การแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยใช้ระบบอาณาจักรมด

นางสาวณัฐกานต์ ศรีสุเทพ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

RECOMMENDING OBJECTS IN ONLINE SOCIAL NETWORK USING AN ANT COLONY SYSTEM

Ms. Natthakan Srisuthep

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Computer Science
Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยใช้ระบบอาณาจักรมด
โดย	นางสาวณัฐกานต์ ศรีสุเทพ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกรี สินธุภิญโญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……. ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.บุญเสริม กิจศิริกุล)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกรี สินธุภิญโญ)

……. กรรมการ
(ดร.นัทที นิภานันท์)

……. กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.เด่นดวง ประดับสุวรรณ)

ณัฐกานต์ ศรีสุเทพ : การแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยใช้ระบบอาณาจักรมด. (RECOMMENDING OBJECTS IN ONLINE SOCIAL NETWORK USING AN ANT COLONY SYSTEM) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. ดร.สุกรี สินธุภิญโญ, 62 หน้า.

เฟซบุ๊กเป็นหนึ่งในเครือข่ายสังคมออนไลน์ที่มีการเก็บข้อมูลเป็นกราฟและมีการใช้อัลกอริทึมการหาค่าที่เหมาะสมของตัวป้อนข่าว (News Feed Optimization - NFO) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่พิจารณาข้อมูลระหว่างผู้ใช้ที่เป็นเพื่อนกันเท่านั้น ทำให้ขาดการแนะนำตัวป้อนข่าวที่เป็นสาธารณะของผู้ใช้งานที่อาจจะไม่ได้เกี่ยวข้องกันโดยตรง งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการแนะนำวัตถุโดยใช้ระบบอาณาจักรมด (Ant Colony System - ACS) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่มีพื้นฐานมาจากการหาอาหารของมด เข้ามาประยุกต์ใช้กับงานระบบแนะนำข้อมูลในเครือข่ายสังคมออนไลน์ และการวิจัยครั้งนี้ทำการประเมินคุณภาพด้วยค่าความระลึก (Recall) ค่าความเที่ยง (Precision) และค่าเอฟ (F-measure) เพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างการใช้อัลกอริทึม ACS และอัลกอริทึม NFO โดยอัลกอริทึม ACS ให้ค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟดีกว่าอัลกอริทึม NFO ที่ 0.07, 0.12 และ 0.08 ตามลำดับ

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2554 .....

5370230121 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEYWORDS : RECOMMENDATION SYSTEM / ANT COLONY SYSTEM

NATTHAKAN SRISUTHEP : RECOMENDING OBJECTS IN ONLINE SOCIAL NETWORK USING AN ANT COLONY SYSTEM. ADVISOR : ASST. PROF. SUKREE SINTHUPINYO, Ph.D., 62 pp.

Facebook is one of online social networks whose information can be stored in graph and it uses the NFO (News Feed Optimization) as the main recommendation system. NFO considers data flows between users and their direct friends in contact list shown in the news feed section. Using NFO method, users may miss public data from others who are not in their contact list. This paper proposes a new method to recommend objects using ACS (Ant Colony System). The ACS is an algorithm which is based on ant's forage. We apply ACS to recommend objects in online social network. We evaluate ACS and NFO by Recall, Precision and F-measure to compare the results between using algorithm ACS and algorithm NFO. The ACS obtains better Recall, Precision and F-measure than the NFO at 0.07, 0.12, and 0.08 respectively.

Department : Computer Engineering Student's Signature .....

Field of Study : Computer Science Advisor's Signature .....

Academic Year : 2011 .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกรี สินธุภิญโญ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางการวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร. บุญเสริม กิจศิริกุล ดร.นัทที นิภานันท์ และ ดร.เด่นดวง ประดับสุวรรณ ที่กรุณาสละเวลา ให้คำแนะนำ ตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายที่สุด ผู้เสนอวิทยานิพนธ์ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนๆทุกคน ที่คอยติดตามให้กำลังใจและสนับสนุน รวมถึงท่านอื่นๆที่มิได้กล่าวชื่อไว้ ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย 2
1.6 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย 2
1.7 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 แนวคิดและทฤษฎี 4
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
บทที่ 3 การแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยใช้ระบบอาณาจักรมด 20
3.1 โครงสร้างการแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยใช้ระบบอาณาจักรมด 20
3.2 ส่วนประกอบพื้นฐานในเฟซบุ๊ก 21
3.3 ส่วนประกอบพื้นฐานในระบบอาณาจักรมด 23
3.4 แผนภูมิขั้นตอนแสดงการแนะนำวัตถุโดยใช้ระบบอาณาจักรมด 24
3.5 ความแตกต่างระหว่างการใช้อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม ACS 28
บทที่ 4 วิธีการทดลองและผลการทำลอง 30
4.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง 30
4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 31
4.3 วิธีการทดลองเปรียบเทียบ 31

หน้า

4.4 วิธีการวัดผล 32
4.5 ผลการทดลอง 33
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 40
5.1 สรุปผลการวิจัย 40
5.2 แนวทางในการพัฒนาและข้อเสนอแนะ 41
รายการอ้างอิง 42
ภาคผนวก 46
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 62

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 การใช้เมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ของสังคม 6
ตารางที่ 3-1 ความแตกต่างระหว่างการใช้อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม ACS..... 29
ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบจำนวนวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจระหว่างการใช้อัลกอริทึม ACS, NFO และ WMR ด้วยค่าทดสอบ T (T-Test) 35
ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยของค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟของอัลกอริทึม ACS, อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม WMR ด้วยค่าระเหยของฟีโรโมน และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วยค่าต่างๆ 38
ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยของค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟเมื่อกำหนดสัดส่วนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุสาธารณะ 39

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 การใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสังคม 6
ภาพที่ 2-2 การเดินหาอาหารของมด 9
ภาพที่ 2-3 ค่าความระลึกและค่าความเที่ยง 12
ภาพที่ 2-4 สมาชิกในเครือข่ายแบบปราศจากการพิจารณาในลำดับชั้นเดียวกัน 13
ภาพที่ 2-5 การเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้ เพื่อน และเพื่อนของเพื่อนในเครือข่ายสังคม 15
ภาพที่ 2-6 การเชื่อมต่อของเพื่อนที่มีร่วมกันระหว่างบัพ ni และบัพ nj และมีความสำคัญมากที่สุด (ในวงกลมสีเทา) 16
ภาพที่ 2-7 อัลกอริทึมการเชื่อมต่อกับเพื่อน (Friendlink) 17
ภาพที่ 2-8 อัลกอริทึมการหาเพื่อนที่มีร่วมกัน 18
ภาพที่ 3-1 โครงสร้างการแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยใช้ระบบอาณาจักรมด 20
ภาพที่ 3-2 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้ เพื่อน และเพื่อนของเพื่อนในสังคม 24
ภาพที่ 3-3 แผนภูมิขั้นตอนแสดงการแนะนำวัตถุโดยใช้ระบบอาณาจักรมด 25
ภาพที่ 3-4 ตัวอย่างการแบ่งตารางความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และเพื่อนในสังคม 26
ภาพที่ 3-5 ความสัมพันธ์ระหว่างเจ้าของวัตถุและเพื่อนของเพื่อน 27
ภาพที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้ เพื่อน และเพื่อนของเพื่อนของอัลกอริทึม WMR 32
ภาพที่ 4-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจ 36
ภาพที่ 4-3 กราฟแสดงค่าความระลึกเมื่อใช้ค่าระเหยของฟีโรโมนและค่าสัมประสิทธิ์ระดับความสัมพันธ์ต่างๆของอัลกอริทึม ACS, อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม WMR ... 37

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันนี้เครือข่ายสังคมออนไลน์ (Online Social Networks – OSNs) เป็นที่นิยมอย่างมาก เห็นได้จากอัตราการเติบโตของจำนวนผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยหนึ่งในนั้น คือ เฟซบุ๊ก (Facebook) ที่จนถึงขณะนี้มีจำนวนมากกว่า 800 ล้านผู้ใช้ [1] จึงทำให้ปริมาณข้อมูลที่มีในแต่ละวัน แต่ละช่วงเวลามีเป็นจำนวนมาก จนอาจเกิดความไม่สะดวกที่จะติดตามข้อมูลที่น่าสนใจ ซึ่งในเฟซบุ๊กนั้นมีระบบแนะนำข่าวหรือที่เรียกว่าตัวป้อนข่าว (News Feed) ไว้คอยบริการโดยสามารถเลือกได้ว่าต้องการให้แสดงผลแบบเรียงลำดับตามข่าวที่น่าสนใจ (Top News) หรือข่าวล่าสุด (Most Recent) แต่ถึงอย่างไรก็ตามการแสดงผลทั้งสองแบบก็อาจยังไม่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากพอ

งานวิจัยหลายอันมีการนำระบบแนะนำข้อมูล (Recommendation System) มาใช้ในด้านพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-Commerce), ด้านระบบความปลอดภัย (Security Requirements Recommendation System – SRRS) [2] หรือด้านเครือข่ายสังคมออนไลน์ เช่น เฟซบุ๊ก ที่ถูกนำมาใช้ในด้านแนะนำเพื่อนใหม่ด้วยวิธีต่างๆ เช่น อัลกอริทึมพื้นฐานของกราฟ (Graph-Based Algorithm) [3, 4], อัลกอริทึมทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) [5, 6] และอาจเพิ่มความสามารถของระบบการแนะนำเพื่อนด้วยการวิเคราะห์ความเหมาะสมของการอยู่ร่วมกันของผู้ใช้ด้วย [7]

สำหรับระบบแนะนำข่าวในเฟซบุ๊กนั้นใช้อัลกอริทึมการหาค่าที่เหมาะที่สุดของตัวป้อนข่าว (News Feed Optimization - NFO) โดยเลือกพิจารณาเฉพาะวัตถุที่ถูกเผยแพร่โดยเพื่อนของผู้ใช้เท่านั้น ทำให้อาจพลาดโอกาสที่จะได้ติดตามข่าวที่เกิดจากวัตถุที่เป็นสาธารณะ ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ที่ไม่ได้เป็นเพื่อนกับผู้ใช้ แต่เป็นวัตถุที่มีความน่าสนใจเนื่องจากมีเพื่อนของผู้ใช้ได้แสดงความคิดเห็น (Comment) หรือกดถูกใจ (Like) กันเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่นำเสนอแนวคิดระบบแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมโดยใช้ระบบอาณาจักรมด

ในงานวิจัยนี้ที่นำเสนอระบบแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมแก่ผู้ใช้ ซึ่งวัตถุในที่นี้หมายถึง สถานะ (Status), รูปภาพ (Photo), วิดีโอ (Video) และลิงก์ต่างๆ (Link) บนกระดานข้อความของเฟซบุ๊ก โดยใช้ระบบอาณาจักรมด (Ant Colony System) [8] ซึ่งเป็นหนึ่งในอัลกอริทึมการหาค่าที่เหมาะที่สุดของกลุ่มมด (Ant Colony Optimization Algorithm – ACO Algorithm) [9] ที่มีพื้นฐานมาจากการดำรงชีวิตของมดที่สามารถหาระยะทางการหาอาหารที่ค่อนข้างดีในระยะเวลา

หนึ่งๆ และสามารถปรับหาเส้นทางใหม่ที่ดีหากมีการเปลี่ยนแปลงเส้นทางนั้น โดยใช้หลักการของการปล่อยฮอร์โมนหรือฟีโรโมน เพื่อบอกเส้นทางที่สามารถหาอาหารได้ จนมีมดตัวอื่นๆตามมาในเส้นทางเดียวกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

นำเสนอแนวคิดระบบแนะนำวัตถุที่น่าสนใจแก่ผู้ใช้บนกระดานข้อมูลของเฟซบุ๊ก โดยใช้อัลกอริทึมการหาค่าที่เหมาะที่สุดของระบบอาณาจักรมด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาเฉพาะวัตถุที่ถูกแนะนำเป็นตัวป้อนข่าวบนเฟซบุ๊กเท่านั้น

2. เนื่องจากปัญหาด้านความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้ในเฟซบุ๊ก ทำให้ไม่สามารถสกัดข้อมูลจริงได้ ผู้วิจัยจึงจำลองข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยโดยการสังเคราะห์ขึ้น [10]

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคม จากเดิมที่พิจารณาเฉพาะวัตถุที่สร้างจากผู้ใช้ที่มีความสัมพันธ์โดยตรง ให้ครอบคลุมถึงวัตถุซึ่งสร้างจากผู้ใช้ที่เป็นเพื่อนของเพื่อนที่มีการตั้งค่าเป็นแบบสาธารณะด้วย

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของเครือข่ายสังคมออนไลน์และเฟซบุ๊ก
2. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของระบบอาณาจักรมด
3. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของการหาค่าที่เหมาะที่สุดของตัวป้อนข่าว
4. ออกแบบแนวคิดการแนะนำวัตถุที่ประยุกต์มาจากระบบอาณาจักรมด
5. ทดสอบวิธีการที่นำเสนอ
6. วิเคราะห์ผลการทดลอง
7. สรุปผลและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์

1.6 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท และนำเสนอตามลำดับต่อไปนี้

1. บทที่ 1 บทนำ สำหรับอธิบายที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย รวมไปถึงข้อจำกัดต่างๆในการวิจัยครั้งนี้ด้วย

2. บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สำหรับอธิบายแนวคิดและทฤษฎีพื้นฐาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้

3. บทที่3 การแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยใช้ระบบอาณาจักรมด สำหรับอธิบายโครงสร้างแนวคิด ส่วนประกอบพื้นฐานในงานวิจัย และขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

4. บทที่ 4 วิธีการทดลองและผลการทดลอง สำหรับอธิบายข้อมูล เครื่องมือต่างๆที่นำมาวิจัย และผลการทดลองทั้งหมดที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้

5. บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1.7 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์นี้ได้รับการตอบรับที่จะนำไปเผยแพร่เป็นแผ่นซีดีบันทึกข้อมูล ในหัวข้อเรื่อง “Recommending Objects in Online Social Network Using an Ant Colony System” โดยนางสาวณัฐกานต์ ศรีสุเทพ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกรี สินธุภิญโญ ในงานประชุมวิชาการ “The 8th National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT 2012)” ณ เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย ระหว่างวันที่ 9-10 พฤษภาคม 2555

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 ระบบแนะนำข้อมูล (Recommendation System)

ระบบแนะนำข้อมูลเป็นระบบที่อยู่ในกลุ่มย่อยของระบบการกรองข้อมูล (Information Filtering System) และมีบทบาทสำคัญอย่างเห็นได้ชัดในด้านพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของการสืบค้น มีการประยุกต์ใช้ในไอเท็มต่างๆ เช่น สินค้า หนังสือ เพลง เป็นต้น แต่เมื่อสังคมปัจจุบันมีการสื่อสารทางเครือข่ายสังคมออนไลน์ที่กว้างขวางมากขึ้น จากที่มีการใช้งานกันมากขึ้น ปริมาณข้อมูลก็สูงขึ้นตาม ดังนั้นจึงได้นำระบบแนะนำข้อมูลเข้ามามีส่วนในการกรองข้อมูลหรือวัตถุที่น่าสนใจโดยผ่านการพิจารณาจากปัจจัยที่แตกต่างกัน เช่น ระบบแนะนำวิดีโอที่น่าสนใจใน Youtube โดยประเมินจากข้อความที่มีการแสดงความคิดเห็นจากผู้ที่เข้าชม [11] เป็นต้น

งานวิจัยที่ผ่านมาระบบแนะนำข้อมูลมีแนวคิดที่แบ่งได้เป็น 3 ประเภท [2, 12] ดังนี้

1) ระบบแนะนำโดยใช้เนื้อหาเป็นหลัก (Content-Based Recommendation) เป็นการแนะนำข้อมูลโดยพิจารณาจากความคล้ายคลึงของไอเท็ม วิธีการสร้างระบบแนะนำข้อมูลประเภทนี้สามารถเลือกใช้ได้หลายเทคนิค เช่น ตัวจำแนกนาอีฟเบย์ (Naive Bayes Classifier), การวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster Analysis) และ ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Trees) เป็นต้น จากนั้นจึงทำการจำแนกข้อมูลแล้วนำมาแนะนำไอเท็มที่คล้ายคลึงกันให้แก่ผู้ใช้

2) ระบบแนะนำแบบร่วมมือ (Collaborative Recommendation) ที่แนะนำข้อมูลโดยพิจารณาจากพฤติกรรมหรือความชอบของผู้ใช้แล้วแนะนำไปให้ผู้อื่นต่อ ขั้นตอนการสร้างระบบแนะนำข้อมูลของประเภทนี้จะทำการประมวลผลจัดอันดับให้คะแนนไอเท็มหนึ่งๆ แล้วเมื่อตรงตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดก็จะถูกแนะนำไปที่ผู้ใช้รายอื่น แนวคิดนี้ได้ถูกนำไปใช้ใน amazon.com และระบบเครือข่ายสังคมออนไลน์ เช่น การแนะนำเพื่อนใหม่ กลุ่มต่างๆ และการเชื่อมต่ออื่นๆซึ่งเกิดจากการใช้ข้อมูลระหว่างผู้ใช้และเพื่อน

3) ระบบแนะนำแบบลูกผสม (Hybrid Recommender System) โดยสามารถเลือกใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น นำข้อมูลไปประมวลผลทั้งสองแนวคิดแรกแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มารวมกันเพื่อให้ได้คำตอบที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

แต่มีบางแห่งที่อธิบายระบบแนะนำข้อมูลแบบใช้กฎเป็นหลัก [34] (Rule-Based Recommendation) ซึ่งเป็นระบบที่อนุญาตให้ผู้ดูแลระบบเป็นผู้กำหนดกฎเพื่อที่จะดูและคุณสมบัติของผู้ใช้ทั้งแบบอพลวัต (Static) และพลวัต(Dynamic) โดยข้อดีของระบบแนะนำแบบใช้กฎเป็นหลัก คือ ง่าย มีความชัดเจน แต่ข้อเสียคือ การหากฎที่ดีเพื่อที่จะให้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพเป็นเรื่องยากและไม่สามารถที่จะปรับใช้ให้เป็นปัจจุบันอย่างอัตโนมัติได้ นอกจากนี้ ถ้าหากจำนวนกฎเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ระบบดูแลรักษายากขึ้นไปด้วย สำหรับงานวิจัยนี้ที่ใช้ ACO นั้นจัดเป็นระบบแนะนำแบบร่วมมือ เพราะพิจารณาข้อมูลโดยสังเกตจากพฤติกรรมของเพื่อน หรือเพื่อนของเพื่อน เพื่อให้ได้วัตถุที่น่าสนใจ

2.1.2 **เครือข่ายสังคมออนไลน์** (Online Social Networks) [12, 13]

การสร้างเครือข่ายสังคมขึ้นมาในช่วงแรกถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาด้านความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เป็นลักษณะเฉพาะ หรือกลุ่ม หรือองค์กรใดๆ แต่เมื่อถึงยุคที่โลกเต็มไปด้วยเทคโนโลยีติดต่อสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ จึงมีการพัฒนาเครือข่ายสังคมที่จากเดิมอยู่ในวงจำกัดให้กลายเป็นแบบเปิดกว้าง ซึ่งเปลี่ยนจากแนวความคิดเดิมให้กลายเป็นช่องทางการติดต่อสื่อสารอีกวิธีหนึ่ง แต่ในขณะเดียวกันยังสามารถศึกษาด้านความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆได้เหมือนเดิม นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มขีดความสามารถการเรียนรู้เนื่องจากมีแหล่งข้อมูลในประมาณที่มากขึ้น ทำให้การศึกษาจากเครือข่ายนี้มีผลที่ดีและหลากหลายมากขึ้นเช่นเดียวกัน เห็นได้จากปริมาณของงานวิจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเครือข่ายสังคมออนไลน์ต่างๆ ที่มีมากขึ้น เช่น

สำหรับโครงสร้างของเครือข่ายสังคมออนไลน์นั้นได้รับพื้นฐานมาจากโครงสร้างของเครือข่ายสังคมแบบเดิม โดยแบ่งออกได้ดังนี้

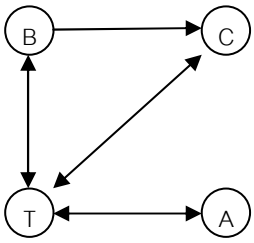
1) การใช้วิธีแบบเป็นทางการ (Formal Method) มาแสดงเครือข่ายสังคม

โดยในรูปแบบของการแสดงแบบเป็นทางการนั้น หมายถึง การใช้คณิตศาสตร์ ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญเมื่อนำคณิตศาสตร์มาใช้ร่วมกับกราฟจะสามารถแสดงเครือข่ายได้อย่างกระชับและเป็นระบบ ที่สำคัญคณิตศาสตร์สามารถนำมาประยุกต์ในด้านคอมพิวเตอร์และใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้คณิตศาสตร์และการแสดงด้วยกราฟยังมีกฎระเบียบที่ชัดเจน ทำให้สะดวกหากเมื่อมีการติดต่อสื่อสารกัน ซึ่งง่ายต่อการทำความเข้าใจร่วมกัน

2) การใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสังคม

องค์ประกอบที่สำคัญของการแสดงด้วยกราฟ คือใช้สัญลักษณ์บัพ (Node) แทนตัวผู้กระทำและแสดงความสัมพันธ์ของผู้กระทำ ทั้ง 2 ตำแหน่งด้วยเส้นเชื่อม (Edge) ดังภาพที่ 2-1 และเมื่อนำกราฟนี้มาใช้ด้านการจำลองสังคมในโลกออนไลน์ จึงเรียกกราฟนี้ว่า

“Sociograms” สำหรับกราฟที่นำมาแสดงสามารถแทนได้ทั้งความสัมพันธ์แบบง่าย (Simplex) ที่เป็นความสัมพันธ์แบบเดี่ยวของผู้กระทำและความสัมพันธ์แบบซับซ้อน (Multiplex) ที่เป็นความสัมพันธ์ที่มากกว่าหนึ่งของผู้กระทำ ซึ่งในรูปที่นำมาแสดงนั้น ระหว่างบัพ B และบัพ C มีเส้นเชื่อมที่มีลูกศรชี้จากบัพ B ไปยังบัพ C ในทิศทางเดียวนั้น หมายความว่า ผู้กระทำ B มีความสัมพันธ์ไปยังผู้กระทำ C แต่จากผู้กระทำ C ไม่มีความสัมพันธ์ไปยังผู้กระทำ B และอีกตัวอย่างหนึ่ง คือ ระหว่างบัพ B และบัพ T มีเส้นเชื่อมที่มีลูกศรชี้จากบัพ B ไปยังบัพ C และจากบัพ T มีลูกศรชี้มายังบัพ B หมายความว่า ผู้กระทำ B มีความสัมพันธ์ไปยังผู้กระทำ T และจากผู้กระทำ T มีความสัมพันธ์ไปยังผู้กระทำ เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 2-1 การใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสังคม

3) การใช้เมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ของสังคม

โดยทั่วไปนั้นการแสดงความสัมพันธ์ในรูปแบบของเมทริกซ์จะง่ายต่อการวิเคราะห์เพราะสามารถเขียนอยู่ในรูปแบบของแถวและคอลัมน์ ซึ่งแสดงแทนผู้กระทำที่อยู่ในชุดข้อมูล และค่าที่อยู่ในแต่ละช่องแสดงแทนความสัมพันธ์ระหว่างผู้กระทำ ซึ่งค่าที่ใส่ในช่องนั้นใช้เลขฐานสอง โดยถ้าหากมีความสัมพันธ์ก็แสดงค่าด้วย 1 และถ้าไม่มีความสัมพันธ์กันก็แสดงค่าด้วย 0 ดังในตารางที่ 2-1 ซึ่งเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน จึงกำหนดให้ผู้กระทำที่อยู่ในแถวจะเป็นผู้ส่ง และผู้กระทำที่อยู่ในคอลัมน์จะเป็นผู้รับ ดังในตัวอย่างที่นำมาแสดง ในแถวแรก ที่อธิบายความสัมพันธ์ของ Bob และเพื่อนๆ ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Bob และ Carol, Ted และ Alice ได้แก่ 1, 1 และ 0 ตามลำดับ นั่นหมายถึง Bob มีความสัมพันธ์กับ Carol และ Ted แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับ Alice เป็นต้น

ตารางที่ 2-1 การใช้เมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ของสังคม

	Bob	Carol	Ted	Alice
Bob	-	1	1	0
Carol	0	-	1	0
Ted	1	1	-	1
Alice	0	0	1	-

2.1.3 เฟซบุ๊ก (Facebook) [1, 14, 15]

เฟซบุ๊กเป็นหนึ่งในเครือข่ายสังคมออนไลน์ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งก่อตั้งอย่างเป็นทางการเมื่อช่วงต้นปี 2004 โดยมี Mark Zuckerberg เป็นผู้ก่อตั้งหลัก เป้าหมายของเครือข่ายจะเป็นกลุ่มของนักศึกษา นักเรียน และคนในวัยทำงาน โดยมีการขยายตัวของผู้ใช้อย่างต่อเนื่องซึ่งในช่วงกลางปี 2011 มีผู้ใช้เพิ่มถึง 50% เมื่อเทียบกับปี 2010

ในส่วนของการพัฒนาเฟซบุ๊ก เปิดให้นักพัฒนาทั่วไปเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาและเพิ่มความสามารถการใช้งานของเฟซบุ๊กได้ตามต้องการ โดยส่วนที่สามารถนำไปพัฒนาต่อ ได้แก่

1) เว็บไซต์ (Websites) เป็นการให้บริการในรูปแบบของเว็บไซต์ ที่มีปลั๊กอินให้บริการเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้งานในเทอมของเฟซบุ๊กแพลตฟอร์มบนหน้าเว็บไซต์ของตนเอง เช่น ปุ่มถูกใจ, หน้าต่างการเคลื่อนไหวล่าสุด (Activity Feed) หรือ หน้าต่างแสดงการแนะนำ (Recommendations) โดยทุกปลั๊กอิน(Plug in) ที่ให้บริการเสริมนั้นจะแสดงแทนด้วยชื่อและรูปประจำตัวของเพื่อนของผู้ใช้เท่านั้น

2) โปรแกรมประยุกต์ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Apps) ในส่วนนี้จะเป็นตัวเสริมของ เฟซบุ๊กที่จำไปใช้กับโปรแกรมประยุกต์ที่อยู่ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ เช่น การเข้าใช้งาน (Sign in) ผ่านบัญชีผู้ใช้ (Account) ที่มีอยู่ในเฟซบุ๊ก ซึ่งทำให้สะดวกต่อการใช้งาน และสามารถเผยแพร่โปรแกรมประยุกต์ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านหน้าต่างของเฟซบุ๊กได้ด้วย

3) โปรแกรมประยุกต์บนเฟซบุ๊ก (Apps on Facebook) เป็นส่วนที่ให้สำหรับการสร้างโปรแกรมประยุกต์แล้วนำไปแสดงบริบทของเฟซบุ๊ก ซึ่งสามารถพัฒนาโปรแกรมได้หลากหลายภาษาหรือใช้เครื่องมือที่สนับสนุนการเขียนเว็บโปรแกรม

โดยในขณะนี้มีโปรแกรมประยุกต์และเว็บไซต์มากกว่า 7 ล้านที่มีการนำแพลตฟอร์มเหล่านี้ไปใช้ และรวมไปถึงส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์แบบกราฟ (Graph Application Programming Interface – Graph API) ของเฟซบุ๊กที่เป็นคำสั่ง (Code) ไว้สำหรับติดต่อกับฐานข้อมูลในเฟซบุ๊ก ซึ่งมีทั้งในส่วนของวัตถุทั้งหมดที่อยู่บนเฟซบุ๊ก เช่น ผู้ใช้ (Users), กลุ่ม (Groups), โปรแกรมประยุกต์ หรือเหตุการณ์ (Events) เป็นต้น ที่สามารถปรับตั้งค่าได้ว่าต้องการให้เผยแพร่แบบสาธารณะ (Public) คือการเผยแพร่แบบให้คนที่ไม่เกี่ยวข้องสามารถเห็นวัตถุบนกระดานของเราได้ได้ หรือเผยแพร่แบบส่วนบุคคล (Private) ที่ให้เฉพาะเพื่อนเท่านั้นที่สามารถเห็นวัตถุเหล่านี้ได้ และในส่วนของผู้ใช้แต่ละคน เช่น เพื่อน (Friends), ตัวป้อนข่าว (News feed) หรือกระดานข้อความ (Wall) เป็นต้น ซึ่งในส่วนนี้หากต้องการดึงข้อมูลออกมา จำเป็นจะต้องทำการ

ล็อกอินเพื่อให้ได้สัญลักษณ์เข้าใช้งาน (Access Token) และมีอายุการใช้งาน 2 ชั่วโมงโดยพื้นฐาน

โดยในเฟซบุ๊กจะมีบริการสองอย่างซึ่งเป็นที่นิยมที่คล้ายคลึงกัน ได้แก่ ข่าวที่น่าสนใจและข่าวล่าสุด ซึ่งข่าวที่น่าสนใจจะมีอัลกอริทึมที่ซับซ้อนมากกว่าข่าวล่าสุด เพราะข่าวล่าสุดจะแสดงวัตถุที่มีความสมบูรณ์จากผู้ใช้โดยมีการแสดงผลเรียงตามลำดับเวลาที่ใกล้เคียงกับปัจจุบันมากที่สุด แต่สำหรับข่าวที่น่าสนใจนั้นใช้อัลกอริทึม NFO เพื่อกรองข้อมูลก่อนที่แสดงบนเฟซบุ๊กของผู้ใช้ ซึ่งบางครั้งจะพบว่าผลลัพธ์ที่แสดงอาจไม่ใช่วัตถุที่เกิดจากเพื่อนของเราหรือเป็นเพื่อนที่มีความใกล้ชิดกับเราจริง เนื่องจากอัลกอริทึม NFO นี้มีการพิจารณารวมไปถึงเพื่อนซึ่งอาจจะเป็นคนที่เข้ามาติดตามวัตถุต่างๆของเราด้วยเช่นกัน หรือบางครั้งมีการแสดงวัตถุของคนที่เราส่งข้อความต้องการเป็นเพื่อนแต่ยังไม่ได้รับการตอบกลับ เพราะอัลกอริทึม NFO จะนำวัตถุที่คนนั้นตั้งค่าไว้เป็นสาธารณะมาแสดงผลด้วย

2.1.4 การหาค่าที่เหมาะที่สุดของตัวป้อนข่าว (News Feed Optimization) [14, 16]

ตัวป้อนข่าวเป็นหนึ่งในบริการที่สำคัญในเฟซบุ๊ก โดยทีมพัฒนาได้นำอัลกอริทึม NFO เข้ามาใช้ในการกรองวัตถุต่างๆที่สร้างโดยเพื่อนของผู้ใช้จนทำให้เกิดระบบแนะนำวัตถุ ตั้งแต่ปี 2006 โดยอัลกอริทึมนี้ถูกควบคุมด้วยลำดับของเส้นเชื่อม (EdgeRank) ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อเก็บการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลและเนื้อหาระหว่างเพื่อนที่มีความเกี่ยวข้องกัน สำหรับลำดับของเส้นเชื่อมมีเกณฑ์ที่นำมาใช้ตัดสินดังนี้

1) ความใกล้ชิด (Affinity) เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้ที่เข้าชมและผู้สร้างวัตถุ โดยได้จากความถี่ในการส่งข้อความ แสดงความคิดเห็นบนหน้ากระดาน และเข้าไปติดตามข้อมูลของผู้สร้าง เป็นการเพิ่มคะแนนในส่วนนี้

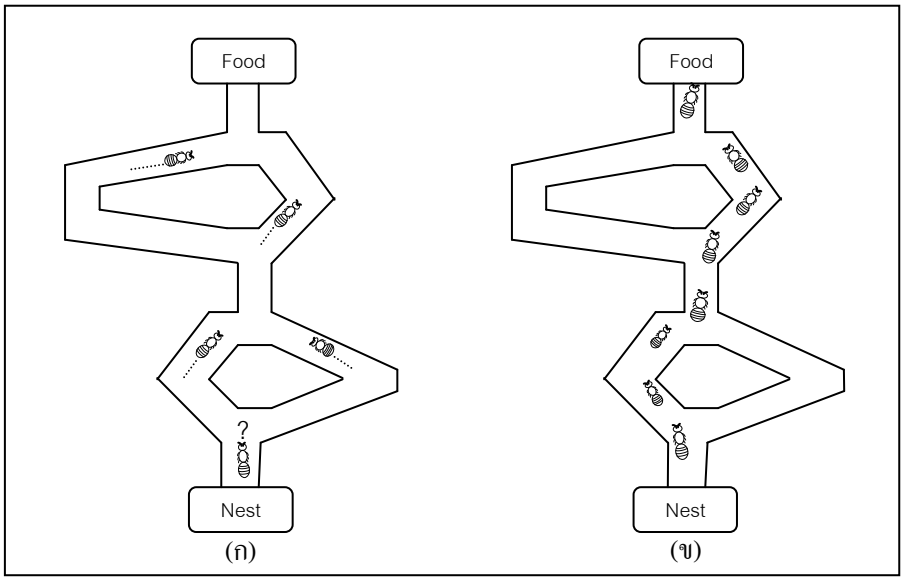
2) ค่าน้ำหนัก (Weight) ซึ่งเป็นการให้ความสำคัญแก่ประเภทของเส้นเชื่อมโดยในที่นี้ค่าน้ำหนักของการแสดงความคิดเห็นมากกว่าการกดถูกใจ

3) เวลา (Time) ระยะเวลาที่มีการเผยแพร่วัตถุนั้น ซึ่งถ้าหากเผยแพร่มานานแล้วความสำคัญก็จะลดลง

ทั้งหมดนี้พิจารณาทั้งในส่วนที่ผู้ใช้ไปติดตามวัตถุต่างๆของเพื่อน และในส่วนที่เพื่อนเข้ามาติดตามวัตถุต่างๆของผู้ใช้ด้วย ทำให้บางครั้งการแสดงผลของตัวป้อนข่าว มีวัตถุของเพื่อนที่ผู้ใช้อาจจะไม่รู้จักหรือไม่ได้มีความสัมพันธ์กันมากนักมาปรากฏด้วย

2.1.5 **อัลกอริทึมการหาค่าที่เหมาะที่สุดของกลุ่มมด** (Ant Colony Optimization Algorithm - ACO) [8, 9, 17]

ACO Algorithm นั้นมีแนวคิดที่เลียนแบบการหาอาหารของมดซึ่งเป็นการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติก ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Marco Dorigo ในปี 1992 โดยมีแนวคิดว่า เมื่อมดเดินทางไปหาอาหารในเส้นทางหนึ่งๆ จะทำการปล่อยฮอร์โมนหรืออาจเรียกได้ว่าฟีโรโมนออกมา ซึ่งเมื่อมดตัวอื่นรับรู้ถึงฟีโรโมนเหล่านี้ จะเดินทางตามมาในเส้นทางเดียวกันเพื่อไปหาแหล่งอาหารที่เดียวกัน ซึ่งถ้าหากมีมดจำนวนมากขึ้นในเส้นทางเดียวกันนี้ โอกาสที่จะเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดก็มีมากขึ้น แม้ว่าบางครั้งเส้นทางที่มีฟีโรโมนมากสุดจะไม่ใช่เส้นทางที่ดีที่สุดก็ตาม และคุณสมบัติของฟีโรโมนที่สามารถระเหยได้เมื่อเวลาผ่านไป จึงเป็นการลดจำนวนที่จะมีมดตัวอื่นเดินตาม ทำให้เป็นการลดโอกาสที่จะเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดด้วย โดยสำหรับการรักษาระดับในการเป็นเส้นทางที่ดี จะต้องมีการปล่อยฟีโรโมนที่เร็วกว่าการระเหยของฟีโรโมน ตัวอย่างในภาพที่ 2-2 (ก) เป็นการเดินทางหาอาหารของมดที่ใช้หลักการเดินตามฟีโรโมนของมดตัวแรก ซึ่งถ้าหากเป็นระยะทางสั้นๆ ฟีโรโมนจะยังเหลือให้มดตัวหลังอยู่มาก จนมีมดตัวอื่นๆเดินตามได้ แต่ในเส้นทางที่ยาว ฟีโรโมนจะระเหย ทำให้มดตัวหลังรับรู้ได้น้อย แล้วลดโอกาสการเดินตามไปเส้นทางนั้น และเมื่อเวลาผ่านไป มีมดเดินตามมากยิ่งขึ้นและมีระยะเวลาที่ถี่ขึ้น จะกลายเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดของกลุ่มมดในการหาแหล่งอาหารหนึ่งๆ ดังภาพที่ 2-2 (ข)



ภาพที่ 2-2 การเดินหาอาหารของมด

และที่พิเศษยิ่งขึ้น คือ มดจะเป็นตัวกระทำการคำนวณอย่างง่าย ซึ่งมีการวนรอบเพื่อหาทางแก้ปัญหา โดยส่วนของปัญหาที่นำมาแก้ เรียกว่า สถานะ (State) โดยหลักสำคัญของอัลกอริทึม ACO จะมีการวนซ้ำ โดยแต่ละรอบคือการก้าวของมดแต่ละครั้ง จากสถานะ i ไปจนถึงสถานะอื่น j และทำไปเรื่อยๆจนกว่าจะครบส่วนการแก้ปัญหา สำหรับมดตัวที่ k ความน่าจะเป็นที่ P_{ij}^{k} จะเดินทางจากสถานะ ขึ้นอยู่กับค่า 2 ค่า ดังนี้

1) ความดึงดูด (Attractiveness) ซึ่งคำนวณโดยใช้ค่าฮิวริสติกเพื่อหาจุดหมายที่สำคัญที่ต้องการจะเดินทาง ดังนั้นจึงเรียกว่าค่าก่อนหน้า (Priori)

2) ระดับเส้นทาง (Trail Level) เป็นการนำค่าที่ได้จากในอดีตมาช่วยตัดสินใจเพื่อหาจุดหมายที่สำคัญที่ต้องการจะเดินทาง ดังนั้นจึงเรียกว่าค่าภายหลัง (Posteriori)

โดยระดับเส้นทางจะถูกปรับให้เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ ซึ่งเมื่อมดทุกตัวเดินทางจนครบ ระดับที่เพิ่มหรือลดจะเป็นการตัดสินความดีของเส้นทางนั้นๆ

จากแนวคิดนี้ เมื่อนำเข้ามาประยุกต์ในด้านเครือข่ายสังคมออนไลน์ โดยพิจารณาจากการปล่อยฟีโรโมน โอกาสที่มด k จะเลือกเส้นทางจากบัพ i ไปบัพ j จากใน (1)

$$P_{ij}^{k} = \begin{cases} \dfrac{(\tau_{ij}^{k})^{\alpha}(\eta_{ij}^{k})^{\beta}}{\sum_{\iota \in \mathrm{N}_i^{\mathrm{k}}}(\tau_{il}^{k})^{\alpha}(\eta_{il}^{k})^{\beta}} & \text{if } j \in N_i^k \\ 0 & \text{if } j \notin N_i^k \end{cases} \quad (1)$$

τ_{ij}^{k} หมายถึงระดับของฟีโรโมน โดยสมการแสดงให้เห็นถึงตัวเลือกทั้งหมดเป็นไปได้ในเซต N_i^k (หรือบัพเพื่อนบ้าน) เมื่อมดอยู่ที่บัพ i

α, β และ η_{ij}^{k} เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับการใช้

η_{ij}^{k} แสดงถึงข้อมูลฮิวริสติก

α และ β จะมีน้ำหนักขึ้นอยู่กับความสำคัญของค่าฟีโรโมนและค่าฮิวริสติก

สำหรับ ACO นั้นมีการนำไปประยุกต์กับการใช้งานด้านต่างๆ เช่น การทดสอบซอฟต์แวร์ (Software Testing) [18], การออกแบบเส้นทาง (Path Planning) [19, 20], การแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem) [21] และปัญหาการแข่งขันการเดินทาง (Traveling Tournament Problem) [22], การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) [23] หรือด้านการสื่อสารทางไกล (Telecommunication) [24, 25] เป็นต้น

2.1.6 **ระบบอาณาจักรมด** (Ant Colony System – ACS) [8, 17]

สำหรับ ACO จะมีหลายแนวคิดที่นำอัลกอริทึมอื่นๆมาผสม เช่น อัลกอริทึม Ant-Q [26] ซึ่งเป็นส่วนขยายของการหาที่เหมาะที่สุดของกลุ่มมดแล้วไปรวมกับการเรียนรู้แบบ Q (Q-Learning) และสำหรับ ACS นั้นเป็นรุ่นที่ง่าย ไม่ซับซ้อนของ Ant-Q ดังนั้น ACS จึงเป็นพื้นฐานของหลายอัลกอริทึมที่นำไปใช้ต่อในช่วงหลายปีที่ผ่านมา และ ACS แตกต่างจากแบบเดิมด้วยค่า 3 ค่า ดังนี้

1) ฟีโรโมน ใน ACS นั้นเมื่อจะคำนวณการเดินทางของมดทุกตัว จะทำการปรับค่าฟีโรโมนให้เป็นปัจจุบัน ซึ่งอยู่ในทุกเส้นเชื่อมของปัญหาที่จะแก้ และในลำดับสุดท้ายของส่วนนี้จะทำการปรับค่าตามการระเหยของฟีโรโมนทั้งหมดในระบบ โดยใน ACS นั้นเริ่มต้นนำการปรับค่าฟีโรโมนให้เป็นปัจจุบันแบบครอบคลุม (Globally Update) มาใช้ ซึ่งในการปรับค่าแบบครอบคลุมนี้จะเป็นการเพิ่มความน่าสนใจของเส้นทางมากกว่าแบบเดิมที่หลีกเลี่ยงวิธีที่ทำให้เสียเวลา แต่จะมุ่งเน้นไปที่ด้านการหาเพื่อนที่บ้านที่ใกล้ที่สุดในรอบปัจจุบัน

สำหรับระดับฟีโรโมนบนเส้นทางนั้น จะมีค่าการระเหยเป็นเปอร์เซ็นต์ ρ ใน (2)

$$\tau_{ij} \leftarrow (1-\rho)\tau_{ij} \tag{2}$$

เมื่อ $0 \leq \rho < 1$ โดยปกติ มักจะให้ $\rho = 0.9$ [8] หลังจากที่ฟีโรโมนมีการระเหยไประดับฟีโรโมนใหม่จะถูกปรับบนเส้นทางที่มดเดินผ่าน ดังใน (3) และ (4)

$$\tau_{ij} \leftarrow \tau_{ij} + \sum_{k=1}^{m} \Delta\, \tau_{ij}^{k} \tag{3}$$

$$\Delta\, \tau_{ij}^{k} = \begin{cases} Q/L_k & \text{เมื่อมด } k \text{ เลือกใช้เส้นทาง } ij \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases} \tag{4}$$

L_k คือ ค่าการเดินทางของมดตัวที่ k (ระยะทาง)

Q คือ ค่าคงที่

2) กฎการเปลี่ยนสถานะ (State Transition Rule) ในการที่มดจะเปลี่ยนสถานะหรือเดินทางต่อไปจะใช้กฎการเปลี่ยนสถานะ โดยใน ACS ได้เสนอกฎการเปลี่ยนสถานะที่ชื่อว่า Pseudo-Random-Proportional ซึ่งเป็นกฎที่อยู่ระหว่างสถานะ Pseudo-Random ที่ถูกใช้ใน Q-learning และการกระทำที่เรียกว่า Random-Proportional ซึ่งถูกใช้ในระบบมด (Ant System)

3) การทำแบบลูกผสมและการปรับปรุงสมรรถนะ (Hybridization and Performance Improvement) ACS ถูกนำไปใช้ในการแก้ปัญหาแบบ Symmetric and

Asymmetric Traveling Salesman Problem (TSP/ATSP) ACS จึงเสนอโครงสร้างข้อมูลที่เรียกว่า รายชื่อผู้สมัคร (Candidate List) ซึ่งเป็นโครงสร้างข้อมูลแบบอพลวัตของความยาวจากสถานะ i ถึงสถานะที่มดจะเลือกเดินทางไป โดยมดจะเลือกสถานะที่จะเดินทางไปด้วยกฎการเปลี่ยนสถานะ แต่ถ้าหากไม่มีสถานะที่อยู่ในรายชื่อผู้สมัครจะเลือกสถานะที่ใกล้ที่สุดที่มีอยู่โดยใช้ค่าฮิวริสติก ซึ่งเป็นการปรับปรุงด้วยการหาค่าที่เหมาะที่สุดแบบท้องถิ่นหรือเป็นการทำแบบลูกผสม

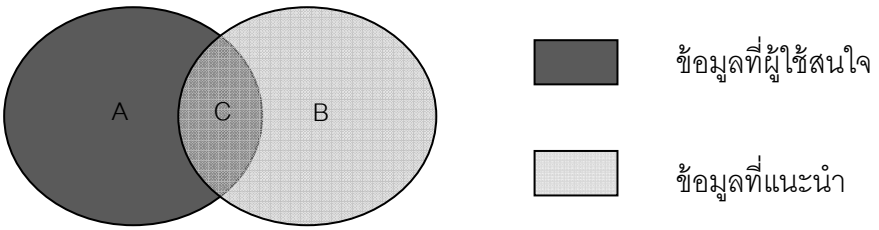
2.1.7 **การประเมินผลของระบบแนะนำข้อมูล** [3]

สำหรับการประเมินคุณภาพของระบบแนะนำ จะวัดด้วยเกณฑ์ดังนี้

1) ค่าความระลึก (Recall) คือ อัตราส่วนของข้อมูลที่แนะนำแก่ผู้ใช้ต่อข้อมูลที่ผู้ใช้สนใจ หรือ $\frac{C}{A+C}$ ดังในภาพที่ 2-3

2) ค่าความเที่ยง (Precision) คือ อัตราส่วนของข้อมูลที่แนะนำซึ่งตรงกับความต้องการของผู้ใช้ต่อข้อมูลที่แนะนำทั้งหมด หรือ $\frac{C}{B+C}$

3) ค่าเอฟ (F-measure) เป็นการวัดประสิทธิภาพโดยรวมของค่าความระลึก และค่าความเที่ยง เนื่องจากโดยทั่วไป ถ้าหากมีจำนวนของข้อมูลปริมาณมาก จะเพิ่มโอกาสที่จะตรงกับความสนใจของผู้ใช้ ทำให้เมื่อค่าความระลึกเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเที่ยงลดลง ดังนั้นจึงทำการวัดค่าเอฟด้วย สูตรคำนวณนี้ $\frac{2*recall*precision}{recall+precision}$



ภาพที่ 2-3 ค่าความระลึกและค่าความเที่ยง

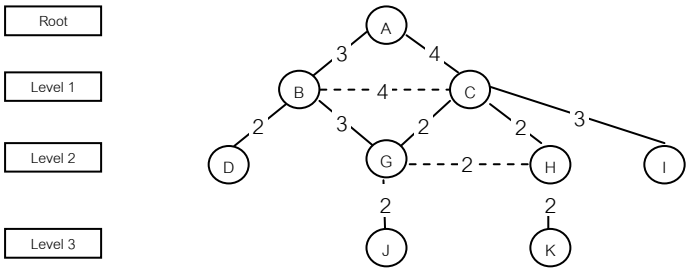
2.2 **เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

จากที่ลักษณะการเก็บข้อมูลในเครือข่ายสังคมออนไลน์มีรูปแบบเป็นวัตถุต่างๆ ดังนั้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบแนะนำและเครือข่ายสังคมนั้น จะเป็นการแนะนำวัตถุต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น เพื่อน กิจกรรม รูปภาพ ข่าว เป็นต้น ดังนั้นสำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่จะกล่าวต่อไปนี้ จะเป็นงานวิจัยที่แนะนำวัตถุต่างๆ โดยส่วนใหญ่เป็นการแนะนำเพื่อนใหม่แก่ผู้ใช้ ซึ่งเลือกใช้

วิธีดำเนินการที่แตกต่างกัน การแนะนำกิจกรรมต่างๆในสังคมแก่ผู้ใช้ และนอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เป็นการแนะนำวิดีโอในเว็บยูทูบ (Youtube) อีกด้วย ดังจะอธิบายต่อไปนี้

2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแนะนำเพื่อนใหม่

งานวิจัยของ Shuchuan Lo และ Chingching Lin [3] นำเสนออัลกอริทึมอัตราส่วนข้อความขั้นต่ำแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Minimum-Message Ratio – WMR) ซึ่งนำค่าน้ำหนักที่วัดจากจำนวนข้อความที่ติดต่อกันระหว่างสองบัพที่เชื่อมต่อกันในกราฟเพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้แนะนำเพื่อนใหม่ต่อไป มีแนวคิดมาจากระยะทางที่สั้นที่สุดในเครือข่ายโดยไม่พิจารณาส่วนที่ติดต่อกันในลำดับชั้นเดียวกัน ดังภาพที่ 2-4 เช่น เมื่อต้องการหาเส้นทาง P(D <- A) จะเดินทางได้ทั้ง (A, B, D) และ (A, C, B, D) ดังนั้นในอัลกอริทึมนี้จึงกำจัดเส้นทางที่อยู่ในลำดับชั้นเดียวกันออก (เส้นประ)



ภาพที่ 2-4 สมาชิกในเครือข่ายแบบปราศจากการพิจารณาในลำดับชั้นเดียวกัน

จากนั้นจึงคำนวณหาอัตราส่วนข้อความขั้นต่ำแบบถ่วงน้ำหนัก โดยใช้วิธีดังต่อไปนี้

1) กำหนดข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้

ให้ C_{ij} คือ จำนวนข้อความระหว่างบัพ i และบัพ j เช่น $C_{BD} = 2$

ให้ $L(h)$ คือ บัพทั้งหมดของลำดับชั้น h ในสมาชิกของเครือข่าย เช่น $L(1) = \{B, C\}$

ให้ $P_k(j)$ คือ เส้นทางที่ k จากราก โดยมีสมาชิกเป็นบัพใดๆ(j) เช่น $P_1(G) = \{\mathrm{A}, \mathrm{B}, \mathrm{G}\}$ และ $P_2(G) = \{A, C, G\}$

ให้ $P_k(j).CSum$ คือ จำนวนข้อความของเส้นทาง $P_k(j)$ เช่น $P_k(j).CSum = C_{AB} + C_{BG} = 3 + 3 = 6$

ให้ $L(h).CSum$ คือ จำนวนข้อความทั้งหมดของ $L(h)$ เช่น $L(h).CSum = C_{AB} + C_{AC} = 3 + 4 = 7$

ให้ $C(i,j)$ คือ อัตราส่วนของข้อความ C_{ij} และข้อความทั้งหมดของลำดับชั้น h ที่บัพ $j \notin L(h)$ และ $i \notin L(h-1)$ เช่น $C(A,B) = C_{AB}/L(1).CSum = 3/7$

2) คำนวณหาค่าอัตราส่วนข้อความขั้นต่ำแบบถ่วงน้ำหนัก ตามสมการที่ (5)

$$R_{oj} = \sum_k [P_k(j).CSum * \prod_i C(S_{i-1}, S_i)] \quad (5)$$

โดย $S_i \notin P_k(j) \cap L(i), i = 1, \dots, h-1$ ที่ $j \in L(h)$และ $h \neq 1$

ซึ่งจะได้ $R_{AG} = P_1(G).CSum * C(A,B) + P_2(G).CSum * C(A,C)$

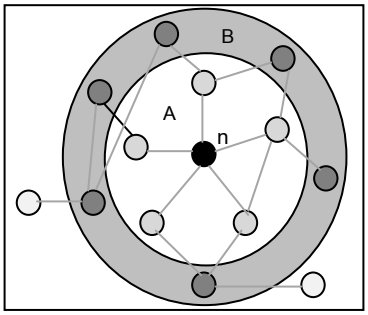
$= 6 * (3/7) + 6 * (4/7) = 6$

จากแนวคิดนี้ทำให้ประหยัดทรัพยากรในด้านหน่วยความจำและเวลาทั้งตอนที่ทำการจัดเก็บข้อมูลและการคำนวณเพื่อหาข้อมูลที่จะนำมาแนะนำ คือ ไม่จำเป็นต้องคำนวณทุกเส้นทางที่สามารถไปได้ แต่เลือกเฉพาะเส้นทางที่มีสำคัญและจำเป็นมากกว่า โดยในการวิจัยได้ใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ชุมชนในไต้หวัน ซึ่งผลที่ได้ให้ค่าความเที่ยง (Precision) และค่าความระลึก (Recall) 15 เปอร์เซ็นต์ และ 8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นอกจากนี้ด้วยวิธีการนี้ยังนำไปใช้ทดลองในการแนะนำหนังสือในห้องสมุดดิจิตอล ซึ่งให้ค่าความเที่ยง และค่าความระลึก 3 เปอร์เซ็นต์และ 14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

งานวิจัยของ Silva และคณะ [5] และ Naruchitparames และคณะ [6] ที่เลือกใช้อัลกอริทึมทางพันธุกรรมเพื่อใช้ในการแนะนำเพื่อนใหม่ สำหรับ Silva และคณะ [5] ได้เลือกอัลกอริทึมทางพันธุกรรมมาใช้ในหาค่าที่เหมาะสมของความสัมพันธ์ของผู้ใช้ในกราฟเพื่อที่จะได้ผลการจัดอันดับความสัมพันธ์ที่ดี โดยในการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบกับวิธีเพื่อนของเพื่อน (Friend-of-Friend – FOF) สำหรับขั้นตอนการทดลอง มีดังนี้

1) ทำการกรองข้อมูล (Filtering)

ในขั้นตอนนี้จะทำการจำกัดขอบเขตของบัพที่เชื่อมต่อกับบัพอื่นแต่ละบัพโดยมีบัพที่ต้องการให้เป็นบัพที่จะใช้การแนะนำเป็นศูนย์กลาง โดยในการทดลองนี้จะพิจารณาเพียง 2 ชั้น (Hop) ดังในภาพที่ 2-5 ซึ่งบัพ n_i เป็นบัพศูนย์กลางของการทำระบบแนะนำ โดยภายในวง A จะเป็นบัพที่เชื่อมต่อโดยตรงกับบัพศูนย์กลาง แต่ภายในวง B และด้านนอกของ A จะถูกนำมาทำการกรองต่อไป



ภาพที่ 2-5 การเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้ เพื่อน และเพื่อนของเพื่อนในเครือข่ายสังคม

2) การจัดอันดับ (Ordering)

ในการจัดลำดับเป็นส่วนหนึ่งของการวัดค่าสัมประสิทธิ์และปรับค่าให้เป็นมาตรฐานโดยใช้กลไกการปรับเปลี่ยน โดยการจัดอันดับนี้ จะจัดอันดับค่าดัชนีของแต่ละบัพซึ่งค่าดัชนีในที่นี้ หมายถึง ค่าความสัมพันธ์ระหว่างบัพแต่ละบัพกับบัพศูนย์กลาง เพื่อที่จะไปใช้ในกระบวนการแนะนำข้อมูลต่อไป และในการทดลองนี้ ได้กำหนดค่าบางตัวที่มาจากค่าดัชนีที่ใช้ในระบบการแนะนำเพื่อน เริ่มจากกำหนดค่าดังต่อไปนี้

$\mathrm{C_i}$ คือ เซตของบัพที่ติดกับบัพ $\mathrm{V_i}$

$\mathrm{D_C}$ คือ ค่าความหนาแน่นระหว่างบัพที่อยู่เซต C

และในการวัดนี้จะทำการหาค่าสัมประสิทธิ์การ Clustering ซึ่งคือ $\mathrm{D_{C_i}}$ ได้จาก ค่าสัมประสิทธิ์การ Clustering ของบัพ $\mathrm{V_i}$ โดยคำนวณได้จาก สมการ (6)

$$D_C = \frac{\sum_{i \in C}(\sum_{j \in C}(M_{ij}))}{(|C|*(|C|-1))/2} \quad (6)$$

ซึ่ง M_{ij} คือ ส่วนที่ ij ของเมทริกซ์ที่ติดกัน

ในการทดลองนี้ใช้แนวคิดแบบเดียวกับ Friend-of-Friend (FOF) ซึ่งจะทำการหาค่าความสัมพันธ์ 3 ค่า ได้แก่

2.1) ค่าความสัมพันธ์ที่ 1 เป็นค่าที่ได้จากจำนวนของบัพที่ติดต่อร่วมกันระหว่างบัพ i ซึ่งเป็นบัพศูนย์กลางของการวิเคราะห์และบัพ j ซึ่งเป็นบัพที่จะนำไปแนะนำในระบบ ดังในสมการที่ (7) โดยสำหรับในเครือข่ายสังคมจะเป็นการหาจำนวนเพื่อนที่มีร่วมกัน

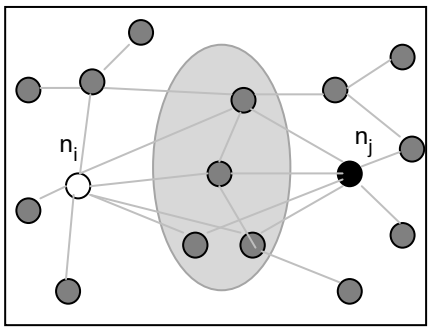
$$I_{1_{ij}} = |C_i \cap C_j| \quad (7)$$

2.2) ค่าความสัมพันธ์ที่ 2 เป็นการหาค่าความหนาแน่นของค่าที่ได้จากค่าความสัมพันธ์ที่ 1 ดังสมการ (8)

$$I_{2_{ij}} = D_{C_i \cap C_j} \quad (8)$$

2.3) ค่าความสัมพันธ์ที่ 3 เป็นค่าความแปรปรวนของค่าความสัมพันธ์ที่ 2 ซึ่งวัดจากค่าความหนาแน่นของกลุ่มที่อยู่ติดกันมากที่สุดระหว่างบัพ $\boldsymbol{n_i}$ และบัพ $\boldsymbol{n_j}$ ดังในภาพที่ 2-6 และหาค่านี้ได้ตามสมการที่ (9)

$$I_{3_{ij}} = D_{C_i \cup C_j} \quad (9)$$



ภาพที่ 2-6 การเชื่อมต่อของเพื่อนที่มีร่วมกันระหว่างบัพ $\boldsymbol{n_i}$ และบัพ $\boldsymbol{n_j}$ และมีความสำคัญมากที่สุด (ในวงกลมสีเทา)

3) การเทียบค่าน้ำหนักความสัมพันธ์โดยใช้อัลกอริทึมทางพันธุกรรม

ในระบบแนะนำข้อมูลเป็นการเลือกค่าความสัมพันธ์ที่หลายหลายให้แก่ผู้ใช้ที่แตกต่างกัน ดังนั้น แต่ละผู้ใช้จะมีรูปแบบของความสัมพันธ์แบบเฉพาะ ซึ่งหาได้จากสมการที่ (10)

$$M(n, w) = I_1(n_c, n).w_1 + I_2(n_c, n).w_2 + I_3(n_c, n).w_3 \quad (10)$$

ซึ่ง I_i คือ ค่าความสัมพันธ์ และ W_i คือ น้ำหนักที่คิดว่าเหมาะสมจากการใช้อัลกอริทึมทางพันธุกรรม

ในการทดลองด้วยวิธีนี้ให้ผลที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบในด้านชุดที่ถูกต้องของความสัมพันธ์ทางเดียว และการยอมรับของการคำแนะนำ ส่วนของ Naruchitparames และคณะ [6] เป็นการใช้โครงสร้างของข่ายงานร่วมกับอัลกอริทึมทางพันธุกรรม ซึ่งได้รับแนวคิดมาจากงานวิจัยของ Silva และคณะ [5] แล้วนำไปเปรียบเทียบกับแต่ละคู่ของบัพในกราฟ ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านของจำนวนเฉลี่ยที่มีการแนะนำเพื่อนต่อจำนวนเพื่อนทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้อัลกอริทึมเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น โดยทั้งสองงานวิจัยนี้ทำให้มีโอกาสเกิดความหลากหลายของเพื่อน

ที่นำมาแนะนำ เนื่องจากการสับเปลี่ยนทางพันธุกรรม แต่อาจจะเสียเวลาในการคำนวณมากขึ้น เนื่องจากการคำนวณด้วยอัลกอริทึมทางพันธุกรรม จะต้องสลับตำแหน่งของอักขระของชุดข้อมูล

งานวิจัยของ Papadimitriou และคณะ [4] ที่ใช้อัลกอริทึมการเชื่อมต่อกับเพื่อน (Friendlink) ซึ่งเป็นการวัดค่าความคล้ายคลึงกันระหว่าง 2 บัพ ที่อยู่ติดกันในกราฟ โดยใช้อัลกอริทึมดังในภาพที่ 2-7

Algorithm FriendLink (*G, A, n, l***)**
Input
G : an undirected and unweighted graph,
A : adjacency matrix of graph *G*,
n : number of nodes of graph *G*,
l : maximum length of paths explored in *G*,
m : the length of a path
Output
sim(*i,j*) : similarity between node *i* node *j* in *G*

```
1.  Main Program
2.      for i = 0 to n
3.        for  j = 0 to n
4.            if A(i,j) = 1 then
5.               A(i,j) = j
6             else
7.               A(i,j) = 0
8.            end if
9.       end for j
10.     end for i
11.     for m = 2 to l
12.       Combine Paths()
13.       Compute Similarity(m)
14.     end for m
15. End Main Program
16. Begin Function Combine Paths()
17.    for i = 1 to n
18.      for j = 1 to n
19.        for k = 1 to n
20.          if A(i,k) < > and A(k,j) < > 0 then
21.             A(i,j) = concatenate(A(i,k), A(k,j))
22.          end if
23.        end for k
24.      end for j
25.    end for i
26.  return A(i,j)
27. End Function
28. Begin Function Compute Similarity ()
29.     for i = 1 to n
30.       for j = 1 to n
31.         denominator = 1
32.            for k=2 to m
33.               denominator = denominator * (n-k)
34.            end for k
35.       sim(i,j) = sim(i,j) + 1/(m-1) · |paths_ij^m| / denominator
36.       end for j
37.     end for i
38.     return sim(i,j)
39. End Function
```

ภาพที่ 2-7 อัลกอริทึมการเชื่อมต่อกับเพื่อน (Friendlink)

2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแนะนำกิจกรรม

ซึ่งได้แก่ งานวิจัยของ Zanda และ คณะ [27] ที่นำเสนอระบบแนะนำกิจกรรมสังคมโดยบูรณาการข้อมูลมาจากสังคมเฟซบุ๊ก ข้อมูลเครือข่ายมือถือ และข้อมูลเซ็นเซอร์ ซึ่งในขั้นตอนการวิจัย สามารถแบ่งออกได้เป็นส่วนใหญ่ คือ

1) การสร้างกราฟสังคม (Social Graph Generator) เป็นการนำข้อมูลทั้งสามส่วนที่ได้กล่าวไว้ตอนแรกมารวมกัน โดยแบ่งเป็นส่วนย่อย ดังนี้

1.1) การคำนวณหาเพื่อนที่มีร่วมกัน (Mutual Friends Computaion) เป็นขั้นตอนแรกซึ่งทำการคำนวณหาจำนวนเพื่อนที่มีร่วมกันของแต่ละคนโดยพิจารณาเพื่อนทั้งหมดทุกแหล่งข้อมูล ซึ่งใช้อัลกอริทึมดังภาพที่ 2-8

```
Require: F(root) %It contains Root's friends.
1. Allocate M[Count(F(root)) Count(F(root))
2. for all i such that 0 ≤ i ≤ Count(F(root)) do
3.         F F List1[] = GetFriends (F(i));
4          for all j such that i+1 ≤ j ≤ Count(F(root)) do
5              F F List2[] = GetFriends(F(j));
6              Calculate connection(F F List1[] , F F List2[] );
7.             Store the value in M[i][j];
8.         end for
9.  end for
10. return M[][];
```

ภาพที่ 2-8 อัลกอริทึมการหาเพื่อนที่มีร่วมกัน

1.2) การจัดกลุ่มผู้ใช้ (User Clustering) ซึ่งแนวคิดนี้ทำให้ทราบว่า ถ้าหากผู้ใช้ 2 คนมีเพื่อนร่วมกันเป็นจำนวนมาก จะทำให้ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

1.3) การคำนวณระดับความใกล้ชิด (Affinity Degree Calculation) เป็นการคำนวณน้ำหนักของเส้นเชื่อมที่เชื่อมต่อจากผู้ใช้ไปยังบัพ i ซึ่งแสดงใน กลุ่ม C_i ด้วยสมการ (11)

$$W(Root, i) = \frac{R(Root, C_i)}{SizeOfCluster(C_i)} \quad (11)$$

2) การแนะนำกิจกรรม (Activity Recommendation) มีขั้นตอนดังนี้

2.1) การบูรณาการข้อมูล (Data Integration) เป็นมอดูล (Module) การรวมข้อมูลมาจากสังคมเฟซบุ๊ก ข้อมูลเครือข่ายมือถือ และข้อมูลเซ็นเซอร์ เป็นการเตรียมข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

2.2) ตัวรู้จำกิจกรรม (Activity Recognizer) เป็นมอดูลการตรวจหากิจกรรมที่เกิดขึ้น เนื่องจากบางกิจกรรมถูกเผยแพร่ในเฟซบุ๊ก ดังนั้นจึงตรวจจับได้ง่าย ดังนั้นตัวรู้จำกิจกรรมจะเรียกร้องเหมืองข้อความ (Text-mining) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาวันที่ปรับให้เป็นปัจจุบัน

2.3) ตัวประยุกต์กราฟสังคม (Social Graph Applicator) เป็นมอดูลที่ใช้กราฟสังคมเลือกกิจกรรมที่ตรวจจับมาจากตัวตรวจจับกิจกรรม เพื่อนให้ได้กิจกรรมที่มีความเกี่ยวข้องมากที่สุด โดยผู้ใช้จะเสนอกิจกรรมที่ถูกจำกัดในกราฟสังคม และให้ค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อมที่เชื่อมต่อผู้ใช้และผู้ใช้งานอื่น แล้วค่าน้ำหนักนี้จะถูกตัดสินด้วยค่าขีดแบ่ง (Threshold) ซึ่งเป็นค่าที่มาจากโครงสร้างของกราฟสังคมและดีกรี

2.4) ตัวจับคู่กิจกรรม (Activity Matcher) เป็นมอดูลสำหรับกรองกิจกรรมและทำการบ่งชี้กิจกรรมที่เหมาะสม

ซึ่งผลที่ได้จากผู้ใช้ทั้งหมด 149 คน จัดกลุ่มได้เป็น 76 กลุ่ม และใช้เวลาในการประมวลผล 0.0124 วินาที โดยเวลาที่ใช้จะเปลี่ยนแปลงตามจำนวนของผู้ใช้ที่นำมาประมวลผล สำหรับขั้นตอนของงานวิจัยนี้ค่อนข้างซับซ้อน ซึ่งถ้าหากมีจำนวนผู้ใช้ที่เพิ่มมากขึ้น เช่น เมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการแนะนำเพื่อนในเฟซบุ๊ก จะทำให้เสียเวลาในการประมวลผล ซึ่งต้องปรับแก้อัลกอริทึมต่อไป

2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแนะนำวิดีโอ

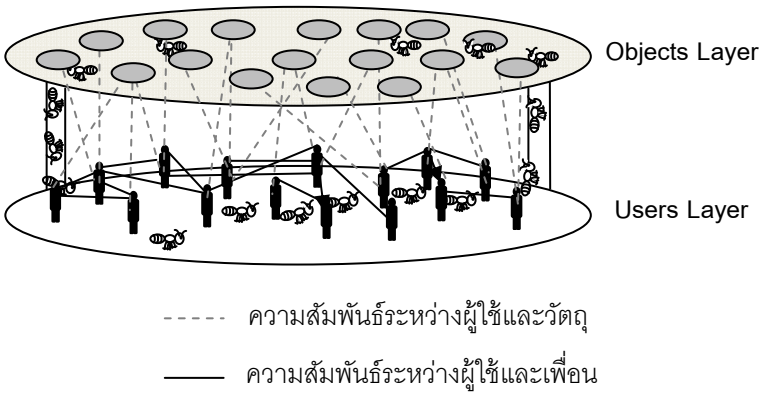
งานวิจัยของ Q. Song และคณะ [11] นำเสนอระบบการแนะนำสำหรับวิดีโอที่อยู่บนเครือข่ายของนักวิจารณ์ จากที่ในปัจจุบัน ระบบการแนะนำสำหรับยูทูบที่มีอยู่จะเป็นการนำเสนอตามคุณลักษณะข้อความของวิดีโอ เช่น ชื่อวิดีโอ ป้ายระบุ เป็นต้น และนำมาจับคู่กับป้ายระบุในโพรไฟล์ผู้ใช้ หรือวิดีโอที่ผู้ใช้ดูล่าสุด ซึ่งวิธีนี้จะมีขอบเขตที่จำกัด เนื่องจากไม่สามารถตอบสนองความสนใจของผู้ใช้จากแก่นเรื่อง (Theme) ของวิดีโอได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการสกัดข้อมูลที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของวิดีโอโดยใช้ฟอร์มเครือข่ายจากการวิจารณ์ หรือที่เรียกว่า ช่องแสดงความคิดเห็นในวิดีโอยูทูบ โดยในงานวิจัยนี้ได้สร้าง เครือข่ายการแนะนำยูทูบ (Youtube Recommender Network – YRN) และนำข้อมูลในเครือข่ายมาวิเคราะห์ ซึ่งได้ผลการวิจัยที่ได้คือ รายการวิดีโอทีแนะนำมีหลากหลากมากขึ้นเมื่อเทียบกับการแนะนำโดยใช้ข้อมูลแบบข้อความและ YRN จะแนะนำวิดีโอ

บทที่ 3
การแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยใช้ระบบอาณาจักรมด

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีที่ประยุกต์มาจากระบบอาณาจักรมดเพื่อช่วยในการแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์ หรือในที่นี้ใช้ในเครือข่ายสังคมเฟซบุ๊ก ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างหลักของการแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยใช้ระบบอาณาจักรมด ส่วนประกอบภายใน และความแตกต่างระหว่างการใช้อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม ACS

3.1 โครงสร้างการแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยใช้ระบบอาณาจักรมด

ในส่วนนี้แสดงถึงโครงสร้างการแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยใช้ระบบอาณาจักรมดที่แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังในภาพที่ 3-1 ซึ่งกล่าวอธิบายดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3-1 โครงสร้างการแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยใช้ระบบอาณาจักรมด

3.1.1 ส่วนแสดงชั้นของผู้ใช้ในเครือข่ายสังคมออนไลน์ (Users Layer)

เป็นส่วนของการจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ เช่น รหัสประจำตัวผู้ใช้ ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และเพื่อน หรือความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนของผู้ใช้และเพื่อนของเพื่อน กลุ่มที่ผู้ใช้เป็นสมาชิก โดยจะมีผลต่อการกระทำต่างๆ เช่น การนำเสนอวัตถุ การแสดงความคิดเห็น การกดถูกใจ ในด้านการจำกัดสิทธิ์ที่เพื่อน หรือเพื่อนของเพื่อนจะมองเห็นวัตถุที่ถูกตั้งค่าเป็นแบบส่วนบุคคล หรือขอบเขตของเพื่อน หรือเพื่อนของเพื่อนในการแสดงความคิดเห็นหรือการกดถูกใจของวัตถุที่มีผู้ใช้เป็นเจ้าของวัตถุ เนื่องจากในชั้นของผู้ใช้ในเครือข่ายสังคมออนไลน์ จัดเป็นส่วนที่ควบคุมข้อมูลด้านความเป็นส่วนตัวของทุกวัตถุที่เกิดขึ้นในเครือข่ายสังคมออนไลน์ ดังนั้น จึงจัดให้อยู่ใน

ส่วนชั้นล่างหรือส่วนชั้นที่อยู่ลึกลงไป เพื่อควบคุมดูแลวัตถุต่างๆอยู่ด้านหลังของระบบแนะนำวัตถุ และรักษาความเป็นส่วนตัวในด้านการเข้าถึงข้อมูลส่วนนี้ หากต้องการดึงข้อมูลมาใช้งาน

3.1.2 **ส่วนแสดงชั้นของวัตถุที่อยู่ในเครือข่ายสังคมออนไลน์** (Objects Layer)

เป็นส่วนการจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวกับวัตถุ เช่น รหัสประจำวัตถุ สถานะของวัตถุ รหัสประจำตัวผู้ใช้ซึ่งเป็นเจ้าของวัตถุ กิจกรรมของวัตถุซึ่งเกิดจากผู้ใช้ซึ่งไม่ใช่เจ้าของของวัตถุ เส้นทางที่วัตถุเดินทาง สำหรับชั้นของวัตถุที่อยู่ในเครือข่ายสังคมออนไลน์นั้น จะเป็นส่วนที่ให้มดซึ่งเป็นตัวแทนของอัลกอริทึม ACS เดินทางผ่านเพื่อหาวัตถุที่น่าสนใจแล้วนำไปแนะนำแก่ผู้ใช้ในส่วนด้านล่าง เนื่องจากในระบบการแนะนำวัตถุนั้น จะพิจารณาวัตถุทุกอันก่อน จากนั้นจึงทำการคัดกรองสถานะของวัตถุเพื่อพิจารณาในส่วนขอบเขตของการเผยแพร่ของวัตถุแต่ละอัน ทำให้ระบบการแนะนำมีการติดต่อกับวัตถุทุกชิ้น ดังนั้นจึงเปรียบเสมือนข้อมูลส่วนนี้เป็นส่วนต่อประสาน (Interface) กับระบบแนะนำวัตถุ ดังนั้นจึงจัดให้ชั้นของวัตถุเป็นด้านบนของโครงสร้าง

3.1.3 **ส่วนการเดินทางของมด**

สำหรับการหาวัตถุที่น่าสนใจเพื่อนำไปแนะนำแก่ผู้ใช้ ซึ่งในการคัดกรองวัตถุที่น่าสนใจนั้นจะใช้อัลกอริทึม ACS เข้ามาเป็นเครื่องมือในการคัดกรองวัตถุ โดยในขั้นตอนนี้จำลองด้วยภาพของมดที่เดินทางไปในชั้นของผู้ใช้ในเครือข่ายสังคมออนไลน์และชั้นของวัตถุที่อยู่ในเครือข่ายสังคมออนไลน์ ซึ่งมดจะเดินไปยังวัตถุต่างๆที่อยู่ในชั้นของวัตถุ แล้วหาวัตถุที่น่าสนใจเพื่อนำวัตถุนั้นมาแนะนำแก่ผู้ใช้ในชั้นของวัตถุ โดยวัตถุที่น่าสนใจได้จากการพิจารณาน้ำหนักของวัตถุ ซึ่งได้มาจากกิจกรรมต่างๆที่เกิดต่อวัตถุ รวมไปถึงระยะทางของวัตถุ ซึ่งหมายถึงปริมาณของกิจกรรมที่เกิดขึ้นกับวัตถุนั้นๆ ซึ่งถ้าหากน้ำหนักและระยะทางของวัตถุมีค่ามาก จะเพิ่มโอกาสในการนำวัตถุนั้นมาแนะนำแก่ผู้ใช้ต่อไป และในการแนะนำวัตถุแก่ผู้ใช้นั้น จะพิจารณาเกี่ยวกับสถานะของวัตถุด้วยว่าเป็นถูกตั้งค่าสถานะแบบสาธารณะ หรือแบบส่วนบุคคล ซึ่งถ้าหากเป็นวัตถุแบบสาธารณะ จะสามารถนำไปแนะนำแก่ผู้ใช้ได้ แต่ถ้าหากเป็นวัตถุแบบส่วนบุคคล จำเป็นที่จะต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และเจ้าของวัตถุ ซึ่งจะให้สิทธิเฉพาะเพื่อนโดยตรงเท่านั้น

3.2 **ส่วนประกอบพื้นฐานในเฟซบุ๊ก**

สำหรับงานวิจัยนี้ มีการจำลองข้อมูลโดยการสังเคราะห์ขึ้น ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ผู้ใช้และวัตถุ ซึ่งจะอธิบายดังต่อไปนี้

3.2.1 ผู้ใช้

สำหรับผู้ใช้ในเฟซบุ๊กนั้น มีองค์ประกอบหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นรายละเอียดต่างๆที่เป็นข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้เอง ในด้านทั่วไป เช่น วันเกิด สถานที่เกิด ที่อยู่ปัจจุบัน หรือจะเป็นด้านการศึกษา ด้านการทำงาน ความสนใจเฉพาะ เพื่อไว้สำหรับรองรับระบบการแนะนำต่างๆ เช่น เพื่อนใหม่ โปรแกรมประยุกต์ เป็นต้น แต่ในงานวิจัยนี้เลือกที่จะจำลองเฉพาะส่วนสำคัญที่มีผลต่อการแนะนำวัตถุต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) รหัสประจำตัวของสมาชิก ในการแสดงตัวตนของสมาชิกแต่ละรายนั้นจะต้องกำหนดชื่อที่ใช้แสดง ไว้สำหรับติดต่อกับเพื่อนคนอื่นๆในโลกเครือข่ายสังคมออนไลน์ โดยรหัสประจำตัวจะมีความเป็นอัตลักษณ์ ไม่ซ้ำกันอย่างเด็ดขาด เพื่อการอ้างอิงที่จะเกิดขึ้นระหว่างการใช้งานเฟซบุ๊กได้อย่างถูกต้อง

2) เพื่อน ในการเป็นเพื่อนกันของกลุ่มผู้ใช้ในโลกของเฟซบุ๊กนั้น จะมีความสัมพันธ์แบบที่เป็นเพื่อนกันโดยตรง ซึ่งเป็นความสัมพันธ์อย่างง่ายและชัดเจน ทั้งสองฝ่ายยินดีที่จะมีส่วนร่วมกับอีกฝ่าย และยอมรับการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน และอีกแบบ คือ ความสัมพันธ์แบบเป็นเพื่อนของเพื่อน คือ ไม่ได้รู้จักกันโดยตรง แต่อาจจะรับทราบกิจกรรมของอีกฝ่ายผ่านเพื่อนโดยตรงของผู้ใช้ หากเพื่อนโดยตรงของผู้ใช้เข้าไปมีส่วนร่วมกับกิจกรรมเหล่านั้น

3) ค่าความสัมพันธ์ ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้ความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกนั้นว่ามีหรือไม่ หากมีความสัมพันธ์กัน จะมีค่าเป็น 1 และหากไม่มีความสัมพันธ์กันจะมีค่าเป็น 0 เพื่อนำไปเป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณาการแนะนำวัตถุต่างๆแก่ผู้ใช้ต่อไป

4) ระดับความสัมพันธ์ นอกเหนือจากการกำหนดค่าความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และเพื่อนนั้น ระดับความสัมพันธ์เป็นอีกหนึ่งตัวแปรสำคัญในการเพิ่มความสำคัญของวัตถุหนึ่งๆที่มีเพื่อนของผู้ใช้เป็นเจ้าของ เพื่อนำไปแนะนำต่อไป

5) เพื่อนที่มีร่วมกัน (Mutual Friends) ในสังคมของเฟซบุ๊กนั้น จะมีส่วนที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และเพื่อนสมาชิกด้วยกัน ว่ามีเพื่อนคนอื่นที่รู้จักร่วมกันหรือไม่ ซึ่งเป็นอีกฟังก์ชันที่ในงานวิจัยนี้คำนึงถึง เพื่อให้การจำลองข้อมูลมีความใกล้เคียงกับเฟซบุ๊กของจริงมากที่สุด

6) กลุ่ม (Group) สำหรับในเฟซบุ๊กนั้น กลุ่มเป็นพื้นที่ที่มีความเป็นส่วนตัวซึ่งกำหนดให้มีสมาชิกมากกว่าสองคนขึ้นไปเข้ามาใช้งานร่วมกัน โดยสามารถที่จะตั้งค่าได้หลายแบบ เช่น การตั้งค่าเพื่ออนุญาตให้เพื่อนสมาชิกคนอื่นๆเข้ามาเข้าร่วมกลุ่ม หรือการตั้งค่าเพื่อกำหนดสิทธิ์ของผู้ใช้แต่ละคนในการแสดงความคิดเห็นหรือปรับแต่งรูปแบบภายในกลุ่มนั้น

3.2.2 วัตถุ

วัตถุที่มีอยู่ในเฟซบุ๊ก สามารถแบ่งได้เป็นหลายประเภท เช่น สถานะ รูปภาพ ลิงก์ข้อมูลต่างๆ แต่ทุกประเภทที่กล่าวมานั้น จะมีการจัดเก็บค่าที่สำคัญหลายค่า เช่น รหัสของวัตถุ เจ้าของของวัตถุ หรืออาจจะเป็นส่วนย่อยที่แตกต่างกันไปหลายค่า เช่น กิจกรรมของวัตถุ คำอธิบายเพิ่มเติมของวัตถุ รูปสัญลักษณ์ของวัตถุ วันและเวลาที่สร้างวัตถุ เป็นต้น แต่สำหรับในระบบการแนะนำวัตถุในงานวิจัยนี้ จะจัดเก็บเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นต่อการนำไปใช้พิจารณาหาวัตถุที่เหมาะสม เพื่อแนะนำแก่ผู้ใช้ โดยข้อมูลที่จัดเก็บนั้น มีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1) รหัสของวัตถุ ซึ่งเป็นข้อมูลหลักสำหรับการระบุตัวตนของวัตถุ โดยรหัสของวัตถุจะไม่มีการซ้ำกัน เพื่อการอ้างถึงวัตถุได้อย่างถูกต้อง และในเฟซบุ๊กนั้นรหัสของวัตถุจะมีรหัสประจำตัวผู้ใช้เป็นส่วนประกอบด้วย เนื่องจากเพื่อความสะดวกในการเข้าถึงเจ้าของของวัตถุ และอีกประการก็คือ ลดโอกาสการซ้ำกันของรหัสของวัตถุ

2) สถานะ ในส่วนที่เป็นสถานะของวัตถุนั้นจะถูกกำหนดค่าด้านความเป็นส่วนตัวของวัตถุขึ้น ซึ่งถ้าหากเป็นวัตถุสาธารณะ จะสามารถแนะนำไปยังผู้ใช้ที่ไม่ได้เป็นเพื่อนกันโดยตรงได้ แต่ถ้าหากตั้งค่าไว้เป็นแบบส่วนบุคคล จะถูกจำกัดสิทธิ์ให้เผยแพร่แก่เพื่อนโดยตรงเท่านั้น

3) รหัสประจำตัวผู้ใช้ที่เป็นเจ้าของวัตถุ เป็นข้อมูลสำหรับระบุตัวตนเจ้าของของวัตถุ เพื่อนำไปพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างเจ้าของวัตถุและเพื่อนจากตารางความสัมพันธ์แล้วจึงคัดกรองนำไปแนะนำแก่ผู้ใช้ต่อไป

4) กิจกรรม เป็นการจัดเก็บว่าวัตถุนี้มีกิจกรรมใดบ้างจากผู้ใช้ โดยกิจกรรมนั้นหมายถึง การกระทำของผู้ใช้ที่มีต่อวัตถุ ซึ่งการกระทำที่เกิดขึ้นได้ในเฟซบุ๊กนั้น จะเป็นการแสดงความคิดเห็น และการกดถูกใจ โดยผู้ใช้สามารถแสดงการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างพร้อมกัน ซึ่งกิจกรรมของวัตถุนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นคะแนนแล้วกลายเป็นค่าน้ำหนักของวัตถุ ซึ่งแสดงถึงความน่าสนใจของวัตถุ

5) เส้นทางที่วัตถุเดินทาง เนื่องจากในงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับความยาวของระยะทางที่วัตถุนั้นได้เดินทางไป ซึ่งนำมาจากการวัดปริมาณของกิจกรรมที่วัตถุนั้นได้รับจากผู้ใช้รายอื่น ซึ่งถ้าหากมีกิจกรรมมาก จะทำให้ค่าของระยะทางนั้นมีมากยิ่งขึ้น

3.3 ส่วนประกอบพื้นฐานในระบบอาณาจักรมด

ส่วนประกอบพื้นฐานในระบบอาณาจักรมด ได้แก่ ฟีโรโมน โดยในระบบอาณาจักรมดฟีโรโมนถูกนำมาใช้ในการดึงดูดมดตัวอื่นให้เดินตาม ในงานวิจัยนี้จึงนำฟีโรโมนมาช่วยกรองวัตถุที่

น่าสนใจ โดยฟีโรโมนนี้คือค่าที่ได้จากกิจกรรมที่เกิดกับวัตถุนั้นๆ ซึ่งถ้าหากมีกิจกรรมมากจะทำให้ฟีโรโมนมีค่ามากและมีโอกาสที่จะแนะนำแก่ผู้ใช้ต่อไป นอกจากนี้ฟีโรโมนนั้นสามารถระเหยได้ จึงจะต้องลดค่าฟีโรโมนของวัตถุลงด้วย ถ้าหากวัตถุนั้นไม่มีกิจกรรมเกิดขึ้น

3.4 แผนภูมิขั้นตอนแสดงการแนะนำวัตถุโดยใช้ระบบอาณาจักรมด

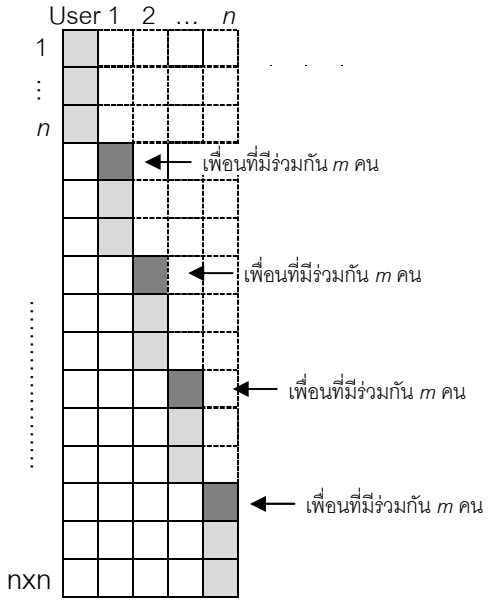
ในส่วนนี้จะเป็นแผนภูมิขั้นตอนแสดงการแนะนำวัตถุโดยใช้ระบบอาณาจักรมด ดังภาพที่ 3-3 โดยมีรายละเอียดซึ่งแบ่งออก ดังนี้

3.4.1 การจำลองผู้ใช้ในสังคม

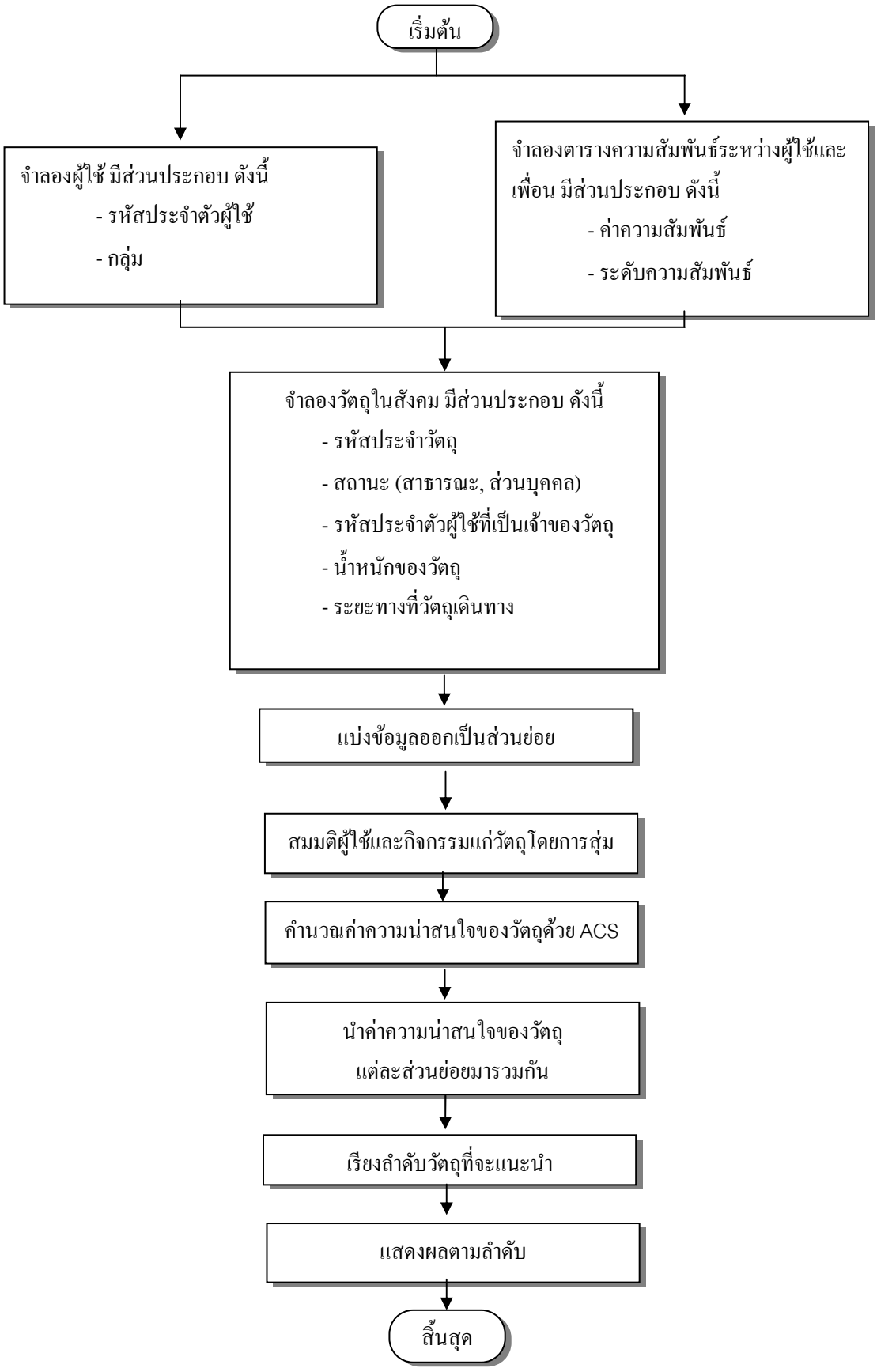
ในส่วนนี้จะทำการสร้างตารางของผู้ใช้ในสังคมทั้งหมด โดยกำหนดไว้ที่ผู้ใช้มีเพื่อน *n* คน และเพื่อนแต่ละคนจะมีเพื่อนอีก *n* คน ดังนั้นจะมีผู้ใช้งานทั้งหมด (*n* x *n*) + 1 ซึ่งเพื่อนของผู้ใช้จะกระจายอยู่ในระหว่าง *k* กลุ่ม

3.4.2 การจำลองตารางความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และเพื่อนในสังคม

จากขั้นตอนการจำลองผู้ใช้มีเพื่อน *n* คน ในโลกของสังคมออนไลน์จะมีเพื่อนร่วมกัน ดังนั้นในที่นี้จึงกำหนดให้ผู้ใช้และเพื่อนแต่ละคนมีเพื่อนร่วมกัน *m* คน ดังแสดงในภาพที่ 3-2 จากนั้นกำหนดค่าความสัมพันธ์เป็น 0 และ 1 โดยให้ 0 คือไม่มีความสัมพันธ์ และ 1 คือมีความสัมพันธ์กัน แล้วทำการสุ่มค่าระดับความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และเพื่อน และระหว่างเพื่อนและเพื่อนของเพื่อนด้วย โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1



ภาพที่ 3-2 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้ เพื่อน และเพื่อนของเพื่อนในสังคม



ภาพที่ 3-3 แผนภูมิขั้นตอนแสดงการแนะนำวัตถุโดยใช้ระบบอาณาจักรมด

3.4.3 การจำลองวัตถุในสังคม

การจำลองวัตถุในสังคม มีการเลียนแบบมาจากวัตถุที่อยู่ในเฟซบุ๊ก โดยจะมีข้อมูลภายในวัตถุที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ในระบบแนะนำที่ในงานวิจัยเท่านั้น ได้แก่

1) รหัสของวัตถุ สำหรับจัดเก็บรหัสประจำวัตถุ เพื่อใช้ในการอ้างอิงวัตถุ

2) สถานะ สำหรับระบุว่าเป็นวัตถุแบบสาธารณะ หรือเป็นวัตถุแบบส่วนบุคคล

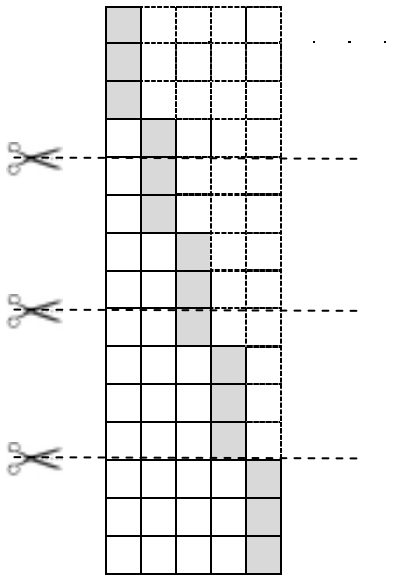
3) รหัสประจำตัวผู้ใช้ที่เป็นเจ้าของวัตถุ สำหรับนำไปประกอบการพิจารณาระดับความสัมพันธ์จากตารางความสัมพันธ์ ในขั้นตอนของการแนะนำวัตถุ

4) น้ำหนักของวัตถุ สำหรับจัดเก็บคะแนนที่มาจากการกระทำที่เกิดขึ้นของวัตถุ ซึ่งได้จากการแสดงความคิดเห็น และการกดถูกใจ

5) ระยะทางที่วัตถุเดินทาง สำหรับจัดเก็บจำนวนกิจกรรมของวัตถุ เปรียบเสมือนระยะทางที่วัตถุเดินทางผ่านผู้ใช้

3.4.4 แบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนย่อย

เนื่องจากข้อมูลที่จำลองตารางความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และเพื่อนในสังคมขึ้นมามีขนาดใหญ่มาก ทรัพยากรที่มีอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลไม่เพียงพอต่อการดำเนินงาน ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงทำการแบ่งข้อมูลนี้ออกเป็นส่วนย่อยเพื่อแบ่งส่วนมาประมวลผลต่อไป โดยแบ่งข้อมูลดังในภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 ตัวอย่างการแบ่งตารางความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และเพื่อนในสังคม

3.4.5 การสมมติผู้ใช้และกิจกรรมให้แก่วัตถุโดยการสุ่ม

ในส่วนนี้เป็นการสมมติผู้ใช้ที่มีกิจกรรมต่อวัตถุโดยในที่นี้ใช้วิธีการสุ่ม เนื่องจากวัตถุในเฟซบุ๊กจะมีการเก็บรหัสประจำตัวของผู้ใช้ที่เข้ามามีส่วนร่วม เช่น การแสดงความคิดเห็นหรือการกดถูกใจ ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะทำการสุ่มหารหัสประจำตัวของเพื่อนที่เข้ามากระทำกับวัตถุ และสุ่มหาการกระทำ ซึ่งในแบ่งได้เป็น

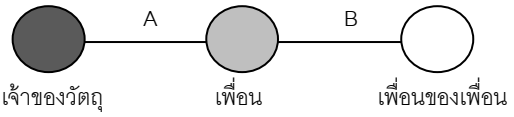
1) แสดงความคิดเห็น - กดถูกใจ
2) แสดงความคิดเห็น - ไม่กดถูกใจ
3) ไม่แสดงความคิดเห็น - กดถูกใจ
4) ไม่แสดงความคิดเห็น - ไม่ถูกใจ

3.4.6 การคำนวณค่าความน่าสนใจของวัตถุโดยใช้ ACS

ในส่วนนี้เป็นการคำนวณค่าความน่าสนใจของวัตถุในสังคม โดยใช้อัลกอริทึมที่ประยุกต์มาจาก ACS ดังสมการ (12)

$$P_i = \frac{(\tau_i)(\eta_{ij})}{\sum(\tau_i)(\eta_{ij})} \tag{12}$$

η_{ij} คือ ระดับความสัมพันธ์ระหว่างเจ้าของวัตถุ i และผู้ใช้ โดยสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างเจ้าของวัตถุและเพื่อนของเพื่อนจะทำการลดความสัมพันธ์ เช่น A คือ ระดับความสัมพันธ์ระหว่างเจ้าของวัตถุและเพื่อน และ B คือ ระดับความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนและเพื่อนของเพื่อน ดังนั้น ระดับความสัมพันธ์ระหว่างเจ้าของวัตถุและเพื่อนของเพื่อน คือ A x B ดังในภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 ความสัมพันธ์ระหว่างเจ้าของวัตถุและเพื่อนของเพื่อน

และสำหรับกรณีที่เจ้าของวัตถุเป็นเพื่อนโดยตรงกับผู้ใช้ และเป็นสมาชิกในกลุ่มเดียวกันจะเพิ่มระดับความสัมพันธ์ระหว่างเจ้าของวัตถุ i และผู้ใช้ด้วย

τ_i คือ ค่าฟีโรโมนของวัตถุ i ซึ่งเป็นค่าน้ำหนักของวัตถุ โดยเกิดจากการกระทำที่ผู้ใช้ต่างๆ กระทำกับวัตถุ i

โดยนอกจากนี้ ค่าฟีโรโมนจะมีการปรับปรุงเมื่อวัตถุมีการเดินทางผ่านผู้ใช้ต่างๆ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (13) และ (14)

$$\tau_i = \tau_i + \Delta \tau_i \quad (13)$$

$$\Delta \tau_i = W_i \times L_i \quad (14)$$

W_i คือ น้ำหนักของวัตถุ i ที่ได้มาจากการกระทำของผู้ใช้งานต่างๆที่เกิดกับวัตถุ i

L_i คือ ระยะทางที่วัตถุ i เดินทางไปที่บัพต่างๆ ในที่นี้คือจำนวนการกระทำของเพื่อนที่มีต่อวัตถุ i

และสำหรับวัตถุอื่นที่ไม่มีการกระทำจากผู้ใช้ต่างๆ จะต้องลดฟีโรโมนด้วยค่าระเหยของฟีโรโมน โดยคำนวณด้วยสมการ (2) ที่ได้เคยกล่าวไว้ในระบบอาณาจักรมด

3.4.7 การรวมค่าความน่าสนใจจากส่วนย่อย

ขั้นตอนนี้จะนำค่าความน่าสนใจของแต่ละวัตถุ ซึ่งจากแต่ละส่วนย่อยจะนำมาเรียงลำดับด้วยค่าความน่าสนใจที่ดีที่สุดของแต่ละส่วนย่อย แล้วจึงนำไปรวมกับส่วนย่อยส่วนอื่นที่แบ่งไว้ เพื่อประหยัดเวลาในการเรียงอันดับ เนื่องจากจำนวนวัตถุที่มาก การนำค่าความน่าสนใจของทุกวัตถุในทุกส่วนย่อยจะใช้เวลามากเช่นเดียวกัน

3.4.8 การแสดงผลเพื่อนำไปประเมินผล

เมื่อได้ค่าความน่าสนใจของวัตถุที่ดีที่สุดในแต่ละส่วนย่อยแล้ว จะทำการเรียงลำดับวัตถุที่มีค่าความน่าสนใจเพื่อนำไปแนะนำแก่ผู้ใช้ต่อไป

3.5 ความแตกต่างระหว่างการใช้อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม ACS

จากที่ในเฟซบุ๊กนั้นมีวิธีการสำหรับแนะนำตัวป้อนข่าวในระบบที่เรียกว่า NFO สำหรับความแตกต่างระหว่างการใช้อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม ACS ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ความแตกต่างระหว่างการใช้อัลกอริทึม ACS, อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม WMR

	ACS	NFO	WMR
ความสัมพันธ์	พิจารณาความสัมพันธ์เฉพาะผู้ใช้กับเจ้าของวัตถุเท่านั้น ซึ่งทำให้วัตถุที่เป็นสาธารณะไม่ได้ถูกแนะนำแม้ว่าจะมีเพื่อนของผู้ใช้เข้าไปมีส่วนร่วมกับวัตถุนี้ก็ตาม	พิจารณาความสัมพันธ์ทั้งหมดของกราฟที่มีความเกี่ยวข้องกัน และลดระดับความสัมพันธ์ลงถ้าหากไม่ได้เป็นเพื่อนกันโดยตรง	พิจารณาความสัมพันธ์ทั้งหมดของกราฟที่มีความเกี่ยวข้องกัน และลดระดับความสัมพันธ์ลงถ้าหากไม่ได้เป็นเพื่อนกันโดยตรง
น้ำหนักของวัตถุ	พิจารณาน้ำหนักของการกระทำของเพื่อนที่มีต่อวัตถุนั้นๆ	พิจารณาน้ำหนักของการกระทำของเพื่อนที่มีต่อวัตถุนั้นๆ และการเดินทางของวัตถุด้วยเพื่อรักษาความน่าสนใจของวัตถุนั้นเป็นการปรับปรุงค่าฟีโรโมนใน ACO	พิจารณาน้ำหนักของการกระทำของเพื่อนที่มีต่อวัตถุนั้นๆ
เวลา	พิจารณาวัตถุที่มีระยะเวลานาน ให้ลดความน่าสนใจลง	พิจารณาระยะเวลาของวัตถุ และใช้แนวคิดการระเหยของฟีโรโมนมาใช้ในการปรับปรุงวัตถุที่ไม่มีการกระทำจากเพื่อน เพื่อลดความน่าสนใจของวัตถุนั้นลง	พิจารณาวัตถุที่มีระยะเวลานาน ให้ลดความน่าสนใจลง

บทที่ 4
วิธีการทดลองและผลการทำลอง

4.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

4.1.1 จำนวนผู้ใช้ในสังคม

ข้อมูลสถิติของเฟซบุ๊ก [1] มีจำนวนผู้ใช้ 800 ล้านคน และในผู้ใช้แต่ละรายมีเพื่อนเฉลี่ยที่คนละ 130 คน ดังนั้นในการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการวิจัย จึงจำลองให้ผู้ใช้ระบบแนะนำข้อมูลมีเพื่อน 130 คน และเพื่อนแต่ละคนจะมีเพื่อนอีก 130 คนเช่นเดียวกัน และสำหรับในเฟซบุ๊กที่มีแต่ผู้ใช้และเพื่อนมีเพื่อนร่วมกัน 8 คน ซึ่งมาจากค่าเฉลี่ยของจำนวนเพื่อนที่มีร่วมกันในงานวิจัยของ P. BhaUacharyya และคณะ [28] ประมาณ 5.63 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผู้ใช้จะมีเพื่อนของเพื่อนรวมเป็นจำนวน (130-8) x 130 = 15,860 คน

4.1.2 จำนวนวัตถุในสังคม

สถิติการอัพเดทสถานะหรือการสร้างวัตถุบนเฟซบุ๊กมีจำนวน 60 ล้านสถานะต่อ 1 วัน [29] และผู้ใช้ทั้งหมดในเฟซบุ๊กมีทั้งหมดจำนวน 800 ล้านคน ดังนั้นค่าเฉลี่ยที่ผู้ใช้ 1 คนจะทำการสร้างวัตถุบนกระดานใช้งานของตนเองคือ 0.07 อันต่อหนึ่งวัน โดยในงานวิจัยนี้ จะเริ่มต้นจำลองวัตถุจำนวน 15,860 x 0.07 ≈ 1,110 อัน

4.1.3 ค่าอื่นๆในการวิจัย

1) น้ำหนักของวัตถุ จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีผู้ใช้แสดงการกระทำแก่วัตถุ โดยจะเพิ่มค่าดังนี้

- การแสดงความคิดเห็น จะเพิ่มน้ำหนักของวัตถุ ครั้งละ 2 หน่วย
- การกดถูกใจ จะเพิ่มน้ำหนักของวัตถุ ครั้งละ 1 หน่วย

2) ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ระหว่างเจ้าของวัตถุและผู้ใช้ เมื่อผู้ใช้แสดงการกระทำแก่วัตถุ โดยจะเพิ่มครั้งละ 0.05, 0.1 และ 0.15

3) การระเหยของฟีโรโมน ได้แก่ 1.0, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2 และ 0.1

4) สัดส่วนความสนใจของผู้ใช้ที่มีต่อวัตถุที่เป็นสาธารณะ หมายถึง ในการทดลองเมื่อทำการวัดผล จากจำนวนวัตถุที่น่าสนใจทั้งหมด 100 อัน กำหนดให้มีวัตถุที่เป็นสาธารณะ 10 อัน เป็นต้น โดยกำหนดสัดส่วนด้วยค่าต่างๆ ได้แก่ 5%, 10%, 20% และ 30%

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.2.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหน่วยประมวลผลกลาง 2.53 GHz และมีหน่วยความจำ 4 GB

4.2.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

1) โปรแกรมไมโครซอฟต์วิชวลสตูดิโอ (Microsoft Visual Studio) 2010 สำหรับการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาซีพลัสพลัส (C++)

2) โปรแกรมไมโครซอฟต์เอสคิวแอลเซิร์ฟเวอร์ (Microsoft SQL Server) 2005 สำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยและผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัย

4.3 วิธีการทดลองเปรียบเทียบ

สำหรับการทดลองในงานวิจัยนี้ จะทำการเปรียบเทียบผลของวัตถุที่นำมาแสดงหลังจากการคำนวณหาค่าความน่าสนใจของวัตถุด้วยการใช้อัลกอริทึมดังต่อไปนี้

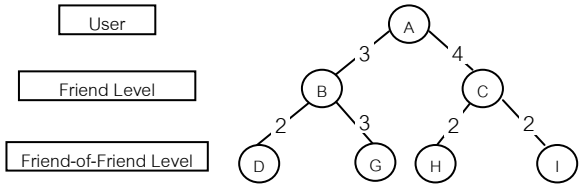
4.3.1 อัลกอริทึม ACS สำหรับหลักการคำนวณหาค่าความน่าสนใจของวัตถุด้วยอัลกอริทึม ACS ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.4

4.3.2 อัลกอริทึม NFO เป็นวิธีของเฟซบุ๊กที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แต่เนื่องจากขั้นตอนวิธีการในการคำนวณไม่ได้มีการเปิดเผยออกมาอย่างละเอียด ดังนั้นจึงทำการอ้างอิงข้อมูลมาจากเกณฑ์ในการคำนวณเพื่อหาวัตถุที่นำไปแนะนำ แล้วจึงทำการคำนวณอย่างง่าย ด้วยสมการ (15) เมื่อเจ้าของวัตถุ *i* เป็นเพื่อนโดยตรงกับผู้ใช้

ค่าความน่าสนใจของวัตถุ *i* = ระดับความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนและเจ้าของวัตถุ *i*

+ ค่าน้ำหนักของวัตถุ *i* (15)

4.3.3 อัลกอริทึม WMR โดยประยุกต์มางานวิจัยของ Shuchuan Lo และ Chingching Lin ที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.2.1 ซึ่งเป็นการใช้ระดับความสัมพันธ์แทนจำนวนข้อความระหว่างบัพ จากในภาพที่ 4-1 กำหนดให้บัพ A คือผู้ใช้, บัพ B, C คือเพื่อนของผู้ใช้ และบัพ D, G, H, I คือเพื่อนของเพื่อนผู้ใช้ โดยมีแนวทางในการคำนวณหาค่าความน่าสนใจของวัตถุ ดังนี้



ภาพที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้ เพื่อน และเพื่อนของเพื่อนของอัลกอริทึม WMR

1) เมื่อเจ้าของวัตถุคือเพื่อนโดยตรงของผู้ใช้ ทำการหาค่าความน่าสนใจของวัตถุด้วยสมการ (16)

$$\text{ค่าความน่าสนใจของวัตถุ } i = W_i \times R_i \times \left(\frac{R_i}{\sum R}\right) \qquad (16)$$

เมื่อ W_i คือ ค่าน้ำหนักของวัตถุ i และ R_i คือ ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และเจ้าของวัตถุ i

เช่น ค่าความน่าสนใจของวัตถุ c ซึ่งเกิดจาก C จะมีค่า $W_c \times 4 \times \left(\frac{4}{7}\right)$

2) เมื่อเจ้าของวัตถุคือเพื่อนของเพื่อนผู้ใช้ ทำการหาค่าความน่าสนใจของวัตถุด้วยสมการ (17)

$$\text{ค่าความน่าสนใจของวัตถุ } i = W_i \times (R_i + RF_i) \times \left(\frac{R_i}{\sum R}\right) \times \left(\frac{RF_i}{\sum RF}\right) \qquad (17)$$

เมื่อ R_i คือ ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และเพื่อนของเจ้าของวัตถุ i และ RF_i คือ ความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนผู้ใช้และเจ้าของวัตถุ i

เช่น ค่าความน่าสนใจของวัตถุ h ซึ่งเกิดจาก H จะมีค่า $W_h \times (4+2) \times \left(\frac{4}{7}\right) \times \left(\frac{2}{9}\right)$

เนื่องจากในเฟซบุ๊กจะแสดงผลตัวป้อนข่าวครั้งละ 25 วัตถุ ดังนั้นเมื่อทำการคำนวณค่าความน่าสนใจของวัตถุด้วยอัลกอริทึมที่กล่าวมา แล้วทำการเรียงค่าความน่าสนใจของวัตถุที่เกิดจากการคำนวณในแต่ละอัลกอริทึม จากนั้นแสดงวัตถุที่มีค่าความน่าสนใจ 25 อันดับแรกของแต่ละอัลกอริทึม เป็นจำนวนทั้งหมด 10 ครั้ง แล้วเปรียบเทียบด้วยการหาค่าความเที่ยง ค่าความระลึกและค่าเอฟ ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

4.4 วิธีการวัดผล

สำหรับการประเมินผลในการทดลองครั้งนี้ เปรียบเทียบประสิทธิภาพแต่ละอัลกอริทึมด้วยค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุที่ผู้ใช้สนใจ แต่เนื่องจากในการวิจัยนี้ ข้อมูลที่ใช้นั้นถูกสังเคราะห์ขึ้น ดังนั้น วัตถุที่ผู้ใช้สนใจจึงได้จากการ

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้ เพื่อน และเพื่อนของเพื่อน จากน้ำหนักของวัตถุ และจากระยะทางที่วัตถุเดินทาง ในที่นี้หมายถึงจำนวนของกิจกรรมที่เกิดจากผู้ใช้ต่างๆที่มากระทำกับวัตถุ โดยเลือกวัตถุที่มีค่ามากที่สุด 50 อันดับ

วัตถุที่ผู้ใช้สนใจ	←	ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้ เพื่อน และเพื่อนของเพื่อน + น้ำหนักของวัตถุ + ระยะทางที่วัตถุเดินทาง

แล้วนำมาใช้เพื่อหาค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ โดยมีนิยามดังต่อไปนี้

4.4.1 **ค่าความระลึก** (Recall)

เพื่อคำนวณค่าจากจำนวนของวัตถุที่ผู้ใช้สนใจทั้งหมด มีวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจเท่าใด โดยคำนวณด้วยสมการ (18)

$$Recall = \frac{\text{จำนวนวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจ}}{\text{จำนวนของวัตถุที่ผู้ใช้สนใจทั้งหมด}} \quad (18)$$

4.4.2 **ค่าความเที่ยง** (Precision)

เพื่อคำนวณค่าจากจำนวนของวัตถุที่ถูกแนะนำทั้งหมด มีวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจเท่าใด โดยคำนวณด้วยสมการ (19)

$$Precision = \frac{\text{จำนวนวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจ}}{\text{จำนวนของวัตถุที่ถูกแนะนำทั้งหมด}} \quad (19)$$

4.4.3 **ค่าเอฟ** (F-measure)

เพื่อคำนวณค่าจากจำนวนของวัตถุที่ถูกแนะนำทั้งหมด มีวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจเท่าใด โดยคำนวณด้วยสมการ (20)

$$F - measure = \frac{2*recall*precision}{recall+precision} \quad (20)$$

4.5 **ผลการทดลอง**

สำหรับการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์ระหว่างการใช้อัลกอริทึม ACS อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม WMR นั้น มีหัวข้อที่สนใจทำการศึกษา ดังต่อไปนี้

4.5.1 การเปรียบเทียบจำนวนวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจโดยแยกตามระดับค่าฟีโรโมนและสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างอัลกอริทึม ACS, อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม WMR ในการแสดงผลแต่ละครั้งจึงทำการทดสอบด้วยค่าทดสอบ T (T-Test) นำมาเปรียบเทียบจำนวนวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจระหว่างการใช้อัลกอริทึมทั้ง 3 อัลกอริทึม โดยจัดรูปแบบการเปรียบเทียบระหว่างอัลกอริทึม ACS และอัลกอริทึม NFO, อัลกอริทึม ACS และอัลกอริทึม WMR และรูปแบบสุดท้ายอัลกอริทึม NFO และอัลกอรทึม WMR เมื่อกำหนดระดับค่าฟีโรโมน เป็น 1.0, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2 และ 0.1 และในแต่ละระดับค่าฟีโรโมน จะกำหนดสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์เป็น 0.05, 0.1 และ 0.15 ดังแสดงผลในตารางที่ 4-1

ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบครั้งนี้ พบว่าในการแสดงผลแต่ละครั้ง เมื่อกำหนดให้ค่าระเหยของฟีโรโมนมีค่ามากกว่า 0.7 ผลของการเปรียบเทียบระหว่างอัลกอริทึม ACS และอัลกอริทึม NFO หรือระหว่างอัลกอริทึม ACS และอัลกอริทึม WMR นั้น อัลกอริทึม ACS จะมีจำนวนวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจมากกว่าอัลกอริทึม NFO อัลกอริทึม WMR ที่ระดับนัยสำคัญ 0.005 แต่เมื่อปรับค่าระเหยของฟีโรโมนให้ลดลงไปเรื่อยๆจนถึง 0.1 จำนวนวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจจากอัลกอริทึม ACS จะให้ค่าลดลงเช่นกัน จนอาจทำให้อัลกอริทึม NFO มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า หรือมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับอัลกอริทึม WMR ดังนั้นแสดงว่าค่าระเหยของฟีโรโมนมีผลต่อจำนวนวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจโดยตรงและระดับการระเหยที่สูงมากจะทำให้ประสิทธิภาพการแนะนำวัตถุนั้นดียิ่งขึ้น แต่ถ้าหากระเหยมากจนค่าฟีโรโมนเดิมไม่มีผลต่อค่าฟีโรโมนใหม่ ประสิทธิภาพของการแนะนำวัตถุอาจจะลดลงเล็กน้อย ซึ่งเห็นได้จากการทดลองเมื่อปรับค่าระเหยของฟีโรโมนเป็น 1.0 โดยเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำจำนวนของวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจโดยใช้การแนะนำวัตถุที่เกิดจากอัลกอริทึม ACS มาแสดงเป็นกราฟที่ค่าระเหยของฟีโรโมนระดับต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 4-2

และเมื่อทำการปรับสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ พบว่าเมื่อเปรียบเทียบด้วยค่าทดสอบ T สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างอัลกอริทึม ACS และอัลกอริทึม NFO หรือระหว่างอัลกอริทึม ACS และอัลกอริทึม WMR ในแต่ละครั้งการแสดงผลของแต่ละค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ พบว่าทุกค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ อัลกอริทึม ACS ให้จำนวนวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจที่มากกว่า แต่ยังไม่พบผลที่ชัดเจนว่าค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ใดที่ให้ผลที่ดีกว่ากัน

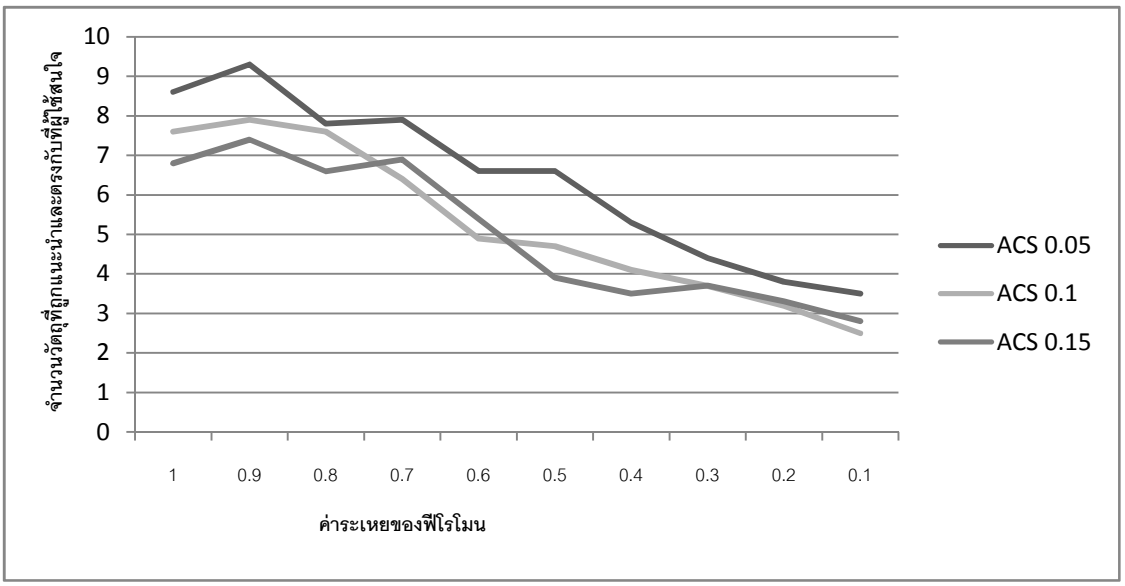
ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบจำนวนวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจระหว่างการใช้อัลกอริทึม ACS, NFO และ WMR ด้วยค่าทดสอบ T (T-Test) โดยทั้งสามวิธีแสดงผลการแนะนำครั้งละ 25 วัตถุ

ค่าระเหยของฟีโรโมน	ค่าสัมประสิทธิ์ระดับความสัมพันธ์	ACS-NFO	ACS-WMR	NFO-WMR
1.0	0.05	4.21***	6.92***	3.34***
1.0	0.1	3.93***	6.87***	3.16***
1.0	0.15	4.47***	6.40***	2.24*
0.9	0.05	3.08**	7.98***	4.60***
0.9	0.1	5.91***	9.08***	3.10**
0.9	0.15	4.71***	7.23***	1.49
0.8	0.05	3.34***	4.71***	2.42*
0.8	0.1	3.03**	5.62***	5.62***
0.8	0.15	3.29***	7.00***	1.65
0.7	0.05	2.20*	7.43***	4.33***
0.7	0.1	1.74	4.00***	1.99*
0.7	0.15	5.10***	6.41***	0.30
0.6	0.05	1.50	4.47***	3.79***
0.6	0.1	0.71	1.89*	1.99*
0.6	0.15	1.26	2.59*	1.77
0.5	0.05	4.25***	6.40***	0.00
0.5	0.1	-0.33	2.93**	3.16**
0.5	0.15	0.27	1.09	1.31
0.4	0.05	-0.17	4.80***	4.39***
0.4	0.1	-1.12	0.77	1.80
0.4	0.15	-1.30	0.89	2.03*
0.3	0.05	-0.24	1.65	1.63
0.3	0.1	-1.56	0.57	2.27*
0.3	0.15	-1.00	1.59	1.66
0.2	0.05	-1.80	1.10	3.50***
0.2	0.1	-3.67	-0.33	2.06*
0.2	0.15	-0.40	0.65	1.10
0.1	0.05	-3.34	0.00	3.27***
0.1	0.1	-2.91	-0.31	2.55*
0.1	0.15	-1.71	0.42	1.63

เครื่องหมาย * หมายถึง ผลการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.5

เครื่องหมาย ** หมายถึง ผลการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.1

เครื่องหมาย *** หมายถึง ผลการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05



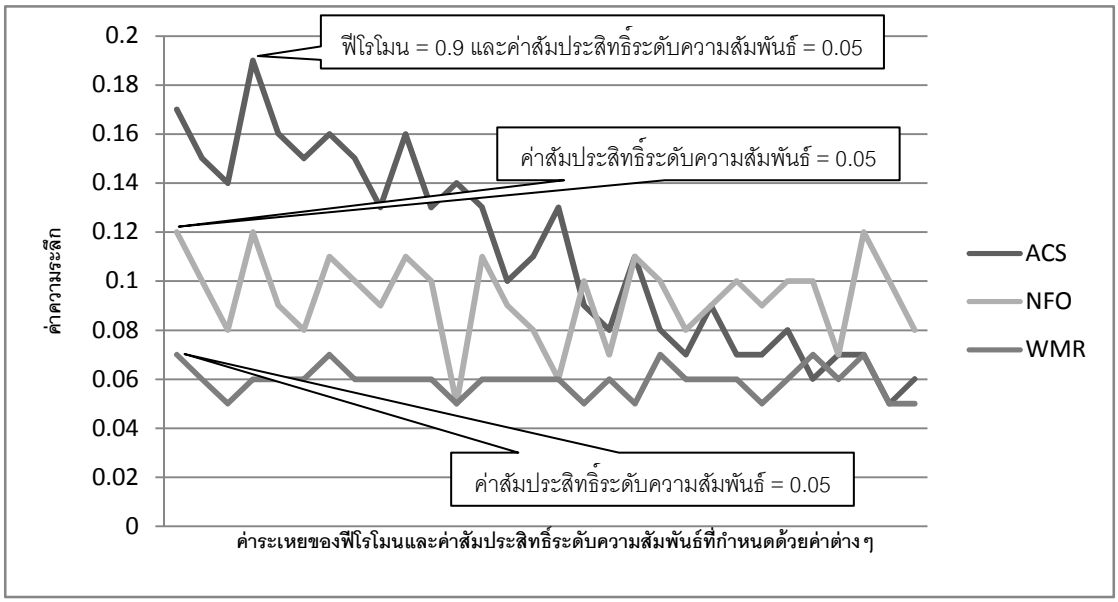
ภาพที่ 4-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจ และค่าระเหยของข้อมูล

4.5.2 การเปรียบเทียบเพื่อหาระดับการระเหยของฟีโรโมนและสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ที่เหมาะที่สุด

เนื่องจากการหาระดับการระเหยของฟีโรโมนและสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ที่เหมาะที่สุดนั้น ไม่สามารถหาได้จากการวัดผลด้วยค่าทดสอบ T และในระบบแนะนำข้อมูลนี้ จะใช้การวัดผลประสิทธิภาพของระบบด้วยค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟดังที่ได้กล่าวในส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สำหรับแนะนำวัตถุด้วยอัลกอริทึม ACS ระดับการระเหยของฟีโรโมนและสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์มีผลต่อจำนวนวัตถุที่ถูกแนะนำและตรงกับที่ผู้ใช้สนใจโดยตรง นอกจากนี้สำหรับอัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม WMR ถึงแม้ว่าระดับการระเหยของฟีโรโมนไม่จำเป็นสำหรับอัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม WMR แต่ระดับการเพิ่มความสัมพันธ์จะมีผลต่อทั้งสองอัลกอริทึม ดังนั้นในการศึกษานี้จะทำการหาระดับการระเหยของฟีโรโมนและสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ที่เหมาะที่สุดสำหรับอัลกอริทึม ACS และทำการหาสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ที่เหมาะที่สุดสำหรับอัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม WMR ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟของแต่ละระดับการระเหยของฟีโรโมนและสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ที่กำหนด ดังแสดงในตารางที่ 4-2 และสรุประดับการระเหยของฟีโรโมนและสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละอัลกอริทึมในภาพที่ 4-3

โดยผลการทดลองในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าระดับการระเหยของฟีโรโมนและสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยของค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟจากการใช้อัลกอริทึม ACS ที่มากที่สุดได้แก่ ระดับการระเหยของฟีโรโมนที่ 0.9 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ที่ 0.05 ด้วยค่า 0.19, 0.37 และ 0.25 ตามลำดับ

และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ที่เหมาะที่สุดสำหรับอัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม WMR มีค่าเดียวกันที่ 0.05 โดยอัลกอริทึม NFO ให้ค่าเฉลี่ยของค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟที่มากที่สุดได้แก่ 0.12, 0.24 และ 0.16 ตามลำดับ และอัลกอริทึม WMR ได้แก่ 0.7, 0.14 และ 0.19 ตามลำดับ



ภาพที่ 4-3 กราฟแสดงค่าความระลึกเมื่อใช้ค่าระเหยของฟีโรโมนและค่าสัมประสิทธิ์ระดับความสัมพันธ์ต่างๆของอัลกอริทึม ACS, อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม WMR

ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยของค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟของอัลกอริทึม ACS, อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม WMR ด้วยค่าระเหยของฟีโรโมน และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วยค่าต่างๆ

ค่าระเหยของฟีโรโมน	ค่าสัมประสิทธิ์ระดับความสัมพันธ์	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
		ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1.0	0.05	0.17	**0.12**	**0.07**	0.34	**0.24**	**0.14**	0.23	**0.16**	**0.09**
1.0	0.1	0.15	0.1	0.06	0.3	0.2	0.12	0.2	0.14	0.08
1.0	0.15	0.14	0.08	0.05	0.27	0.17	0.09	0.18	0.11	0.06
0.9	0.05	**0.19**	0.12	0.06	**0.37**	0.25	0.12	**0.25**	0.17	0.08
0.9	0.1	0.16	0.09	0.06	0.32	0.18	0.13	0.21	0.12	0.09
0.9	0.15	0.15	0.08	0.06	0.3	0.16	0.11	0.2	0.11	0.07
0.8	0.05	0.16	0.11	0.07	0.31	0.22	0.14	0.21	0.14	0.1
0.8	0.1	0.15	0.1	0.06	0.3	0.21	0.11	0.2	0.14	0.11
0.8	0.15	0.13	0.09	0.06	0.26	0.17	0.12	0.18	0.11	0.08
0.7	0.05	0.16	0.11	0.06	0.32	0.23	0.12	0.21	0.15	0.08
0.7	0.1	0.13	0.1	0.06	0.26	0.2	0.13	0.17	0.13	0.09
0.7	0.15	0.14	0.05	0.05	0.28	0.1	0.09	0.18	0.07	0.06
0.6	0.05	0.13	0.11	0.06	0.26	0.22	0.12	0.18	0.15	0.08
0.6	0.1	0.1	0.09	0.06	0.2	0.18	0.12	0.13	0.12	0.08
0.6	0.15	0.11	0.08	0.06	0.22	0.17	0.11	0.14	0.11	0.06
0.5	0.05	0.13	0.06	0.06	0.26	0.12	0.12	0.18	0.08	0.08
0.5	0.1	0.09	0.1	0.05	0.19	0.2	0.11	0.13	0.13	0.07
0.5	0.15	0.08	0.07	0.06	0.16	0.15	0.12	0.09	0.1	0.08
0.4	0.05	0.11	0.11	0.05	0.21	0.22	0.11	0.14	0.14	0.07
0.4	0.1	0.08	0.1	0.07	0.16	0.2	0.14	0.11	0.13	0.09
0.4	0.15	0.07	0.08	0.06	0.14	0.17	0.12	0.08	0.11	0.08
0.3	0.05	0.09	0.09	0.06	0.18	0.19	0.13	0.12	0.13	0.09
0.3	0.1	0.07	0.1	0.06	0.15	0.2	0.13	0.1	0.14	0.09
0.3	0.15	0.07	0.09	0.05	0.15	0.17	0.1	0.09	0.11	0.07
0.2	0.05	0.08	0.1	0.06	0.15	0.21	0.12	0.1	0.14	0.08
0.2	0.1	0.06	0.1	0.07	0.13	0.2	0.14	0.09	0.13	0.09
0.2	0.15	0.07	0.07	0.06	0.13	0.15	0.12	0.09	0.1	0.08
0.1	0.05	0.07	0.12	0.07	0.14	0.24	0.14	0.09	0.16	0.09
0.1	0.1	0.05	0.1	0.05	0.1	0.19	0.11	0.07	0.13	0.07
0.5	0.15	0.06	0.08	0.05	0.11	0.16	0.11	0.07	0.1	0.07

4.5.3 การเปรียบเทียบเพื่อหาสัดส่วนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุสาธารณะที่เหมาะสม

เนื่องจากแนวคิดที่สำคัญของการแนะนำวัตถุด้วยอัลกอริทึม ACS คือ การพิจารณาวัตถุที่เป็นสาธารณะมาแนะนำแก่ผู้ใช้ ดังนั้นจึงทำการหาสัดส่วนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุสาธารณะที่มีผลต่อการใช้อัลกอริทึม ACS มากที่สุด โดยเปรียบเทียบด้วยค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟเฉลี่ย ระหว่างอัลกอริทึม ACS อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม WMR และใช้ค่าการระเหยของฟีโรโมนที่ 0.9 และทำการเพิ่มสัมประสิทธิ์ระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.05 ของการแสดงผล 10 ครั้ง โดยกำหนดให้สัดส่วนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุสาธารณะที่นำมาเปรียบเทียบ ได้แก่ 5, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยของค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟเมื่อกำหนดสัดส่วนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุสาธารณะ

สัดส่วนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุสาธารณะ	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
5 เปอร์เซ็นต์	0.13	**0.17**	**0.06**	0.26	**0.35**	**0.13**	0.17	**0.23**	**0.09**
10 เปอร์เซ็นต์	0.15	0.12	0.06	0.31	0.24	0.11	0.21	0.16	0.07
20 เปอร์เซ็นต์	**0.19**	0.09	0.05	**0.37**	0.19	0.09	**0.25**	0.13	0.06
30 เปอร์เซ็นต์	0.16	0.05	0.05	0.32	0.10	0.10	0.21	0.07	0.07

จากผลการทดลองเมื่อทำการกำหนดสัดส่วนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุสาธารณะ พบว่าในการแนะนำวัตถุโดยใช้อัลกอริทึม ACS จะให้ค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟมากที่สุด เมื่อสัดส่วนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุสาธารณะ คือ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ 0.19, 0.37 และ 0.25 ตามลำดับ แต่สำหรับการใช้อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม WMR จะให้ค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟมากที่สุดเมื่อกำหนดสัดส่วนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุสาธารณะเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ โดยอัลกอริทึม NFO ให้ค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ คือ 0.17, 0.35 และ 0.23 ตามลำดับ และอัลกอริทึม WMR ให้ค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ คือ 0.06, 0.13 และ 0.09 ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่าการแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยใช้ระบบอาณาจักรมดให้ผลการแนะนำวัตถุที่ตรงกับความสนใจของผู้ใช้ได้ดีกว่าการใช้อัลกอริทึม NFO ของเฟซบุ๊ก และอัลกอริทึม WMR โดยเปรียบเทียบด้วยค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟเฉลี่ย และค่าทดสอบ T ซึ่งเห็นชัดว่าระดับการระเหยของฟีโรโมนและสัมประสิทธิ์ระดับความสัมพันธ์มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบแนะนำวัตถุ

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาด้านสัดส่วนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุที่เป็นสาธารณะ พบว่าหากมีผู้ใช้ที่สนใจวัตถุที่เป็นสาธารณะเป็นจำนวน 20 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุทั้งหมด จะทำให้ค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟที่เกิดจากอัลกอริทึม ACS มีค่าที่สูงขึ้นด้วย ทั้งนี้ เนื่องจากในการคำนวณหาค่าความน่าสนใจของวัตถุด้วยอัลกอริทึม ACS มีการพิจารณาวัตถุที่เกิดจากเพื่อนของเพื่อนและเป็นวัตถุที่เป็นสาธารณะ ทำให้จำนวนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุสาธารณะมีผลโดยตรงที่ทำให้ค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟมีค่าสูงขึ้น แต่สำหรับการคำนวณหาค่าความน่าสนใจของวัตถุด้วยอัลกอริทึม NFO ซึ่งไม่พิจารณาวัตถุที่เกิดจากเพื่อนของเพื่อน ดังนั้นจึงทำให้วัตถุที่เป็นสาธารณะซึ่งอาจเกิดจากเพื่อนของเพื่อน ไม่มีโอกาสที่จะถูกแนะนำ ทำให้สัดส่วนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุสาธารณะที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟลดลง และสำหรับอัลกอริทึม WMR เนื่องจากเป็นอัลกอริทึมที่พิจารณาทั้งวัตถุที่เป็นสาธารณะและส่วนบุคคล ทั้งที่เกิดจากเพื่อนและเกิดจากเพื่อนของเพื่อน แต่อัลกอริทึม WMR ให้ความสำคัญกับวัตถุที่เกิดจากเพื่อนโดยตรงมาก ดังนั้นการกำหนดสัดส่วนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุสาธารณะจึงไม่มีผลที่ทำให้ค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟมีค่าสูงขึ้น

อย่างไรก็ตาม ค่าการประเมินดังกล่าวที่ได้จากการทดลองนั้นยังมีค่าที่น้อยอยู่มาก สาเหตุส่วนหนึ่งเนื่องจากจำนวนของวัตถุที่มีอยู่ในเครือข่ายสังคมออนไลน์มีอยู่เป็นจำนวนมาก แต่จำนวนของวัตถุที่นำมาแนะนำแก่ผู้ใช้มีจำนวนจำกัด ซึ่งทำให้ไม่ตรงกับความสนใจของผู้ใช้มากพอ จึงเป็นอีกหนึ่งปัญหาที่ท้าทายให้พัฒนางานวิจัยในด้านนี้ต่อไป สำหรับการปรับใช้เบื้องต้น ถ้าหากมีการเพิ่มจำนวนของวัตถุที่จะแนะนำให้มากขึ้นในการใช้งานจริง จะช่วยให้โอกาสที่วัตถุที่ถูกแนะนำจะตรงกับความสนใจของผู้ใช้มากขึ้น

5.2 แนวทางในการพัฒนาและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการเลือกใช้ทฤษฎีของระบบอาณาจักรมดเข้ามาประยุกต์ใช้กับงานระบบแนะนำข้อมูล ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยนั้นให้ผลการประเมินที่ดีกว่าการใช้อัลกอริทึม NFO และอัลกอริทึม WMR แต่ยังมีบางส่วนของผลการทดลองในงานวิจัยที่สามารถนำไปเป็นแนวทางการพัฒนาได้อีก ดังนี้

- ข้อมูลที่นำมาใช้ทดลองเป็นเพียงข้อมูลที่สังเคราะห์ขึ้นโดยอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลที่สำคัญต่างๆ ซึ่งอาจจะยังไม่เพียงพอสำหรับการใช้งานจริง หากปรับให้จำนวนของผู้ใช้งานและวัตถุในระบบทั้งหมดเป็นข้อมูลที่เกิดจากผู้ใช้งานจริง อาจทำให้ผลการทดลองที่ได้มีค่าที่แตกต่างไปและน่าเชื่อถือมากขึ้น

- ผลการทดลองในการวัดผลด้วยสัดส่วนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุสาธารณะที่ 5 เปอร์เซ็นต์เมื่อใช้อัลกอริทึม ACS ยังให้ผลที่ต่ำกว่าการใช้อัลกอริทึม NFO ควรปรับปรุงสมการการคำนวณอัลกอริทึม ACS ให้ดียิ่งขึ้นเพื่อให้ผลการทดลองที่ดีกว่าการใช้อัลกอริทึม NFO และ WMR เมื่อวัดผลด้วยค่าทุกสัดส่วนของผู้ใช้ที่สนใจวัตถุสาธารณะ

- เพิ่มอัลกอริทึมที่ใช้เปรียบเทียบโดยใช้อัลกอริทึมของการแนะนำข้อมูลในเครือข่ายสังคมออนไลน์ชนิดอื่น เช่น ทวิตเตอร์ (twitter) หรือ กูเกิลพลัส (google+) อาจจะช่วยทำให้เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนและเพิ่มความน่าเชื่อถือมากขึ้น

โดยที่กล่าวมานั้นเป็นแนวทางในการพัฒนาขั้นต้นที่สามารถเพิ่มเติมจากแนวคิดเดิมที่เป็นการใช้อัลกอริทึมที่ประยุกต์มาจากระบบอาณาจักรมดซึ่งช่วยให้ประสิทธิภาพของระบบแนะนำวัตถุในเครือข่ายสังคมออนไลน์ให้ดียิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

[1] Mark Zuckerberg. Facebook Statistics. [Online]. 2012. Available from: http://newsroom.fb.com [2012, March 19]

[2] R.M. Jose, H. Ziv, and D. J. Richardson. SRRS: A Recommendation System for Security Requirements. Proceedings of the International Workshop on Recommendation Systems for Software Engineering, pp. 50-52, Atlanta, 2008.

[3] S. Lo, and C. Lin. WMR--A Graph-Based Algorithm for Friend Recommendation. Proceedings of the IEEE/WIC/ACM International Conference Web Intelligence, pp. 121-128, Hong Kong, 2006.

[4] A. Papadimitriou, P. Symeonidis, and Y. Manolopoulos. Friendlink: Link prediction in social networks via bounded local path traversal. Proceedings of the International Conference on Computational Aspects of Social Networks (CASoN), pp. 66-71,Salamanca, 2011.

[5] N.B. Silva, I.R. Tsang, G.D.C. Cavalcanti, and I.J. Tsang. A graph-based friend recommendation system using Genetic Algorithm. Proceedings of the IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), pp. 1-7, Barcelona, 2010.

[6] J. Naruchitparames, M.H. Giine, and S.J. Louis. Friend recommendations in social networks using genetic algorithms and network topology. Proceedings of the IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), pp. 2207-2214, New Orleans, 2011.

[7] A. Kazemi, and M. Nematbakhsh. Finding Compatible People on Social Networking Sites, a Semantic Technology Approach. Proceedings of the Second International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS), pp. 306- 309, Kuala Lumpur and Phnom Penh, 2011.

[8] V. Maniezzo, L. M. Gambardella, and F. D.Luigi. Ant Colony Optimization. [Online]. 1997. Available from: http://www.cs.unibo.it/bison/publications/ACO.pdf [2012, January 15]

[9] M. Brand, M. Masuda, N. Wehner, and X.H. Yu. Ant Colony Optimization algorithm for robot path planning. Proceedings of the International Conference on Computer Design and Applications (ICCDA), vol. 3, pp. 436-440, Qinhuangdao, 2010.

[10] J. L. Herlocker and others. Evaluating Collaborative Filtering Recommender Systems. [Online]. 2011. Available from: http://psiexp.ss.uci.edu/research/teachingP205C/205C.pdf [2012, January 10]

[11] Q. Song, R. Menezes, and M. Silaghi. A Recommender System for YouTube Based on its Network of Reviewers. Proceedings of the IEEE International Conference on Social Computing / IEEE International Conference on Privacy, Security, Risk and Trust, pp. 323-328, Minnesota, 2010.

[12] M. Jamali, and H. Abolhassani. Different Aspects of Social Network Analysis. Proceedings of the International Conference on Web Intelligence, pp. 66-72,Hong Kong, 2006.

[13] Wikimidia Foundation. Social Network. [Online]. 2010. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Social_network [2012, January 4]

[14] Mark Zuckerberg. Home Page and News Feed. [Online]. 2007. Available from: http://www.facebook.com/help/newsfeed [2012, January 5]

[15] Marg Zuckerberg. Facebook Developers. [Online]. 2007. Available from: http://developers.facebook.com/ [2012, January 5]

[16] Scott Meldrum. How to leverage Facebook's news feed algorith. [Online] Available from: http://www.facebook.com/note.php?note_id=163011987084651 [2012, January 5]

[17] Wikimidia Foundation. Ant colony optimization algorithms. [Online]. 1992. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Ant_colony_optimization_algorithms [2012, January 4]

[18] P. R. Srivastava. Structured Testing Using Ant Colony Optimization. Proceedings of the First International Conference on Intelligent Interactive Technologies and Multimedia, pp. 203-207, Allahabad, 2010.

[19] M. Gao, J. Xu, and J. Tian. Optimal path planning for mobile robots based on intensified ant colony optimization algorithm. Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics, Intelligent Systems and Signal Processing, vol.1, pp. 131-136, Changsha, 2003.

[20] M. Gao, J. Xu, and J. Tian. Mobile Robot Global Path Planning Based on Improved Augment Ant Colony Algorithm. Proceedings of the Second International Conference on Genetic and Evolutionary Computing, pp. 273-276,Huibei, 2008.

[21] M. Dorigo, and L.M. Gambardella . Ant colony system: a cooperative learning approach to the traveling salesman problem. Proceedings of the IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 1, pp. 53-66, Los Angeles, 1997.

[22] D. C. Uthus, P. J. Riddle, and H. W. Guesgen. An ant colony optimization approach to the traveling tournament problem. Proceedings of the 11th Annual conference on Genetic and evolutionary computation, pp. 81-88, Montreal, 2009.

[23] R. S. Parpinelli, H. S. Lopes, and A. A. Freita. Data Mining With an Ant Colony Optimization Algorithm. Proceedings of the IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 6, pp. 81-88, Los Angeles, 2002.

[24] M. Sim, and H. Weng. Ant colony optimization for routing and load-balancing: survey and new directions. Proceedings of the IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, vol. 33, pp. 560-572, Los Angeles, 2003.

[25] M. Gunes, U. Sorges, and I. Bouazizi. ARA-the ant-colony based routing algorithm for MANETs. Proceedings of the International Conference on Parallel Processing Workshops, pp. 79-85, Vancouver, 2002.

[26] A. Zanda, E. Menasalvas, and S. Eibe. A social network activity recommender system for ubiquitous devices. Proceedings of the International Conference

on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA), pp. 493-497, Cordoba, 2011.

[27] L.M. Gambardella, and M. Dorigo. Ant-Q: a reinforcement learning approach to the travelling salesman problem. Proceedings of the Twelfth International Conference on Machine Learning, pp 252-260, California, 1995.

[28] P. Bhattacharyya and others. Your Best might not be Good enough: Ranking in Collaborative Social Search Engines. Proceedings of the International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing (CollaborateCom), pp. 87-94, Pennsylvania, 2011.

[29] Matt McGee. By The Numbers: Twitter vs Facebook vs Google Buzz. [Online]. 2010. Available from: http://searchengineland.com/by-the-numbers-twitter-vs-facebook-vs-google-buzz-36709. [2012, 2 March]

ภาคผนวก

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 1.0 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.05

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.18	0.18	0.06	0.36	0.36	0.12	0.24	0.24	0.08
2	0.14	0.12	0.10	0.28	0.24	0.20	0.19	0.16	0.13
3	0.20	0.14	0.08	0.40	0.28	0.16	0.27	0.19	0.11
4	0.18	0.08	0.08	0.36	0.16	0.16	0.24	0.11	0.11
5	0.14	0.08	0.06	0.28	0.16	0.12	0.19	0.11	0.08
6	0.20	0.12	0.02	0.40	0.24	0.04	0.27	0.16	0.03
7	0.18	0.10	0.08	0.36	0.20	0.16	0.24	0.13	0.11
8	0.22	0.12	0.08	0.44	0.24	0.16	0.29	0.16	0.11
9	0.16	0.16	0.04	0.32	0.32	0.08	0.21	0.21	0.05
10	0.12	0.10	0.10	0.24	0.20	0.20	0.16	0.13	0.13
เฉลี่ย	**0.17**	**0.12**	**0.07**	**0.34**	**0.24**	**0.14**	**0.23**	**0.16**	**0.09**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 1.0 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.1

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.14	0.06	0.06	0.28	0.12	0.12	0.19	0.08	0.08
2	0.12	0.12	0.04	0.24	0.24	0.08	0.16	0.16	0.05
3	0.16	0.14	0.08	0.32	0.28	0.16	0.21	0.19	0.11
4	0.18	0.12	0.02	0.36	0.24	0.04	0.24	0.16	0.03
5	0.20	0.10	0.10	0.40	0.20	0.20	0.27	0.13	0.13
6	0.14	0.10	0.10	0.28	0.20	0.20	0.19	0.13	0.13
7	0.14	0.08	0.06	0.28	0.16	0.12	0.19	0.11	0.08
8	0.12	0.14	0.04	0.24	0.28	0.08	0.16	0.19	0.05
9	0.20	0.10	0.02	0.40	0.20	0.04	0.27	0.13	0.03
10	0.12	0.06	0.06	0.24	0.12	0.12	0.16	0.08	0.08
เฉลี่ย	**0.15**	**0.10**	**0.06**	**0.30**	**0.20**	**0.12**	**0.20**	**0.14**	**0.08**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 1.0 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.15

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.14	0.12	0.06	0.28	0.24	0.12	0.19	0.16	0.08
2	0.14	0.16	0.02	0.28	0.32	0.04	0.19	0.21	0.03
3	0.12	0.06	0.02	0.24	0.12	0.04	0.16	0.08	0.03
4	0.18	0.12	0.00	0.36	0.24	0.00	0.24	0.16	0.00
5	0.10	0.06	0.08	0.20	0.12	0.16	0.13	0.08	0.11
6	0.18	0.12	0.12	0.36	0.24	0.24	0.24	0.16	0.16
7	0.10	0.04	0.04	0.20	0.08	0.08	0.13	0.05	0.05
8	0.10	0.02	0.00	0.20	0.04	0.00	0.13	0.03	0.00
9	0.14	0.10	0.08	0.28	0.20	0.16	0.19	0.13	0.11
10	0.16	0.04	0.04	0.32	0.08	0.08	0.21	0.05	0.05
เฉลี่ย	**0.14**	**0.08**	**0.05**	**0.27**	**0.17**	**0.09**	**0.18**	**0.11**	**0.06**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.9 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.05

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.16	0.16	0.06	0.32	0.32	0.12	0.21	0.21	0.08
2	0.26	0.10	0.06	0.52	0.20	0.12	0.35	0.13	0.08
3	0.20	0.14	0.02	0.40	0.28	0.04	0.27	0.19	0.03
4	0.18	0.08	0.04	0.36	0.16	0.08	0.24	0.11	0.05
5	0.16	0.12	0.10	0.32	0.24	0.20	0.21	0.16	0.13
6	0.24	0.12	0.06	0.48	0.24	0.12	0.32	0.16	0.08
7	0.14	0.18	0.08	0.28	0.36	0.16	0.19	0.24	0.11
8	0.22	0.10	0.12	0.44	0.20	0.24	0.29	0.13	0.16
9	0.16	0.10	0.02	0.32	0.20	0.04	0.21	0.13	0.03
10	0.14	0.14	0.04	0.28	0.28	0.08	0.19	0.19	0.05
เฉลี่ย	**0.19**	**0.12**	**0.06**	**0.37**	**0.25**	**0.12**	**0.25**	**0.17**	**0.08**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.9 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.1

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.16	0.10	0.02	0.32	0.20	0.04	0.21	0.13	0.03
2	0.14	0.06	0.02	0.28	0.12	0.04	0.19	0.08	0.03
3	0.20	0.08	0.08	0.40	0.16	0.16	0.27	0.11	0.11
4	0.18	0.08	0.08	0.36	0.16	0.16	0.24	0.11	0.11
5	0.12	0.10	0.10	0.24	0.20	0.20	0.16	0.13	0.13
6	0.16	0.06	0.06	0.32	0.12	0.12	0.21	0.08	0.08
7	0.14	0.10	0.06	0.28	0.20	0.12	0.19	0.13	0.08
8	0.16	0.14	0.08	0.32	0.28	0.16	0.21	0.19	0.11
9	0.18	0.10	0.08	0.36	0.20	0.16	0.24	0.13	0.11
10	0.14	0.10	0.06	0.28	0.20	0.12	0.19	0.13	0.08
เฉลี่ย	**0.16**	**0.09**	**0.06**	**0.32**	**0.18**	**0.13**	**0.21**	**0.12**	**0.09**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.9 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.15

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.20	0.06	0.08	0.40	0.12	0.16	0.27	0.08	0.11
2	0.14	0.10	0.06	0.28	0.20	0.12	0.19	0.13	0.08
3	0.16	0.08	0.06	0.32	0.16	0.12	0.21	0.11	0.08
4	0.14	0.12	0.06	0.28	0.24	0.12	0.19	0.16	0.08
5	0.18	0.16	0.02	0.36	0.32	0.04	0.24	0.21	0.03
6	0.12	0.06	0.02	0.24	0.12	0.04	0.16	0.08	0.03
7	0.10	0.06	0.10	0.20	0.12	0.20	0.13	0.08	0.13
8	0.12	0.04	0.04	0.24	0.08	0.08	0.16	0.05	0.05
9	0.14	0.10	0.04	0.28	0.20	0.08	0.19	0.13	0.05
10	0.18	0.04	0.08	0.36	0.08	0.16	0.24	0.05	0.11
เฉลี่ย	**0.15**	**0.08**	**0.06**	**0.30**	**0.16**	**0.11**	**0.20**	**0.11**	**0.07**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.8 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.05

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.16	0.12	0.02	0.32	0.24	0.04	0.21	0.16	0.03
2	0.14	0.10	0.02	0.28	0.20	0.04	0.19	0.13	0.03
3	0.18	0.10	0.08	0.36	0.20	0.16	0.24	0.13	0.11
4	0.10	0.08	0.12	0.20	0.16	0.24	0.13	0.11	0.16
5	0.14	0.16	0.10	0.28	0.32	0.20	0.19	0.21	0.13
6	0.24	0.12	0.06	0.48	0.24	0.12	0.32	0.16	0.08
7	0.12	0.10	0.08	0.24	0.20	0.16	0.16	0.13	0.11
8	0.20	0.08	0.12	0.40	0.16	0.24	0.27	0.11	0.16
9	0.16	0.12	0.08	0.32	0.24	0.16	0.21	0.16	0.11
10	0.12	0.10	0.04	0.24	0.20	0.08	0.16	0.13	0.05
เฉลี่ย	**0.16**	**0.11**	**0.07**	**0.31**	**0.22**	**0.14**	**0.21**	**0.14**	**0.10**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.8 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.1

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.14	0.14	0.06	0.28	0.28	0.12	0.19	0.19	0.12
2	0.12	0.14	0.08	0.24	0.28	0.16	0.16	0.19	0.16
3	0.16	0.08	0.02	0.32	0.16	0.04	0.21	0.11	0.04
4	0.18	0.10	0.04	0.36	0.20	0.08	0.24	0.13	0.08
5	0.20	0.10	0.04	0.40	0.20	0.08	0.27	0.13	0.08
6	0.14	0.06	0.06	0.28	0.12	0.12	0.19	0.08	0.12
7	0.14	0.14	0.10	0.28	0.28	0.20	0.19	0.19	0.20
8	0.12	0.12	0.06	0.24	0.24	0.12	0.16	0.16	0.12
9	0.20	0.08	0.02	0.40	0.16	0.04	0.27	0.11	0.04
10	0.12	0.08	0.08	0.24	0.16	0.16	0.16	0.11	0.16
เฉลี่ย	**0.15**	**0.10**	**0.06**	**0.30**	**0.21**	**0.11**	**0.20**	**0.14**	**0.11**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.8 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.15

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.16	0.06	0.08	0.32	0.12	0.16	0.21	0.08	0.11
2	0.10	0.04	0.06	0.20	0.08	0.12	0.13	0.05	0.08
3	0.12	0.08	0.06	0.24	0.16	0.12	0.16	0.11	0.08
4	0.14	0.08	0.04	0.28	0.16	0.08	0.19	0.11	0.05
5	0.10	0.08	0.10	0.20	0.16	0.20	0.13	0.11	0.13
6	0.16	0.12	0.10	0.32	0.24	0.20	0.21	0.16	0.13
7	0.10	0.10	0.02	0.20	0.20	0.04	0.13	0.13	0.03
8	0.18	0.10	0.08	0.36	0.20	0.16	0.24	0.13	0.11
9	0.16	0.06	0.06	0.32	0.12	0.12	0.21	0.08	0.08
10	0.10	0.14	0.02	0.20	0.28	0.04	0.13	0.19	0.03
เฉลี่ย	**0.13**	**0.09**	**0.06**	**0.26**	**0.17**	**0.12**	**0.18**	**0.11**	**0.08**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.7 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.05

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.20	0.08	0.10	0.40	0.16	0.20	0.27	0.11	0.13
2	0.12	0.12	0.06	0.24	0.24	0.12	0.16	0.16	0.08
3	0.16	0.16	0.06	0.32	0.32	0.12	0.21	0.21	0.08
4	0.10	0.16	0.08	0.20	0.32	0.16	0.13	0.21	0.11
5	0.14	0.10	0.04	0.28	0.20	0.08	0.19	0.13	0.05
6	0.12	0.12	0.06	0.24	0.24	0.12	0.16	0.16	0.08
7	0.22	0.10	0.08	0.44	0.20	0.16	0.29	0.13	0.11
8	0.14	0.12	0.02	0.28	0.24	0.04	0.19	0.16	0.03
9	0.20	0.08	0.04	0.40	0.16	0.08	0.27	0.11	0.05
10	0.18	0.10	0.08	0.36	0.20	0.16	0.24	0.13	0.11
เฉลี่ย	**0.16**	**0.11**	**0.06**	**0.32**	**0.23**	**0.12**	**0.21**	**0.15**	**0.08**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.7 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.1

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.12	0.10	0.02	0.24	0.20	0.04	0.16	0.13	0.03
2	0.18	0.10	0.10	0.36	0.20	0.20	0.24	0.13	0.13
3	0.14	0.06	0.08	0.28	0.12	0.16	0.19	0.08	0.11
4	0.06	0.08	0.06	0.12	0.16	0.12	0.08	0.11	0.08
5	0.16	0.06	0.12	0.32	0.12	0.24	0.21	0.08	0.16
6	0.08	0.14	0.06	0.16	0.28	0.12	0.11	0.19	0.08
7	0.10	0.08	0.06	0.20	0.16	0.12	0.13	0.11	0.08
8	0.20	0.14	0.04	0.40	0.28	0.08	0.27	0.19	0.05
9	0.10	0.10	0.08	0.20	0.20	0.16	0.13	0.13	0.11
10	0.14	0.14	0.02	0.28	0.28	0.04	0.19	0.19	0.03
เฉลี่ย	**0.13**	**0.10**	**0.06**	**0.26**	**0.20**	**0.13**	**0.17**	**0.13**	**0.09**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.7 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.15

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.12	0.12	0.06	0.24	0.24	0.12	0.16	0.16	0.08
2	0.14	0.06	0.04	0.28	0.12	0.08	0.19	0.08	0.05
3	0.08	0.02	0.02	0.16	0.04	0.04	0.11	0.03	0.03
4	0.18	0.00	0.08	0.36	0.00	0.16	0.24	0.00	0.11
5	0.16	0.04	0.06	0.32	0.08	0.12	0.21	0.05	0.08
6	0.18	0.08	0.00	0.36	0.16	0.00	0.24	0.11	0.00
7	0.12	0.10	0.02	0.24	0.20	0.04	0.16	0.13	0.03
8	0.14	0.06	0.00	0.28	0.12	0.00	0.19	0.08	0.00
9	0.10	0.02	0.08	0.20	0.04	0.16	0.13	0.03	0.11
10	0.16	0.02	0.10	0.32	0.04	0.20	0.21	0.03	0.13
เฉลี่ย	**0.14**	**0.05**	**0.05**	**0.28**	**0.10**	**0.09**	**0.18**	**0.07**	**0.06**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.6 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.05

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.16	0.10	0.08	0.32	0.20	0.16	0.21	0.13	0.11
2	0.10	0.14	0.10	0.20	0.28	0.20	0.13	0.19	0.13
3	0.16	0.10	0.06	0.32	0.20	0.12	0.21	0.13	0.08
4	0.14	0.16	0.02	0.28	0.32	0.04	0.19	0.21	0.03
5	0.08	0.08	0.04	0.16	0.16	0.08	0.11	0.11	0.05
6	0.12	0.16	0.08	0.24	0.32	0.16	0.16	0.21	0.11
7	0.18	0.12	0.04	0.36	0.24	0.08	0.24	0.16	0.05
8	0.12	0.10	0.10	0.24	0.20	0.20	0.16	0.13	0.13
9	0.10	0.06	0.06	0.20	0.12	0.12	0.13	0.08	0.08
10	0.16	0.10	0.02	0.32	0.20	0.04	0.21	0.13	0.03
เฉลี่ย	**0.13**	**0.11**	**0.06**	**0.26**	**0.22**	**0.12**	**0.18**	**0.15**	**0.08**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.6 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.1

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.14	0.06	0.02	0.28	0.12	0.04	0.19	0.08	0.03
2	0.06	0.06	0.12	0.12	0.12	0.24	0.08	0.08	0.16
3	0.12	0.10	0.00	0.24	0.20	0.00	0.16	0.13	0.00
4	0.08	0.10	0.08	0.16	0.20	0.16	0.11	0.13	0.11
5	0.10	0.12	0.06	0.20	0.24	0.12	0.13	0.16	0.08
6	0.06	0.12	0.10	0.12	0.24	0.20	0.08	0.16	0.13
7	0.08	0.08	0.02	0.16	0.16	0.04	0.11	0.11	0.03
8	0.12	0.06	0.08	0.24	0.12	0.16	0.16	0.08	0.11
9	0.14	0.08	0.04	0.28	0.16	0.08	0.19	0.11	0.05
10	0.08	0.10	0.08	0.16	0.20	0.16	0.11	0.13	0.11
เฉลี่ย	**0.10**	**0.09**	**0.06**	**0.20**	**0.18**	**0.12**	**0.13**	**0.12**	**0.08**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.6 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.15

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.10	0.06	0.02	0.20	0.12	0.04	0.13	0.08	0.03
2	0.06	0.14	0.06	0.12	0.28	0.12	0.08	0.19	0.08
3	0.06	0.06	0.10	0.12	0.12	0.20	0.08	0.08	0.13
4	0.14	0.04	0.06	0.28	0.08	0.12	0.19	0.05	0.08
5	0.18	0.10	0.06	0.36	0.20	0.12	0.24	0.13	0.08
6	0.06	0.04	0.10	0.12	0.08	0.20	0.08	0.05	0.00
7	0.10	0.12	0.06	0.20	0.24	0.12	0.13	0.16	0.08
8	0.08	0.12	0.04	0.16	0.24	0.08	0.11	0.16	0.00
9	0.14	0.10	0.04	0.28	0.20	0.08	0.19	0.13	0.05
10	0.16	0.06	0.02	0.32	0.12	0.04	0.21	0.08	0.03
เฉลี่ย	**0.11**	**0.08**	**0.06**	**0.22**	**0.17**	**0.11**	**0.14**	**0.11**	**0.06**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.5 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.05

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.14	0.08	0.02	0.28	0.16	0.04	0.19	0.11	0.03
2	0.18	0.06	0.08	0.36	0.12	0.16	0.24	0.08	0.11
3	0.20	0.04	0.14	0.40	0.08	0.28	0.27	0.05	0.19
4	0.12	0.02	0.08	0.24	0.04	0.16	0.16	0.03	0.11
5	0.16	0.02	0.02	0.32	0.04	0.04	0.21	0.03	0.03
6	0.10	0.10	0.04	0.20	0.20	0.08	0.13	0.13	0.05
7	0.12	0.10	0.06	0.24	0.20	0.12	0.16	0.13	0.08
8	0.10	0.06	0.08	0.20	0.12	0.16	0.13	0.08	0.11
9	0.12	0.04	0.04	0.24	0.08	0.08	0.16	0.05	0.05
10	0.08	0.06	0.02	0.16	0.12	0.04	0.11	0.08	0.03
เฉลี่ย	**0.13**	**0.06**	**0.06**	**0.26**	**0.12**	**0.12**	**0.18**	**0.08**	**0.08**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.5 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.1

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.10	0.14	0.02	0.20	0.28	0.04	0.13	0.19	0.03
2	0.12	0.14	0.10	0.24	0.28	0.20	0.16	0.19	0.13
3	0.08	0.06	0.04	0.16	0.12	0.08	0.11	0.08	0.05
4	0.10	0.08	0.08	0.20	0.16	0.16	0.13	0.11	0.11
5	0.06	0.10	0.04	0.12	0.20	0.08	0.08	0.13	0.05
6	0.14	0.10	0.06	0.28	0.20	0.12	0.19	0.13	0.08
7	0.10	0.08	0.00	0.20	0.16	0.00	0.13	0.11	0.00
8	0.08	0.06	0.10	0.16	0.12	0.20	0.11	0.08	0.13
9	0.06	0.14	0.08	0.12	0.28	0.16	0.08	0.19	0.11
10	0.10	0.08	0.02	0.20	0.16	0.04	0.13	0.11	0.03
เฉลี่ย	**0.09**	**0.10**	**0.05**	**0.19**	**0.20**	**0.11**	**0.13**	**0.13**	**0.07**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.5 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.15

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.10	0.04	0.10	0.20	0.08	0.20	0.13	0.05	0.13
2	0.06	0.06	0.02	0.12	0.12	0.04	0.08	0.08	0.03
3	0.08	0.04	0.02	0.16	0.08	0.04	0.00	0.05	0.03
4	0.10	0.12	0.08	0.20	0.24	0.16	0.13	0.16	0.11
5	0.02	0.04	0.08	0.04	0.08	0.16	0.03	0.05	0.11
6	0.08	0.08	0.06	0.16	0.16	0.12	0.11	0.11	0.08
7	0.04	0.10	0.06	0.08	0.20	0.12	0.05	0.13	0.08
8	0.04	0.10	0.10	0.08	0.20	0.20	0.05	0.13	0.13
9	0.12	0.10	0.04	0.24	0.20	0.08	0.16	0.13	0.05
10	0.14	0.06	0.02	0.28	0.12	0.04	0.19	0.08	0.03
เฉลี่ย	**0.08**	**0.07**	**0.06**	**0.16**	**0.15**	**0.12**	**0.09**	**0.10**	**0.08**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.4 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.05

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.10	0.04	0.08	0.20	0.08	0.16	0.13	0.05	0.11
2	0.08	0.08	0.04	0.16	0.16	0.08	0.11	0.11	0.05
3	0.16	0.10	0.04	0.32	0.20	0.08	0.21	0.13	0.05
4	0.12	0.12	0.08	0.24	0.24	0.16	0.16	0.16	0.11
5	0.10	0.14	0.10	0.20	0.28	0.20	0.13	0.19	0.13
6	0.06	0.10	0.02	0.12	0.20	0.04	0.08	0.13	0.03
7	0.12	0.14	0.06	0.24	0.28	0.12	0.16	0.19	0.08
8	0.12	0.14	0.04	0.24	0.28	0.08	0.16	0.19	0.05
9	0.08	0.12	0.04	0.16	0.24	0.08	0.11	0.16	0.05
10	0.12	0.10	0.04	0.24	0.20	0.08	0.16	0.13	0.05
เฉลี่ย	**0.11**	**0.11**	**0.05**	**0.21**	**0.22**	**0.11**	**0.14**	**0.14**	**0.07**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.4 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.1

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.02	0.06	0.08	0.04	0.12	0.16	0.03	0.08	0.11
2	0.14	0.08	0.02	0.28	0.16	0.04	0.19	0.11	0.03
3	0.10	0.14	0.12	0.20	0.28	0.24	0.13	0.19	0.16
4	0.10	0.14	0.08	0.20	0.28	0.16	0.13	0.19	0.11
5	0.12	0.10	0.12	0.24	0.20	0.24	0.16	0.13	0.16
6	0.04	0.12	0.06	0.08	0.24	0.12	0.05	0.16	0.08
7	0.06	0.06	0.06	0.12	0.12	0.12	0.08	0.08	0.08
8	0.10	0.06	0.10	0.20	0.12	0.20	0.13	0.08	0.13
9	0.06	0.08	0.04	0.12	0.16	0.08	0.08	0.11	0.05
10	0.08	0.14	0.02	0.16	0.28	0.04	0.11	0.19	0.03
เฉลี่ย	**0.08**	**0.10**	**0.07**	**0.16**	**0.20**	**0.14**	**0.11**	**0.13**	**0.09**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.4 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.15

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.02	0.04	0.06	0.04	0.08	0.12	0.03	0.05	0.08
2	0.08	0.10	0.06	0.16	0.20	0.12	0.11	0.13	0.08
3	0.10	0.12	0.10	0.20	0.24	0.20	0.00	0.16	0.13
4	0.10	0.08	0.02	0.20	0.16	0.04	0.13	0.11	0.03
5	0.08	0.08	0.06	0.16	0.16	0.12	0.11	0.11	0.08
6	0.12	0.10	0.12	0.24	0.20	0.24	0.16	0.13	0.16
7	0.06	0.06	0.06	0.12	0.12	0.12	0.08	0.08	0.08
8	0.04	0.10	0.00	0.08	0.20	0.00	0.05	0.13	0.00
9	0.08	0.06	0.06	0.16	0.12	0.12	0.11	0.08	0.08
10	0.02	0.10	0.06	0.04	0.20	0.12	0.03	0.13	0.08
เฉลี่ย	**0.07**	**0.08**	**0.06**	**0.14**	**0.17**	**0.12**	**0.08**	**0.11**	**0.08**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.3 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.05

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.08	0.10	0.10	0.16	0.20	0.20	0.11	0.13	0.13
2	0.10	0.08	0.02	0.20	0.16	0.04	0.13	0.11	0.03
3	0.12	0.04	0.06	0.24	0.08	0.12	0.16	0.05	0.08
4	0.04	0.12	0.08	0.08	0.24	0.16	0.05	0.16	0.11
5	0.14	0.02	0.10	0.28	0.04	0.20	0.19	0.03	0.13
6	0.02	0.16	0.02	0.04	0.32	0.04	0.03	0.21	0.03
7	0.10	0.16	0.14	0.20	0.32	0.28	0.13	0.21	0.19
8	0.14	0.08	0.06	0.28	0.16	0.12	0.19	0.11	0.08
9	0.08	0.10	0.04	0.16	0.20	0.08	0.11	0.13	0.05
10	0.06	0.08	0.02	0.12	0.16	0.04	0.08	0.11	0.03
เฉลี่ย	**0.09**	**0.09**	**0.06**	**0.18**	**0.19**	**0.13**	**0.12**	**0.13**	**0.09**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.3 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.1

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.02	0.12	0.08	0.04	0.24	0.16	0.03	0.16	0.11
2	0.10	0.12	0.12	0.20	0.24	0.24	0.13	0.16	0.16
3	0.10	0.10	0.00	0.20	0.20	0.00	0.13	0.13	0.00
4	0.08	0.08	0.04	0.16	0.16	0.08	0.11	0.11	0.05
5	0.08	0.02	0.06	0.16	0.04	0.12	0.11	0.03	0.08
6	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.13	0.13	0.13
7	0.06	0.14	0.00	0.12	0.28	0.00	0.08	0.19	0.00
8	0.12	0.10	0.06	0.24	0.20	0.12	0.16	0.13	0.08
9	0.04	0.16	0.10	0.08	0.32	0.20	0.05	0.21	0.13
10	0.04	0.08	0.08	0.08	0.16	0.16	0.05	0.11	0.11
เฉลี่ย	**0.07**	**0.10**	**0.06**	**0.15**	**0.20**	**0.13**	**0.10**	**0.14**	**0.09**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.3 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.15

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.10	0.06	0.10	0.20	0.12	0.20	0.13	0.08	0.13
2	0.06	0.04	0.10	0.12	0.08	0.20	0.08	0.05	0.13
3	0.04	0.04	0.08	0.08	0.08	0.16	0.00	0.05	0.00
4	0.10	0.14	0.06	0.20	0.28	0.12	0.13	0.19	0.08
5	0.06	0.14	0.04	0.12	0.28	0.08	0.08	0.19	0.05
6	0.12	0.08	0.08	0.24	0.16	0.16	0.16	0.11	0.11
7	0.06	0.08	0.02	0.12	0.16	0.04	0.08	0.11	0.03
8	0.02	0.06	0.02	0.04	0.12	0.04	0.03	0.08	0.03
9	0.10	0.12	0.00	0.20	0.24	0.00	0.13	0.16	0.00
10	0.08	0.10	0.02	0.16	0.20	0.04	0.11	0.13	0.03
เฉลี่ย	**0.07**	**0.09**	**0.05**	**0.15**	**0.17**	**0.10**	**0.09**	**0.11**	**0.07**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.2 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.05

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.12	0.08	0.10	0.24	0.16	0.20	0.16	0.11	0.13
2	0.10	0.12	0.04	0.20	0.24	0.08	0.13	0.16	0.05
3	0.06	0.10	0.04	0.12	0.20	0.08	0.08	0.13	0.05
4	0.08	0.10	0.02	0.16	0.20	0.04	0.11	0.13	0.03
5	0.10	0.16	0.08	0.20	0.32	0.16	0.13	0.21	0.11
6	0.02	0.14	0.10	0.04	0.28	0.20	0.03	0.19	0.13
7	0.10	0.08	0.06	0.20	0.16	0.12	0.13	0.11	0.08
8	0.06	0.04	0.06	0.12	0.08	0.12	0.08	0.05	0.08
9	0.08	0.10	0.02	0.16	0.20	0.04	0.11	0.13	0.03
10	0.04	0.12	0.08	0.08	0.24	0.16	0.05	0.16	0.11
เฉลี่ย	**0.08**	**0.10**	**0.06**	**0.15**	**0.21**	**0.12**	**0.10**	**0.14**	**0.08**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.2 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.1

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.10	0.10	0.08	0.20	0.20	0.16	0.13	0.13	0.11
2	0.12	0.12	0.10	0.24	0.24	0.20	0.16	0.16	0.13
3	0.06	0.08	0.12	0.12	0.16	0.24	0.08	0.11	0.16
4	0.08	0.14	0.00	0.16	0.28	0.00	0.11	0.19	0.00
5	0.02	0.10	0.04	0.04	0.20	0.08	0.03	0.13	0.05
6	0.04	0.06	0.04	0.08	0.12	0.08	0.05	0.08	0.05
7	0.06	0.12	0.06	0.12	0.24	0.12	0.08	0.16	0.08
8	0.08	0.14	0.10	0.16	0.28	0.20	0.11	0.19	0.13
9	0.02	0.08	0.06	0.04	0.16	0.12	0.03	0.11	0.08
10	0.06	0.06	0.08	0.12	0.12	0.16	0.08	0.08	0.11
เฉลี่ย	**0.06**	**0.10**	**0.07**	**0.13**	**0.20**	**0.14**	**0.09**	**0.13**	**0.09**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.2 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.15

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.08	0.06	0.02	0.16	0.12	0.04	0.11	0.08	0.03
2	0.02	0.14	0.10	0.04	0.28	0.20	0.03	0.19	0.13
3	0.02	0.10	0.02	0.04	0.20	0.04	0.00	0.13	0.00
4	0.10	0.04	0.06	0.20	0.08	0.12	0.13	0.05	0.08
5	0.08	0.12	0.06	0.16	0.24	0.12	0.11	0.16	0.08
6	0.06	0.08	0.08	0.12	0.16	0.16	0.08	0.11	0.11
7	0.10	0.04	0.10	0.20	0.08	0.20	0.13	0.05	0.13
8	0.06	0.10	0.04	0.12	0.20	0.08	0.08	0.13	0.05
9	0.04	0.02	0.04	0.08	0.04	0.08	0.05	0.03	0.05
10	0.10	0.04	0.06	0.20	0.08	0.12	0.13	0.05	0.08
เฉลี่ย	**0.07**	**0.07**	**0.06**	**0.13**	**0.15**	**0.12**	**0.09**	**0.10**	**0.08**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.1 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.05

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.06	0.16	0.08	0.12	0.32	0.16	0.08	0.21	0.11
2	0.08	0.10	0.10	0.16	0.20	0.20	0.11	0.13	0.13
3	0.02	0.12	0.04	0.04	0.24	0.08	0.03	0.16	0.05
4	0.08	0.12	0.08	0.16	0.24	0.16	0.11	0.16	0.11
5	0.12	0.12	0.12	0.24	0.24	0.24	0.16	0.16	0.16
6	0.04	0.12	0.04	0.08	0.24	0.08	0.05	0.16	0.05
7	0.08	0.14	0.06	0.16	0.28	0.12	0.11	0.19	0.08
8	0.02	0.10	0.04	0.04	0.20	0.08	0.03	0.13	0.05
9	0.10	0.06	0.10	0.20	0.12	0.20	0.13	0.08	0.13
10	0.10	0.14	0.04	0.20	0.28	0.08	0.13	0.19	0.05
เฉลี่ย	**0.07**	**0.12**	**0.07**	**0.14**	**0.24**	**0.14**	**0.09**	**0.16**	**0.09**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.1 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.1

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.06	0.10	0.08	0.12	0.20	0.16	0.08	0.13	0.11
2	0.04	0.06	0.12	0.08	0.12	0.24	0.05	0.08	0.16
3	0.10	0.06	0.06	0.20	0.12	0.12	0.13	0.08	0.08
4	0.02	0.14	0.06	0.04	0.28	0.12	0.03	0.19	0.08
5	0.02	0.12	0.04	0.04	0.24	0.08	0.03	0.16	0.05
6	0.04	0.08	0.02	0.08	0.16	0.04	0.05	0.11	0.03
7	0.02	0.08	0.02	0.04	0.16	0.04	0.03	0.11	0.03
8	0.06	0.12	0.00	0.12	0.24	0.00	0.08	0.16	0.00
9	0.04	0.12	0.06	0.08	0.24	0.12	0.05	0.16	0.08
10	0.10	0.08	0.08	0.20	0.16	0.16	0.13	0.11	0.11
เฉลี่ย	**0.05**	**0.10**	**0.05**	**0.10**	**0.19**	**0.11**	**0.07**	**0.13**	**0.07**

ตารางค่าความระลึก ค่าความเที่ยง และค่าเอฟ เมื่อค่าระเหยของฟีโรโมน = 0.1 และสัมประสิทธิ์การเพิ่มระดับความสัมพันธ์ด้วย 0.15

ครั้งที่	ค่าความระลึก			ค่าความเที่ยง			ค่าเอฟ		
	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR	ACS	NFO	WMR
1	0.04	0.08	0.08	0.08	0.16	0.11	0.05	0.16	0.11
2	0.04	0.02	0.06	0.08	0.04	0.03	0.05	0.12	0.08
3	0.06	0.02	0.08	0.12	0.04	0.03	0.00	0.16	0.00
4	0.04	0.10	0.02	0.08	0.20	0.13	0.05	0.04	0.03
5	0.08	0.06	0.10	0.16	0.12	0.08	0.11	0.20	0.13
6	0.02	0.08	0.00	0.04	0.16	0.11	0.03	0.00	0.00
7	0.08	0.12	0.02	0.16	0.24	0.16	0.11	0.04	0.03
8	0.00	0.12	0.06	0.00	0.24	0.16	0.00	0.12	0.08
9	0.10	0.10	0.06	0.20	0.20	0.13	0.13	0.12	0.08
10	0.10	0.12	0.02	0.20	0.24	0.16	0.13	0.04	0.03
เฉลี่ย	**0.06**	**0.08**	**0.05**	**0.11**	**0.16**	**0.11**	**0.07**	**0.10**	**0.07**

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวณัฐกานต์ ศรีสุเทพ เกิดเมื่อวันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดอุทัยธานี สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ จากภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2550 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ที่ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553