรกร	2.000	1.000	0.000	0.000		0.000	37493	49478	0.616	0.467
28	com035	พ่อค้า	0.000	1.000	0.000	0.000		0.000	37263	53592	0.62	0.431
...												
33	com040	เกษตรกร	1.000	0.000	0.000	0.000		0.000	53592	37678	0.431	0.613
...												

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

No	ID	occupation	OutDegree	InDegree	Betweenness	nBetweenness	ClusCoef	nPairs	inFarness	outFarness	inCloseness	outCloseness
40	com048	เกษตรกร	24.000	24.000	0.000	0.000		0.000	47421	39328	0.487	0.587
41	com050	พ่อค้าและ เกษตรกร	25.000	34.500	653.000	1.229	0.300	15.000	47385	39206	0.487	0.589
...												
46	com056	พ่อค้า	0.000	5.500	0.000	0.000	0.000	3.000	35157	53592	0.657	0.431
...												
66	com080	พ่อค้า	0.000	1.000	0.000	0.000		0.000	37178	53592	0.621	0.431
67	com081	พ่อค้า	0.000	6.000	0.000	0.000		0.000	37178	53592	0.621	0.431
68	com082	พ่อค้า	0.000	1.000	0.000	0.000		0.000	37224	53592	0.621	0.431
69	com083	พ่อค้า	1.000	0.000	0.000	0.000		0.000	53592	49239	0.431	0.469
70	com084	พ่อค้า	0.000	1.000	0.000	0.000		0.000	37193	53592	0.621	0.431
71	com085	พ่อค้า	0.000	1.500	0.000	0.000		0.000	37193	53592	0.621	0.431
...												
110	com129	เกษตรกร	1.000	2.000	28.000	0.053	0.000	3.000	51523	52214	0.448	0.442
111	com130	เกษตรกร	1.000	0.000	0.000	0.000		0.000	53592	51986	0.431	0.444
112	com131	เกษตรกร	3.000	2.000	16.000	0.030	0.000	1.000	51531	52210	0.448	0.442
113	com132	เกษตรกร	1.000	0.000	0.000	0.000		0.000	53592	38008	0.431	0.608
...												

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

No	ID	occupation	OutDegree	InDegree	Betweenness	nBetweenness	ClusCoef	nPairs	inFarness	outFarness	inCloseness	outCloseness
166	han03	เกษตรกร	2.000	3.000	40.000	0.075	0.250	6.000	44921	52900	0.514	0.437
167	han04	เกษตรกร	4.000	2.000	108.000	0.203	0.000	3.000	37355	49463	0.618	0.467
168	han05	เกษตรกร	1.000	4.000	40.000	0.075	0.167	6.000	44460	53361	0.52	0.433
169	han06	เกษตรกร	6.000	2.000	38.000	0.072	0.000	3.000	44921	53361	0.514	0.433
...												
172	han09	เกษตรกร	5.500	1.000	20.000	0.038	0.000	3.000	53361	49004	0.433	0.471
173	man01	เกษตรกร	9.000	4.000	102.583	0.193	0.233	15.000	50140	38286	0.461	0.603
174	man02	เกษตรกร	20.000	5.000	132.917	0.250	1.333	15.000	52899	38805	0.437	0.595
...												
178	man06	เกษตรกร	7.000	7.000	699.333	1.316	0.044	45.000	50138	38226	0.461	0.604
179	man07	เกษตรกร	10.500	5.000	257.583	0.485	0.068	66.000	52668	36210	0.439	0.638
180	man08	เกษตรกร	2.000	0.500	2.500	0.005	0.000	1.000	52441	53361	0.44	0.433
181	man09	เกษตรกร	19.000	1.000	273.167	0.514	0.000	15.000	52441	39143	0.44	0.59
182	man10	เกษตรกร	4.000	3.000	159.917	0.301	0.000	15.000	52899	37829	0.437	0.611
183	man11	เกษตรกร	3.000	1.000	655.000	1.233	0.000	1.000	47411	39148	0.487	0.59
184	man12	เกษตรกร	7.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	53592	53130	0.431	0.435
185	man13	เกษตรกร	4.000	0.000	0.000	0.000		0.000	53592	53361	0.431	0.433
186	man14	เกษตรกร	4.500	3.000	434.000	0.817	0.000	6.000	45370	40062	0.509	0.577

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

No	ID	occupation	OutDegree	InDegree	Betweenness	nBetweenness	ClusCoef	nPairs	inFarness	outFarness	inCloseness	outCloseness
187	man15	เกษตรกร	2.000	3.000	268.000	0.504	0.000	3.000	45397	40118	0.509	0.576
188	man16	เกษตรกร	12.000	2.000	227.000	0.427	0.000	66.000	52899	36033	0.437	0.641
189	mua01	เกษตรกร	2.000	2.000	10.000	0.019	0.000	6.000	53130	52442	0.435	0.44
190	mua02	เกษตรกร	3.000	1.000	70.000	0.132	0.000	3.000	53361	37839	0.433	0.61
191	mua03	เกษตรกร	4.000	5.000	82.000	0.154	0.000	21.000	44228	53130	0.522	0.435
192	mua04	เกษตรกร	40.000	60.000	393.000	0.740	0.667	6.000	47395	39266	0.487	0.588
193	ner01	เกษตรกร	4.000	2.000	38.000	0.072	0.000	3.000	53130	49235	0.435	0.469
194	ner02	เกษตรกร	4.500	2.000	56.000	0.105	0.000	3.000	44921	49235	0.514	0.469
195	ner03	เกษตรกร	3.000	5.000	154.000	0.290	0.000	21.000	44228	49004	0.522	0.471
196	ner04	เกษตรกร	5.000	4.000	113.000	0.213	0.000	6.000	44921	52899	0.514	0.437
197	ner05	เกษตรกร	5.500	6.000	189.000	0.356	0.000	10.000	37423	49461	0.617	0.467
198	non03	เกษตรกร	1.000	1.000	0.000	0.000	0.500	1.000	45152	49248	0.512	0.469
199	non04	เกษตรกร	1.000	2.000	19.000	0.036	0.167	3.000	44921	49248	0.514	0.469
200	non05	เกษตรกร	29.500	8.000	20.000	0.038	0.000	36.000	52437	52668	0.441	0.439
201	non06	เกษตรกร	3.500	1.750	37.000	0.070	0.500	3.000	37355	49462	0.618	0.467
202	non07	เกษตรกร	8.000	13.500	285.000	0.536	0.114	66.000	37338	49461	0.619	0.467
203	non08	เกษตรกร	4.000	1.000	142.000	0.267	0.167	6.000	37428	49471	0.617	0.467
204	non09	เกษตรกร	3.000	1.670	123.500	0.232	0.300	10.000	37384	49468	0.618	0.467

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

No	ID	occupation	OutDegree	InDegree	Betweenness	nBetweenness	ClusCoef	nPairs	inFarness	outFarness	inCloseness	outCloseness
205	non10	เกษตรกร	10.170	2.500	291.000	0.548	0.119	21.000	37353	49452	0.618	0.467
206	non11	เกษตรกร	9.000	4.000	213.000	0.401	0.000	21.000	44459	48542	0.52	0.476
207	non12	เกษตรกร	0.000	1.000	0.000	0.000		0.000	45152	53592	0.512	0.431
208	non13	เกษตรกร	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	53592	53592	0.431	0.431
209	san01	เกษตรกร	19.500	5.000	20.000	0.038	0.000	21.000	52439	52668	0.441	0.439
210	san02	เกษตรกร	0.000	1.000	0.000	0.000		0.000	52901	53592	0.437	0.431
211	san03	เกษตรกร	20.000	3.000	9.000	0.017	0.000	6.000	52900	52440	0.437	0.441
212	san04	เกษตรกร	0.000	3.000	0.000	0.000	0.000	1.000	52670	53592	0.439	0.431
213	san05	เกษตรกร	12.000	2.000	22.000	0.041	0.000	36.000	53130	51055	0.435	0.452
214	san06	เกษตรกร	4.000	0.500	3.000	0.006	0.000	1.000	52902	52442	0.437	0.44
215	san07	เกษตรกร	15.000	2.000	140.000	0.264	0.200	10.000	52670	38233	0.439	0.604
216	san08	เกษตรกร	2.000	5.000	1.000	0.002	0.000	1.000	53361	53361	0.433	0.433
217	san09	เกษตรกร	5.000	2.000	141.000	0.265	0.000	15.000	44921	52668	0.514	0.439
...												
222	sap03	เกษตรกร	7.000	4.000	35.000	0.066	0.000	10.000	51523	52211	0.448	0.442
223	sap04	เกษตรกร	1.000	0.000	0.000	0.000		0.000	53592	53361	0.431	0.433
224	sap05	เกษตรกร	15.000	7.000	260.000	0.489	0.200	10.000	52671	38171	0.439	0.605
225	sap06	เกษตรกร	2.000	2.000	16.000	0.030	0.083	6.000	51533	52213	0.448	0.442

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

No	ID	occupation	OutDegree	InDegree	Betweenness	nBetweenness	ClusCoef	nPairs	inFarness	outFarness	inCloseness	outCloseness
226	sap07	เกษตรกร	4.000	0.000	0.000	0.000	0.083	6.000	53592	51525	0.431	0.448
227	sap08	เกษตรกร	2.000	1.000	37.000	0.070	0.000	1.000	45152	53361	0.512	0.433
228	wad01	เกษตรกร	2.000	1.000	37.000	0.070	0.000	1.000	45152	53361	0.512	0.433
229	wad02	เกษตรกร	2.250	1.000	2.000	0.004	0.000	3.000	53361	53130	0.433	0.435
230	wad03	เกษตรกร	5.500	6.000	67.500	0.127	0.000	15.000	43771	53130	0.528	0.435
231	wad04	เกษตรกร	4.000	1.000	20.000	0.038	0.000	3.000	53361	49004	0.433	0.471
232	wad05	เกษตรกร	3.500	2.000	4.000	0.008	0.000	6.000	53130	53130	0.435	0.435

ตารางผนวกที่ ข2 ศัพท์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เครือข่ายเรียงตามลำดับตัวอักษรภาษาอังกฤษ

ศัพท์	คำอธิบายคำศัพท์	หน้าที่
arbitrary	arcs ที่ถูกเลือกแบบสุ่ม - the control	เชื่อมต่อ
arc	ความสัมพันธ์โดยตรงระหว่าง 2 node	เชื่อมต่อ
average path length	ความยาวเฉลี่ยของ path ที่สั้นที่สุด หรือ geodesic ทั้งหมดระหว่างคู่ของ node ในเครือข่าย (ระหว่างฟาร์ม 2 แห่งจากทุกคู่ในเครือข่าย)	เกณฑ์วัด
betweenness centrality	ความเป็นศูนย์กลาง วัดจากจำนวน path ที่สั้นที่สุดระหว่างทุกคู่ของสมาชิก	เกณฑ์วัด
degree	การวัด degree-based แบบง่าย จาก arc $i \rightarrow j$ ด้วย $d_{ij} = k_{i \rightarrow j}$ arc ที่มี d สูงผลิต two-node 'unit' ที่รวบรวมแล้วมีส่วนทำให้การแพร่การระบาดนั้นใหญ่ เครือข่ายที่มี arc ที่มี d สูงกว่า by chance จะเป็นเครือข่ายลักษณะเฉพาะคล้ายกัน (assortive) วัดได้โดย measure of assortativity	เกณฑ์วัด
inter-community	arcs ที่เชื่อมต่อ node ในชุมชนที่แตกต่างกัน ที่ให้น้ำหนักมากกว่าพวก between ที่อยู่ใน 2 ชุม	เชื่อมต่อ
centrality	เป็นการวัดโครงสร้างเครือข่ายที่สำคัญ ขึ้นกับตำแหน่งของเครือข่าย	เกณฑ์วัด
cliquishness	เครือข่ายถูกแบ่งไปเป็น cohesive subgroup; clique เป็นชุดของ node ที่แต่ละ node มี tie โดยตรงกับ node อื่น ๆ Actor อย่างน้อย 3 actors ที่เชื่อมต่อกันด้วยทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด	ลักษณะ (รูปร่าง) เครือข่าย
closeness centrality	ความเป็นศูนย์กลางที่ขึ้นกับความยาว path ที่สั้นที่สุดระหว่าง focal individual หนึ่ง ๆ กับสมาชิกอื่น ๆ ในกลุ่มเครือข่าย	เกณฑ์วัด
clustering coefficient	ความหนาแน่นของ subnetwork ของ node รอบ ๆ ตัวที่สนใจ; จำนวนของ tie ระหว่าง node รอบ ๆ หาดด้วยจำนวน tie ที่มากที่สุดที่จะเป็นไปได้ เช่น ฟาร์มที่มีการติดต่อโดยตรงกับฟาร์มอื่น clustering coefficient บอกสัดส่วนของ node ใกล้เคียง ๆ กัน	เกณฑ์วัด

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ศัพท์	คำอธิบายคำศัพท์	หน้าที่
components	เป็น subgraph ที่การเชื่อมโยงทั้งโดยตรงและโดยอ้อมที่มากที่สุดระหว่างทุกคู่ของฟาร์ม	ลักษณะ (รูปร่าง) เครือข่าย
cut-points	นำเสนอฟาร์มที่หากโดนตัดออกจากเครือข่ายจะไปเพิ่มระดับของ fragment ในเครือข่าย	ตัวแยก
edge	เป็นการเชื่อมโยงแบบไม่มีทิศทางระหว่างฟาร์ม 2 ฟาร์ม	เชื่อมต่อ
degree centrality	ความเป็นศูนย์กลางที่ขึ้นกับจำนวนของ tie ที่เชื่อมต่อโดยตรง	เกณฑ์วัด
density	จำนวนของ tie ที่มีอยู่หารด้วยจำนวน tie ที่เป็นไปได้ในเครือข่าย	เกณฑ์วัด
diameter	path ที่ยาวที่สุดในเครือข่าย; เป็น geodesic ที่ยาวที่สุดระหว่างแต่ละคู่ของฟาร์มในเครือข่าย	เกณฑ์วัด
Eigenvector	วิธีการวัด eigenvector-type centrality 2 วิธี คือ eigen spread และ eigen walk เป็นการวัดโดยเลือก out-arc แบบสุ่มจาก node ที่ centrality สูงสุด	เกณฑ์วัด
epidemiology network	เรียกอีกอย่างว่า transmission network เป็น subset ของ social network ที่มีการสัมผัสและเกิดโรคติดต่อ	
farness	ผลรวมของระยะทาง path ที่สั้นที่สุดจากฟาร์มต้นทางไปยังฟาร์มที่ไปถึงได้ (reachable) ในเครือข่าย	เกณฑ์วัด
fragmentation	สัดส่วนของฟาร์มที่เข้าถึงได้ (reachable) ในเครือข่าย; ไม่มี path ระหว่างคู่	เกณฑ์วัด
fully connected network	เครือข่ายที่ฟาร์มมีการเชื่อมต่อกัน โดยมี path โดยตรงระหว่างฟาร์มในเครือข่าย	ลักษณะ (รูปร่าง) เครือข่าย
geodesic	ความยาว path ที่สั้นที่สุดระหว่างฟาร์ม	เกณฑ์วัด
giant strong component (GSC)	component ที่แข็งแกร่งที่ใหญ่ที่สุดในเครือข่าย	ลักษณะ (รูปร่าง) เครือข่าย

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ศัพท์	คำอธิบายคำศัพท์	หน้าที่
giant weak component (GWC)	component ที่อ่อนแอที่ใหญ่ที่สุดในเครือข่าย	ลักษณะ (รูปร่าง) เครือข่าย
homogeneous mixing population	เรียกอีกอย่างว่า mean field approach เทียบได้กับเครือข่าย สมบูรณ์ที่สัตว์แต่ละฟาร์มมีโอกาสติดเชื่อเท่ากันจากการสัมผัสกับสัตว์ติดเชื่อ	ลักษณะ (คุณสมบัติ) เครือข่าย
in-degree	จำนวน individual ที่ให้สัตว์กับฟาร์มหนึ่ง ๆ, จำนวนของ tie ที่มุ่งเข้าสัตว์หนึ่ง ๆ เช่น จำนวนของปฏิกิริยาทางสังคมที่มันได้รับ	เกณฑ์วัด
k-neighbours	จำนวนฟาร์มที่เข้าถึงได้จากฟาร์มอื่นใน k ขั้นตอน	เกณฑ์วัด
measures of centrality	การวัดเพื่อบ่งบอกความสำคัญและบทบาทของฟาร์มแต่ละฟาร์มในเครือข่าย เช่น degree distribution, betweenness และ fairness	เกณฑ์วัด
measures of cohesion	การวัดเพื่อตัดสินระดับของความเชื่อมโยงในเครือข่าย เช่น density, clustering coefficient และ average path length	เกณฑ์วัด
node	เป็นส่วนประกอบของเครือข่ายที่ทราบความสัมพันธ์กับส่วนอื่น ๆ ในกราฟ ซึ่งอาจเป็นสัตว์หรือกลุ่ม เรียกว่า vertex หรือ point; เป็นหน่วยศึกษาในการวิเคราะห์เครือข่าย	node
node degree	จำนวนของ tie ที่สัตว์หนึ่ง ๆ มี; จำนวนที่สัตว์อื่น ๆ มีปฏิสัมพันธ์กับสัตว์ที่สนใจนั้น	เกณฑ์วัด
out-degree	จำนวน individual ของผู้รับที่ได้รับสัตว์จากฟาร์มหนึ่ง ๆ, จำนวน tie ที่มีต้นกำเนิดจากสัตว์หนึ่ง ๆ	เกณฑ์วัด
path length	จำนวน tie ที่น้อยที่สุดระหว่าง 2 node (path ระหว่างฟาร์ม เช่น ฟาร์ม A และ C เป็นจำนวนขั้นตอนที่ต้องการในการเคลื่อนที่จาก A ไป C ตัวอย่างเช่น ต้องการขั้นตอน 2 ขั้นตอน ใน path หนึ่ง ๆ นั้นการเคลื่อนที่จาก node ไปยัง node ที่ต้องการ ต้องไม่ผ่าน node และ link (arcs) ซ้ำ)	เกณฑ์วัด

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ศัพท์	คำอธิบายคำศัพท์	หน้าที่
random	เครือข่ายที่จำนวน node ใกล้เคียงกัน (neighbours) ต่อฟาร์ม	ลักษณะ
homogeneously	เป็น parameter ที่ปรับได้ โอกาสของการเชื่อมต่อระหว่าง	(คุณสมบัติ)
mixing network	ฟาร์มสามารถถ่วงน้ำหนักได้ตามระดับของฟาร์ม	เครือข่าย
scale-free	เครือข่ายที่การกระจายของ out-degree และ in-degree เป็นไปได้ด้วยดี (fit) กับ power law distribution และทำให้	ลักษณะ (รูปร่าง)
	เป็นการนำเสนอ hub ในเครือข่าย	เครือข่าย
sink	ฟาร์มที่มี out-degree เป็นศูนย์และมี in-degree มากกว่าหรือ เท่ากับ 1 มันไม่ส่งอะไรใด ๆ ไปให้ใครใด ๆ ในเครือข่าย	สมบัติของ node
small-world	เป็นเครือข่ายที่มีลักษณะเฉพาะด้วยการเป็น cluster มากและ มี path length สั้น เครือข่ายเช่นนี้เชื่อมมักจะแพร่กระจาย รวดเร็วกว่า แต่ในที่สุดจำนวนสัตว์ติดเชื้อมักจะน้อยกว่าเมื่อ เทียบกับ random mixing network	ลักษณะ (รูปร่าง) เครือข่าย
social network of	เครือข่ายที่มีการเชื่อมโยงทั้งหมดระหว่างฟาร์มและแสดงให้เห็นว่าฟาร์มใดสามารถติดเชื่อได้หากมีการแพร่เชื้อ	ลักษณะ
potentially		(คุณสมบัติ)
infectious contacts		เครือข่าย
sources	ฟาร์มที่มี in-degree เป็นศูนย์ แต่มี out-degree มากกว่าหรือ เท่ากับ 1 มันไม่รับ shipment จากอะไรใด ๆ ในเครือข่าย	สมบัติของ node
sociomatrix	สำหรับกลุ่มที่มีสมาชิกจำนวน n และมี matrix เป็น $n \times n$ ที่ มีสมาชิกวางตามแกนตั้งและแกนนอน และแต่ละ grid เป็น น้ำหนักของความสัมพันธ์ระหว่าง individual ที่ติดกัน	เครือข่าย
strong component	เครือข่ายแบบมีทิศทาง (directed) ที่ฟาร์มที่เข้าถึงได้ด้วยการ เชื่อมโยงแบบมีทิศทาง	ลักษณะ (รูปร่าง) เครือข่าย
tie	ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 องค์ประกอบของเครือข่าย โดย องค์ประกอบที่สัมพันธ์ทั้งสองนั้นเป็น node ในกราฟ; tie อาจเป็นความสัมพันธ์ใด ๆ เช่น การแลกเปลี่ยนข้อมูล เป็น ต้น อาจเรียก tie ว่า edge หรือ link	เชื่อมต่อ

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ศัพท์	คำอธิบายคำศัพท์	หน้าที่
topology	อาจเรียกอีกอย่างว่า network architecture เป็นการศึกษาการจัดเรียงตัวหรือกราฟของหน่วยของเครือข่าย และใช้อ้างอิงถึงสมบัติทาง topology เช่น small-world, clustering, path length, scale-free properties	ลักษณะ (รูปร่าง) เครือข่าย
weak component	เครือข่ายแบบไม่มีทิศทาง (undirected) ที่เชื่อมโยงฟาร์ม แต่ฟาร์มทั้งหมดจะไม่สามารถเข้าถึง (reachable) ได้หากสนใจทิศทาง	ลักษณะ (รูปร่าง) เครือข่าย
กราฟ	เป็นกลุ่มของ node และจัดความสัมพันธ์ระหว่าง node จาก matrix หรือเห็นภาพที่แสดงจุดที่มีเส้นเชื่อมอยู่	

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นายเชมพรรษ บุญโณ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	12 พฤษภาคม 2523
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
ประวัติการศึกษา	สัตวแพทยศาสตรบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รุ่น 61
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นายสัตวแพทย์ชำนาญการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักควบคุม ป้องกันและบำบัดโรคสัตว์ กรมปศุสัตว์
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (พ.ศ. 2555)