เอกสารทางวิชาการ

เรื่องที่ 2

คู่มือการวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์จาก ระบบฐานข้อมูล e-Movement โดยซอฟท์แวร์ Pajek และ R

โดย

นายณัฐชัย วรสุทธิ์

นางนพวรรณ บัวมีธูป

เลขทะเบียนวิชาการเลขที่ : 60 (2)-0120-111

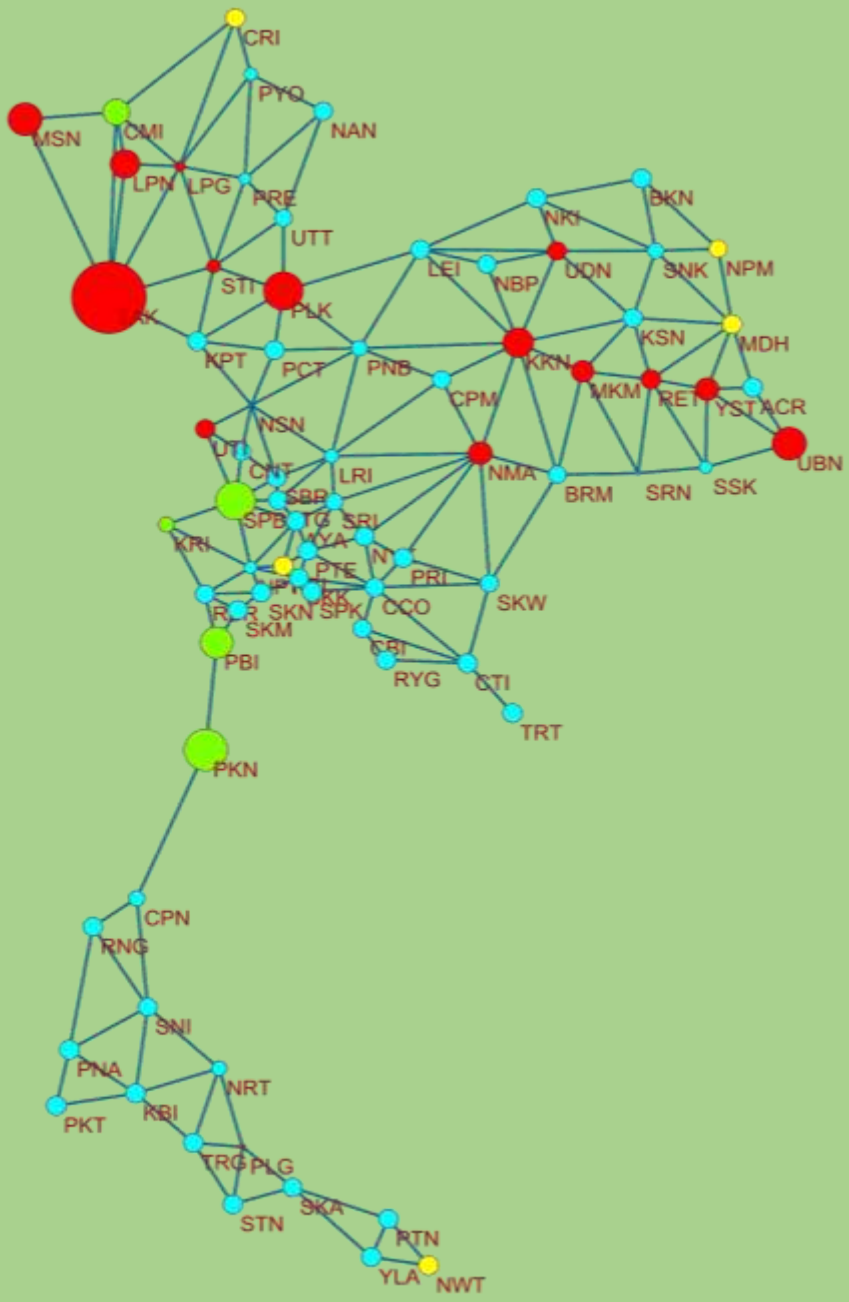
สถานที่ดำเนินการ : กองสารวัตรและกักกัน

ระยะเวลาดำเนินการ : มกราคม -กันยายน 2560

การเผยแพร่ : เว็บไซต์ กองสารวัตรและกักกัน

http://aqi.dld.go.th

คู่มือการวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์ จากระบบฐานข้อมูล e-Movement โดยซอฟท์แวร์ Pajek และ R



เลขทะเบียนวิชาการเลขที่ 60 (2)-0120-111

กองสารวัตรและกักกัน
กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

น.สพ.ณัฐชัย วรสุทธิ์
สพ.ญ.นพวรรณ บัวมีธูป

คำนำ

คู่มือฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายสัตว์หรือซากสัตว์ โดยใช้วิธีการการวิเคราะห์เครือข่าย (Network Analysis) ซึ่งเป็นกระบวนการหนึ่งที่ใช้กันในอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะทางด้านสังคมและจิตวิทยา รวมถึงปัจจุบันในส่วนที่เป็นเครือข่ายทางสังคมอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น Facebook twitter หรือ google ที่ใช้หลักการเบื้องต้นของ Network Analysis มาเป็นอัลกอริธึมในการจัดการโฆษณาและสร้างรายได้ จนไปถึงขั้นการสร้างปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) โดยปัจจุบันในทางการสัตวแพทย์เองได้มีการนำ มาใช้ในทางระบาดวิทยา โดยเฉพาะในการเกิดการระบาดที่มาจากการเคลื่อนย้ายสัตว์มีชีวิต ซึ่งขณะนี้กำลังมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มขึ้นมาเรื่อย ๆอย่างมีนัยสำคัญ

กรมปศุสัตว์เป็นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการในด้านสุขภาพสัตว์ โดยเฉพาะการควบคุมป้องกันโรค ทั้งนี้หนึ่งในกระบวนการที่สำคัญของการควบคุมโรคคือ การควบคุมการเคลื่อนย้ายสัตว์ ซึ่งกรมปศุสัตว์ได้มีการพัฒนา ระบบการเคลื่อนย้ายสัตว์ผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์(e-Movement) โดยข้อมูลจากระบบที่ได้ดังกล่าวถือว่าเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญสามารถวิเคราะห์ได้อย่างหลากหลาย โดยเฉพาะการวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์ จึงเป็นที่มาของการจัดทำคู่มือฉบับนี้เพื่อให้บุคคลากรที่เกี่ยวข้องรวมถึงผู้ที่สนใจ นำข้อมูลหลักเกณฑ์ และวิธีการในคู่มือนี้ไปประยุกต์ใช้

คู่มือฉบับนี้เหมาะสำหรับผู้ใช้งานที่มีทักษะทางด้านการจัดการข้อมูลผ่าน ซอฟท์แวร์ EXCEL ระดับกลางค่อนข้างไปทางสูง รวมถึงความรู้เกี่ยวกับภาษาอังกฤษเบื้องต้นเนื่องจากซอฟท์แวร์ที่ใช้ในคู่มือยังไม่รองรับภาษาไทย อนึ่ง คณะผู้เขียนเป็นเพียงผู้ดำเนินการวิจัย หรือ ศึกษาการวิเคราะห์เครือข่ายในระดับต้นเท่านั้น หากข้อมูลบางอย่างในคู่มือนี้มีข้อผิดพลาดหรือตกหล่นประการใด คณะผู้เขียนขอน้อมรับข้อผิดพลาดดังกล่าวและจะนำไปแก้ไขและพัฒนาในลำดับถัดไป คณะผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ให้กับเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานและผู้ที่สนใจในการนำไปต่อยอดและพัฒนางานทางด้านการควบคุมป้องกันโรคระบาด หรือ ทางระบาดวิทยาอื่น ๆ ต่อไป

น.สพ.ณัฐชัย วรสุทธิ์
สพ.ญ.นพวรรณ บัวมีธูป

สารบัญ

1. บทนำ **7**

2. ความเป็นมา หลักการ และทฤษฎี ในการวิเคราะห์เครือข่าย **7**

2.1. ความเป็นมา และวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์เครือข่าย 7

2.2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เครือข่าย 7

3. ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เครือข่าย **8**

4. ขั้นตอนในการศึกษาและการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เครือข่าย **10**

4.1. การกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา 10

4.2. กำหนดนิยามหน่วยย่อย (Unit of interest) 10

4.3. การเก็บข้อมูล 11

5. การสืบค้นข้อมูลระบบ e-Movement และการจัดการข้อมูลเบื้องต้นด้วย Excel **13**

5.1. การสืบค้นข้อมูลการเคลื่อนย้ายสัตว์จากระบบฐานข้อมูล e-Movement 13

5.2. การจัดการข้อมูล และ ทำความสะอาดข้อมูล ด้วย excel 15

6. การวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์ด้วยซอฟท์แวร์ PAJEK **19**

6.1. การติดตั้งซอฟท์แวร์ PAJEK 19

6.2. การแปลงข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในซอฟท์แวร์ PAJEK 19

6.3. การใช้งานซอฟท์แวร์ PAJEK เบื้องต้น 21

6.4. การสร้างภาพเครือข่ายด้วยซอฟท์แวร์ PAJEK 23

6.5. การวิเคราะห์พารามิเตอร์เครือข่ายด้วยซอฟท์แวร์ PAJEK 24

6.6. สรุปการวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้าย กระบือ 26

7. การวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์ด้วยซอฟท์แวร์ R **26**

7.1. การติดตั้งซอฟท์แวร์ R และ R studio และการใช้งานเบื้องต้น 27

7.2. การแปลงข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในซอฟท์แวร์ R 29

7.3. ชุดคำสั่งในการนำเข้าข้อมูล การสร้างภาพเครือข่าย และการวิเคราะห์พารามิเตอร์เครือข่าย 29

8. ตัวอย่างการศึกษาและการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เครือข่ายในทางสัตวแพทย์ **34**

9. เอกสารอ้างอิง **36**

10. ภาคผนวก **37**

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 การเก็บข้อมูลคุณลักษณะเฉพาะของ Node 11
ตารางที่ 2 การเก็บข้อมูลในรูปแบบ Matrix 11
ตารางที่ 3 การเก็บข้อมูลใรูปแบบ List 12

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 ตัวอย่างกราฟสร้างจากซอฟท์แวร์ PAJEK 8
ภาพที่ 2 แสดงถึงการนับจำนวน Degree 9
ภาพที่ 3 ตัวอย่างเครือข่ายการไปมาระหว่างฟาร์มโคนมจำแนกตามเพศเจ้าของฟาร์ม 12
ภาพที่ 4 หน้าแรกรายงานข้อมูลการเคลื่อนย้ายสัตว์ ซากสัตว์ ระบบ e-Movement 13
ภาพที่ 5 หน้ารายงานข้อมูลการเคลื่อนย้ายสัตว์ ซากสัตว์ (ข้ามจังหวัด แบบ ร. 4) 14
ภาพที่ 6 หน้าสืบค้นข้อมูล (1) 14
ภาพที่ 7 หน้าสืบค้นข้อมูล (2) 15
ภาพที่ 8 การจัดการข้อมูล Excel โดยการใช้ตาราง 16
ภาพที่ 9 การจัดการข้อมูลที่ว่าง ใน excel (1) 16
ภาพที่ 10 การจัดการข้อมูลที่ว่าง ใน excel (2) 17
ภาพที่ 11 การจัดการข้อมูลด้วย การเติมแบบรวดเร็ว (flash fill) 17
ภาพที่ 12 การจัดการข้อมูล Excel ด้วย pivot table (1) 18
ภาพที่ 13 การจัดการข้อมูล Excel ด้วย pivot table (2) 18
ภาพที่ 14 การแปลงไฟล์ text ให้เป็นไฟล์ .net 20
ภาพที่ 15 การแจ้งเตือนการเกิด loop 20
ภาพที่ 16 การตั้งค่าเพื่อให้ TEXT2PAJEK ยอมรับการเกิด loop 21
ภาพที่ 17 หน้าเรียกใช้งานซอฟท์แวร์ PAJEK 22
ภาพที่ 18 หน้าต่าง report ซอฟท์แวร์ PAJEK 22
ภาพที่ 19 หน้าต่างแสดงข้อมูลเบื้องต้นของเครือข่าย 23
ภาพที่ 20 การวาดกราฟด้วย layout circular 23
ภาพที่ 21 การวาดกราฟด้วย layout Kamada-Kawai 24
ภาพที่ 22 หน้าคำสั่งในการวิเคราะห์พารามิเตอร์เครือข่าย 25
ภาพที่ 23 การวาดกราฟร่วมกับ partition 25
ภาพที่ 24 การวาดกราฟร่วมกับ partition และ vector 26
ภาพที่ 25 หน้าจอหลักการทำงานของ R studio 28
ภาพที่ 26 การ plot กราฟจาก igraph โดยยังไม่ปรับแต่งค่าใดๆ 29
ภาพที่ 27การ plot กราฟจาก igraph ที่ผ่านการนำ loop ออก 30
ภาพที่ 28 การ plot กราฟจาก igraph แบบกำหนดสี (2mode) 30
ภาพที่ 29 การ plot กราฟจาก igraph ที่ผ่านการปรับแต่งค่าแล้ว 31
ภาพที่ 30 การ plot กราฟจาก igraph ที่ผ่านการปรับแต่งค่าตามขนาดของ node และ link (2) 32
ภาพที่ 31 การ plot กราฟจาก igraph กำหนดสีและขนาดของ node ตามค่า Hub และ Authority 33

1. บทนำ

ระบบฐานข้อมูลการเคลื่อนย้ายสัตว์หรือซากสัตว์ e-Movement เริ่มมีการพัฒนาในปี 2549 และมีการใช้งานอย่างเต็มรูปแบบ ในปี 2552 ปัจจุบันมีการใช้งานเฉพาะการออกใบอนุญาตเคลื่อนย้ายซากสัตว์และสัตว์มีชีวิตเพื่อไปท้องที่ต่างจังหวัด (ร.4) ประมาณ 10 ล้านฉบับ โดยในข้อมูลการออกใบอนุญาตจะมีการระบุหน่วยงานผู้ออกใบอนุญาต ต้นทาง ปลายทาง เจ้าของสัตว์ ยานพาหนะ ชนิดสัตว์และซากสัตว์ จำนวน และวัตถุประสงค์ ซึ่งข้อมูลจากฐานข้อมูลสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ในหลายรูปแบบ เช่น การวิเคราะห์พื้นฐานโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) การวิเคราะห์อนุกรมเวลาและการพยากรณ์ (Time series analysis and forecast) การวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้าย (Movement pattern and network analysis) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ (GIS) แต่อย่างไรก็ตามการนำข้อมูลจากฐานข้อมูล e-Movement มาใช้ในการวิเคราะห์ในทางสถิติดังที่กล่าวมายังมีการนำมาใช้งานค่อนข้างน้อย เนื่องจากการที่ฐานข้อมูล e-Movement มีโครงสร้างขนาดใหญ่ (Big Data) ทำให้การสกัดข้อมูลจากระบบทำได้ค่อนข้างยาก รวมถึงลักษณะของข้อมูลมีความซับซ้อนยากต่อการนำเสนอ ประกอบกับซอฟท์แวร์ที่มีในท้องตลาด เช่น SPSS UCINET มีค่าลิขสิทธิ์ค่อนข้างสูง ทำให้การใช้งานในการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวภายในกรมปศุสัตว์ไม่ค่อยมีการแพร่หลาย ดังนั้นการใช้ซอฟท์แวร์ประยุกต์ที่ไม่มีค่าลิขสิทธิ์ (Freeware) เช่น R หรือ PAJEK จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งนี้การใช้ซอฟท์แวร์ดังกล่าว มีภาษาการเรียกใช้และการนำเข้าข้อมูลที่จำเพาะเจาะจง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีคู่มือการเตรียมหรือแปลงข้อมูลและการใช้งานเบื้องต้นเพื่อให้ผู้ใช้งานฐานข้อมูล e-Movement นำข้อมูลที่มีอยู่ในระบบ ไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อวางแผนในการปฏิบัติงาน หรือนำ ไปประยุกต์ใช้ในทางระบาดวิทยาได้

วัตถุประสงค์หลักของการจัดทำคู่มือนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นคู่มือในการจัดเตรียมและดัดแปลงข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล e-Movement มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก เพื่อใช้เป็นคู่มือในการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และการวิเคราะห์เครือข่ายโดยเลือกใช้ซอฟท์แวร์ PAJEK และ R

2. ความเป็นมา หลักการ และทฤษฎี ในการวิเคราะห์เครือข่าย

2.1. ความเป็นมา และวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์เครือข่าย

ปัจจุบันการวิเคราะห์เครือข่าย เป็นการศึกษาที่มีการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายในหลายวงการ เช่น สังคมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ระบาดวิทยา การตลาด ฯลฯ ๆ โดยต้นกำเนิดของการวิเคราะห์เครือข่าย เริ่มมาจากการศึกษาการเชื่อมโยงทางสังคม หรือเรียกอีกอย่างว่า Social network analysis และได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในอีกหลายสาขา โดยปัจจุบันเครือข่ายทางสังคมที่กำลังเป็นที่นิยมในการศึกษาและสามารถนำเสนอให้เห็นภาพชัดเจน เช่น เว็บไซต์ (World wide web) Facebook Twitter Linkedin ฯลฯ ซึ่งเป็นเครือข่ายที่เกิดจากการเชื่อมโยงกันทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น Facebook เป็นเครือข่ายระหว่างบุคคล เชื่อมโยงโดยการเป็นเพื่อน หรือ เว็บไซต์ที่เป็นเครือข่ายระหว่างเว็บเพจ เชื่อมโยงกันด้วยลิงก์ ซึ่งเครือข่ายดังที่กล่าวมาเป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ ที่มีการใช้งานจริง และมีแนวโน้มที่จะขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้วัตถุประสงค์ ของการวิเคราะห์เครือข่ายคือ การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง node การหาลักษณะการจับกลุ่มของ node การหา node ที่มีบทบาทและมีความสำคัญ การอธิบายเครือข่ายในภาพรวม โดยการใช้กราฟเป็นเครื่องมือหลักในการนำเสนอและวิเคราะห์

2.2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เครือข่าย

โดยทั่วไปแล้ว เครือข่ายหมายถึง การสร้างกราฟขึ้นมาเพื่อนำเสนอให้เห็นเป็นภาพ โดยการสร้างกราฟ จะเป็นการสร้างขึ้นมาตามทฤษฎีของกราฟ ซึ่งให้นิยามไว้ว่า กราฟ (G) เกิดจากองค์ประกอบ สองส่วน

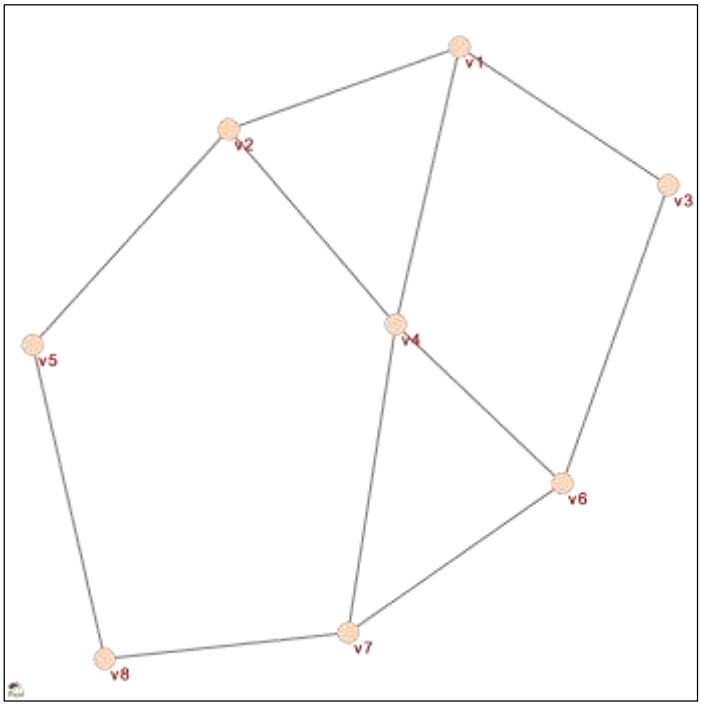
ได้แก่ เซตจำกัดของจุด (V) จำนวน x จุด และ เซตจำกัดของเส้น (E) จำนวน y เส้นสามารถแสดงเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$G = \{V, E\}$$

ตัวอย่างสมการในการสร้างกราฟจำนวน node =8 จำนวน link=11 ดังภาพที่ 1

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, \}$$

$$E = \begin{Bmatrix} \{v_1, v_2\}, \{v_1, v_3\}, \{v_1, v_4\}, \{v_2, v_4\}, \{v_2, v_5\}, \{v_3, v_6\}, \\ \{v_4, v_6\}, \{v_4, v_7\}, \{v_5, v_8\}, \{v_6, v_7\}, \{v_7, v_8\} \end{Bmatrix}$$



ภาพที่ 1 ตัวอย่างกราฟสร้างจากซอฟท์แวร์ PAJEK

จากทฤษฎีของกราฟดังที่กล่าวมาสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เครือข่ายได้โดยจะแบ่งส่วนที่สนใจในการศึกษาเป็น 2 ส่วน ได้แก่

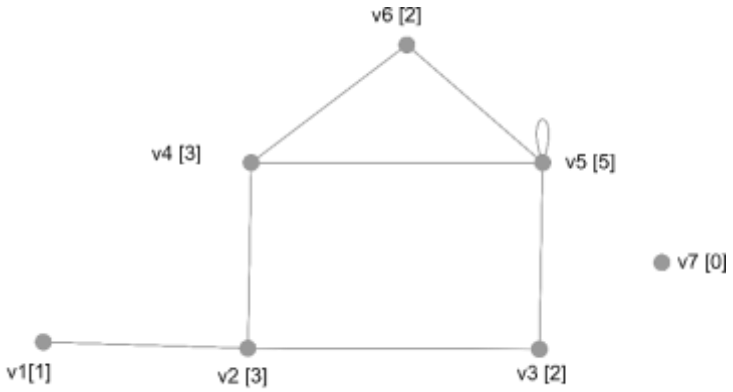
ส่วนที่ 1 ผู้มีบทบาท (Actor หรือ node หรือ vertex หรือ V) ซึ่งเป็นส่วนหลักของกราฟ และจะเป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อค่าพารามิเตอร์เครือข่าย โดยการศึกษาส่วนมากเป็นการจำแนกคุณลักษณะของ node ตามค่าต่าง ๆ เช่น ความเป็นศูนย์กลาง ความเป็นทางผ่าน ฯลฯ

ส่วนที่ 2 ความสัมพันธ์ (link หรือ tie หรือ Edge หรือ E) จะมี 2 รูปแบบคือ ชนิดที่มีทิศทาง (Directed) คือการที่สามารถระบุต้นทาง ปลายทางได้ และอีกแบบหนึ่งคือชนิดที่ไม่มีทิศทาง (Undirected) ไม่สามารถระบุต้นทาง ปลายทางได้ โดยค่าของ link ที่สำคัญคือจำนวนเส้นที่เชื่อมระหว่างคู่ใด ๆ ของ node หรือเรียกว่า Degree ซึ่งจะเป็นค่าพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณคุณลักษณะของ node

3. ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เครือข่าย

- **ค่า Degree** จะเป็นค่าตั้งต้นหลักในการคำนวณพารามิเตอร์เครือข่าย ซึ่ง หมายถึง จำนวนเส้นเชื่อมระหว่าง คู่ใด ๆ ของ node หรือ อาจจะหมายถึง จำนวนครั้ง ของเส้นเชื่อมที่เกิดขึ้นระหว่าง node โดย

จะมีลักษณะการจับกันเป็นคู่ประชิดระหว่าง node (adjacent node) ดังแสดงในภาพที่ 2 จะพบว่าเครือข่ายมีเส้นเชื่อมเกิดขึ้นทั้งหมด 8 เส้น และมีค่า degree รวมทั้งหมดในเครือข่ายเท่ากับ 16 เนื่องจาก v_5 มีลักษณะของการเกิด loop ขึ้นทำให้มีค่า degree ที่เกิดจาก loop เท่ากับ 2 และ ค่า degree ที่เกิดจากการเชื่อม node อื่น ๆ เท่ากับ 3 รวมค่า degree ทั้งหมด ของ v_5 เท่ากับ 5 นอกจากนี้ v_7 มีค่า degree เท่ากับ 0 แสดงว่า เป็น isolator node แต่อย่างไรก็การที่มี loop เกิดขึ้นจะทำให้เกิดความ คลาดเคลื่อนในการคำนวณค่าอื่น ๆ จึงเป็นเงื่อนไขในการคำนวณค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่ห้ามไม่ให้มี loop เกิดขึ้นในเครือข่ายที่ทำการศึกษา นอกจากนี้ในเครือข่าย ชนิดมีทิศทาง จะสามารถแบ่ง Degree ออกเป็น 2 แบบได้แก่ in-degree และ out degree ตามทิศทางของเส้นนั้น ๆ



ภาพที่ 2 แสดงถึงการนับจำนวน Degree

* ตัวเลขในเครื่องหมาย [ ] แสดงถึง ค่า degree ของ node นั้น ๆ

- **ค่า Network Densities** เป็น การวัดความเชื่อมโยงเครือข่าย โดยจะวัดจาก สัดส่วนระหว่างจำนวนเส้นเชื่อมทั้งหมด กับ จำนวน node ทั้งหมดสามารถคำนวณได้ 2 รูปแบบ ตามชนิดของเครือข่าย ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นของเครือข่ายชนิดไม่มีทิศทาง} = \frac{2e}{n(n-1)}$$

$$\text{ความหนาแน่นของเครือข่ายชนิดมีทิศทาง} = \frac{e}{n(n-1)}$$

โดยที่ e หมายถึง จำนวนเส้นเชื่อมที่เกิดขึ้นจริงทั้งหมดในเครือข่ายและ n หมายถึง จำนวน node ทั้งหมดในเครือข่าย

- **ค่า Network centralization** เป็นการวัดความสำคัญของ node ซึ่งมีหลายค่าด้วยกัน โดยในคู่มือฉบับนี้จะไม่ขอกล่าวถึงวิธีการคำนวณ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ซับซ้อนและเป็นอัลกอริธึมทางคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดของค่าที่ใช้งานบ่อย ๆ ดังนี้

1) Betweenness centralization เป็นการวัด ค่าความเป็นศูนย์กลางวัดจากการใช้เป็นทางผ่าน โดยใช้ค่าสัดส่วน geodesic distance ระหว่างคู่ของ $node_x$ และ $node_y$ ที่มีการผ่าน $node_i$ ต่อ geodesic distance ทั้งหมดของเครือข่าย
2) Closeness centralization เป็นการวัด ค่าความเป็นศูนย์กลางวัดจากความใกล้ชิด โดยใช้ค่า normalize ของ geodesic distance ระหว่าง node ใด ๆ ในเครือข่าย

3) In degree centralization เป็นการวัด ค่าความเป็นศูนย์กลางวัดจากจำนวนเส้นเชื่อมในทิศทางขาเข้า โดยใช้ค่าสัดส่วนของเส้นเชื่อมในทิศทางขาเข้าทั้งหมดของ node ต่อ จำนวนสูงสุดของเส้นเชื่อมที่ node จะมีได้ (จำนวน node ทั้งหมดในเครือข่าย-1)
4) Out degree centralization ค่าความเป็นศูนย์กลางวัดจากจำนวนเส้นเชื่อมในทิศทางขาออก โดยใช้ค่าสัดส่วนของเส้นเชื่อมในทิศทางขาออกทั้งหมดของ node ต่อ จำนวนสูงสุดของเส้นเชื่อมที่ node จะมีได้ เป็นการวัด (จำนวน node ทั้งหมดในเครือข่าย-1)

- **ค่าพารามิเตอร์เครือข่ายอื่น ๆที่นิยมใช้**

1) Diameter หมายถึง เส้นผ่าน ศูนย์กลางเครือข่าย วัดจาก วิถี หรือ Path length ที่ยาวที่สุดของเครือข่าย
2) K-core หมายถึง องค์ประกอบย่อยของเครือข่ายที่ node ในองค์ประกอบนั้นมีการเชื่อมโยงกับ node อย่างน้อย k node (Maximal k-core หมายถึง k-core ที่มีการเชื่อมโยงกันสูงสุด)
3) Path length หมายถึง วิถี หรือ จำนวนลำดับเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่าง node
4) Strong connect component หมายถึง องค์ประกอบย่อยของเครือข่ายชนิดมีทิศทาง ที่ระหว่างทุก ๆคู่ของ node ในองค์ประกอบนั้น สามารถไปหากันได้ ทั้งไปและกลับ หรือ path จากแต่ละจุดในกราฟ ไปยังทุกจุดอื่น ๆ เช่น ถ้ามี วิถีจาก $node_x$ ไป $node_y$ แล้วก็จะต้องมีวิถีจาก $node_y$ กลับมา $node_x$ ด้วยเช่นกัน
5) Transitivity หรือ Clustering coefficient เป็นการวัดความแน่นของการเชื่อมโยง ซึ่งหมายถึง สัดส่วนของการเชื่อมโยงระหว่าง node ข้างเคียงกับ degree ของ node นั้น ๆ

4. ขั้นตอนในการศึกษาและการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เครือข่าย

4.1. การกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา

ควรกำหนดให้ชัดเจน ทั้งในด้านเวลา และสถานที่ ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ของเด็กนักเรียนภายในห้องเรียน ก. เพื่อหาความเสี่ยงต่อการสัมผัสโรคไข้หวัดใหญ่ในสัปดาห์แรกของการเปิดเรียน การวิเคราะห์การไปมาระหว่างฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม ในตำบล ก. เพื่อหาความเสี่ยงต่อการระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อยในเดือนมกราคม 2560 ซึ่งจะทำให้การศึกษาเครือข่ายสะท้อนปัญหาและสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้

4.2. กำหนดนิยามหน่วยย่อย (Unit of interest)

จะเป็นจุดสำคัญของการวิเคราะห์เครือข่ายคือการ ซึ่งหน่วยย่อยที่จะทำการวิเคราะห์เครือข่าย มี 2 ส่วนได้แก่

1) นิยามของ Node ควรเลือกหน่วยย่อยที่มีลักษณะเดียวกัน และอยู่ในขอบเขตที่กำหนด และกำหนดนิยามให้ชัดเจน เช่น นักเรียนในห้องเรียนเดียวกัน เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน ฯ ล ฯ ทั้งนี้ในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เครือข่ายควรเก็บข้อมูลที่เป็นคุณลักษณะของ node (node attribute) ด้วย เช่น อายุของเด็กนักเรียน เพศของเด็กนักเรียน จำนวนแม่รีดของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม รายได้ของเกษตรกร ประวัติการป่วยเป็นโรคปากและเท้าเปื่อย ฯลฯ แต่อย่างไรก็ตามสามารถเลือก node ที่มีความแตกต่างกันได้แต่จะมีการวิเคราะห์ที่ซับซ้อนขึ้นและอธิบายได้ยาก โดยทั่วไปจะไม่ให้มี node เกิน 2 ประเภท (2 mode network) ซึ่งในคู่มือฉบับนี้จะไม่กล่าวถึงการวิเคราะห์เครือข่ายดังกล่าว

2) นิยามการเกิดของ Link จะเป็นการกำหนดนิยามโดยอาศัยวัตถุประสงค์เป็นหลัก เช่น การเอาปัจจัยเสี่ยงที่อาจทำให้เกิดโรคมาใช้เป็นนิยาม เช่น การเล่นด้วยกันระหว่างเด็ก การใช้สิ่งของร่วมกัน การไปมาระหว่างฟาร์ม ฯลฯ

4.3. การเก็บข้อมูล

โดยทั่วไปในการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เครือข่าย จะเป็นการทำแบบสอบถาม หรือ ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล ส่วนมากจะเป็นการสุ่มตัวอย่างจากประชากรที่สนใจ และเป็นไปตามนิยามที่กำหนด โดยมีตัวอย่างการกำหนดนิยามและรูปแบบการเก็บข้อมูลตามตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างที่ 1 การเก็บข้อมูลเครือข่ายการไปมาระหว่างฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมเพื่อหาความเสี่ยงต่อการระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อย ในพื้นที่ตำบล ก. ระหว่างวันที่ 1-31 มกราคม 2560 (ภาพที่ 3)

นิยามของ Node = ฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในพื้นที่ตำบล ก.

คุณลักษณะของ Node = อายุ เพศ การศึกษา จำนวนแม่รีด ประวัติการเป็นโรค FMD (ตารางที่ 1)

การเกิด Link= การไปมาระหว่างฟาร์มสามารถเก็บข้อมูลได้ 2 แบบได้แก่ แบบ Matrix (ตารางที่ 2) และ แบบ list (ตารางที่ 3)

Node_ID	อายุ	เพศ	การศึกษา	จำนวนแม่รีด	ประวัติการเป็นโรค FMD
ฟาร์ม A	25 (1)	M (1)	Low (1)	13	Y (1)
ฟาร์ม B	32 (2)	F (2)	Medium (2)	10	N (2)
ฟาร์ม C	33 (2)	F (2)	High (3)	15	Y (1)
ฟาร์ม D	50 (4)	M (1)	Low (1)	14	Y (1)
ฟาร์ม E	55 (4)	M (1)	Medium	12	Y (1)
ฟาร์ม F	46 (3)	M (1)	High (3)	10	Y (1)
ฟาร์ม G	23 (1)	F (2)	Low (1)	9	N (2)

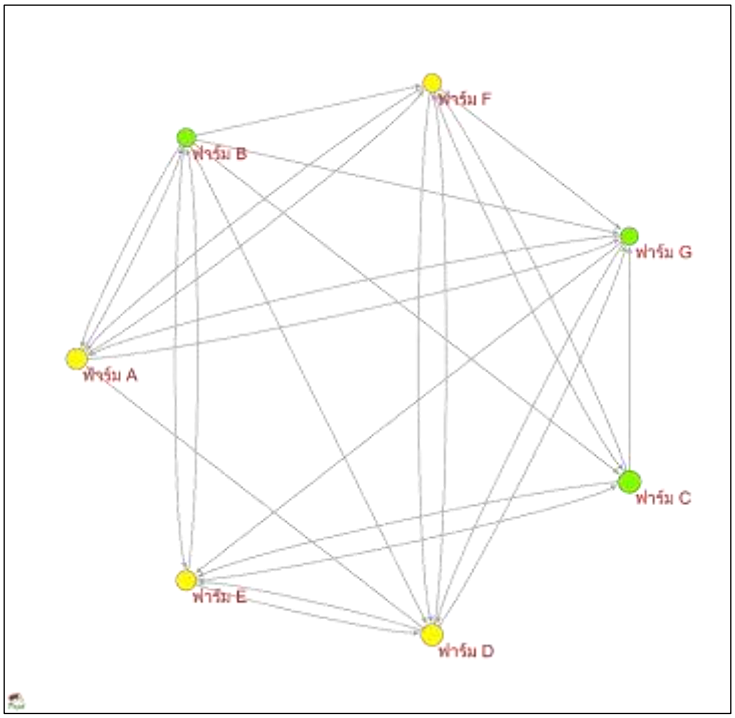
ตารางที่ 1 การเก็บข้อมูลคุณลักษณะเฉพาะของ Node

	ฟาร์ม A	ฟาร์ม B	ฟาร์ม C	ฟาร์ม D	ฟาร์ม E	ฟาร์ม F	ฟาร์ม G
ฟาร์ม A		1	0	0	0	1	1
ฟาร์ม B	1		1	1	1	1	1
ฟาร์ม C	0	0		0	1	1	1
ฟาร์ม D	1	0	0		1	1	1
ฟาร์ม E	0	1	1	1		0	0
ฟาร์ม F	1	0	1	1	0		1
ฟาร์ม G	1	0	0	1	1	0	

ตารางที่ 2 การเก็บข้อมูลในรูปแบบ Matrix

ต้นทาง	ปลายทาง	การไปมา
ฟาร์ม A	ฟาร์ม C	0
ฟาร์ม A	ฟาร์ม D	0
ฟาร์ม A	ฟาร์ม E	0
ฟาร์ม A	ฟาร์ม F	1
ฟาร์ม A	ฟาร์ม G	1
ฟาร์ม B	ฟาร์ม A	1
ฟาร์ม B	ฟาร์ม C	1
...	...	...

ตารางที่ 3 การเก็บข้อมูลใรูปแบบ List



ภาพที่ 3 ตัวอย่างเครือข่ายการไปมาระหว่างฟาร์มโคนมจำแนกตามเพศเจ้าของฟาร์ม

ตัวอย่างที่ 2 การเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาเครือข่ายเคลื่อนย้ายสัตว์มักจะหมายถึง ต้นทาง ปลายทาง ทั้งนี้อาจจะกำหนดนิยามเป็นระดับต่าง ๆ ได้ เช่น เป็น ตำบล อำเภอ จังหวัด ฟาร์ม หรือ โรงฆ่า ฯลฯ ก็ได้ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษานั้น ๆ ในคู่มือฉบับนี้จะขอใช้ คำว่า node เป็นหลัก โดยจะกำหนดให้จังหวัดเป็นผู้มีบทบาทในการเคลื่อนย้ายสัตว์ ส่วนที่ 2 ความสัมพันธ์ (Link หรือ edge) จะเป็นส่วนที่เชื่อมระหว่าง node โดยอาจจะกำหนดนิยามความสัมพันธ์ เช่น การมีการขนส่งสัตว์ระหว่างจังหวัด หรือ การออกใบอนุญาต ร.4 ซึ่ง ในคู่มือฉบับนี้ จะใช้ข้อมูลการเคลื่อนย้าย กระบือ จากระบบ e -Movement ระหว่างวันที่ 1 มกราคม-31 กรกฎาคม 2560 มาใช้เป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ และกำหนดนิยามให้ node เป็นจังหวัด และ link เป็นการเคลื่อนย้ายโค กระบือ ระหว่างจังหวัด

5. การสืบค้นข้อมูลระบบ e-Movement และการจัดการข้อมูลเบื้องต้นด้วย Excel

ระบบการเคลื่อนย้ายสัตว์และซากสัตว์ผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือ ระบบ e-Movement มีวัตถุประสงค์เพื่อให้บริการประชาชนและผู้ประกอบการ ในการออกใบอนุญาตเคลื่อนย้ายสัตว์ และซากสัตว์ทั้งการนำเข้า นำออก นำผ่าน รวมไปถึงการเคลื่อนย้ายภายในประเทศ ซึ่งได้มีการพัฒนาระบบตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 จนถึงปัจจุบัน โดยระบบ e-Movement ได้ที่มีการพัฒนามาจาก ระบบ e-Service เดิม ซึ่งระบบ e-Service ได้พัฒนา Application บนพื้นฐานของภาษา Java EJB2 struts framework โดยใช้ระบบฐานข้อมูล Oracle9i ต่อมาได้มีการปรับปรุงในปี 2556 ยกระดับเป็นระบบ e-Movement โดยพัฒนาบนพื้นฐานของภาษา Java EJB3 struts framework ระบบฐานข้อมูล Oracle 11g ซึ่งระบบดังกล่าวปัจจุบันมีข้อมูลในระบบกว่า 40 ล้านระเบียน โดยสามารถสืบค้นข้อมูลได้ย้อนหลังตั้งแต่ปี2550 เป็นต้นมา

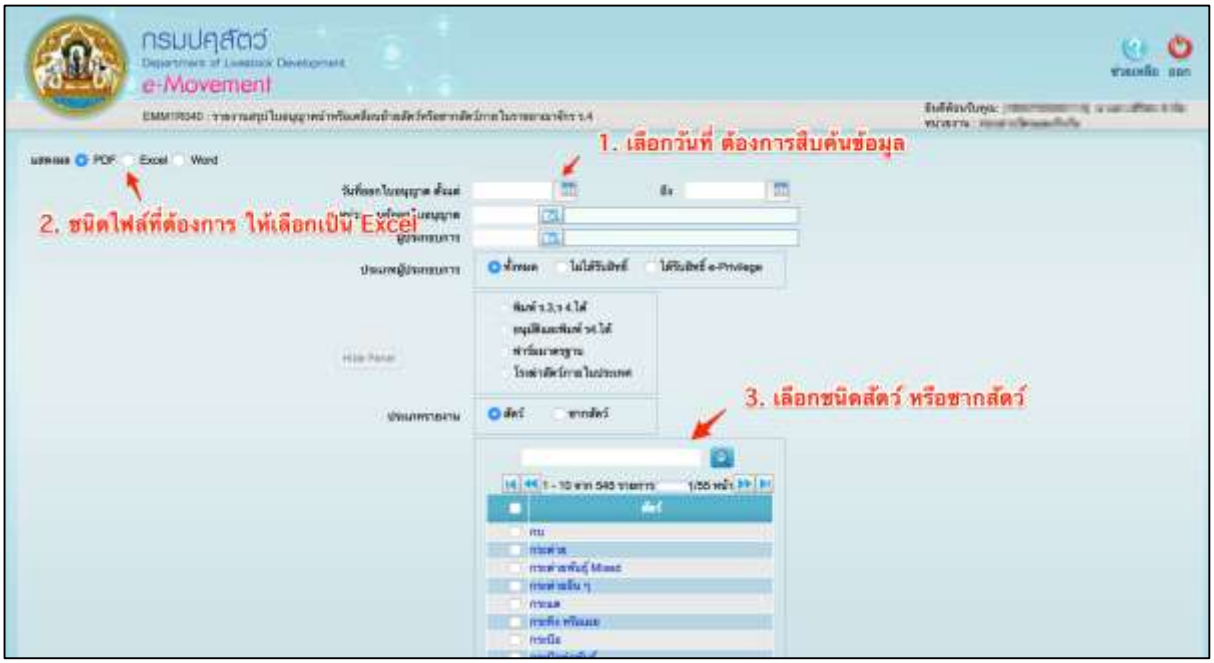
5.1. การสืบค้นข้อมูลการเคลื่อนย้ายสัตว์จากระบบฐานข้อมูล e-Movement

ลักษณะของข้อมูลที่อยู่ในระบบ e-Movement ที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์จะอยู่ในรูปแบบ excel โดยผู้อ่านสามารถสืบค้นข้อมูลโดยการล็อกอินในส่วนของเจ้าหน้าที่ และเข้าไปในส่วนของรายงาน ดังภาพที่ 4 และ ภาพที่ 5 เมื่อเข้าสู่หน้าดังกล่าวแล้ว สามารถสืบค้นข้อมูลได้โดยตามความต้องการ ซึ่งในคู่มือฉบับนี้จะขอให้สืบค้นตามลำดับขั้นตอนใน

ภาพที่ 6 ภาพที่ 7 โดยเลือกข้อมูล ระหว่างวันที่ 1 มกราคม -31 กรกฎาคม 2560 และ ระบุคำสำคัญเลือกชนิดสัตว์ “กระบือ” ทุกชนิด สถานะปกติ และ ทุกวัตถุประสงค์ โดยไฟล์ที่ได้จะเป็นไฟล์ นามสกุล .xls จากนั้นจึงจะนำไฟล์ดังกล่าวไปจัดการอีกครั้งตามข้อ5.2

ภาพที่ 4 หน้าแรกรายงานข้อมูลการเคลื่อนย้ายสัตว์ ซากสัตว์ ระบบ e-Movement

ภาพที่ 5 หน้ารายงานข้อมูลการเคลื่อนย้ายสัตว์ ซากสัตว์ (ข้ามจังหวัด แบบ ร. 4)



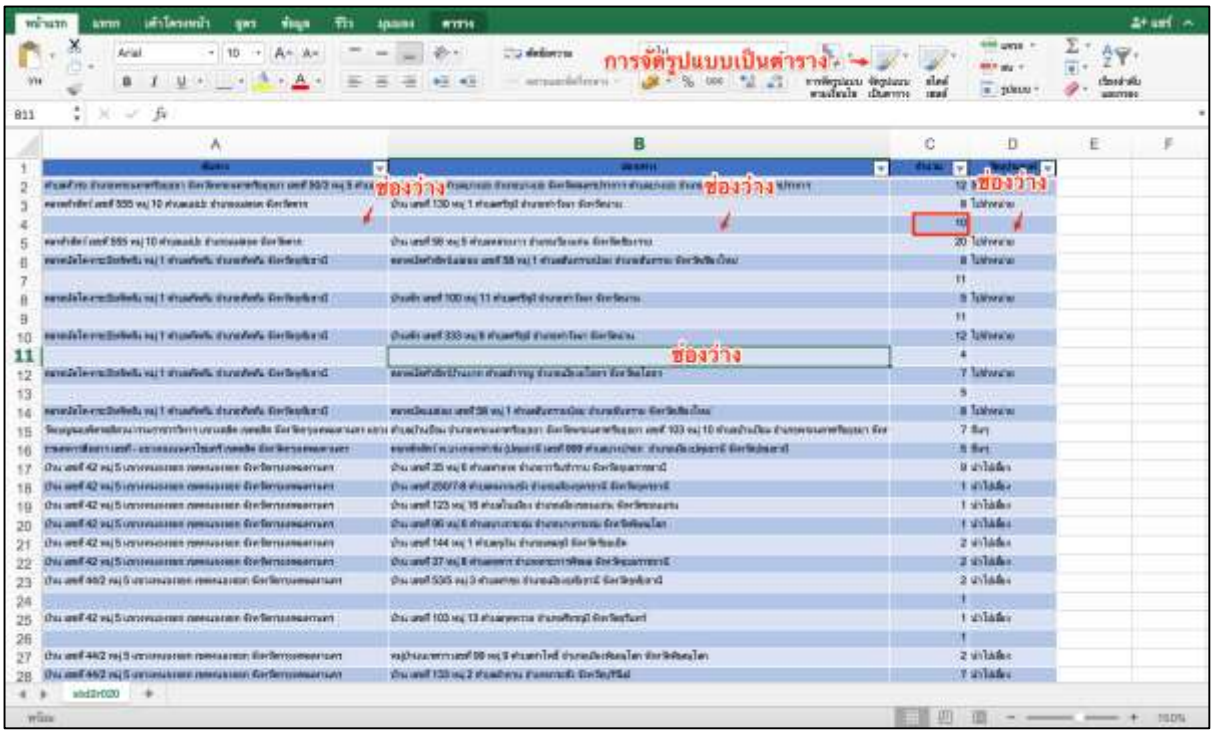
ภาพที่ 6 หน้าสืบค้นข้อมูล (1)

ภาพที่ 7 หน้าสืบค้นข้อมูล (2)

5.2. การจัดการข้อมูล และ ทำความสะอาดข้อมูล ด้วย excel

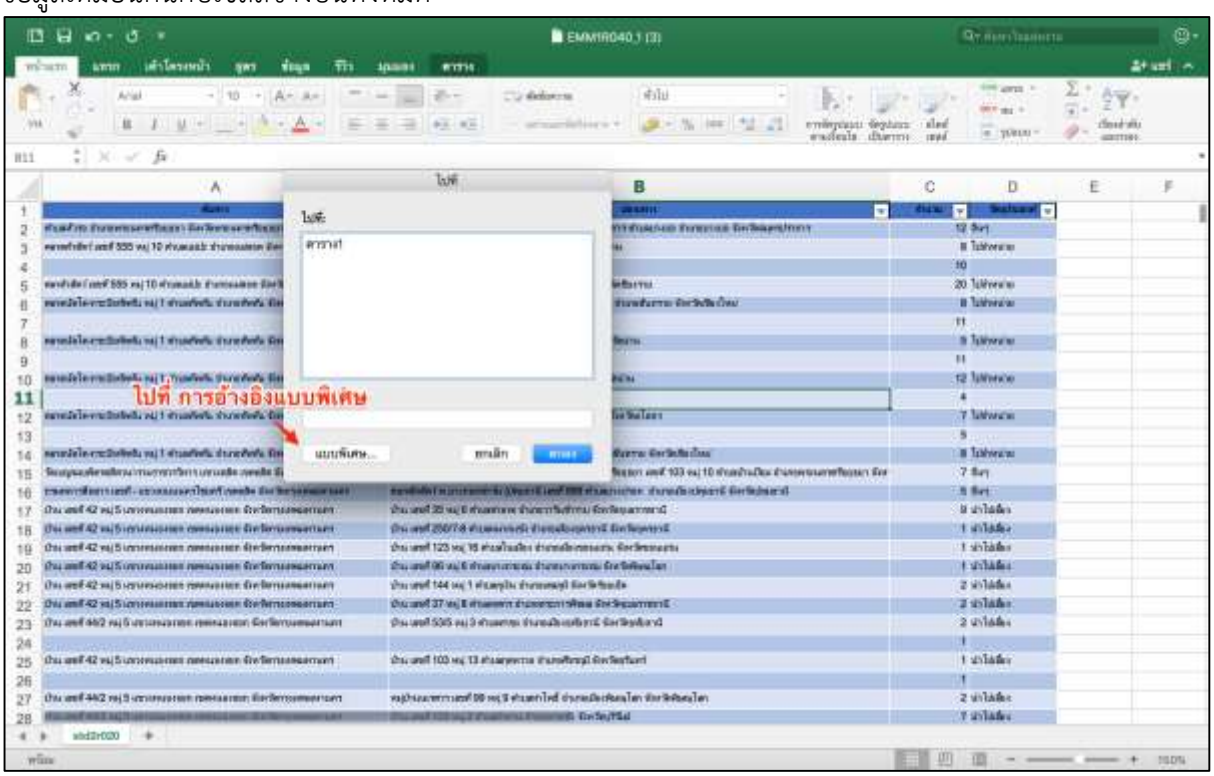
เมื่อได้ไฟล์ excel จากข้อ 5.1 แล้ว ให้ทำการเปิดไฟล์ (ขอแนะนำให้ใช้ซอฟท์แวร์ excel 2013 หรือสูงกว่า) จากนั้นให้ลบข้อมูล แถวที่ 1 2 3 4 และ 5 ออก ทำการเลือกข้อมูลทั้งหมด แล้วดำเนินการตามลำดับขั้น ดังนี้

- การจัดการข้อมูลด้วย Table เมื่อเลือกข้อมูลทั้งหมดแล้วให้เข้าไปที่ “จัดรูปแบบเป็นตาราง” หรือกด ctrl + T แล้วเลือกรูปแบบตามที่ต้องการ จากนั้นให้ทำการลบคอลัมน์ ออกให้เหลือ 4 คอลัมน์ได้แก่ “ต้นทาง” “ปลายทาง” “จำนวน” “วัตถุประสงค์”ผลที่ได้ดังแสดงใน ภาพที่ 8 ซึ่งจะเห็นได้ว่าบางแถวข้อมูลไม่สมบูรณ์เนื่องจาก รูปแบบรายงานจะแยกเป็นรายใบ และในแต่ละใบจะแยกเป็นรายชนิดสัตว์จึงทำให้ข้อมูลมีการเว้นว่าง เพื่อให้มีความถูกต้องของข้อมูลต้องดำเนินการในลำดับถัดไป

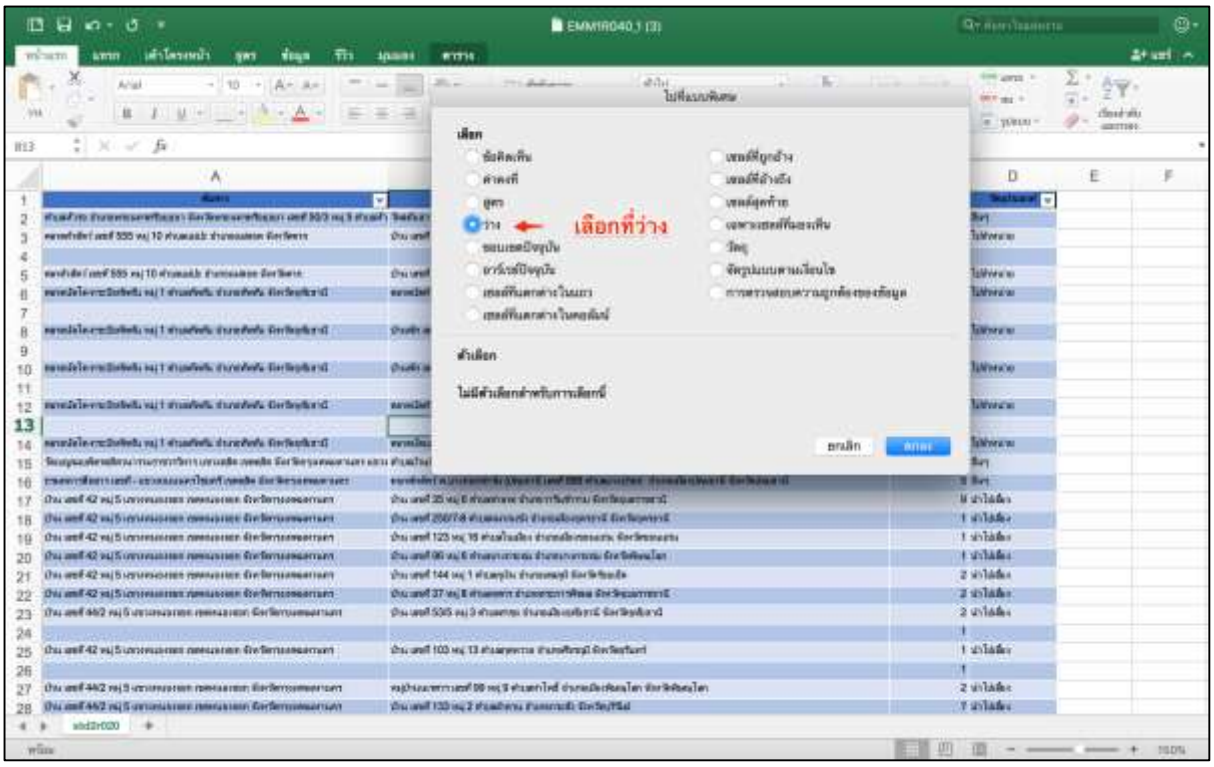


ภาพที่ 8 การจัดการข้อมูล Excel โดยการใช้ตาราง

- การจัดการข้อมูลด้วย การแทนค่าแบบพิเศษ เพื่อแก้ปัญหาช่องว่างดังที่กล่าวมา ให้ทำการเลือกข้อมูลทั้งหมด จากนั้น กด F5 จะมี pop up ให้คลิกเลือก “แบบพิเศษ” และ “ว่าง” (ภาพที่ 9และภาพที่ 10) จากนั้นให้พิมพ์ = และตามด้วยแป้นพิมพ์ ขึ้น (↑) จากนั้นกด ctrl+ enter จะเป็นการทำให้ข้อมูลในช่องว่างมีข้อมูลเหมือนกันกับเซลล์ข้างบนทั้งหมด

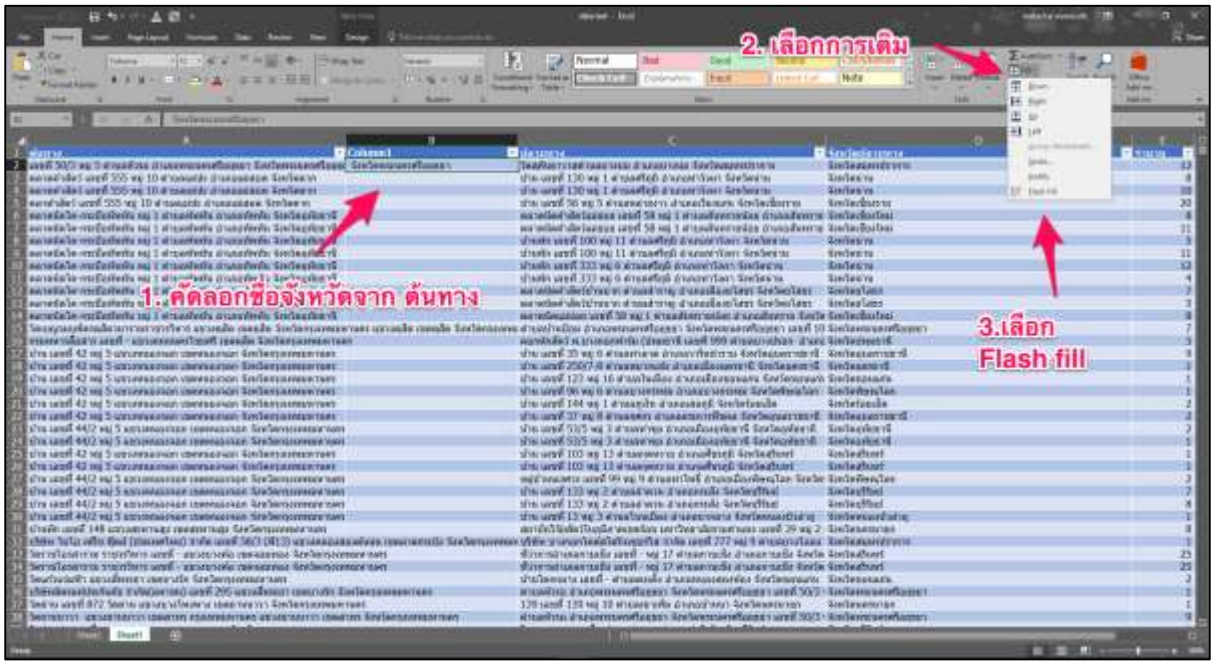


ภาพที่ 9 การจัดการข้อมูลที่ว่าง ใน excel (1)



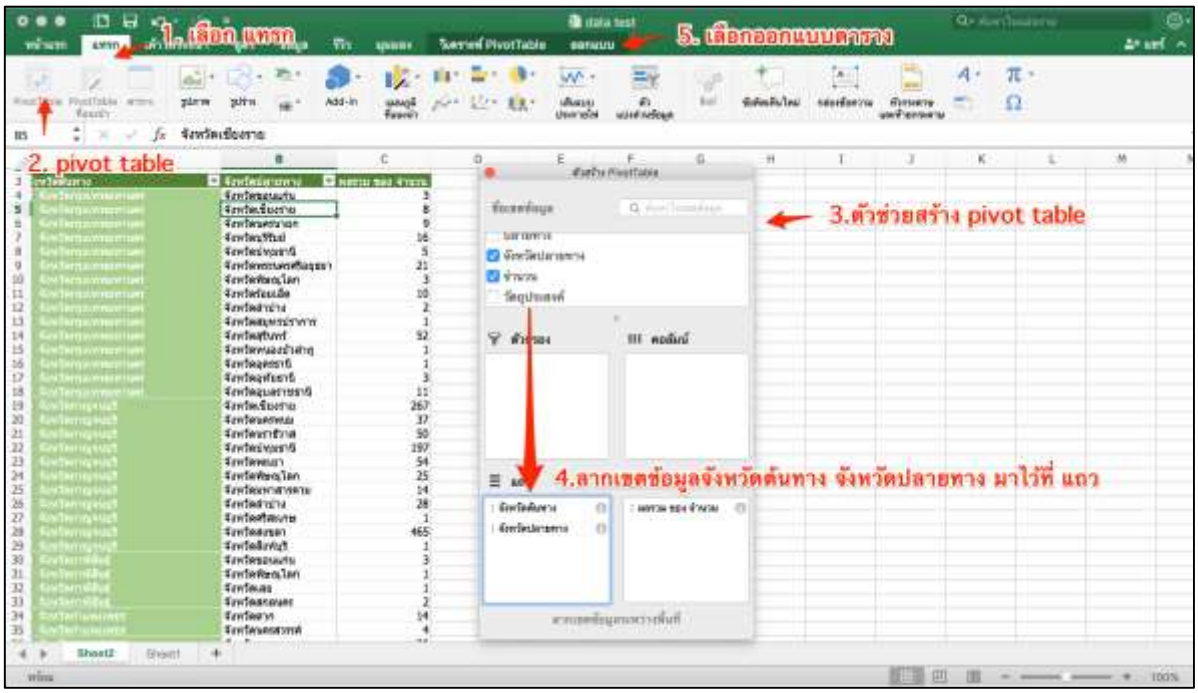
ภาพที่ 10 การจัดการข้อมูลที่ว่าง ใน excel (2)

- การจัดการข้อมูลด้วย Flash fill จากรายละเอียดคอลัมน์ต้นทาง และปลายทางจะเห็นได้ว่าข้อมูลในรายละเอียดต้นทางปลายทางยังไม่แยกออกจากกัน โดยเฉพาะในจังหวัดซึ่งเป็นจุดสนใจที่จะทำการศึกษา ทั้งนี้สามารถแก้ไขปัญหาได้โดย แทรกคอลัมน์ใหม่ทั้งต้นทางและปลายทาง ตั้งชื่อเป็น จังหวัดต้นทาง และจังหวัดปลายทาง จากนั้นคัดลอก ชื่อจังหวัดจากคอลัมน์ด้านซ้ายมาวางไว้ในคอลัมน์ที่สร้างใหม่ และเลือก คำสั่งการเติม→ การเติมแบบรวดเร็ว (flash fill) ดังแสดงใน ภาพที่ 11

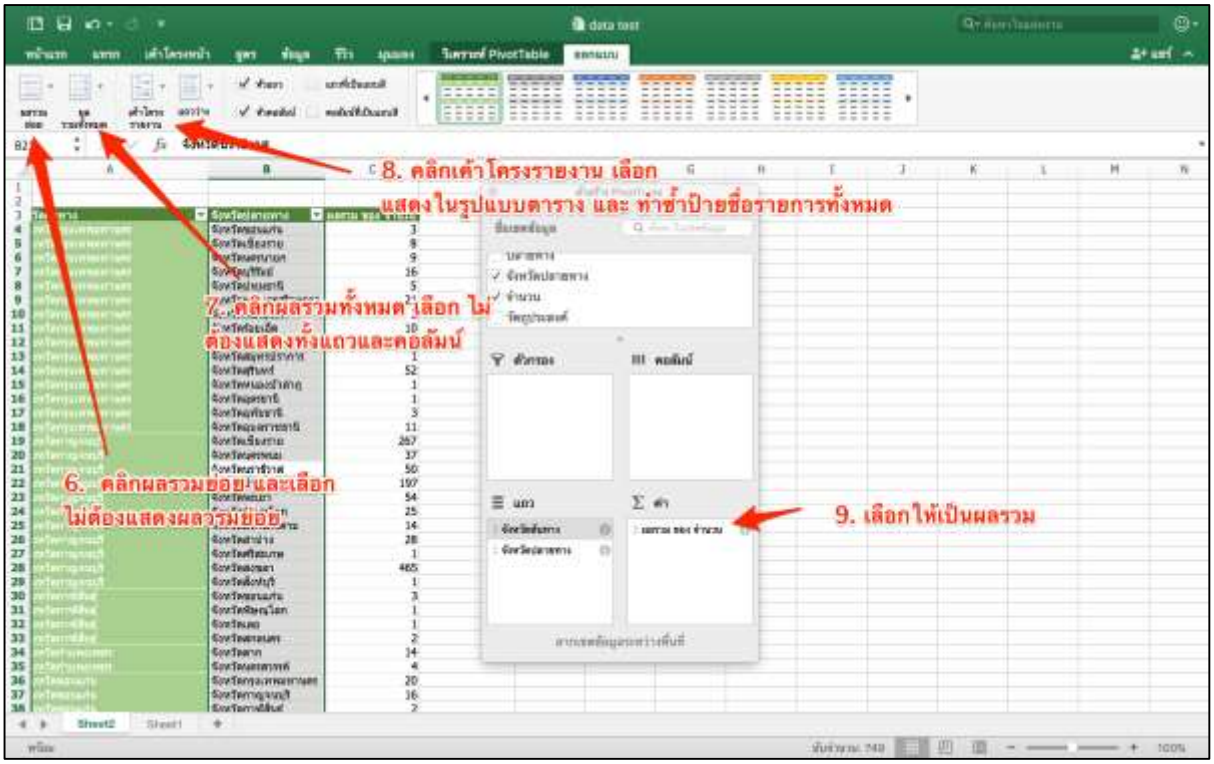


ภาพที่ 11 การจัดการข้อมูลด้วย การเติมแบบรวดเร็ว (flash fill)

- การจัดการข้อมูลด้วย Pivot table มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ข้อมูลจัดเรียงกันในลักษณะ list ลักษณะตาม ตารางที่ 3 โดยให้ทำการเลือกข้อมูลทั้งหมดและไปที่ แทรก→ Pivot table จากนั้นให้ลากข้อมูลจังหวัดต้นทาง และ จังหวัดปลายทางมา ในตัวช่วยสร้าง pivot table ดังแสดงในภาพที่ 12 และภาพที่ 13



ภาพที่ 12 การจัดการข้อมูล Excel ด้วย pivot table (1)



ภาพที่ 13 การจัดการข้อมูล Excel ด้วย pivot table (2)

- การส่งออกข้อมูลเป็นไฟล์ชนิด text (tab delimited) เนื่องจาก ซอฟท์แวร์ PAJEK ไม่สามารถอ่านไฟล์ excel ได้โดยตรง จึงจำเป็นที่จะต้องแปลงไฟล์ก่อนนำไปใช้ ทั้งนี้ซอฟท์แวร์ PAJEK และ R ยังไม่รองรับข้อมูลที่เป็นภาษาไทยทั้งหมด จึงแนะนำให้ทำการแปลงข้อมูลทั้งหมดให้เป็นภาษาอังกฤษจะทำให้สามารถทำงานได้ง่ายกว่า โดยให้คัดลอกข้อมูลที่ทำการแปลงโดย pivot table ก่อนหน้านี้ ไปวางใน sheet ใหม่ โดยก่อนวางให้คลิกขวาเลือก วางแบบพิเศษ→ค่าเท่านั้น และทำการเปลี่ยนชื่อ คอลัมน์ จากจังหวัดต้นทาง เป็น ORIGIN จังหวัดปลายทาง เป็น DESTINATION ผลรวมของจำนวน เป็น HEADS จากนั้นให้เลือก ไฟล์→บันทึกเป็น→เลือก text (tab delimited) ซึ่งไฟล์ชนิดดังกล่าวจะสามารถนำไปใช้ได้ทั้ง PAJEK และ R

6. การวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์ด้วยซอฟท์แวร์ PAJEK

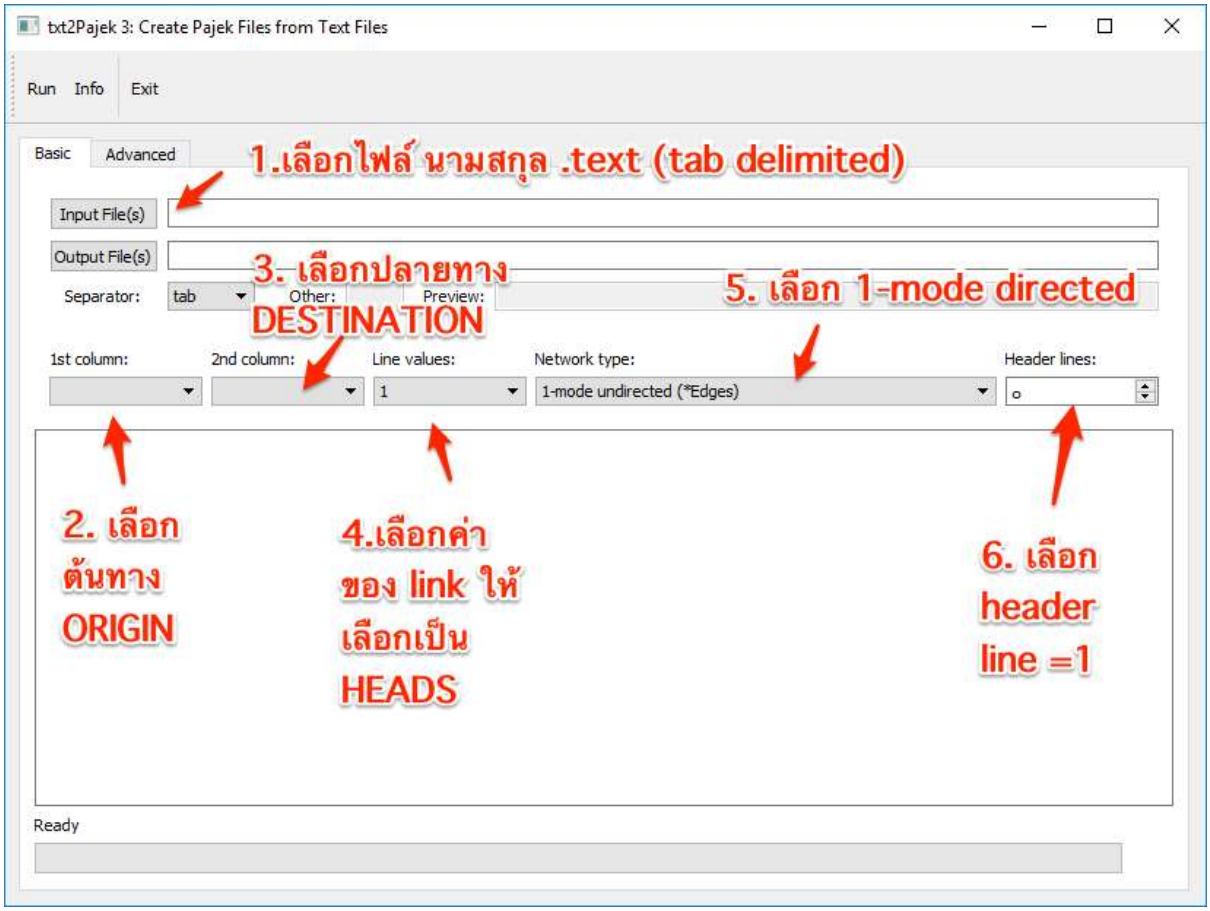
PAJEK เป็นภาษาสโลวาเนียซึ่งแปลว่า แมงมุม พัฒนาโดย Andrej Mrvar ในปี ค.ศ 1996 มีวัตถุประสงค์หลักสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างเครือข่ายทางสังคม และการนำเสนอกราฟ โดยมีจุดเด่นได้แก่ ความสามารถสำหรับการวิเคราะห์ชุดข้อมูลขนาดใหญ่ สามารถวิเคราะห์เครือข่ายที่ มี node มากกว่า 1 ล้าน node (Batagelj and Mrvar 1998) และที่สำคัญคือ เป็นซอฟท์แวร์ฟรี สามารถดาวน์โหลดได้ที่ http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pajek/ โดยปัจจุบัน (พศ. 2560) มีการพัฒนาเป็น เวอร์ชั่น 5.02 (Nooy, Mrvar et al. 2011)

6.1. การติดตั้งซอฟท์แวร์ PAJEK

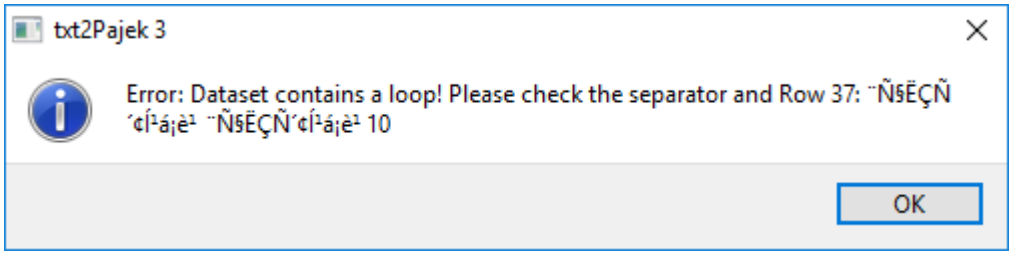
ให้ไปที่ http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pajek/ และทำการดาวน์โหลดไฟล์ ตาม bit ของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ กรณีที่เป็นระบบปฏิบัติการ window 10 ให้เลือกเป็น 64 bit และเลือกเป็น install shield wizard จากนั้นทำการติดตั้งตามที่ซอฟท์แวร์แนะนำโดยไม่ต้องตั้งค่าใดๆ โดยซอฟท์แวร์จะถูกติดตั้ง ที่ C:\Program Files (x86)\pajek

6.2. การแปลงข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในซอฟท์แวร์ PAJEK

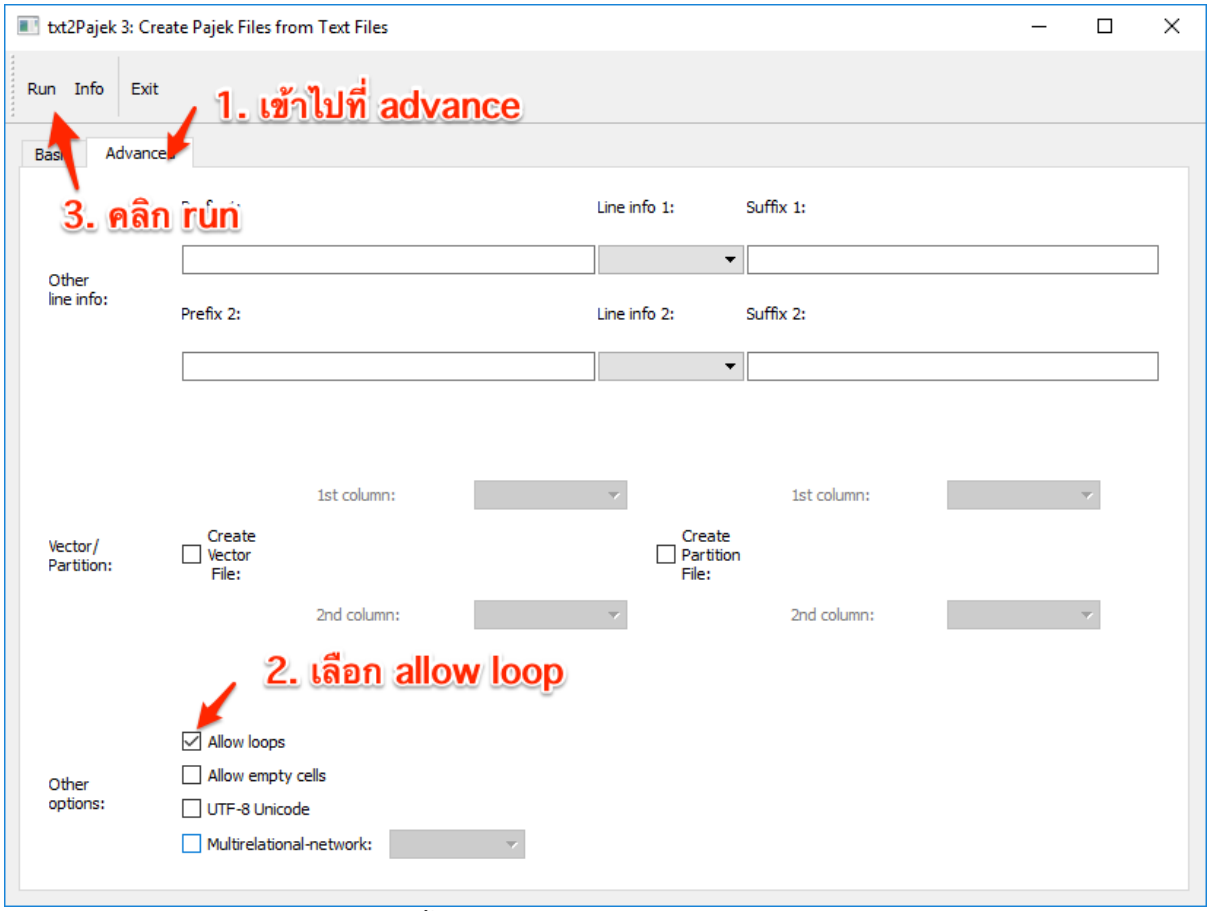
ไฟล์หลักที่จะใช้ในการวิเคราะห์เครือข่าย ใน ซอฟท์แวร์ จะเป็นไฟล์ นามสกุล .net จึงมีความจำเป็นที่จะต้องแปลงไฟลก่อน โดยให้ไปเรียกใช้ซอฟท์แวร์ ที่ C:\Program Files (x86)\ pajek\ text2pajek.exe : ซึ่งซอฟท์แวร์ TEXT2PAJEK ซึ่งมีในโฟลเดอร์ตั้งแต่ตอนติดตั้ง โดยซอฟท์แวร์นี้จะเป็นตัวช่วยสร้าง ไฟล์นามสกุล .net ให้ผู้อ่านทำการนำเข้าข้อมูล โดยเลือก Input จากข้อมูลที่เป็นtext (ข้อมูลจากข้อ 5.2) และ output ให้เป็น folder ที่ต้องการ จากนั้นให้กำหนดต้นทาง ปลายทาง ค่าของ link ชนิดของnetwork ตามลำดับขั้นตอนใน ภาพที่ 14 จากนั้นให้คลิกเลือก Run หากปรากฏข้อความตามภาพที่ 15 แสดงว่ามี loop เกิดขึ้นในเครือข่ายต้องกำหนดค่าใหม่ ตามลำดับขั้นตอนใน ภาพที่ 16



ภาพที่ 14 การแปลงไฟล์ text ให้เป็นไฟล์ .net



ภาพที่ 15 การแจ้งเตือนการเกิด loop

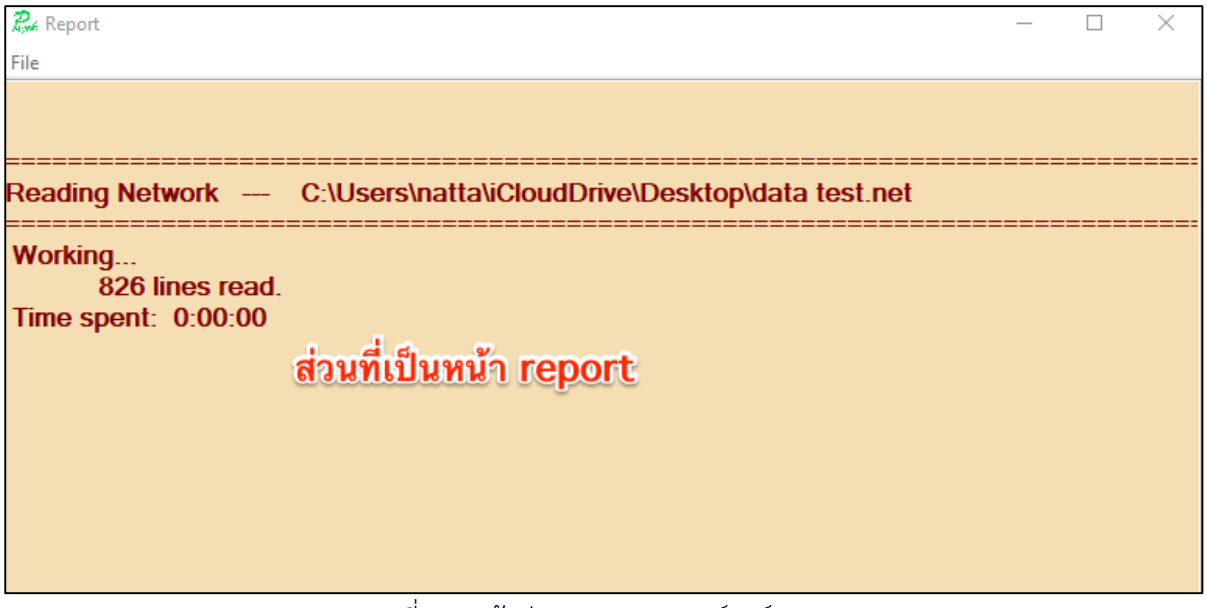


ภาพที่ 16 การตั้งค่าเพื่อให้ TEXT2PAJEK ยอมรับการเกิด loop

6.3. การใช้งานซอฟท์แวร์ PAJEK เบื้องต้น

เมื่อมี ไฟล์นามสกุล .net แล้วตามขั้นตอนในข้อ 6.2 ให้ไปที่เรียกใช้ซอฟท์แวร์ PAJEK ที่ C:\Program Files (x86)\PAJEK\PAJEK.exe จะมีหน้าต่างหลักของการเรียกใช้งาน มีส่วนประกอบ 6 ส่วนด้วยกัน ตามภาพที่ 17 โดยคู่มือนี้จะกล่าวถึงการใช้งานเบื้องต้นใน 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนที่ 1-3 เท่านั้น ให้คลิก ในส่วนที่ 1 (networks) และเลือกไฟล์นามสกุล .net จากการสร้างในข้อ 6.2 และ กด ok จะปรากฏหน้าต่าง report ขึ้นมาตามภาพที่ 18 โดยตัวเลขในวงเล็บ จะหมายถึงจำนวน node :ซึ่งในไฟล์ตัวอย่าง จะมี 75 node จากนั้นให้ไปที่ เมนู network→info→general และกด ok ข้อมูลเบื้องต้นของเครือข่ายจะแสดงในหน้าต่าง report ดังแสดงใน ภาพที่ 19 มี link ทั้งหมด 749 link ค่าเฉลี่ย degree เท่ากับ 19.97 ค่า densities เท่ากับ 0.13

ภาพที่ 17 หน้าเรียกใช้งานซอฟท์แวร์ PAJEK

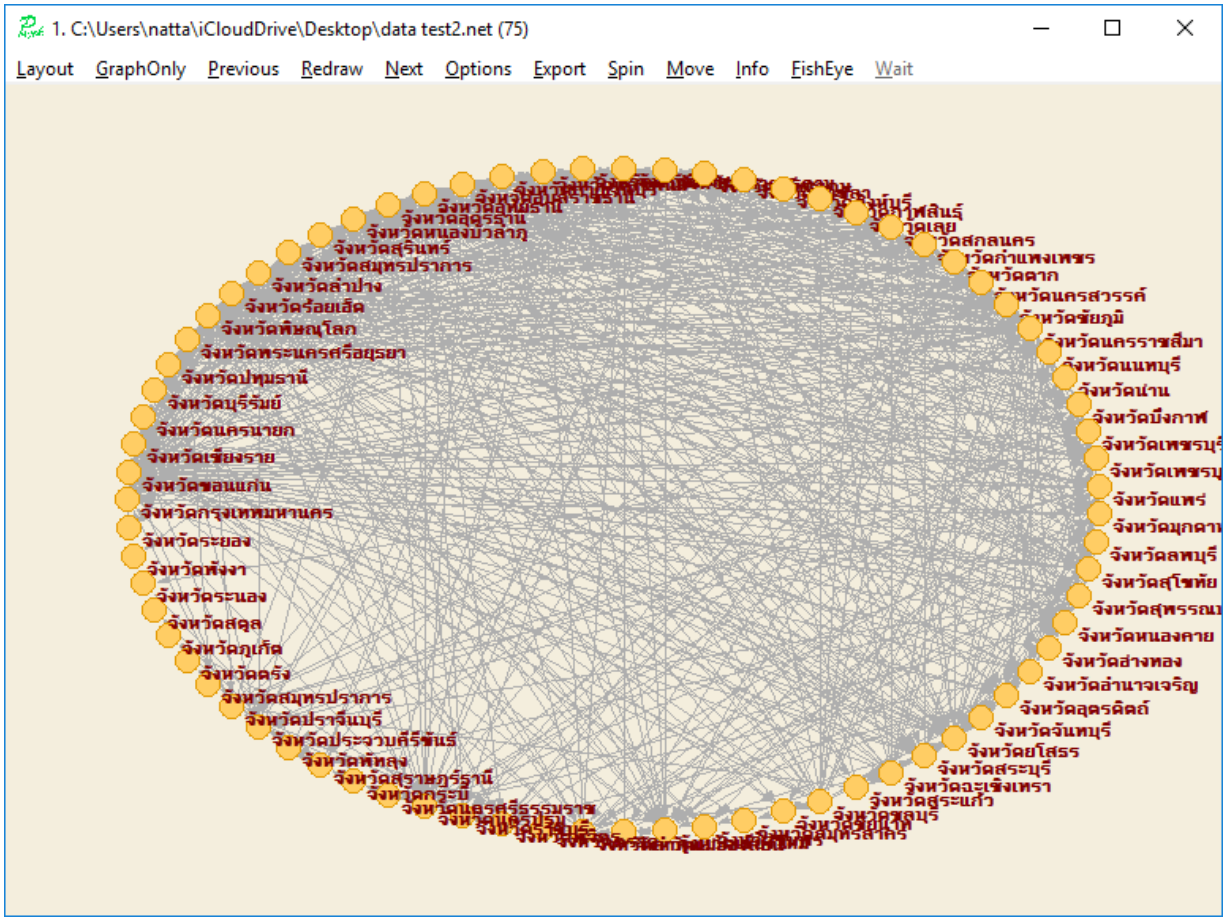


ภาพที่ 18 หน้าต่าง report ซอฟท์แวร์ PAJEK

ภาพที่ 19 หน้าต่างแสดงข้อมูลเบื้องต้นของเครือข่าย

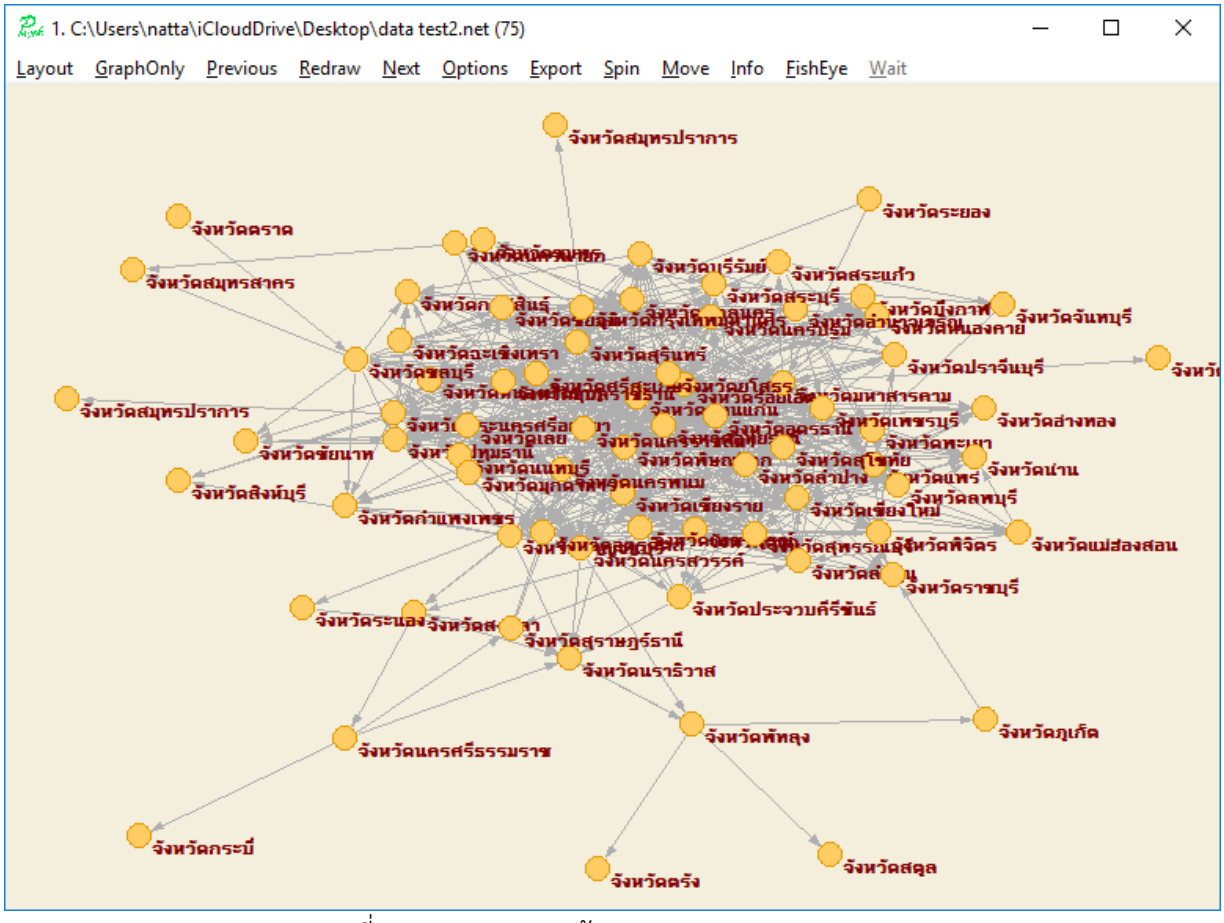
6.4. การสร้างภาพเครือข่ายด้วยซอฟท์แวร์ PAJEK

จากดังที่กล่าวมาการวิเคราะห์เครือข่ายมาจากพื้นฐานการสร้างกราฟดังนั้นการวาดกราฟจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้วิเคราะห์ข้อมูลได้ง่ายขึ้น โดยให้ไปที่เมนู draw→network จะมีหน้าต่างวาดกราฟขึ้นมาและโครงสร้างกราฟ โดยค่าตั้งต้นของการวาดกราฟจะเป็นวงกลมดังแสดงในภาพที่ 20 ซึ่งจะไม่สามารถอธิบายโครงสร้างของเครือข่ายได้ง่ายนัก จึงจำเป็นที่จำต้องใช้ อัลกอริธึมบางอย่างเพื่อให้กราฟมีความหมายมากขึ้น



ภาพที่ 20 การวาดกราฟด้วย layout circular

เพื่อให้อธิบายกราฟให้ชัดเจนมากขึ้น ให้ไปเมนูในหน้าต่างการวาด Layout→Energy→Kamada-Kawai→Separated Components ดังภาพที่ 21 ซึ่งอัลกอริธึมของ Kamada-Kawai จะเป็นการวาง node ในรูปแบบ 2 มิติ โดย node ที่มีการเชื่อมโยงหนาแน่น จะไปอยู่ในแกนกลางของเครือข่ายทำให้อธิบายภาพเครือข่ายได้ชัดเจนขึ้น และผู้อ่านสามารถนำภาพไปใช้งานได้โดย ไปที่ เมนู export และเลือกขนิดไฟล์ตามที่ต้องการ



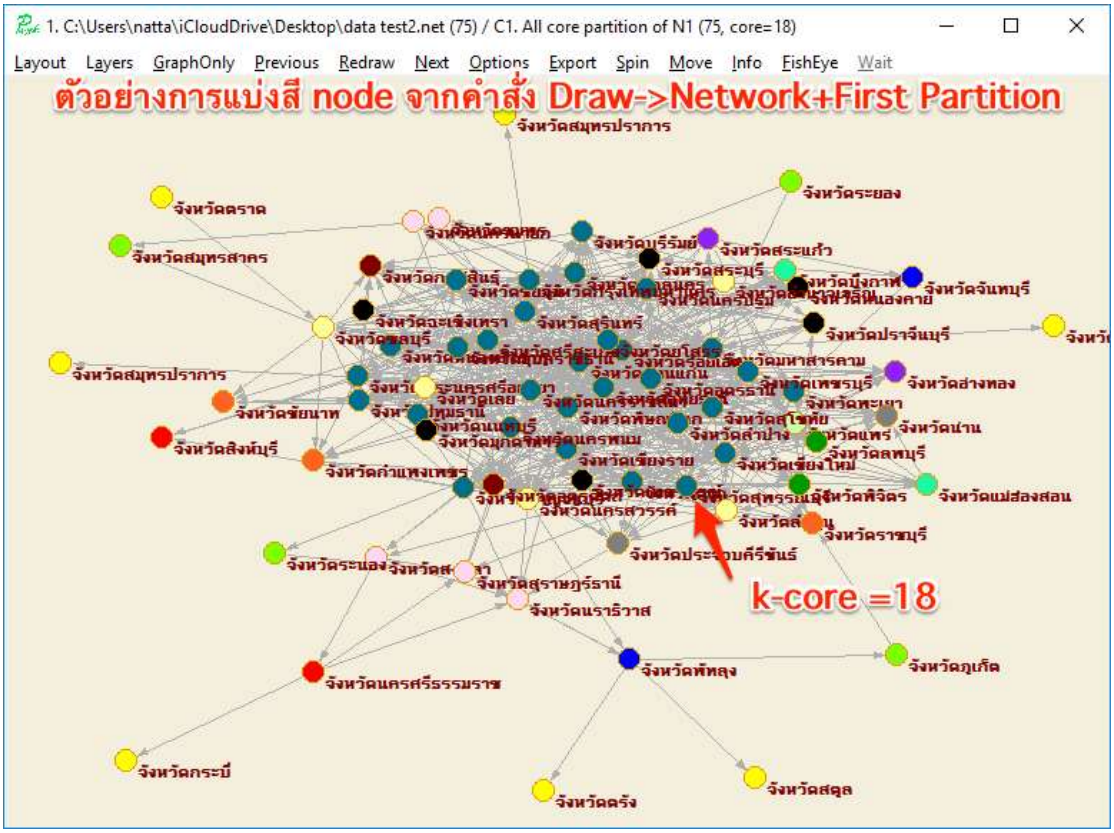
ภาพที่ 21 การวาดกราฟด้วย layout Kamada-Kawai

6.5. การวิเคราะห์พารามิเตอร์เครือข่ายด้วยซอฟท์แวร์ PAJEK

วัตถุประสงค์หลักของการวิเคราะห์เครือข่ายคือ การจัดกลุ่ม และ การหา node ที่มีความสำคัญ ซึ่งการวิเคราะห์สามารถใช้ค่าในการวิเคราะห์ได้หลายค่า ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยในคู่มือฉบับนี้ขอยกตัวอย่างโดยการใช้ค่า k-core และค่า degree centrality ในการวิเคราะห์ ซึ่งจะสามารถอธิบายการเคลื่อนย้ายสัตว์ในทางระบาดวิทยาได้ดี

ค่าคุณสมบัติ k-core (ซึ่งในที่นี้จะเป็นการ จำแนกสี ของ node ในกราฟที่วาด) โดยให้ไปที่ เมนู Network→Create Partition →k-core→All ดัง ภาพที่ 22 จะมีไฟล์เกิดขึ้นมาใหม่ เรียกว่าไฟล์ partition :ซึ่งจะมี นามสกุล .clu ในส่วนที่2 (Partitions) ระบุ “All core partition of N1 (75, core= 18)” สามารถอธิบายได้ว่าเครือข่ายที่ มี node 75 node สามารถแบ่งออกตามค่า k-core ได้ทั้งหมด 18 กลุ่ม สามารถดูรายละเอียดการแจกแจงความถี่ได้ โดยคลิกเครื่องหมาย ในส่วนที่2 (Partitions) จากนั้นให้ไปที่เมนู Draw→Network + First Partition จะได้ภาพดังภาพที่ 23

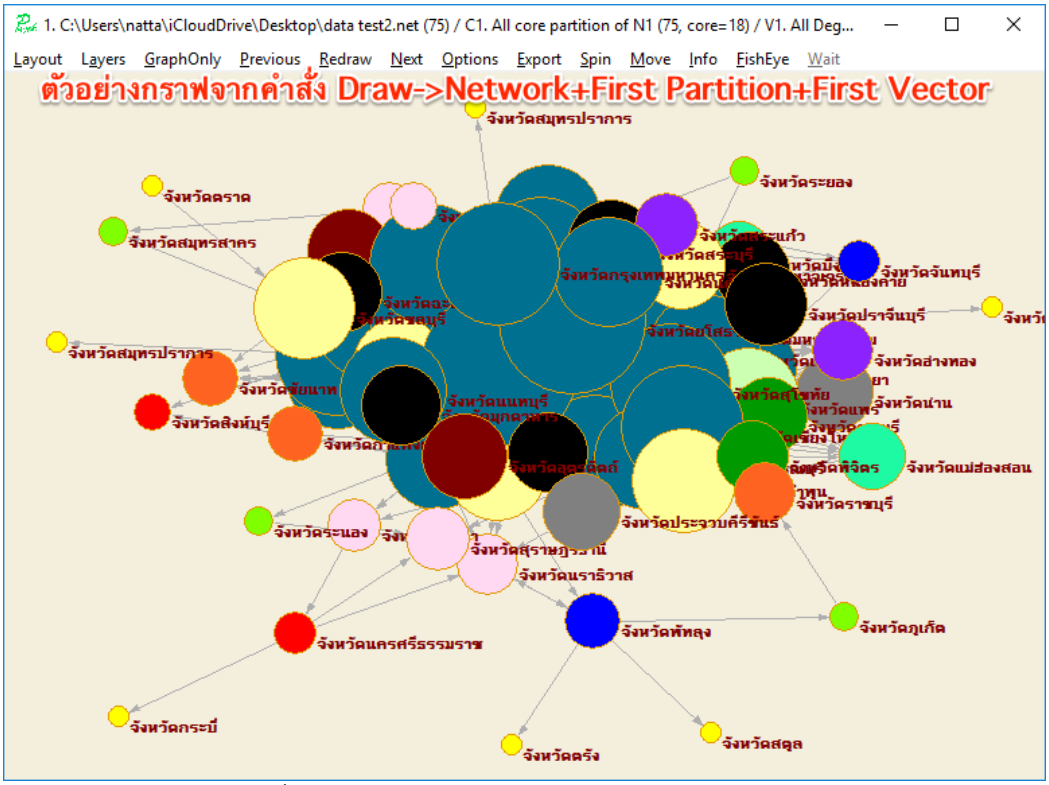
ภาพที่ 22 หน้าคำสั่งในการวิเคราะห์พารามิเตอร์เครือข่าย



ภาพที่ 23 การวาดกราฟร่วมกับ partition

ค่าคุณสมบัติ Degree Centrality (ซึ่งในที่นี้จะเป็นการ ระบุขนาด ของ node ในกราฟที่วาด) ให้ดำเนินการ เช่นเดียวกันกับในภาพที่ 22 โดยให้ไปที่ เมนู Network→Create Vector →centrality→Degree→All จะมีไฟล์เกิดขึ้นมาใหม่ เรียกว่าไฟล์ vector ซึ่งจะมี นามสกุล .vec ในส่วน

ที่3 (Vectors) ระบุ “All Degree of N1 (75)”สามารถดูรายละเอียดการแจกแจงความถี่ได้ โดยคลิกเครื่องหมาย ในส่วนที่3 (Vectors) จากนั้นให้ไปที่ เมนู Draw→Network + First Partition + First Vector จะได้ภาพดัง ภาพที่ 24



ภาพที่ 24 การวาดกราฟร่วมกับ partition และ vector

เมื่อทำการวิเคราะห์ได้แล้ว ผู้อ่านสามารถนำข้อมูลไปใช้งานอย่างอื่นได้ โดยให้ไปที่ Tool→Export to Delimited File→All Partition and Vectors จากนั้นให้ทำการ save ไฟล์ตามที่ต้องการ

6.6. สรุปการวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้าย กระบือ

เครือข่ายการเคลื่อนย้าย กระบือ มีจังหวัดที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้าย 75 จังหวัด โดยมี เส้นเชื่อมเกิดขึ้น 749 เส้น มีความหนาแน่น 0.13 ค่าเฉลี่ย degree 19.9 และในเครือข่ายมีแกนกลางเชื่อมต่อกันอย่างน้อย 18 node จำนวน 30 จังหวัด โดยจังหวัดดังกล่าวมีกิจกรรมเข้า และออก ค่อนข้างสูง ซึ่งหากจะให้การเฝ้าระวังโรคที่ติดต่อจากการเคลื่อนย้ายมีประสิทธิภาพ ควรให้ความสำคัญในกลุ่มจังหวัดดังกล่าวจะให้ผลดีที่สุด

7. การวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์ด้วยซอฟท์แวร์ R

R เป็นซอฟท์แวร์สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ และการสร้างกราฟ พัฒนา โดย Rose Ithaka และ Robert Genttleman ในปี 1996 ซึ่งเป็นซอฟท์แวร์ฟรีที่ สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ โดยปัจจุบันได้มีกลุ่มเครือข่ายนักสถิติเป็นผู้พัฒนาและปรับปรุงซอฟท์แวร์ในนาม R development core team ซอฟท์แวร์ R พัฒนาบนพื้นฐานของระบบ UNIX ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ในหลายระบบปฏิบัติการ ได้แก่ Windows Mac OS และ linux สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ http://www.r-project.org

รูปแบบการทำงานของ R จะเป็นการนำ Object มาใช้ในการวิเคราะห์ผ่าน package หรือ script โดย Object ที่มีการใช้ใน R หลัก ๆ และใช้เป็นประจำได้แก่ ตัวเลข(numeric) อักขระ(Character) ตรรกะ (logic) และ ฟังก์ชั่น (Function) ซึ่งการนำ Object มาใช้ใน R จำเป็นต้องใช้ ภาษาหรือชุดคำสั่ง (Script) ใน

การเรียกใช้ข้อมูล การวิเคราะห์ และ การสร้างกราฟ ซึ่งมีความหลากหลายและมีความซับซ้อน แต่ข้อดีของ R คือสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในหลายวงการ และ สามารถรองรับข้อมูลปริมาณมาก ๆ หรือ Big data ได้ดี ในคู่มือฉบับนี้จะไม่ลงลึกถึงรายละเอียดของภาษา R ทั้งนี้ผู้อ่านสามารถหาข้อมูล หรือ script ที่เหมาะสมกับการใช้งานเพิ่มเติมได้ที่

- https://www.r-bloggers.com/
- http://rgraphgallery.blogspot.com/
- http://www.r-graph-gallery.com/
- https://rpubs.com/

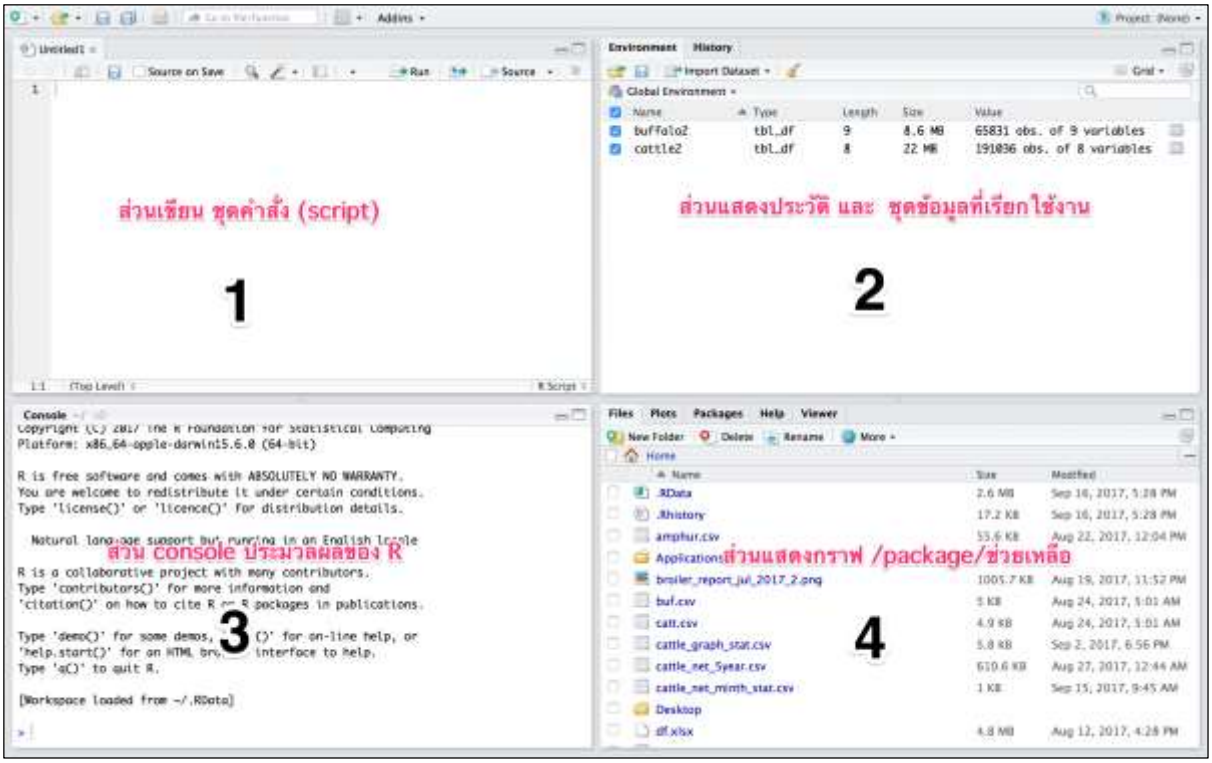
ในคู่มือฉบับนี้จัดทำเป็น Script ที่สามารถคัดลอกนำไปใช้งานได้ และมีคำอธิบายในแต่ละขั้นตอนถึงการจัดการข้อมูลในรูป object ต่าง ๆ เพื่อให้นำแสดงออกมาเป็นกราฟ

7.1. การติดตั้งซอฟท์แวร์ R และ R studio และการใช้งานเบื้องต้น

การใช้งาน R studio จะเป็นการเรียกใช้ R ผ่านหน้าจอที่ง่ายต่อการใช้งาน ดังนั้นในการใช้งาน R studio จำเป็นต้องมีการติดตั้ง R ก่อน โดย R สามารถดาวน์โหลดได้ที่ http://mirrors.psu.ac.th/pub/cran/ หรือ https://cloud.r-project.org/ โดยผู้ใช้สามารถเลือกการดาวน์โหลดให้ตรงกับระบบปฏิบัติการของตนเอง และทำการติดตั้งตามขั้นตอน(ไม่ต้องปรับแต่งค่าใด ๆ) เมื่อทำการติดตั้ง R แล้วจึงค่อยดำเนินการ ติดตั้ง R studio เป็นขั้นตอนต่อไป โดย R studio สามารถดาวน์โหลดได้ที่ https://www.rstudio.com/products/rstudio/download/ และติดตั้งตามขั้นตอนเช่นกัน

หน้าจอหลักการทำงานของ R studio จะประกอบไปด้วย 4 ส่วนดังแสดงภาพที่ 25ได้แก่

- ส่วนที่ 1 ส่วนเขียนชุดคำสั่งหรือ script
- ส่วนที่ 2 ส่วนเก็บ object (ชุดข้อมูล) และประวัติ (work space หรือ environment)
- ส่วนที่ 3 ส่วนการทำงานและประมวลผลของ R (console)
- ส่วนที่ 4 ส่วนช่วยเหลือและแสดงกราฟ (plot/help/package)



ภาพที่ 25 หน้าจอหลักการทำงานของ R studio

การเปิด script ครั้งแรกให้ไปที่ส่วนเขียน script เลือก File→New file→R script จะได้ส่วนเขียน script ชื่อ Untitled ให้ทำการ Save และเปลี่ยนชื่อตามต้องการ โดยไฟล์ที่ได้ จะเป็นไฟล์นามสกุล .R (ข้อแนะนำ ให้ทำการสร้าง Folder ใหม่และ save ไฟล์นามสกุล .R นั้น ๆ ลงใน Folder ที่สร้างใหม่เพื่อที่จะเป็นพื้นที่ในการทำงานและเรียกใช้ไฟล์ข้อมูลต่าง ๆ โดยไม่ต้องระบุ Directory path ใน script จะช่วยให้ทำงานได้สะดวกมากขึ้น) นอกจากนี้ให้ทำการติดตั้ง package เพิ่มเติมโดยในคู่มือฉบับนี้จะใช้ package igraph เป็นหลักในการวิเคราะห์เครือข่าย โดยการติดตั้ง package ให้ไปที่ส่วนช่วยเหลือและแสดงกราฟเลือก package →Install จากนั้น จะมีหน้าต่างให้เลือก ให้พิมพ์คำว่า igraph จากนั้น เลือก install

เมื่อทำการติดตั้ง ซอฟท์แวร์ และ package ทั้งหมดเรียบร้อยแล้วให้ นำไฟล์ข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์ และผ่านการแปลงเป็นไฟล์ชนิดtext หรือ CSV แล้ว โดยในคู่มือนี้ขอให้พิมพ์ตัวอย่าง (รายละเอียดตามภาคผนวก) จำนวน 2 ไฟล์ใน excel และส่งออก เป็น csv มาเก็บไว้ใน Folder เดียวกันกับ script จากนั้นทำการคัดลอก script ในคู่มือ หรือ พิมพ์ขึ้นใหม่ ทั้งนี้ ผู้อ่านสามารถค้นหาชุดคำสั่งได้ทาง อินเตอร์เน็ตทั่วไป

โดยปกติแล้ว script ในส่วนเขียนชุดคำสั่งจะยังไม่มีการทำงานทันทีต้องมีการเรียกใช้งานก่อน ซึ่งจะเรียกใช้ได้โดยคลิกเลือก Run หรือ กดคีย์บอร์ด Ctrl และ Enter พร้อมกัน กรณี script นั้นเป็นการเรียกใช้ข้อมูล ข้อมูลนั้น ๆ จะถูกแปลงเป็น object ไปปรากฏที่ work space กรณี script นั้นมีวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์จะไปปรากฏที่ console กรณี script นั้นมีการ plot กราฟ กราฟจะไปปรากฏที่ plot

นอกจากนี้การนำเข้าข้อมูลอีกแบบที่ง่ายต่อการใช้งานคือ การ import ข้อมูลผ่าน ส่วน work space ของ R studio (ส่วนที่ 2) โดยให้เข้าไปที่ ส่วน work space คลิกเลือก import dataset เลือกชนิดไฟล์ที่จะนำเข้าตามต้องการ

7.2. การแปลงข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในซอฟท์แวร์ R

จากองค์ประกอบของเครือข่ายและทฤษฎีของกราฟ ข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์เครือข่ายจะมี 2 ชุดข้อมูลได้แก่

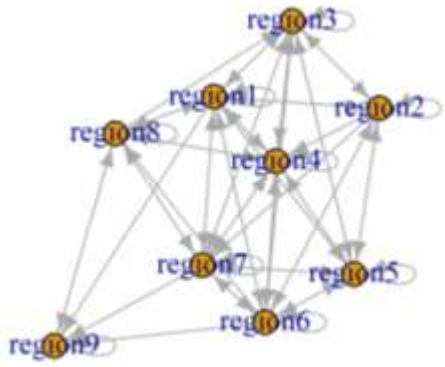
- ชุดข้อมูลของ node จะเป็นชุดข้อมูลที่ระบุคุณลักษณะของ node เช่น ชื่อ เพศ อายุ ฯลฯ
- ชุดข้อมูลของเส้นเชื่อม (Edge list) จะเป็นข้อมูลที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่าง node เช่น การเป็นเพื่อน การเป็นญาติกัน

โดยในการวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์ในคู่มือนี้จะเป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปศุสัตว์เขต(node) โดยการเกิดการเคลื่อนย้ายสัตว์ระหว่างเขตจะเป็นตัวเชื่อม (edge) :ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการเคลื่อนย้ายสัตว์จะสามารถระบุ ต้นทาง(from) ปลายทาง(to) ได้ ทำให้เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์จะเป็นเครือข่ายชนิดมีทิศทาง นอกจากนี้ยังสามารถระบุและจำแนกคุณลักษณะของ edge ได้ เช่น จำแนกตามวัตถุประสงค์ของการเคลื่อนย้าย

7.3. ชุดคำสั่งในการนำเข้าข้อมูล การสร้างภาพเครือข่าย และการวิเคราะห์พารามิเตอร์เครือข่าย

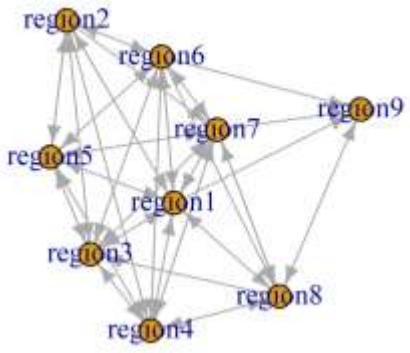
ชุดคำสั่ง (Script) ที่ใช้ในคู่มือนี้ ดัดแปลงมาจากเว็บไซต์ www.keteto.net (Ognyanova 2017) โดยการใช้ ข้อมูลจำลองตามภาคผนวก และเนื่องจากการใช้งานซอฟท์แวร์ R มีความต่อเนื่องและเชื่อมโยงกัน จึงทำเป็นชุดคำสั่งรวมทั้งหมด ซึ่งผู้อ่านสามารถคัดลอกชุดคำสั่งนี้ นำไปวางใน ส่วนเขียน scriptในโปรแกรม R studio โดยจะมีคำอธิบายภาษาไทยข้างหลังอักขระ # รายละเอียดดังนี้

```
# 1. การนำเข้าข้อมูลในรูปแบบ Edge list
links<-read.csv (“C:/xxx/xxx/xxx/edge1.csv",header=T,as.is=T) # xxx หมายถึง directory path
nodes<-read.csv("C:/xxx/xxx/xxx/node1.csv",header=T,as.is=T) ) # xxx หมายถึง directory path
# 2. การนำเข้าข้อมูลในรูปแบบ Matrix
links2<-read.csv("edge2.csv",header=T, row.names=1)
nodes2<-read.csv("node2.csv",header=T, as.is=T)
# 3. การ สร้าง network object เพื่อนำไปใช้ ใน package igraph
library(igraph)
net_object1<-graph_from_data_frame (d=links, vertices=nodes, directed=T)
net_object2<-graph_from_incidence_matrix(links2)
# 4. การ plot กราฟจาก net_object1 โดยไม่ปรับแต่งค่าใด ๆ (ภาพที่ 26)
plot(net_object1)
```



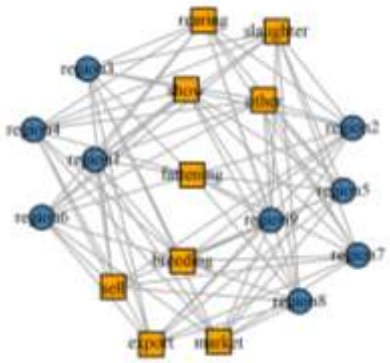
ภาพที่ 26 การ plot กราฟจาก igraph โดยยังไม่ปรับแต่งค่าใด ๆ

```
# 5 การ plot กราฟจาก net_object1 โดยนำ loop ออก (ภาพที่ 27)
net_object1<-simplify(net_object1, remove.multiple=F, remove.loops=T)
plot(net_object1)
```



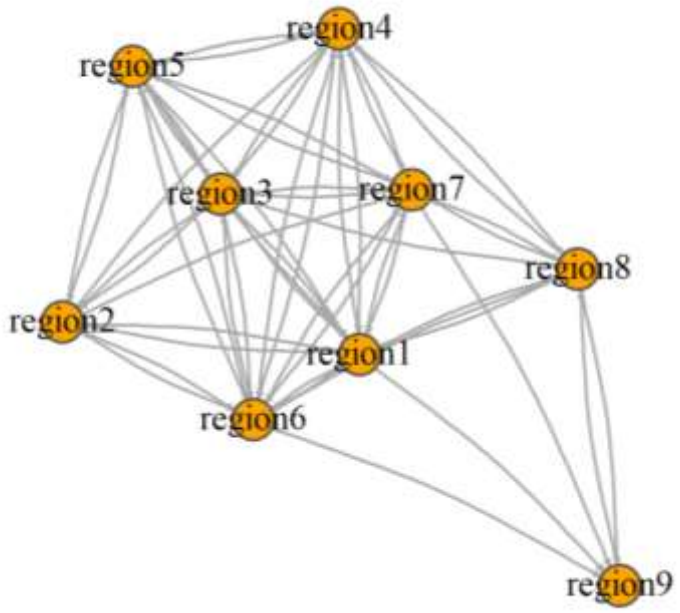
ภาพที่ 27การ plot กราฟจาก igraph ที่ผ่านการนำ loop ออก

```
# 6 การ plot กราฟจาก net_object2 (ภาพที่ 28)
V(net_object2)$color <- c("steel blue", "orange")[V(net_object2)$type+1]
V(net_object2)$shape <- c("circle", "square")[V(net_object2)$type+1]
plot(net_object2,vertex.label.color="black",vertex.label.cex=.6)
```



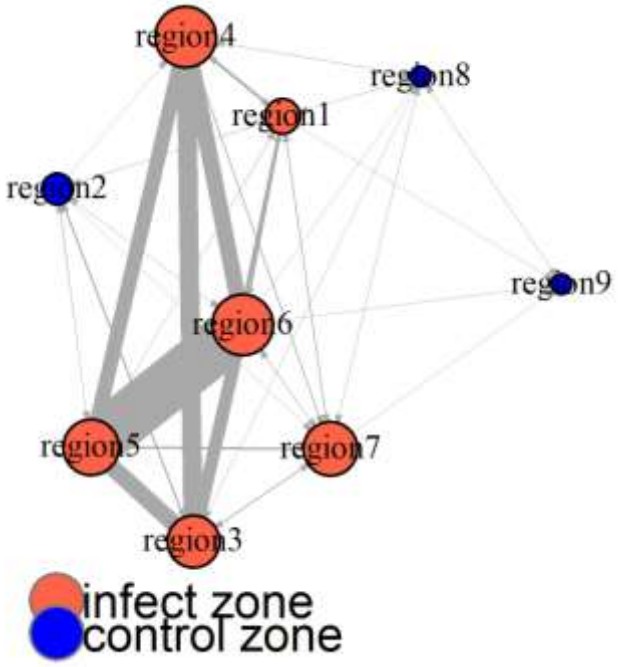
ภาพที่ 28 การ plot กราฟจาก igraph แบบกำหนดสี (2mode)

```
# 7. ตัวอย่างการปรับแต่งค่าในการ plot กราฟ net_object1 (ภาพที่ 29)
plot(net_object1,
     edge.arrow.size=0.2, #ปรับแต่งขนาดหัวลูกศร มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1
     edge.curved=0.1, #ปรับแต่งเส้นให้โค้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1
     vertex.color="orange", #กำหนดสีภายใน node
     vertex.frame.color="#555555", #กำหนดสีขอบ node โดยใช้ RGB code
     vertex.label=V(net_object1)$region, # labelโดยใช้ข้อความใน column region ของ node1.csv
     vertex.label.color="black", #กำหนดสี label
     vertex.label.cex=.7) #กำหนดขนาดของตัวอักษร label มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1
```



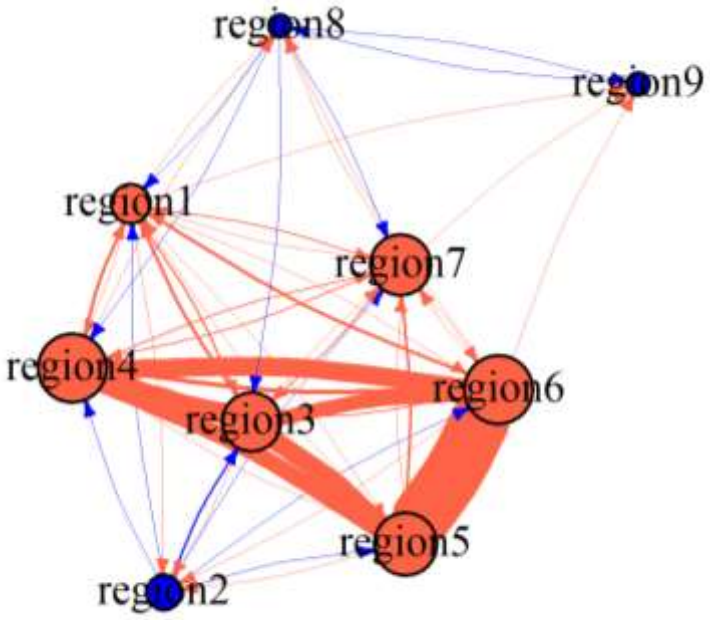
ภาพที่ 29 การ plot กราฟจาก igraph ที่ผ่านการปรับแต่งค่าแล้ว

```
# 8. การ plot กราฟ net_object1 โดยกำหนดสีของ node ขนาดของ node และ ขนาดของ link  (ภาพที่ 29)
colrs <- c("tomato", "blue")
V(net_object1)$color<-colrs[V(net_object1)$zone]
V(net_object1)$size<-V(net_object1)$animal.pop*0.7 #ขนาดของ nodeตามประชากรสัตว์
E(net_object1)$width<-E(net_object1)$buf.licence/100 #ขนาดของ link ตามจำนวนการย้าย
plot(net_object1,edge.arrow.size=.2,edge.curved=0 ,vertex.label.color="black",    vertex.label.cex=.7)
legend(x=-1.1,y=-1.1,c("infect zone","control zone"),pch=21,col="#777777",pt.bg=colrs,pt.cex=2.5,bty="n",ncol=1)
```



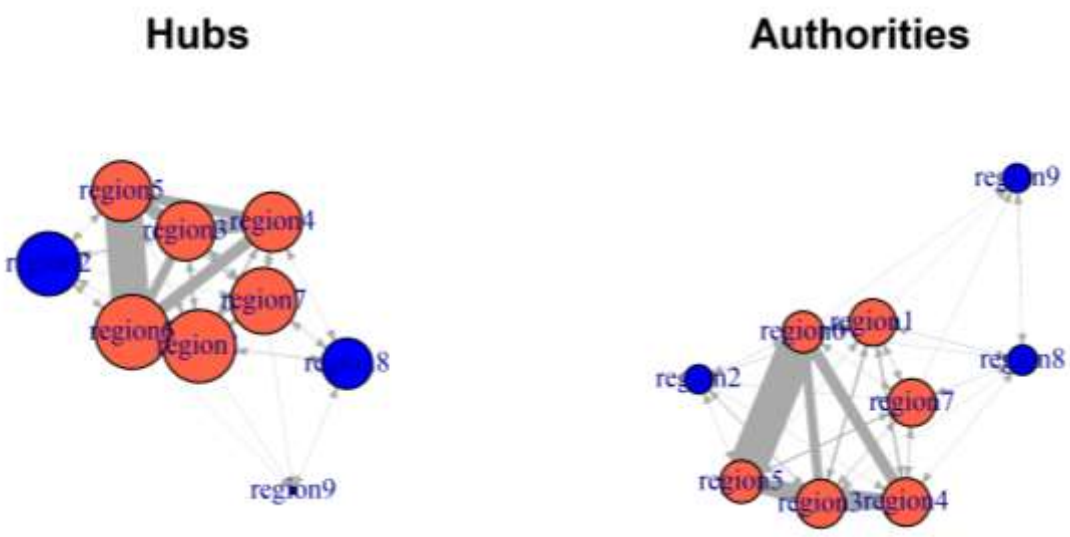
ภาพที่ 29 การ plot กราฟจาก igraph ที่ผ่านการปรับแต่งค่าตามขนาดของ node และ link (1)

```
#9. การ plot กราฟ net_object1 โดยกำหนดสีของ link ให้เป็นสีเดียวกับ node ต้นทาง(ภาพที่ 30)
edge.start <- ends(net_object1, es=E(net_object1), names=F)[,1]
edge.col <- V(net_object1)$color[edge.start]
plot(net_object1,edge.arrow.size=.4,edge.curved=.1,vertex.label.color="black",edge.color=edge.col,vertex.label.cex=.8,layout=layout_with_lgl)
```



ภาพที่ 30 การ plot กราฟจาก igraph ที่ผ่านการปรับแต่งค่าตามขนาดของ node และ link (2)

```
#10. การ plot กราฟ net_object1 โดยกำหนดสีและขนาดของ node ตามค่า Hub และ Authority(ภาพที่ 31)
hs<-hub_score(net_object1, weights=NA)$vector
as<-authority_score(net_object1, weights=NA)$vector
par(mfrow=c(1,2))
plot(net_object1,edge.arrow.size=.4,vertex.label.cex=.8,vertex.size=hs*50, main="Hubs")
plot(net_object1,edge.arrow.size=.4,vertex.label.cex=.8,vertex.size=as*30, main="Authorities")
```



ภาพที่ 31 การ plot กราฟจาก igraph กำหนดสีและขนาดของ node ตามค่า Hub และ Authority

```
# 15. การคำนวณค่าพารามิเตอร์เครือข่าย net_object1
edge_density(net_object1, loops=F) # ค่า Density
## [1] 0.7361111
transitivity(net_object1, type="global")# ค่า transivity
## [1] 0.8644068
diameter(net_object1, directed=T)# เส้นผ่าศูนย์กลาง ของ net_object1 มีค่าเท่ากับ 3
## [1] 3
centr_degree(net_object1, mode="all", normalized=T) # ค่า degree centrality
## $res
## [1] 15 10 13 13 12 14 14 10  5
##
## $centralization
## [1] 0.2265625
##
## $theoretical_max
## [1] 128
centr_clo(net_object1, mode="all", normalized=T) # ค่า closeness centrality
## $res
## [1] 1.0000000 0.8000000 0.8888889 0.8888889 0.8000000 1.0000000 1.0000000
## [8] 0.8000000 0.6666667
##
## $centralization
```

```
## [1] 0.3095238
##
## $theoretical_max
## [1] 3.733333
centr_betw(net_object1, directed=T, normalized=T) # ค่าbetweeness centrality
## $res
## [1] 4.50 0.00 2.50 1.75 0.50 2.50 3.00 7.25 0.00
##
## $centralization
## [1] 0.09654018
##
## $theoretical_max
## [1] 448
```

8. ตัวอย่างการศึกษาและการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เครือข่ายในทางสัตวแพทย์

การศึกษาเครือข่ายการเคลื่อนย้าย โค กระบือ ของจังหวัดตากในประเทศไทยโดยใช้แบบสอบถาม พบว่าเครือข่ายการเคลื่อนย้ายมีการเชื่อมโยงในเครือข่ายสู่สูงระหว่างต้นทางและปลายทางการเคลื่อนย้ายสัตว์ จึงทำให้มีความเสี่ยงสูงที่อาจนำไปสู่การระบาดของโรคระบาดโค-กระบือได้ (Khengwa, Jongchansittoe et al. 2017)

การศึกษาเครือข่ายการเคลื่อนย้าย โค กระบือ ของจังหวัดสุโขทัย โดยการทำแบบสอบถามในกลุ่มประชากร จำนวน 308 ตัวอย่าง พบว่า การเคลื่อนย้ายส่วนใหญ่เป็นการเคลื่อนย้ายโดยเกษตรกร และพบว่ากลุ่มผู้ค้าสัตว์มีชีวิตจะมีค่า centrality ที่สูง (Noopataya, Thongratsakul et al. 2015)

การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมทางด้านสัตวแพทย์จะนำมาใช้ในการศึกษาความเสี่ยงของการแพร่กระจายโรคจากการสัมผัสระหว่างตัวสัตว์หรือฝูงสัตว์ โดยการศึกษาด้วยวิธีนี้สามารถที่จะหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจริง โดยเฉพาะในรูปแบบการสัมผัสแบบ 2 ทิศทาง เช่น การสัมผัสระหว่างตัวสัตว์ การค้า และการเคลื่อนย้ายสัตว์ โดยผลที่ให้จากการวิเคราะห์จะสามารถนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการวางแผนควบคุมป้องกันและกำจัดโรคระบาดสัตว์ (Martínez-López, Perez et al. 2009)

การศึกษาและวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์เชิงพรรณนา เช่น ในเมือง Salamanca ประเทศสเปนมีการวิเคราะห์เครือข่ายเพื่อหาการรวมกลุ่มและเชื่อมโยง (Cluster) เชิงพื้นที่และเชิงเวลาจากการเคลื่อนย้ายของสุกรเข้าออกพื้นที่พบว่ามีการเคลื่อนย้ายในลักษณะรวมกลุ่มและเชื่อมโยงที่มีนัยสำคัญทางสถิติแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือในช่วงเวลา มกราคม ถึง เมษายน เนื่องจากมีผลผลิตจากการเลี้ยงสุกรที่มีรูปแบบการเลี้ยงระบบเปิดออกมามาก และกลุ่มที่ 2 คือ ในช่วงตลอดเดือนธันวาคม เนื่องจากมีผลผลิตจากการเลี้ยงสุกรแบบระบบปิดออกมามาก โดยผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวางยุทธศาสตร์การเฝ้าระวังโรคการป้องกันและควบคุมโรคเพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดในการบุคลากรและงบประมาณ (Martínez-López, Perez et al. 2009)

การศึกษาและวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้ายสัตว์เมื่อเทียบกับการเกิดโรคระบาดในอดีตที่ผ่านมา เช่น ในประเทศอังกฤษได้มีการนำข้อมูลการเคลื่อนย้ายสัตว์ก่อนที่จะมีการระบาดของ โรค FMD ในปี 2001 มาวิเคราะห์เครือข่ายการเคลื่อนย้าย พบว่ากลุ่มที่มีความสัมพันธ์และมีแนวโน้มที่จะเป็นตัวแพร่กระจายของ

โรค FMD ในการระบาดที่ผ่านมา ได้แก่ ฟาร์ม ตลาด และผู้แทนจำหน่าย (Ortiz-Pelaez, Pfeiffer et al. 2006)

การศึกษาโดยใช้แบบจำลองในการทำนายขอบเขตของการระบาดและผลที่ได้รับจากการควบคุมเคลื่อนย้ายสัตว์ เช่น ในประเทศอิตาลี ได้มีการศึกษารูปแบบการเคลื่อนย้ายสัตว์เชิงพรรณนาจากฐานข้อมูลและนำไปใช้ในแบบจำลองสถานการณ์การระบาดของโรค FMD พบว่าการเลือกพื้นที่ในการควบคุมโรคกรณีเกิดโรคระบาดโดยใช้ค่า degree ในแต่ละ Node ของเครือข่าย จะมีประสิทธิภาพที่สุดในการควบคุมโรค (Natale, Giovannini et al. 2009)

9. เอกสารอ้างอิง

Batagelj, V. and A. Mrvar (1998). "Pajek—a program for large network analysis." Connections 21.

Khengwa, C., et al. (2017). "A traditional cattle trade network in Tak province, Thailand and its potential in the spread of infectious diseases." Animal Production Science 57(1): 152-160.

Martínez-López, B., et al. (2009). "Combined application of social network and cluster detection analyses for temporal-spatial characterization of animal movements in Salamanca, Spain." Preventive Veterinary Medicine 91(1): 29-38.

Martínez-López, B., et al. (2009). "Social Network Analysis. Review of General Concepts and Use in Preventive Veterinary Medicine." Transboundary and Emerging Diseases 56(4): 109-120.

Natale, F., et al. (2009). "Network analysis of Italian cattle trade patterns and evaluation of risks for potential disease spread." Preventive Veterinary Medicine 92(4): 341-350.

Noopataya, S., et al. (2015). "Social network analysis of cattle movement in Sukhothai province, Thailand: a study to improve control measurements." Veterinary medicine international 2015.

Nooy, W., et al. (2011). Exploratory social network analysis with Pajek: revised and expanded. New York, Cambridge University Press.

Ognyanova, K. (2017). "Network Analysis and Visualization with R and igraph." Retrieved 5/8/2017, 2017, from http://kateto.net/networks-r-igraph.

Ortiz-Pelaez, A., et al. (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.

10. ภาคผนวก

ไฟล์ที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลใน ข้อ 7.2 หน้า 29 โดยให้ดำเนินการพิมพ์ หรือ คัดลอกข้อมูลลงใน excel และบันทึกไฟล์เป็น **edge1.csv**

origin	destination	buf.head	buf.licence
region1	region1	223	38
region1	region2	9	2
region1	region3	1220	71
region1	region4	317	30
region1	region5	444	27
region1	region6	47	19
region1	region7	1266	54
region1	region8	5	2
region1	region9	2	1
region2	region1	27	12
region2	region2	21	8
region2	region3	480	64
region2	region4	226	35
region2	region5	9	4
region2	region6	30	11
region2	region7	7908	6
region3	region1	1626	111
region3	region2	6	3
region3	region3	1307	174
region3	region4	9145	639
region3	region5	11957	595
region3	region6	8101	453
region3	region7	180	28
region4	region1	1477	99
region4	region3	2524	246
region4	region4	11941	814
region4	region5	9664	505
region4	region6	9550	564
region4	region7	125	39
region4	region8	2	1
region5	region1	10	1
region5	region2	5	3
region5	region3	36	10
region5	region4	344	14
region5	region5	9431	1032
region5	region6	291	53
region5	region7	280	14
region6	region1	802	101
region6	region2	9	3
region6	region3	322	52
region6	region4	1266	148
region6	region5	30003	1761
region6	region6	3549	374
region6	region7	148	38
region6	region8	4	2
region6	region9	418	15
region7	region1	340	29
region7	region3	763	42
region7	region4	1091	56
region7	region5	2159	78
region7	region6	47	4
region7	region7	24	4
region7	region8	8	3
region7	region9	540	11
region8	region1	1	1
region8	region3	3	1
region8	region4	64	4
region8	region7	6	3
region8	region8	15	8
region8	region9	67	25
region9	region8	3	2
region9	region9	21	6

ไฟล์ที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลใน ข้อ 7.2 หน้า 29 โดยให้ดำเนินการพิมพ์ หรือ คัดลอกข้อมูลลงใน excel และบันทึกไฟล์เป็น **node1.csv**

region	most.activity	most.animal	id	type.animal	zone	animal.pop
region1	other	dairy	1	1	1	20
region2	slaughter	swine	2	2	2	18
region3	sell	buffalo	3	3	1	30
region4	sell	cattle	4	4	1	35
region5	sell	cattle	5	4	1	32
region6	sell	cattle	6	4	1	35
region7	sell	swine	7	2	1	31
region8	rearing	goat	8	5	2	12
region9	rearing	goat	9	5	2	12

ไฟล์ที่ 3 ตัวอย่างข้อมูลใน ข้อ 7.2 หน้า 29 โดยให้ดำเนินการพิมพ์ หรือ คัดลอกข้อมูลลงใน excel และบันทึกไฟล์เป็น **edge2.csv**

	slaughter	rearing	sell	market	breeding	show	fattening	export	other
region1		301	3	20	103	10	27		3067
region2	7892	543	111		66	38	50		1
region3		14446	17032	1	128	30	122	21	522
region4		1789	32357		810	266	61		
region5	89	192	9479	341	11	51	234		
region6	58	5011	30401	635	35	61	6	308	6
region7	28	666	2303		1300			462	213
region8		121	25		10				
region9		20					4		

ไฟล์ที่ 4 ตัวอย่างข้อมูลใน ข้อ 7.2 หน้า 29 โดยให้ดำเนินการพิมพ์ หรือ คัดลอกข้อมูลลงใน excel และบันทึกไฟล์เป็น **node2.csv**

id	node	most.activity	most.animal	type.zone
R1	region1	other	dairy	1
R2	region2	slaughter	swine	2
R3	region3	sell	buffalo	3
R4	region4	sell	cattle	4
R5	region5	sell	cattle	4
R6	region6	sell	cattle	4
R7	region7	sell	swine	2
R8	region8	rearing	goat	5
R9	region9	rearing	goat	5
P1	slaughter	NA	NA	NA
P2	rearing	NA	NA	NA
P3	sell	NA	NA	NA
P4	market	NA	NA	NA
P5	breeding	NA	NA	NA
P6	show	NA	NA	NA
P7	fattening	NA	NA	NA
P8	export	NA	NA	NA
P9	other	NA	NA	NA