

ระบบผู้แนะนำจากความไว้วางใจ

Trust based Recommender System

ธนพล พุกเส่ง* และสุนันทา สดสี

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนาครเหนือ

ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Thanaphon Phukseng* and Sunantha Sodsee

Faculty of Information Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok,

Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการนำความไว้วางใจมาใช้ในการสร้างการแนะนำสินค้า เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานได้รับการแนะนำสินค้าที่เหมาะสมต่อความต้องการ ซึ่งประกอบด้วยความไว้วางใจ 2 ลักษณะ คือ (1) ความไว้วางใจโดยตรง โดยพิจารณาจากเครือข่ายสังคม ซึ่งได้คำนึงถึงความคล้ายคลึงระหว่างผู้ใช้งานในเครือข่ายสังคม และ (2) ความไว้วางใจโดยนัย โดยพิจารณาจากความถูกต้องในการทำนาย สำหรับการประเมินประสิทธิภาพงานวิจัยนั้น ได้ใช้ชุดข้อมูล FilmTrust ซึ่งประกอบด้วยไฟล์คะแนนภาพยนตร์และข้อมูลเครือข่ายผู้ใช้งานในการทดลองวัดประสิทธิภาพด้านความถูกต้องและความผิดพลาดในการทำนาย ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการนำความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมมาใช้ร่วมกับความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนาย จะทำให้ค่าความระลึก (recall) มีค่าสูงสุดถึง 0.93 โดยที่ค่าความถูกต้อง (accuracy) ยังคงมีค่ามากกว่าร้อยละ 89 และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute error) มีค่าน้อยกว่า 0.11

คำสำคัญ : ระบบผู้แนะนำ; ความไว้วางใจ; เครือข่ายสังคม; ความคล้ายคลึง; ความถูกต้องในการทำนาย

Abstract

This research paper presents an applying trust consideration in item recommendations, which is aiming to suggest the optimal items to users. Herein, the trust is considered from (1) similarity among users within the social network and (2) accuracy of item predictions. To evaluate the proposed work, the FilmTrust Dataset is used to test the work. The dataset, here, contains a movie rating and connection of users. As well as, accuracy and error of item prediction are used to present the efficiency of work. For the simulation results, the proposed work presented 0.93 of recall, greater 89 % of accuracy and mean absolute error with 0.11, approximately.

Keywords: recommender system; trust; social network; similarity; prediction accuracy

1. บทนำ

เทคโนโลยีสารสนเทศที่พัฒนาในปัจจุบันทำให้คนสามารถเข้าถึงสื่อต่าง ๆ ได้เป็นจำนวนมาก เป็นโอกาสที่ทำให้มีผู้นำเสนอสินค้าและบริการต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก จนทำให้มีปริมาณของข้อมูลสินค้าและบริการมากเกินไปที่ผู้ใช้งานจะสามารถตัดสินใจเลือกได้ ที่เรียกว่า information overload [1] ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อปริมาณของข้อมูลสินค้าในการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เป็นการยากที่จะนำเสนอสินค้าที่มีความเหมาะสมต่อความต้องการของผู้ใช้งานที่แท้จริง ดังนั้นจึงทำให้มีการพัฒนาระบบผู้แนะนำขึ้น [2] ซึ่งช่วยสนับสนุนให้ผู้ใช้งานสามารถระบุสินค้าที่เหมาะสมต่อความต้องการหรือพึงพอใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับระบบผู้แนะนำนั้นมีหลายเทคนิคด้วยกัน สามารถแบ่งเป็นเทคนิคหลัก 3 ประเภท [3] ได้แก่ เทคนิคการคัดกรองแบบร่วมมือ (collaborative filtering) เทคนิคการพิจารณาจากเนื้อหา (content based) และเทคนิคผสมผสาน (hybrid) โดยเฉพาะเทคนิคการคัดกรองแบบร่วมมือที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ในการสร้างการแนะนำเป็นอย่างมาก แต่ทั้งนี้ระบบผู้แนะนำเองก็ยังมีข้อจำกัด เช่น ความเบาบางของข้อมูล และการมีผู้ใช้งานหรือสินค้าใหม่เข้าในระบบ รวมถึงความต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพการแนะนำให้ดียิ่งขึ้น [4] ดังนั้นจึงได้มีการนำวิธีการหรือแนวทางต่าง ๆ มาผสมผสานเพื่อจัดการปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบแนะนำ ซึ่งหนึ่งในแนวทางที่ได้รับความนิยมคือ ความไว้วางใจ โดยเป็นการพิจารณาถึงความเชื่อ ความมั่นใจที่บุคคลมีต่อกัน สำหรับความไว้วางใจที่ใช้กับระบบผู้แนะนำนั้นสามารถแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ (1) ความไว้วางใจโดยตรง หมายถึง ความไว้วางใจที่ผู้ใช้งานมีให้ระหว่างกันโดยตรง เช่น ความไว้วางใจของผู้ใช้งานที่เชื่อมโยงเป็นเครือข่ายสังคม ซึ่งโดยส่วนใหญ่ไม่ได้ให้ความสำคัญกับ

ความคล้ายคลึงระหว่างผู้ใช้งานซึ่งอาจส่งผลต่อความไว้วางใจที่มีต่อกัน และ (2) ความไว้วางใจโดยนัย หมายถึง ความไว้วางใจที่พิจารณาจากปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ เช่น พฤติกรรม คุณลักษณะ ความชื่นชอบของแต่ละบุคคล นอกจากนั้นยังสามารถพิจารณาจากความถูกต้องในการทำนายได้อีกด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการนำความไว้วางใจมาใช้ในการสร้างการแนะนำ โดยแบ่งเป็นความไว้วางใจโดยตรงจากเครือข่ายสังคม และความไว้วางใจโดยนัยจากความถูกต้องในการทำนาย เพื่อสนับสนุนให้การแนะนำมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

สำหรับโครงสร้างของบทความวิจัยนี้ ประกอบด้วยส่วนที่สองงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่สามกระบวนการวิจัย ส่วนที่สี่ ตัวอย่างการคำนวณค่าความไว้วางใจ ส่วนที่ห้า การทดลอง และส่วนสุดท้ายเป็นการสรุป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยระบบผู้แนะนำจากความไว้วางใจนั้นจำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับเรื่องระบบผู้แนะนำและความไว้วางใจ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ระบบผู้แนะนำ หมายถึง ระบบที่ให้ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้าหรือบริการแก่ผู้ใช้งาน [5] โดยทั่วไปแล้วนิยมแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ เทคนิคการพิจารณาจากเนื้อหา (content based) เทคนิคการคัดกรองแบบร่วมมือ (collaborative filtering) และ เทคนิคผสมผสาน (hybrid) โดยในประเภทแรกเทคนิคการพิจารณาจากเนื้อหาเป็นการพิจารณาในเชิงเนื้อหา ตลอดจนคุณลักษณะของผู้ใช้งาน หรือสินค้า เช่น การวิจัยเพื่อการแนะนำข่าวสารจากพฤติกรรมของผู้ใช้งาน หรือการแนะนำเพลง ภาพยนตร์จากประวัติของผู้ใช้งานแต่ละคน [6] ประเภทที่สอง เทคนิคการคัดกรองแบบ

ร่วมมือเป็นการพิจารณาความคล้ายคลึงกันของผู้ใช้งานเป้าหมายกับผู้ใช้งานอื่นจากการให้คะแนนสินค้า โดยสามารถแบ่งเป็น user based และ items based [3] โดย user based จะให้ความสนใจผู้ใช้งานที่มีความชื่นชอบสินค้าที่คล้ายคลึงกัน ส่วน items based จะให้ความสนใจความคล้ายคลึงของสินค้าจากความชื่นชอบของผู้ใช้งาน ซึ่งทั้ง 2 รูปแบบ จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลการให้คะแนนสินค้าเป็นพื้นฐาน และประเภทที่สาม เทคนิคผสมผสาน [7] เป็นการผสมผสานเทคนิคของการแนะนำต่าง ๆ เช่น เทคนิคการพิจารณาจากเนื้อหา ร่วมกับเทคนิคการคัดกรองแบบร่วมมือ ซึ่งผลการแนะนำที่ได้นั้นจะแตกต่างจากเดิม และสำหรับระบบผู้แนะนำนั้นได้มีความพยายามในการปรับปรุงประสิทธิภาพ เช่น ความถูกต้องในการแนะนำ โดยได้มีการนำวิธีการหรือเทคนิคต่าง ๆ มาผสมผสาน ซึ่งความไว้วางใจก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ได้รับความสะดวกในการนำมาพัฒนาระบบผู้แนะนำ

2.2 ความไว้วางใจ หมายถึง ความเชื่อใจที่มีต่อบุคคลหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นความคาดหวังในเชิงบวกต่อสิ่งนั้น [8] โดยที่ความไว้วางใจได้รับความสนใจในการนำไปใช้ในหลายศาสตร์ทั้งทางวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ [9] รวมถึงการนำมาใช้ในการปรับปรุงความถูกต้องในการพัฒนาระบบผู้แนะนำ [10] สำหรับระบบผู้แนะนำนั้นได้นำความไว้วางใจมาใช้ 2 ลักษณะ คือ (1) ความไว้วางใจโดยตรง (explicit trust) และ (2) ความไว้วางใจโดยนัย (implicit trust) สำหรับความไว้วางใจโดยตรงหมายถึงความไว้วางใจที่สามารถพิจารณาได้โดยตรง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าจัดอยู่ในรูปแบบของการเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้งานในเครือข่ายสังคม [9] โดยในรูปแบบดังกล่าวสามารถใช้ทฤษฎีกราฟในการนำเสนอได้ ซึ่งผู้ที่มีการเชื่อมโยงโดยตรงจะมีความไว้วางใจต่อกันโดยตรง ในขณะที่ยกกันสมบัติการกระจายความไว้วางใจ (propagation) [9] จะทำ

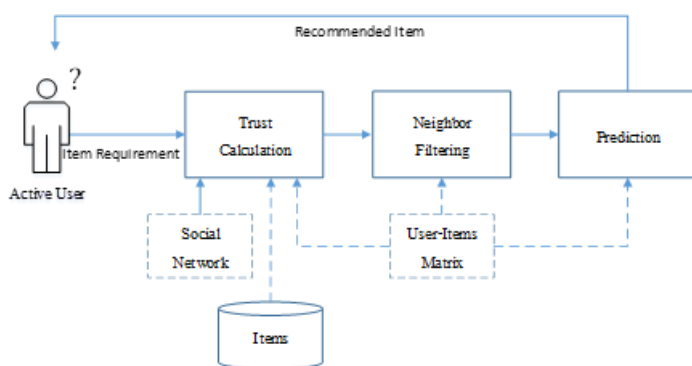
ให้เกิดการกระจายความไว้วางใจระหว่างผู้ใช้งานในเครือข่ายสังคมได้ สำหรับงานวิจัยที่ได้ใช้แนวทางดังกล่าว เช่น Golbeck [11] นำเสนอ TidalTrust เป็นการให้ค่าความไว้วางใจที่มาจากระยะที่สั้นที่สุดระหว่างผู้ใช้งานในเครือข่าย Massa และ Avesani [12] นำเสนอ MoleTrust คล้ายกับ TidalTrust แต่จะพิจารณาเฉพาะภายในระยะใกล้สุดที่กำหนดและความไว้วางใจของผู้ใช้งานที่อยู่ในระยะที่กำหนด Jamili และ Ester [13] นำเสนอ TrustWalker เป็นการเดินแบบสุ่มในเครือข่าย (random walk) โดยผสมผสานแนวทางความไว้วางใจรวมกับการให้คะแนนสินค้า Chen และ Fong [14] นำเสนอการนำความไว้วางใจจากความสัมพันธ์และความไว้วางใจจากชื่อเสียงเพื่อสร้างการแนะนำ Agarwal และ Bharadwaj [15] นำเสนอการแนะนำเพื่อนในเครือข่ายสังคม โดยได้คำนวณค่าความไว้วางใจและกระจายความไว้วางใจในเครือข่าย Xin และคณะ [16] นำเสนอ dynamic trust ที่เป็นการคำนวณค่าความไว้วางใจทั้งโดยตรงและโดยนัยจากเครือข่ายสังคม Guo และคณะ [1] นำเสนอเทคนิค merge เป็นการหาค่าคะแนนต่อสินค้าที่มาจากความไว้วางใจ โดยพิจารณาจากค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากบุคคลที่ผู้ใช้งานเป้าหมายไว้วางใจ เพื่อสร้างการแนะนำ Deng และคณะ [17] นำเสนอ relevant trust walk เป็นการปรับปรุงการเดินแบบสุ่มในเครือข่ายโดยใช้ความสัมพันธ์ของความไว้วางใจในเครือข่าย ซึ่งจากศึกษางานวิจัยจะเห็นได้ว่าความไว้วางใจโดยตรงนั้นมิได้พิจารณาถึงความคล้ายคลึงกันระหว่างผู้ใช้งานในเครือข่ายสังคม ซึ่งน่าจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการกระจายความไว้วางใจในเครือข่ายสังคม นอกจากนั้นความไว้วางใจโดยตรงมีข้อจำกัด คือ การเชื่อมโยงในเครือข่ายจะเพิ่มขึ้นได้จากผู้ใช้งานเท่านั้น และในกรณีที่มีผู้ใช้งานรายใหม่ก็จะต้องมีการสร้างการเชื่อมโยงในเครือข่ายก่อน [4,5] ระบบผู้แนะนำจึงจะสามารถ

ทำงานได้ ซึ่งจากข้อจำกัดดังกล่าวจึงได้มีการนำเสนอแนวทางความไว้วางใจโดยนัยขึ้น โดยใช้ปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ เพื่อกำหนดความไว้วางใจระหว่างบุคคล สำหรับงานวิจัยที่ได้ใช้แนวทางดังกล่าวเช่น O'Donovan และ Smyth [18] นำเสนอการนำข้อมูลของผู้ใช้งานที่นำเชื่อถือในอดีตมาเป็นปัจจัยในการสร้างการแนะนำ Hwong และ Chen [19] นำเสนอการให้ค่าความไว้วางใจจากข้อมูลการให้คะแนนของผู้ใช้งาน Yuan และคณะ [20] นำเสนอความไว้วางใจบนพื้นฐานแบบ Small-World ที่เป็นเครือข่ายความไว้วางใจซึ่งสร้างจากความคล้ายคลึงของผู้ใช้งาน Shambour และ Lu [5] นำเสนอ MC-TeCF เป็นการแนะนำจากหลายปัจจัย ซึ่งได้ใช้ความไว้วางใจจากการคำนวณและกระจายความไว้วางใจ Liu และคณะ [21] นำเสนอการแนะนำบทความจากลำดับความไว้วางใจ โดยพิจารณาความไว้วางใจจากลำดับการให้คะแนนต่อบทความ ทั้งในเชิงของเวลาการให้คะแนนและความคล้ายคลึงของบทความ Shambour และ Lu [4] นำเสนอการนำข้อมูลเชิงความหมาย (semantic) มาใช้ร่วมกับความไว้วางใจเพื่อสร้างการแนะนำ Li และคณะ [2] นำเสนอการผสมผสานความคล้ายคลึง ความไว้วางใจและความสัมพันธ์เพื่อสร้างการแนะนำ โดยความ

ไว้วางใจนั้นพิจารณาจากความถูกต้องของการแนะนำในอดีต Lai และคณะ [22] นำเสนอการผสมผสานความไว้วางใจส่วนบุคคลและกลุ่ม เพื่อการแนะนำบทความ Fang และคณะ [10] นำเสนอการทำนายค่าความไว้วางใจและความไม่ไว้วางใจโดยอาศัยปัจจัยต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกบุคคล Shambour และ Lu [23] นำเสนอการแนะนำสินค้า โดยอาศัยความไว้วางใจจากผู้ใช้งานและความไว้วางใจจากสินค้า ซึ่งจากศึกษาวิจัยจะเห็นได้ว่าการให้คะแนนสินค้าของผู้ใช้งานจะเป็นส่วนสำคัญในการสร้างความไว้วางใจ โดยนัยและนอกจากนั้นการพิจารณาความถูกต้องหรือความผิดพลาดของการแนะนำในอดีตก็เป็นหนึ่งวิธีการที่น่าสนใจของความไว้วางใจโดยนัยเพื่อสร้างการแนะนำสินค้า

3. กระบวนการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการนำความไว้วางใจมาใช้ในการสร้างการแนะนำสินค้า โดยได้คำนวณค่าความไว้วางใจจาก 2 ลักษณะ คือ ความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมและความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนาย สำหรับภาพรวมของกระบวนการในการสร้างการแนะนำสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพรวมกระบวนการสร้างการแนะนำจากความไว้วางใจ

รูปที่ 1 ประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก ได้แก่ (1) การคำนวณค่าความไว้วางใจระหว่างผู้ใช้งาน

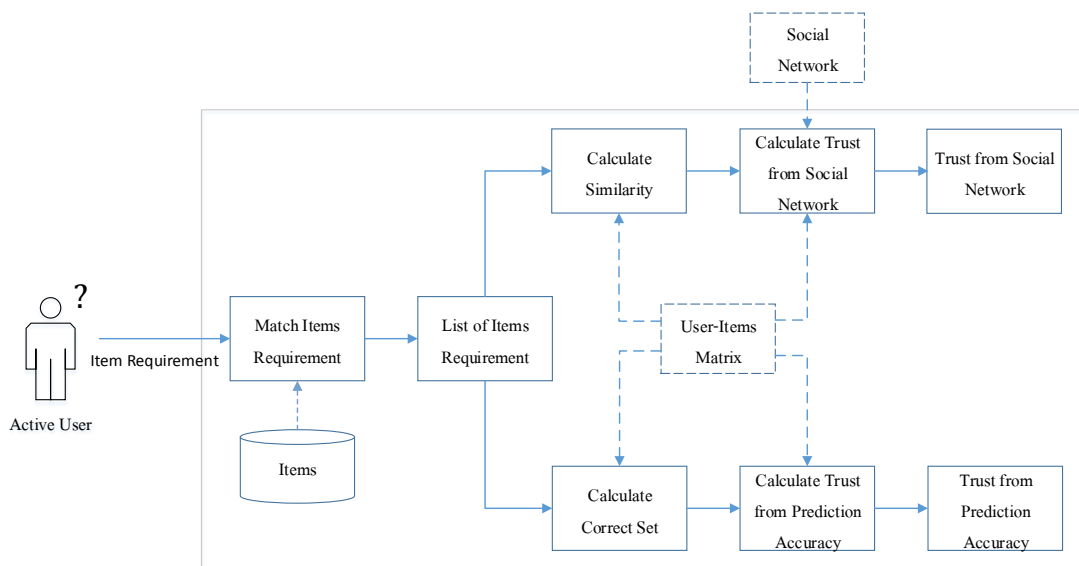
(trust calculation) โดยแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมและความถูกต้องในการทำ

ทำนาย (2) การคัดกรองประชากร (neighbor filtering) เป็นการจัดเรียงและคัดกรองประชากรเพื่อใช้สร้างการแนะนำ และ (3) การทำนายการแนะนำ (prediction) เป็นการสร้างการแนะนำสินค้าให้กับผู้ใช้งาน ส่วนข้อมูลที่ต้องใช้ในกระบวนการนี้ประกอบด้วย (1) ข้อมูลเครือข่ายสังคม (social network) หมายถึง ข้อมูลการเชื่อมโยงเครือข่ายสังคมของผู้ใช้งานในระบบ (2) ข้อมูลการให้คะแนนสินค้า (user-items matrix) หมายถึง ข้อมูลการให้คะแนนสินค้าของผู้ใช้งานแต่ละคนต่อสินค้าในระบบ และ (3)

ข้อมูลสินค้า (items) หมายถึง ข้อมูลสินค้าที่มีในระบบสำหรับรายละเอียดในแต่ละกระบวนการมีดังต่อไปนี้

3.1 การคำนวณค่าความไว้วางใจ (trust calculation)

ในกระบวนการนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การพิจารณาความต้องการสินค้าของผู้ใช้งาน การคำนวณค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคม และการคำนวณค่าความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนาย สำหรับภาพรวมของกระบวนการนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการคำนวณค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมและความถูกต้องในการทำนาย

3.1.1 การพิจารณาความต้องการสินค้าของผู้ใช้งาน (match items requirement) เป็นขั้นตอนเริ่มต้นของกระบวนการโดยเป็นการพิจารณารายการสินค้าที่มีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานเป้าหมายจากข้อมูลสินค้า ซึ่งจะทำให้ได้รายการของสินค้าที่จะนำไปสู่กระบวนการทำนายการแนะนำสินค้าต่อผู้ใช้งาน เช่น ถ้าหากผู้ใช้งานเป้าหมายระบุความต้องการโทรทัศน์ LED digital TV ระบบก็จะ

นำเสนอรายการสินค้าที่มีลักษณะสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานเป้าหมาย ต่อจากนั้นจะเป็นกระบวนการคำนวณค่าความไว้วางใจระหว่างผู้ใช้งานเป้าหมายกับผู้ใช้งานอื่นในระบบ โดยได้นำเสนอการคำนวณค่าความไว้วางใจ จาก 2 ลักษณะ ในลำดับถัดไป

3.1.2 ความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคม (trust from social network) เป็นการพิจารณาการ

เชื่อมโยงเครือข่ายสังคมระหว่างผู้ใช้งานในระบบ ซึ่งการเชื่อมโยงนั้นจำเป็นที่จะต้องอาศัยความไว้วางใจต่อกันจึงเกิดการเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้งานขึ้นได้ โดยความไว้วางใจที่เกิดขึ้นนั้นจัดเป็นความไว้วางใจโดยตรง (explicit trust) ที่ผู้ใช้งานมีให้ต่อกัน สำหรับสิ่งที่น่าสนใจของการเชื่อมโยงความไว้วางใจเป็นเครือข่ายนั้น คือ การกระจายความไว้วางใจในเครือข่าย ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่มีการกระจายความไว้วางใจในเครือข่าย เช่น TidalTrust [11] และ MoleTrust [12] พบว่าวิธีการดังกล่าวไม่ได้สนใจความคล้ายคลึงกันระหว่างผู้ใช้งาน ซึ่งจะมีส่วนสำคัญในการกระจายความไว้วางใจในเครือข่ายสังคม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอวิธีการคำนวณค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมที่ใช้ความคล้ายคลึงกันระหว่างผู้ใช้งาน โดยพิจารณาตัวอย่างการเชื่อมโยงผู้ใช้งานในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตัวอย่างการเชื่อมโยงผู้ใช้งาน

$$\text{Cosine Similarity}(U_1, U_2) = \frac{\sum_{i=1}^N R_{U_1(i)} R_{U_2(i)}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (R_{U_1(i)})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (R_{U_2(i)})^2}}$$

เมื่อ $\text{Cosine Similarity}(U_1, U_2)$ หมายถึง ค่าความคล้ายคลึงระหว่างผู้ใช้งาน U_1 กับผู้ใช้งาน U_2 สำหรับ $R_{U_1(i)}$ และ $R_{U_2(i)}$ หมายถึง ค่าคะแนนของผู้ใช้งาน U_1 กับผู้ใช้งาน U_2 ที่ได้ให้ไว้ในสินค้า i ซึ่ง $i = \{1, \dots, N\}$ โดยที่ N หมายถึง จำนวนสินค้าทั้งหมด

สำหรับเหตุผลที่เลือกใช้วิธีการ cosine similarity เนื่องจากต้องการพิจารณาถึงความสัมพันธ์

$$\text{Trust}_{SN}(U_k, U_{(k+j)}) = \frac{\sum_{j=1}^{d_{th}} (\text{Cosine Similarity}(U_{(j-1)}, U_{(j)}) \times \text{Trust}(U_{(j)}, U_{(k+j)}))}{d_{th}} \times \frac{\lambda - d_{th} + 1}{\lambda}$$

เมื่อ $\text{Trust}_{SN}(U_k, U_{(k+j)})$ หมายถึง ค่าความไว้วางใจระหว่างผู้ใช้งานเป้าหมาย U_k และผู้ใช้งาน $U_{(k+j)}$

รูปที่ 3 เป็นตัวอย่างการเชื่อมโยงผู้ใช้งาน U_1 ไปยังผู้ใช้งาน U_2 และผู้ใช้งาน U_2 ไปยังผู้ใช้งาน U_3 ซึ่งแทนการเชื่อมโยงเป็นความไว้วางใจที่มีต่อกัน โดยที่ผู้ใช้งาน U_1 มีความไว้วางใจโดยตรงต่อผู้ใช้งาน U_2 และผู้ใช้งาน U_2 มีความไว้วางใจโดยตรงต่อผู้ใช้งาน U_3 ซึ่งให้ค่าความไว้วางใจโดยตรงดังกล่าวมีค่าเป็น 1 และจากการเชื่อมโยงนั้นจะมีคุณสมบัติการกระจายความไว้วางใจ โดยผู้ใช้งาน U_1 จะมีความไว้วางใจต่อผู้ใช้งาน U_3 โดยผ่านทางผู้ใช้งาน U_2 ซึ่งงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับความคล้ายคลึงกันระหว่างผู้ใช้งานที่ไม่ได้เชื่อมโยงกันโดยตรง ดังนั้นในการพิจารณาค่าความไว้วางใจระหว่างผู้ใช้งาน U_1 กับผู้ใช้งาน U_3 ซึ่งผู้ใช้งาน U_2 มีความไว้วางใจโดยตรงต่อผู้ใช้งาน U_3 จึงต้องพิจารณาว่าระหว่างผู้ใช้งาน U_1 กับผู้ใช้งาน U_2 นั้นมีความคล้ายคลึงกันเพียงใด

ดังนั้นในขั้นแรกจึงได้คำนวณค่าความคล้ายคลึงระหว่างผู้ใช้งาน โดยได้ใช้วิธีการ cosine similarity กับข้อมูลการให้คะแนนสินค้า ดังสมการต่อไปนี้

ระหว่างผู้ใช้งาน และต้องการให้ค่าความคล้ายคลึงมีค่าเป็นบวก อยู่ในช่วง $[0,1]$ ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการคำนวณค่าความไว้วางใจ

หลังจากนั้น ในขั้นต่อไปก็จะเป็นการคำนวณค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคม โดยได้นำเสนอสมการ ดังนี้

จากการกระจายความไว้วางใจด้วยการคำนวณค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคม โดยที่ Trust_{SN}

$(U_k, U_{(k+j)}) \in [0,1]$ และถ้าหากมีหลายค่าจะเลือกค่าที่สูงที่สุด ส่วน $\text{Cosine Similarity}(U_{(j-1)}, U_{(j)})$ หมายถึง ความคล้ายคลึงกันของผู้ใช้งาน $U_{(j-1)}$ กับผู้ใช้งาน $U_{(j)}$ ด้วยวิธี Cosine Similarity ซึ่งสำหรับกรณีเริ่มต้น $\text{Cosine Similarity}(U_{(k-1)}, U_{(k)})$ จะมีค่าเป็น 1 $\text{Trust}(U_{(j)}, U_{(k+j)})$ หมายถึง ค่าความไว้วางใจโดยตรงระหว่างผู้ใช้งาน $U_{(j)}$ และผู้ใช้งาน $U_{(k+j)}$ โดยที่ $\text{Trust}(U_{(j)}, U_{(k+j)}) \in (0,1]$ ซึ่ง $j = \{1, \dots, d_{th}\}$ โดยที่ d_{th} หมายถึง ระยะการเดินในเครือข่ายจากผู้ใช้งานเป้าหมาย U_k ถึงผู้ใช้งาน $U_{(k+j)}$ ซึ่ง $d_{th} = \{1, \dots, \lambda\}$ และ λ หมายถึง ระยะทางสุดท้ายในการเดินในเครือข่ายซึ่งเป็นระยะทางที่ไกลที่สุด

ดังนั้นในกระบวนการนี้จะทำให้ได้ค่าความไว้วางใจของผู้ใช้งานเป้าหมายกับผู้ใช้งานอื่นในระบบจากเครือข่ายสังคม แต่ทั้งนี้ค่าความไว้วางใจที่ได้นั้นจะมาจากการเชื่อมโยงเครือข่ายของผู้ใช้งาน ถ้าหากในเครือข่ายมีปริมาณผู้ใช้งานน้อยก็จะส่งผลให้การคำนวณค่าความไว้วางใจระหว่างผู้ใช้งานที่มีปริมาณ

น้อยตามไปด้วย ซึ่งอาจกระทบต่อจำนวนประชากรที่ใช้ในการสร้างการแนะนำ ดังนั้นจึงได้นำเสนอการคำนวณค่าความไว้วางใจอีกวิธีการหนึ่ง คือ ความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนาย ซึ่งจะกล่าวถึงในลำดับถัดไป

3.1.3 ความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนาย (trust from prediction accuracy) เป็นความไว้วางใจโดยนัย (implicit trust) ซึ่งค่าความไว้วางใจระหว่างผู้ใช้งานเป้าหมายกับผู้ใช้งานอื่นในระบบจะพิจารณาจากความถูกต้องในการทำนายการให้คะแนนสินค้า ซึ่งได้แนวคิดจากงานวิจัย [2] โดยอาศัยข้อมูลการให้คะแนนสินค้าของแต่ละผู้ใช้งาน

สำหรับในขั้นแรกจะเป็นการคำนวณหาค่าความถูกต้องในการทำนาย โดยสมมติผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 และผู้ใช้งาน U_2 ซึ่งกระบวนการจะเริ่มจากพิจารณาจำนวนสินค้าทั้งหมดที่ทั้งผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 และผู้ใช้งาน U_2 ได้ให้คะแนนด้วยกัน โดยแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{RecordSet}(U_1, U_2) = \sum_{i=1}^N (\text{Count}_{U_1(i)}) (\text{Count}_{U_2(i)})$$

เมื่อ $\text{RecordSet}(U_1, U_2)$ หมายถึง จำนวนสินค้าทั้งหมดที่มีการให้คะแนนโดยผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 และผู้ใช้งาน U_2 โดยที่ $\text{Count}_{U_1(i)} = 1$ เมื่อ $R_{U_1(i)} > 0$ และ $\text{Count}_{U_2(i)} = 1$ เมื่อ $R_{U_2(i)} > 0$ สำหรับ $R_{U_1(i)}$ และ $R_{U_2(i)}$ หมายถึง คะแนนที่ให้กับสินค้า i โดยผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 และผู้ใช้งาน U_2 ตามลำดับ

ซึ่งถ้าหาก $\text{RecordSet}(U_1, U_2) \neq 0$ แล้ว จะช้อนค่าคะแนนของผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 ที่ละรายการและทำนายค่าคะแนนที่ช้อนไว้ โดยใช้สมการ [4]

$$P_{U_1(i)} = \overline{R_{U_1}} + (R_{U_2(i)} - \overline{R_{U_2}})$$

เมื่อ $P_{U_1(i)}$ หมายถึง ค่าการทำนายคะแนนของสินค้า i ของผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 ซึ่งถ้าหาก $P_{U_1(i)} < 1$ แล้วให้ $P_{U_1(i)} = 1$ และถ้า $P_{U_1(i)} > 5$ แล้วให้ $P_{U_1(i)} = 5$ ดังนั้น $P_{U_1(i)} \in \{1, \dots, 5\}$ และสำหรับ $\overline{R_{U_1}}$ และ $\overline{R_{U_2}}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยการให้คะแนนของผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 และผู้ใช้งาน U_2 ตามลำดับ

หลังจากนั้นจะพิจารณาหาค่าความถูกต้องในการทำนาย โดยใช้สมการดังนี้

$$\text{CorrectSet}(U_1, U_2) = \sum_{i=1}^N x_{(i)}$$

เมื่อ $\text{CorrectSet}(U_1, U_2)$ หมายถึง ค่าความถูกต้องในการทำนายของผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 จากผู้ใช้งาน U_2

สำหรับ $x_{(i)}$ หมายถึง ผลการพิจารณา
ค่าการทำนายคะแนนสินค้ากับค่าคะแนนจริง โดยถ้า
 $|P_{U_1(i)} - R_{U_1(i)}| \leq \varepsilon$ แล้ว $x_{(i)} = 1$ หรือ ถ้า
 $|P_{U_1(i)} - R_{U_1(i)}| > \varepsilon$ แล้ว $x_{(i)} = 0$ ซึ่ง ε หมายถึง
ค่าเธรชโฮลด์ความผิดพลาดของการทำนาย

หลังจากนั้น เป็นขั้นตอนในการคำนวณ

$$Jaccard(U_1, U_2) = \frac{RecordSet(U_1, U_2)}{Item_{U_1} + Item_{U_2} + RecordSet(U_1, U_2)}$$

เมื่อ $Jaccard(U_1, U_2)$ หมายถึง สัดส่วนของจำนวน
สินค้าที่ทั้งผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 และผู้ใช้งาน U_2 ได้ให้
คะแนนต่อการให้คะแนนทั้งหมดโดยผู้ใช้งานเป้าหมาย
 U_1 และผู้ใช้งาน U_2 โดยที่ $Item_{U_1}$ หมายถึง จำนวน
สินค้าที่ได้ให้คะแนนเฉพาะผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 แต่

ค่าความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนาย โดยที่
งานวิจัยนี้ได้ให้ความสำคัญกับสัดส่วนการให้คะแนน
สินค้ารายการเดียวกันของผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 และ
ผู้ใช้งาน U_2 ต่อสินค้าทั้งหมดที่ผู้ใช้งานทั้งสองได้ให้
คะแนน โดยสามารถแสดงเป็นสมการ [24] ได้ดังนี้

ไม่มีผู้ใช้งาน U_2 และ $Item_{U_2}$ หมายถึง จำนวนสินค้า
ที่ได้ให้คะแนนเฉพาะผู้ใช้งาน U_2 แต่ไม่มีผู้ใช้งาน
เป้าหมาย U_1

ดังนั้นสมการคำนวณค่าความไว้วางใจ
จากความถูกต้องในการทำนายสามารถแสดงได้ดังนี้

$$Trust_{PA}(U_1, U_2) = \frac{CorrectSet(U_1, U_2)}{RecordSet(U_1, U_2)} \times Jaccard(U_1, U_2)$$

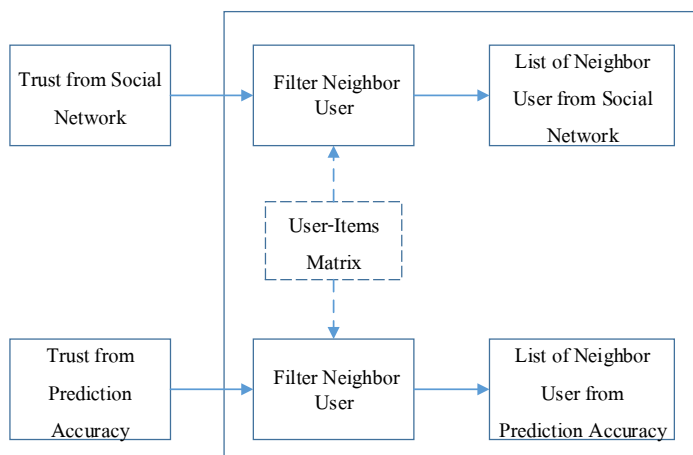
โดยที่ $Trust_{PA}(U_1, U_2)$ หมายถึง ค่าความไว้วางใจ
ระหว่างผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 และผู้ใช้งาน U_2 ด้วย
วิธีการคำนวณค่าความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำ
นาย ซึ่ง $Trust_{PA}(U_1, U_2) \in [0,1]$ ดังนั้นใน
กระบวนการนี้จะทำให้ได้ค่าความไว้วางใจของผู้ใช้งาน
จากความถูกต้องในการทำนาย

หลังจากที่ได้ค่าความไว้วางใจจากทั้ง 2
วิธีการแล้ว จะเข้าสู่กระบวนการคัดกรองประชากรเพื่อ
สร้างการทำนาย

3.2 การคัดกรองประชากร (neighbor fil-

tering)

ในกระบวนการนี้จะจัดเรียงลำดับผู้ใช้งาน
ตามค่าความไว้วางใจจากมากไปน้อยโดยแยกตามแต่ละ
วิธีการ จากนั้นจึงใช้ TOP-N method ในการเลือก
ผู้ใช้งานตามลำดับความไว้วางใจ เพื่อใช้ในการ
สร้างการแนะนำ โดยแสดงได้ดังรูปที่ 4 ซึ่งจาก
กระบวนการนี้จะทำให้ได้รายการของผู้ใช้งานที่
ไว้วางใจทั้งจากเครือข่ายสังคมและความถูกต้องใน
การทำนายเพื่อนำไปสู่การทำนายการแนะนำใน
กระบวนการสุดท้าย



รูปที่ 4 กระบวนการคัดกรอง
ประชากรที่ใช้ในการสร้าง
การแนะนำ

3.3 การทำนายการแนะนำ (prediction)

กระบวนการนี้เป็นการทำนายการให้คะแนนสินค้าของผู้ใช้งานเป้าหมายต่อสินค้าเป้าหมาย โดยอาศัยการให้คะแนนสินค้าของผู้ใช้งานร่วมกับค่า

ความไว้วางใจระหว่างผู้ใช้งาน ซึ่งค่าความไว้วางใจที่ได้มาจาก 2 ลักษณะ ดังนั้นการทำนายคะแนนสินค้าจึงได้แยกการคำนวณตามแต่ละลักษณะ โดยสามารถแสดงสมการได้ดังนี้

$$P_{Trust_{SN}}(U_1, i) = \overline{R_{U_1}} + \frac{\sum_{h=1}^M (Trust_{SN}(U_1, U_2(h)) \times (R_{U_2(i(h))} - \overline{R_{U_2(h)}}))}{\sum_{h=1}^M (Trust_{SN}(U_1, U_2(h)))}$$

$$P_{Trust_{PA}}(U_1, i) = \overline{R_{U_1}} + \frac{\sum_{h=1}^M (Trust_{PA}(U_1, U_2(h)) \times (R_{U_2(i(h))} - \overline{R_{U_2(h)}}))}{\sum_{h=1}^M (Trust_{PA}(U_1, U_2(h)))}$$

เมื่อ U_1 หมายถึง ผู้ใช้งานเป้าหมาย U_2 หมายถึง ผู้ใช้งานอื่นในระบบ $R_{U_2(i(h))}$ หมายถึง ค่าคะแนนของผู้ใช้งาน U_2 ที่ให้กับสินค้า $i(h)$ $Trust_{SN}(U_1, U_2(h))$ หมายถึง ค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมระหว่างผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 และผู้ใช้งาน $U_2(h)$ $Trust_{PA}(U_1, U_2(h))$ หมายถึง ค่าความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนายระหว่างผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 และผู้ใช้งาน $U_2(h)$ $\overline{R_{U_1(h)}}$ และ $\overline{R_{U_2(h)}}$ หมายถึง แทนค่าเฉลี่ยการให้คะแนนสินค้าของผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 และผู้ใช้งาน $U_2(h)$ ตามลำดับ ซึ่ง $h \in \{1, \dots, M\}$ โดยที่ M หมายถึง

จำนวนของผู้ใช้งานที่ให้คะแนนสินค้า i ; $P_{Trust_{SN}}(U_1, i)$ หมายถึง ผลการทำนายการให้คะแนนสินค้า i ของผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 โดยใช้ค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมและ $P_{Trust_{PA}}(U_1, i)$ หมายถึง ผลการทำนายการให้คะแนนสินค้า i ของผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 โดยใช้ค่าความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนาย

หลังจากที่ได้ผลการทำนายจากทั้ง 2 ลักษณะแล้ว จะนำมาพิจารณาเป็นผลรวมการทำนาย โดยมีข้อกำหนดดังนี้

$$P_{Trust_{SNPA}}(U_1, i) = \begin{cases} 0 & \text{if } P_{Trust_{SN}}(U_1, i) = 0 \text{ and } P_{Trust_{PA}}(U_1, i) = 0 \\ P_{Trust_{SN}}(U_1, i) & \text{if } P_{Trust_{SN}}(U_1, i) \neq 0 \text{ and } P_{Trust_{PA}}(U_1, i) = 0 \\ P_{Trust_{PA}}(U_1, i) & \text{if } P_{Trust_{SN}}(U_1, i) = 0 \text{ and } P_{Trust_{PA}}(U_1, i) \neq 0 \\ \frac{2 \times P_{Trust_{SN}}(U_1, i) \times P_{Trust_{PA}}(U_1, i)}{P_{Trust_{SN}}(U_1, i) + P_{Trust_{PA}}(U_1, i)} & \text{if } P_{Trust_{SN}}(U_1, i) \neq 0 \text{ and } P_{Trust_{PA}}(U_1, i) \neq 0 \end{cases}$$

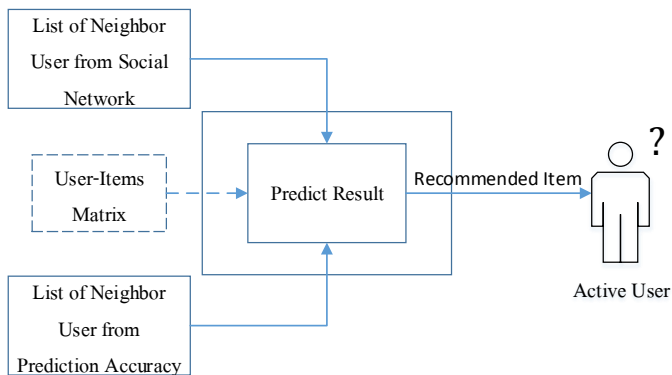
เมื่อ $P_{Trust_{SNPA}}(U_1, i)$ หมายถึง ผลรวมการทำนายการให้คะแนนสินค้า i ของผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 จากการพิจารณาความไว้วางใจทั้ง 2 ลักษณะ

ทั้งนี้จะเห็นว่าผลการทำนายจะแบ่งเป็น 4 กรณี คือ กรณีที่ทั้ง 2 ลักษณะ ไม่สามารถทำนายคะแนนสินค้าได้ กรณีที่ค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมสามารถทำนายคะแนนสินค้าได้เพียงอย่างเดียว กรณีที่ค่าความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนายสามารถทำนายคะแนนสินค้าได้เพียงอย่างเดียว และกรณีที่ทั้ง 2 ลักษณะสามารถทำนายคะแนนสินค้าได้

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการนี้เป็นการบ่งบอกถึงความเหมาะสมในการแนะนำสินค้าเป้าหมายให้แก่ผู้ใช้งานเป้าหมาย สำหรับภาพรวมของกระบวนการนี้แสดงได้ดังรูปที่ 5

4. ตัวอย่างการคำนวณค่าความไว้วางใจ

ส่วนต่อไปนี้จะได้นำเสนอตัวอย่างการคำนวณค่าความไว้วางใจ โดยสมมติข้อมูลดังต่อไปนี้ กำหนดให้มีการให้คะแนนสินค้านี้ดังตารางที่ 1 โดยเป็นการให้คะแนนสินค้า (I) จำนวน 10 รายการ จากผู้ใช้งาน (U)



รูปที่ 5 กระบวนการสร้างการแนะนำ
จากความไว้วางใจ

จำนวน 7 คน สำหรับค่าคะแนนอยู่ในช่วง [1,5] และ
กำหนดการเชื่อมโยงเครือข่ายสังคมของผู้ใช้งานใน
ระบบดังรูปที่ 6

ตารางที่ 1 การให้คะแนนสินค้าโดยผู้ใช้งาน

	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉	I ₁₀
U ₁		2			3		3		4	
U ₂	3		4		2			3	1	
U ₃		4	2			2			4	
U ₄				3	4	2	4		5	
U ₅	2		3				3	2		3
U ₆	3			4				5		
U ₇		3			3		3		2	4

จากข้อมูลที่กำหนดให้ต้องการหาค่าความ
ไว้วางใจระหว่างผู้ใช้งานเป้าหมาย U₁ กับผู้ใช้งานอื่น
ในระบบ สำหรับตัวอย่างการคำนวณค่าความไว้วางใจ

เมื่อ $\gamma = 1$

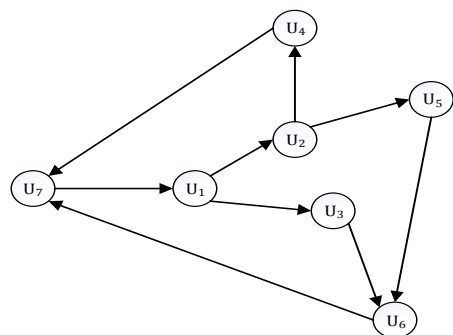
ความไว้วางใจจาก U₁ ไป U₂ ในเส้นทาง U₁, U₂ และ Cosine Similarity เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้น

$$Trust_{SN}(U_1, U_2) = \frac{1 \times 1}{1} \times \frac{4 - 1 + 1}{4} = 1$$

ความไว้วางใจจาก U₁ ไป U₃ ในเส้นทาง U₁, U₃ และ Cosine Similarity เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้น

$$Trust_{SN}(U_1, U_3) = \frac{1 \times 1}{1} \times \frac{4 - 1 + 1}{4} = 1$$

ในแต่ละลักษณะแสดงได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 6 เครือข่ายสังคมของผู้ใช้งานในระบบ

4.1 ตัวอย่างการคำนวณค่าความไว้วางใจจาก
เครือข่ายสังคม ในการคำนวณค่าความไว้วางใจจาก
เครือข่ายสังคมจำเป็นต้องกำหนดค่าระยะทางสุดท้าย
ในการเดินในเครือข่าย (λ) โดยในที่นี้ให้มีค่าเป็น 4
และในการคำนวณค่าความไว้วางใจนั้นจะพิจารณา
ตามระยะการเดินในเครือข่าย (γ) ซึ่งจะแสดงตัวอย่าง
การคำนวณค่าความไว้วางใจดังนี้

เมื่อ $\gamma = 2$

ความไว้วางใจจาก U_1 ไป U_4 ในเส้นทาง U_1, U_2, U_4 และ Cosine Similarity $(U_1, U_2) = 0.894$ ดังนั้น

$$Trust_{SN}(U_1, U_4) = \frac{(1 \times 1) + (0.894 \times 1)}{2} \times \frac{4 - 2 + 1}{4} = 0.710$$

ความไว้วางใจจาก U_1 ไป U_5 ในเส้นทาง U_1, U_2, U_5 และ Cosine Similarity $(U_1, U_2) = 0.894$ ดังนั้น

$$Trust_{SN}(U_1, U_5) = \frac{(1 \times 1) + (0.894 \times 1)}{2} \times \frac{4 - 2 + 1}{4} = 0.710$$

ความไว้วางใจจาก U_1 ไป U_6 ในเส้นทาง U_1, U_3, U_6 และ Cosine Similarity $(U_1, U_3) = 0.949$ ดังนั้น

$$Trust_{SN}(U_1, U_6) = \frac{(1 \times 1) + (0.949 \times 1)}{2} \times \frac{4 - 2 + 1}{4} = 0.731$$

โดยจะคำนวณค่าไว้วางใจในลักษณะดังกล่าวจนครบตามระยะทางสุดท้ายในการเดินในเครือข่ายที่ได้กำหนดไว้ โดยถ้าหากเส้นทางในเครือข่ายพบผู้ใช้งานซ้ำก็จะเลือกค่าความไว้วางใจที่สูงที่สุด ซึ่งจากตัวอย่างที่กำหนดนั้นจะได้ค่าความไว้วางใจระหว่างผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 กับผู้ใช้งานอื่นในระบบเมื่อเดินครบตามระยะทางสุดท้ายในการเดินในเครือข่าย ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมที่ได้จากการคำนวณ

	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7
U_1	1	1	0.710	0.710	0.731	0.467

4.2 ตัวอย่างการคำนวณค่าความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนาย สำหรับการคำนวณค่าความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนายนั้นจะต้องกำหนดค่าเรขาคณิตของความผิดพลาดของการทำนาย (ϵ) ในที่นี้กำหนดให้มีค่าเป็น 0.5 โดยจะคำนวณค่าความไว้วางใจทีละคู่ระหว่างผู้ใช้งานเป้าหมายกับผู้ใช้งานอื่นในระบบ ซึ่งจะแสดงตัวอย่างการคำนวณค่าความไว้วางใจระหว่างผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 และผู้ใช้งาน U_7 โดยพิจารณาจากการให้คะแนนสินค้า เป็นลำดับดังนี้

(1) พิจารณาจำนวนสินค้าทั้งหมดที่ผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 และผู้ใช้งาน U_7 ได้ให้คะแนนร่วมกัน ดังนั้น

$$RecordSet(U_1, U_7) = 4$$

(2) ทำนายค่าคะแนนที่ซ้อนที่ละรายการ

$$P_{U_1(2)} = 3 + (3 - 3) = 3$$

$$P_{U_1(5)} = 3 + (3 - 3) = 3$$

$$P_{U_1(7)} = 3 + (3 - 3) = 3$$

$$P_{U_1(9)} = 3 + (2 - 3) = 2$$

(3) พิจารณาความถูกต้องในการทำนาย โดยผลต่างระหว่างค่าการทำนายกับค่าคะแนนจริงต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าเรขาคณิตของความผิดพลาดของการทำนาย ดังนั้น

$$CorrectSet(U_1, U_7) = 2$$

(4) พิจารณาสัดส่วนการให้คะแนนของผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 และผู้ใช้งาน U_7

$$Jaccard(U_1, U_7) = \frac{4}{0+1+4} = \frac{4}{5}$$

(5) คำนวณค่าความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนาย

$$Trust_{PA}(U_1, U_7) = \frac{2}{4} \times \frac{4}{5} = 0.4$$

โดยจะคำนวณค่าไว้วางใจในลักษณะดังกล่าวกับผู้ใช้งานอื่นในระบบ ซึ่งจากตัวอย่างที่

กำหนดนั้นจะได้ค่าความไว้วางใจระหว่างผู้ใช้งานเป้าหมาย U_1 กับผู้ใช้งานอื่นในระบบ เมื่อดำเนินการตามขั้นตอนดังกล่าวแล้ว ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนายที่ได้จากการคำนวณ

	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7
U_1	0	0.167	0.5	0.125	0	0.4

ต่อจากนั้นเมื่อได้ค่าความไว้วางใจจากทั้ง 2 ลักษณะแล้วก็จะเข้าสู่กระบวนการคัดกรองประชากรและทำนายการแนะนำต่อไป

5. การทดลอง

ในหัวข้อนี้เป็นการนำเสนอการทดลองเพื่อเป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพของการสร้างการแนะนำที่ได้นำเสนอ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การออกแบบการทดลอง และ ผลการทดลองและอภิปรายผล ดังนี้

5.1 การออกแบบการทดลอง ได้จัดเตรียมชุดข้อมูล ค่าพารามิเตอร์ในการทดลอง ปัจจัยที่ประเมินผลเปรียบเทียบ และวิธีประเมินผลการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1.1 ชุดข้อมูลการทดลอง จากวิธีการที่นำเสนอ นั้น ข้อมูลที่ใช้จะต้องมีข้อมูลการเชื่อมโยงเครือข่ายผู้ใช้งาน และข้อมูลการให้คะแนนสินค้า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ชุดข้อมูลจาก FilmTrust [25] ซึ่งเป็นข้อมูลการให้คะแนนภาพยนตร์ โดยมีการให้คะแนนสินค้าในช่วง 0.5 ถึง 4 และมีการเชื่อมโยงเครือข่ายของผู้ใช้งาน โดยเมื่อทำความสะอาดข้อมูลแล้ว ทำให้ชุดข้อมูลประกอบไปด้วย ผู้ใช้งานจำนวน 1,508 คน ภาพยนตร์จำนวน 2,071 เรื่อง การให้คะแนนภาพยนตร์จำนวน 35,497 รายการ คิดเป็นความหนาแน่นของข้อมูลร้อยละ 1.14 และมีการ

เชื่อมโยงเครือข่ายโดยตรงของผู้ใช้งาน จำนวน 1,853 รายการ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวได้ใช้เทคนิค K-fold cross validation ในการแบ่งข้อมูลในการทดลองจำนวน 5 โฟลด์ (fold) และได้สุ่มซ่อนข้อมูลการให้คะแนนสินค้าเพื่อทำการทดลองร้อยละ 10 ของจำนวนข้อมูลในแต่ละโฟลด์

5.1.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการทดลอง ในการคำนวณค่าความไว้วางใจจำเป็นต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ โดยการคำนวณค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคม ได้กำหนดค่าระยะทางสุดท้ายในการเดินในเครือข่าย (λ) ให้อยู่ในช่วง [2,6] เนื่องจากถ้าหากกำหนดค่าระยะทางสุดท้ายในการเดินในเครือข่ายเป็นตัวเลขที่มีค่ามากก็จะต้องเสียเวลาในการคำนวณค่าความไว้วางใจมากยิ่งขึ้น และสำหรับการคำนวณค่าความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนาย ได้กำหนดค่าเอนโทรปีความผิดพลาดของการทำนาย (ϵ) ให้มีค่าตั้งแต่ 0.1 และไม่เกิน 0.5 หมายถึงยอมรับให้การทำนายมีความผิดพลาดได้ไม่เกินค่าที่กำหนด

5.1.3 ปัจจัยที่ประเมินผลเปรียบเทียบ ประกอบด้วย (1) การแนะนำโดยไม่ใช้ความไว้วางใจ โดยใช้วิธี user-based collaborative filtering (non trust recommendation, NTR) (2) การแนะนำโดยใช้ความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคม (trust recommendation from social network, TSN) (3) การแนะนำโดยใช้ความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนาย (trust recommendation from prediction accuracy, TPA) และ (4) การแนะนำโดยใช้ความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมร่วมกับความถูกต้องในการทำนาย (trust recommendation from social network and prediction accuracy, TSNPA)

ทั้งนี้การแนะนำโดยใช้ความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมและความไว้วางใจจากความถูกต้อง

ในการทำนาย ได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น คือ ค่าระยะทางสุดท้ายในการเดินในเครือข่ายตั้งแต่ 2 ถึง 6 และค่าเธรชโหล์ดความผิดพลาดของการทำนายตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.5

5.1.4 วิธีประเมินผลการทดลอง ในการวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการที่ได้รับความนิยม [26,27] ในการวัดประสิทธิภาพความผิดพลาดและความถูกต้องในการทำนาย จำนวน 5 วิธีการ ดังต่อไปนี้

(1) ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute error, MAE) เป็นการพิจารณาค่าเฉลี่ยความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างผลลัพธ์จากการทำนายกับค่าคะแนนจริง ถ้าหากมีค่าน้อย แสดงว่าวิธีการที่ประเมินผลสามารถทำนายได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง โดยคำนวณได้จากสมการ

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |P_{U(i)} - R_{U(i)}|$$

(2) ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (root mean square error,

RMSE) เป็นการพิจารณาความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์จากการทำนายกับค่าคะแนนจริง ถ้าหากมีค่าเท่ากับศูนย์ แสดงว่าไม่เกิดความคลาดเคลื่อนเลย โดยคำนวณได้จากสมการ

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_{U(i)} - R_{U(i)})^2}$$

เมื่อ *MAE* หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย; *RMSE* หมายถึง ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง; $P_{U(i)}$ หมายถึง ผลลัพธ์จากการทำนายคะแนนสินค้า i ของผู้ใช้งาน U ; $R_{U(i)}$ หมายถึง ค่าคะแนนจริงของสินค้า i จากผู้ใช้งาน U ซึ่ง $i \in \{1, \dots, N\}$ โดยที่ N หมายถึง จำนวนของรายการทั้งหมดที่ประเมินผล

(3) ค่าความถูกต้อง (accuracy) เป็นการพิจารณาความถูกต้องของผลลัพธ์จากการทำนายกับค่าคะแนนจริง ถ้าหากมีค่ามากแสดงว่าวิธีการที่ประเมินผลนั้นมีความถูกต้องสูง โดยคำนวณได้จากสมการ

$$Accuracy = \frac{True\ Positive + True\ Negative}{True\ Positive + False\ Positive + True\ Negative + False\ Negative}$$

(4) ค่าความแม่นยำ (precision) เป็นการพิจารณาค่าความแม่นยำของการทำนาย ซึ่งเป็นการพิจารณาเฉพาะกรณีที่ได้แนะนำสินค้านั้น แต่ผู้ใช้งานเลือกสินค้านั้นหรือไม่ ถ้าหากมีค่ามากแสดงว่าวิธีการที่ประเมินผลนั้นมีความแม่นยำสูง โดยคำนวณได้จากสมการ

$$Precision = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Positive}$$

(5) ค่าความระลึก (recall) เป็นการพิจารณาค่าความครบถ้วนของการทำนาย ซึ่งเป็นการพิจารณาเฉพาะกรณีที่ผู้ใช้เลือกสินค้านั้น แต่การเลือก

นั้นตรงกับคำแนะนำหรือไม่ ถ้าหากมีค่ามากแสดงว่าวิธีการที่ประเมินผลนั้นมีความเหมาะสม โดยคำนวณได้จากสมการ

$$Recall = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Negative}$$

เมื่อ *Accuracy* หมายถึง ค่าความถูกต้องในการทำนาย *Precision* หมายถึง ค่าความแม่นยำในการทำนาย *Recall* หมายถึง ค่าความระลึกจากการทำนาย *True Positive* หมายถึง จำนวนรายการที่ได้แนะนำสินค้านั้นและผู้ใช้งานเลือกสินค้านั้น *False Positive* หมายถึง จำนวนรายการที่ได้แนะนำสินค้า

นั้น แต่ผู้ใช้งานไม่ได้เลือกสินค้า *True Negative* หมายถึง จำนวนรายการที่ไม่ได้แนะนำสินค้า และผู้ใช้งานไม่ได้เลือกสินค้า และ *False Negative* หมายถึง จำนวนรายการที่ไม่ได้แนะนำสินค้า แต่

ผู้ใช้งานเลือกสินค้านั้น

5.2 ผลการทดลองและอภิปรายผล สำหรับผลการทดลองนี้เป็นค่าเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 5 โฟลด์ แสดงผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยการประเมินผลการแนะนำโดยไม่ใช้ความไว้วางใจโดยใช้วิธี user-based collaborative filtering

Measure	MAE	RMSE	Accuracy	Precision	Recall
NTR	0.114	0.337	88.570	0.953	0.924

จากผลการทดลองในตารางที่ 4 จะเห็นว่าผลการแนะนำสินค้าโดยไม่ใช้ค่าความไว้วางใจนั้น ค่า

ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.11 และค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 88.6

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยการประเมินผลการแนะนำโดยใช้ความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคม

Measure	MAE	RMSE	Accuracy	Precision	Recall
TSN ($\lambda=2$)	0.157	0.387	84.347	0.901	0.921
TSN ($\lambda=3$)	0.156	0.388	84.447	0.902	0.922
TSN ($\lambda=4$)	0.150	0.382	84.973	0.905	0.925
TSN ($\lambda=5$)	0.145	0.375	85.543	0.911	0.925
TSN ($\lambda=6$)	0.144	0.375	85.602	0.913	0.925

จากผลการทดลองในตารางที่ 5 เห็นได้ว่าการแนะนำสินค้าโดยใช้ความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคม มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 0.14 ถึง 0.15 และค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 84 ถึง 85 ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการที่ไม่ใช้ความไว้วางใจ แต่เมื่อพิจารณาจากตารางแล้วพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยและรากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำและค่าความระลึกรมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อมีค่าระยะทางสุดท้ายในการเดินในเครือข่าย (λ) เพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้าหากค่าระยะทาง

สุดท้ายในการเดินในเครือข่ายมากขึ้นอาจส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น สำหรับในการทดลองที่นำเสนอนี้ค่าที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ TSN ($\lambda=6$) ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.14 และค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 85.6

จากผลการทดลองในตารางที่ 6 เห็นได้ว่าการแนะนำสินค้าโดยใช้ความไว้วางใจจากความต้องการในการทำนาย มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.10 ถึง 0.11 และค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 88 ถึง 89 ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการที่ไม่ใช้ค่าความไว้วางใจ โดยค่าที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ TPA ($\epsilon=0.2$) โดย

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยการประเมินผลการแนะนำโดยใช้ความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนาย

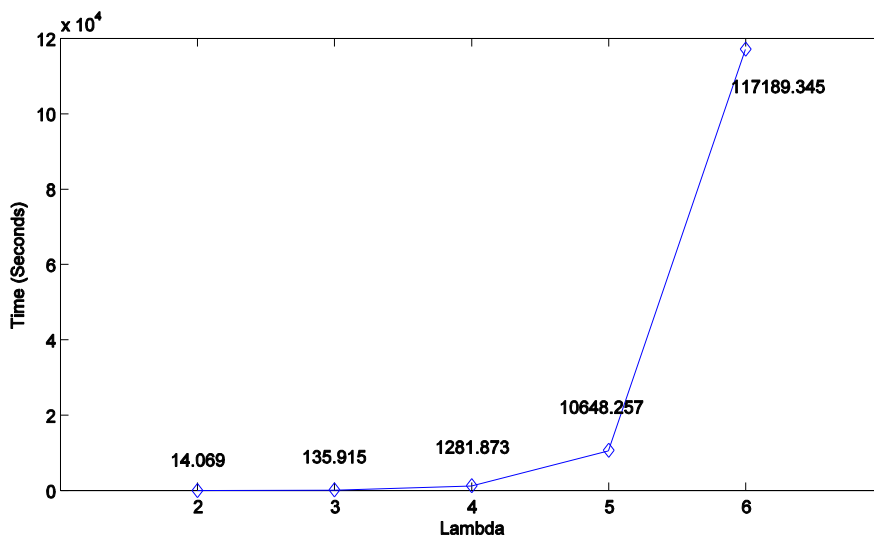
Measure	MAE	RMSE	Accuracy	Precision	Recall
TPA ($\epsilon=0.1$)	0.105	0.323	89.529	0.967	0.922
TPA ($\epsilon=0.2$)	0.101	0.317	89.919	0.974	0.919
TPA ($\epsilon=0.3$)	0.116	0.339	88.355	0.952	0.923
TPA ($\epsilon=0.4$)	0.116	0.338	88.448	0.954	0.922
TPA ($\epsilon=0.5$)	0.113	0.335	88.661	0.956	0.922

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.10 และค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 89.9

จากผลการทดลองในตารางที่ 7 เป็นการแนะนำสินค้าโดยใช้ความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมร่วมกับความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนายโดยที่ TSNPA เมื่อ $\epsilon=0.2$ จะมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยอยู่ที่ 0.11 และค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 89 ซึ่งโดยเฉพาะที่ TSNPA ($\lambda=2, \epsilon=0.2$) จะมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 89.4

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากแต่ละวิธีการแล้ว พบว่าการแนะนำสินค้าโดยใช้ความ

ไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนายจะให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดทั้งค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองค่าความถูกต้องและค่าความแม่นยำในขณะที่ยังการแนะนำสินค้าโดยใช้ความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมที่ให้ค่าการประเมินน้อยสุด แต่กลับให้ค่าความระลึกสูงกว่า และจากแนวโน้มของค่าประเมินผลที่ดีขึ้นเมื่อค่าระยะทางสุดท้ายในการเดินในเครือข่าย (λ) เพิ่มขึ้น จึงได้พิจารณาในส่วนของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการคำนวณค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคม ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 เวลาเฉลี่ยที่ใช้คำนวณค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคม เมื่อมีค่าระยะทางสุดท้ายในการเดินในเครือข่าย (lambda, λ) ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยการประเมินผลการแนะนำโดยใช้ความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมร่วมกับความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนาย

Measure	MAE	RMSE	Accuracy	Precision	Recall
TSNPA ($\lambda=2$, $\varepsilon=0.1$)	0.111	0.332	88.878	0.957	0.923
TSNPA ($\lambda=2$, $\varepsilon=0.2$)	0.106	0.325	89.369	0.965	0.921
TSNPA ($\lambda=2$, $\varepsilon=0.3$)	0.120	0.344	88.042	0.945	0.925
TSNPA ($\lambda=2$, $\varepsilon=0.4$)	0.119	0.344	88.077	0.947	0.924
TSNPA ($\lambda=2$, $\varepsilon=0.5$)	0.117	0.341	88.255	0.949	0.924
TSNPA ($\lambda=3$, $\varepsilon=0.1$)	0.112	0.333	88.834	0.956	0.923
TSNPA ($\lambda=3$, $\varepsilon=0.2$)	0.107	0.327	89.269	0.964	0.921
TSNPA ($\lambda=3$, $\varepsilon=0.3$)	0.120	0.344	88.013	0.945	0.925
TSNPA ($\lambda=3$, $\varepsilon=0.4$)	0.120	0.344	88.049	0.947	0.924
TSNPA ($\lambda=3$, $\varepsilon=0.5$)	0.118	0.341	88.230	0.949	0.924
TSNPA ($\lambda=4$, $\varepsilon=0.1$)	0.111	0.333	88.870	0.956	0.924
TSNPA ($\lambda=4$, $\varepsilon=0.2$)	0.107	0.327	89.267	0.964	0.921
TSNPA ($\lambda=4$, $\varepsilon=0.3$)	0.120	0.344	88.014	0.945	0.925
TSNPA ($\lambda=4$, $\varepsilon=0.4$)	0.119	0.344	88.074	0.947	0.924
TSNPA ($\lambda=4$, $\varepsilon=0.5$)	0.118	0.341	88.244	0.949	0.924
TSNPA ($\lambda=5$, $\varepsilon=0.1$)	0.111	0.332	88.925	0.957	0.924
TSNPA ($\lambda=5$, $\varepsilon=0.2$)	0.107	0.326	89.315	0.965	0.921
TSNPA ($\lambda=5$, $\varepsilon=0.3$)	0.119	0.343	88.112	0.946	0.925
TSNPA ($\lambda=5$, $\varepsilon=0.4$)	0.118	0.342	88.163	0.948	0.924
TSNPA ($\lambda=5$, $\varepsilon=0.5$)	0.117	0.340	88.322	0.949	0.925
TSNPA ($\lambda=6$, $\varepsilon=0.1$)	0.111	0.332	88.916	0.957	0.924
TSNPA ($\lambda=6$, $\varepsilon=0.2$)	0.107	0.326	89.332	0.965	0.921
TSNPA ($\lambda=6$, $\varepsilon=0.3$)	0.119	0.343	88.110	0.946	0.925
TSNPA ($\lambda=6$, $\varepsilon=0.4$)	0.118	0.342	88.164	0.948	0.925
TSNPA ($\lambda=6$, $\varepsilon=0.5$)	0.117	0.339	88.339	0.950	0.925

จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าระยะทางสุดท้ายในการเดินในเครือข่ายเพิ่มขึ้น ก็จะใช้เวลาในการคำนวณค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคม

เพิ่มขึ้นในลักษณะเอกซิโพเนนเชียล ซึ่งจะทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลเพิ่มมากขึ้นไปด้วย และเมื่อพิจารณาการแนะนำที่ใช้ความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคม

ร่วมกับความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนาย แล้วพบว่าการแนะนำที่กำหนดค่าเรซโฮลต์ความผิดพลาดของการทำนาย (ϵ) เท่ากับ 0.2 และค่าระยะทางสุดท้ายในการเดินในเครือข่าย (λ) เพิ่มขึ้น จะทำให้เห็นแนวโน้มที่ค่าความถูกต้องในการทำนายเพิ่มมากขึ้น โดยสังเกตได้ว่าค่าความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนายเมื่อ $\epsilon = 0.2$ จะส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง ค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ส่วนค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมเมื่อ $\lambda = 6$ จะส่งผลต่อค่าความระลึก และเมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์กับวิธีการที่ไม่ใช้ค่าความไว้วางใจจะเห็นได้ว่าวิธีการนี้ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมกว่าในหลายวิธี ประเมินผลการทดลอง

ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าการแนะนำโดยใช้ความไว้วางใจทั้ง 2 ลักษณะที่นำเสนอ นั้น มีจุดเด่นในแต่ละส่วน คือ การแนะนำด้วยความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนายจะให้ผลการประเมินที่ดีทั้งความผิดพลาดและความถูกต้องในการทำนาย ส่วนการแนะนำด้วยความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมนั้น มีแนวโน้มที่จะให้ผลลัพธ์ดีขึ้นเมื่อกำหนดค่าระยะทางสุดท้ายในการเดินในเครือข่ายให้สูงขึ้นแต่จะใช้เวลาในการประมวลผลมากขึ้นเช่นกัน และเมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จาก 2 ลักษณะมาใช้ร่วมกันก็จะเป็นการเสริมในจุดที่ด้อยของในแต่ละวิธีการ ซึ่งทั้งนี้ขึ้นกับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่มีความเหมาะสมด้วย

6. สรุป

งานวิจัยนี้แนะนำการนำความไว้วางใจมาใช้ในการสร้างการแนะนำสินค้า โดยได้คำนวณค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมที่พิจารณาถึงความคล้ายคลึงระหว่างผู้ใช้งานในเครือข่ายสังคมเพื่อการกระจายความไว้วางใจ และความไว้วางใจจากความ

ถูกต้องในการทำนาย จากนั้นจึงคัดกรองผู้ใช้งานตามค่าความไว้วางใจเพื่อสร้างการแนะนำ และได้ทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพจากความผิดพลาดและความถูกต้องในการทำนาย ซึ่งจากการทดลองสามารถสรุปได้ 3 ประเด็น ดังนี้ (1) การใช้ค่าความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนายจะให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด (2) ผลลัพธ์ที่ได้จากค่าความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมมีแนวโน้มที่ดีขึ้นถ้าหากกำหนดค่าระยะสุดท้ายของการเดินในเครือข่ายให้สูงขึ้นแต่ใช้เวลาในการประมวลผลมากขึ้น และ (3) การใช้ความไว้วางใจจากเครือข่ายสังคมร่วมกับความไว้วางใจจากความถูกต้องในการทำนายจะเป็นการเสริมประสิทธิภาพในการทำนายได้ดียิ่งขึ้น สำหรับงานในอนาคตจะได้ทดลองนำวิธีการนี้ไปใช้กับผู้ใช้งานที่เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการแนะนำต่อไป

7. รายการอ้างอิง

- [1] Guo, G., Zhang, J. and Thalmann, D., 2014, Merging trust in collaborative filtering to alleviate data sparsity and cold start, Knowl. Based Syst. 57: 57-68.
- [2] Li, Y.M., Wu, C.T. and Lai, C.Y., 2013, A social recommender mechanism for e-commerce: Combining similarity, trust, and relationship, Decis. Support Syst. 55: 740-752.
- [3] Li, Y.M., Hsiao, H.W. and Lee, Y.L., 2013, Recommending social network applications via social filtering mechanisms, Inf. Sci. 239: 18-30.
- [4] Shambour, Q. and Lu, J., 2012, A trust-semantic fusion-based recommendation approach for e-business applications, Decis.

- Support Syst. 54: 768-780.
- [5] Shambour, Q. and Lu, J., 2011, Integrating multi-criteria collaborative filtering and trust filtering for personalized recommender systems, pp. 44-51, 2011 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Multicriteria Decision-Making (MDCM).
- [6] Chen, C.C., Wan, Y.H., Chung, M.C. and Sun, Y.C., 2013, An effective recommendation method for cold start new users using trust and distrust networks, Inf. Sci. 224: 19-36.
- [7] Bobadilla, J., Ortega, F., Hernando, A. and Gutiérrez, A., 2013, Recommender systems survey, Knowl. Based Syst. 46: 109-132.
- [8] จนพล พุกเสิ่ง, สุชา สมานชาติ และสุนันทา สดสี, 2558, ระบบผู้แนะนำโดยอาศัยความไว้วางใจร่วมกับผู้เชี่ยวชาญ, ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 23: 517-537.
- [9] Sherchan, W., Nepal, S. and Paris, C., 2013, A survey of trust in social networks, ACM Comput. Surv. 45: 1-33.
- [10] Fang, H., Guo, G. and Zhang, J., 2015, Multi-faceted trust and distrust prediction for recommender systems, Decis. Support Syst. 71: 37-47.
- [11] Golbeck, J.A., 2005, Computing and Applying Trust in Web-based Social Networks, University of Maryland at College Park, College Park, Maryland.
- [12] Massa, P. and Avesani, P., 2007, Trust-aware recommender systems, pp. 17-24, Proceedings of the 2007 ACM Conference on Recommender Systems, New York.
- [13] Jamali, M. and Ester, M., 2009, Trust Walker: A Random Walk Model for Combining Trust-based and Item-based Recommendation, pp. 397-406, Proceedings of the 15th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, New York.
- [14] Chen, W. and Fong, S., 2010, Social network collaborative filtering framework and online trust factors: A case study on Facebook, pp. 266-273, 2010 Fifth International Conference on Digital Information Management (ICDIM).
- [15] Agarwal, V. and Bharadwaj, K.K., 2011, Trust-enhanced recommendation of friends in web based social networks using genetic algorithms to learn user preferences, pp. 476-485, Proceedings Trends in Computer Science, Engineering and Information Technology: First International Conference on Computer Science, Engineering and Information Technology, CCSEIT 2011, Tirunelveli, Tamil Nadu, India.
- [16] Xin, L., Leyi, S., Yao, W., Zhaojun, X. and Wenjing, F., 2013, A dynamic trust conference algorithm for social network, pp. 340-346, 2013 Eighth International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing (3PGCIC).

- [17] Deng, S., Huang, L. and Xu, G., 2014, Social network-based service recommendation with trust enhancement, *Expert Syst. Appl.* 41: 8075-8084.
- [18] O'Donovan, J. and Smyth, B., 2005, Trust in Recommender Systems, pp. 167-174, *Proceedings of the 10th International Conference on Intelligent User Interfaces*, New York.
- [19] Hwang, C.S. and Chen, Y.P., 2007, Using Trust in collaborative filtering recommendation, pp. 1052-1060, *Proceedings 20th International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems in New Trends in Applied Artificial Intelligence, IEA/AIE 2007*, Kyoto, Japan.
- [20] Yuan, W., Shu, L., Chao, H.C., Guan, D., Lee, Y.K. and Lee, S., 2010, ITARS: trust-aware recommender system using implicit trust networks, *IET Commun.* 4: 1709-1721.
- [21] Liu, D.R., Lai, C.H. and Chiu, H., 2011, Sequence-based trust in collaborative filtering for document recommendation, *Int. J. Hum. Comput. Stud.* 69: 587-601.
- [22] Lai, C.H., Liu, D.R. and Lin, C.S., 2013, Novel personal and group-based trust models in collaborative filtering for document recommendation, *Inf. Sci.* 239: 31-49.
- [23] Shambour, Q. and Lu, J., 2015, An effective recommender system by unifying user and item trust information for B2B applications, *J. Comput. Syst. Sci.* 81: 1110-1126.
- [24] Choi, S.S., Cha, S.H. and Tappert, C.C., 2010, A survey of binary similarity and distance measures, *J. Syst. Cybern. Inform.* 8: 43-48.
- [25] A Collection of Recommendation Data Sets, Available Source: <http://www.librec.net/datasets.html>, June 1, 2011.
- [26] Xie, F., Chen, Z., Shang, J. and Fox, G.C., 2014, Grey Forecast model for accurate recommendation in presence of data sparsity and correlation, *Knowl. Based Syst.* 69: 179-190.
- [27] Lika, B., Kolomvatsos, K. and Hadjiefthymiades, S., 2014, Facing the cold start problem in recommender systems, *Expert Syst. Appl.* 41: 2065-2073.