

ระบบแนะนำทางการศึกษา และเทคนิคการเรียนรู้ของ เครื่องจักร

Educational Recommender Systems and Machine Learning

มานวิกา กิตติพร¹

Manwika Kittipron

บทคัดย่อ

ระบบแนะนำ (Recommender System) เป็นหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากการเกิดขึ้นของข้อมูลที่มีจำนวนมหาศาล หรือที่เรียกยุคของบิกดาต้า (Big Data) โดยข้อมูลส่วนใหญ่ถูกจัดเก็บในรูปแบบดิจิทัล (Digital) และหนึ่งในประโยชน์ที่สำคัญคือการศึกษาพฤติกรรมของมนุษย์จากข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากพฤติกรรมเพื่อหาความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในข้อมูล เช่นรูปแบบความสัมพันธ์ (Patterns) แล้วนำมาพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา หรือช่วยในการตัดสินใจให้กับมนุษย์ได้

ความสามารถของระบบการแนะนำถูกสร้างและพัฒนาจากการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) คือความต้องการที่จะให้ระบบคอมพิวเตอร์ หรือเครื่องจักร (Machine) เรียนแบบความฉลาดและความสามารถของมนุษย์ ผ่านทางชุดคำสั่งในภาษาคอมพิวเตอร์ หรืออัลกอริทึม โดยให้ระบบคอมพิวเตอร์หรือเครื่องจักร สามารถค้นหาข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล แก้ปัญหาหรือตัดสินใจได้ด้วยตนเอง ตามที่อัลกอริทึมของชุดคำสั่งที่มนุษย์พัฒนาไว้ได้สำเร็จ

สิ่งสำคัญของระบบแนะนำ คือความสามารถในการแนะนำข้อมูลได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้เฉพาะบุคคลอย่างถูกต้องแม่นยำและตอบสนองแบบทันเวลา ทั้งนี้ยังมี

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; Department of Educational Technology and Communications, Faculty of Education, Mahasarakham University.

รับต้นฉบับ 23 เมษายน 2562 ปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ 24 กรกฎาคม 2562

รับลงตีพิมพ์ 6 สิงหาคม 2562

เรื่องของความเชื่อใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบแนะนำว่าเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง มีความปลอดภัย และมีประโยชน์ต่อผู้ใช้ ดังนั้นจึงได้มีการนำเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องจักรมาผสมผสาน เพื่อแก้ปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพช่วยให้ระบบแนะนำมีความถูกต้องมากขึ้น และตอบสนองต่อผู้ใช้ได้เร็วขึ้น บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อแนะนำเทคนิควิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักร เพื่อการปรับใช้สำหรับระบบแนะนำทางการศึกษา เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาระบบแนะนำทางการศึกษาให้มีประสิทธิภาพส่งผลต่อการแนะนำที่ถูกต้องแม่นยำตามความต้องการของผู้ใช้

คำสำคัญ: การเรียนรู้ของเครื่อง, ระบบการแนะนำ

ABSTRACT

A recommender system is one of the utilization of a vast amount of data normally known as Big Data, stored in digital format. One of the important of big data applications was to analyze them to identify relations concealed inside the data, such as pattern relations which were later developed for problem solving guidelines or for decision making.

The ability of the recommender system was developed and created from the machine learning in which the machine or computer was enabled to imitate human intelligence and ability through the computer command set or algorithm. The computer finally could retrieve data and analyze them, and perform problem solving and decision making through the algorithm successfully prepared by human.

The most important element of the recommender system was its ability in recommending information timely needed by users. In addition users' trust in the recommender system concerning recommended information, its safety and usability was also important. Therefore, machine learning technique was integrated for problem solving and improving the system effectiveness in recommending more accurate and timely needed information. The purpose of this paper was to present machine learning technique for educational usage and guideline for improving

educational recommender system effectiveness. This would eventually lead to the provision of accurate information needed by users.

Keywords: Machine Learning, Recommender Systems

บทนำ

การพัฒนาของเทคโนโลยีใหม่ๆ และความเร็วของอินเทอร์เน็ตในปัจจุบันนี้ ความก้าวหน้าเพิ่มมากขึ้นทำให้การเข้าถึงข้อมูลสำหรับทุกคนทำได้ง่ายขึ้น ไม่ใช่เพียงแค่เทคโนโลยีทางด้านอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน สินค้า บริการ หรือ การติดต่อสื่อสาร ที่ก่อให้เกิดข้อมูลที่หลากหลายจำนวนมากมหาศาล แต่ยังมีข้อมูลทางด้านการศึกษาที่เกิดขึ้นจากเทคโนโลยีทางการศึกษาเมื่อใช้อินเทอร์เน็ตเป็นเครื่องมือมีเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน หนึ่งในตัวอย่างที่พบมากในปัจจุบันคือ ระบบการเรียนการสอนออนไลน์ (Course Online) ที่มุ่งให้เกิดสังคมแห่งการเรียนรู้ ระบบการศึกษาที่เน้นการจัดการเรียนรู้เป็นหลัก โดยมุ่งให้บริการการศึกษาในระดับที่เหมาะสมทุกกลุ่มวัย ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่และเวลา โดยปรับใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือการเข้าถึงบริการทางการศึกษา

ในยุคของความก้าวหน้าทางอินเทอร์เน็ต การเกิดขึ้นของข้อมูลสารสนเทศต่างๆ มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น หรือที่เรียกยุคของอภิมหาข้อมูลหรือบิ๊กดาต้า (Big Data) โดยข้อมูลส่วนใหญ่ถูกจัดเก็บในรูปแบบดิจิทัล (Digital) จึงมีความพยายามที่จะใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่มีมากมายเหล่านี้ หนึ่งในประโยชน์ที่สำคัญคือการศึกษาพฤติกรรมของมนุษย์จากข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากพฤติกรรมเพื่อหาความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ภายในข้อมูล เช่น รูปแบบความสัมพันธ์ (Patterns) แล้วนำมาพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาหรือช่วยในการตัดสินใจให้กับมนุษย์ได้ ยกตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนในปัจจุบันคือระบบการซื้อ-ขาย สินค้าออนไลน์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต เช่น เว็บไซต์ต่อเมซอน หรือ Amazon.com เป็นเว็บไซต์จัดจำหน่ายสินค้าออนไลน์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต เมื่อเราเข้าไปค้นหาสินค้าจะพบว่าเมซอนจะมีระบบการแนะนำสินค้า (Recommender System) ให้ โดยระบบจะใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากพฤติกรรมการค้นหาสินค้า การสั่งซื้อสินค้า หรือจากข้อมูลประวัติของลูกค้าก่อนหน้านี้ หรือถึงแม้ลูกค้าจะเป็นลูกค้าใหม่ที่เข้ามาใช้งานเว็บไซต์เป็นครั้งแรก ระบบแนะนำของเมซอนก็สามารถแนะนำสินค้าที่เกี่ยวข้อง หรือคาดคะเนว่าลูกค้าอาจ

จะต้องการสินค้าเหล่านี้ได้ โดยข้อมูลภายในเว็บไซต์จะถูกจัดให้เหมาะสมกับลูกค้ารายบุคคล

ความสามารถของระบบการแนะนำถูกสร้างและพัฒนาจากความต้องการที่จะให้ระบบคอมพิวเตอร์ หรือเครื่องจักร (Machine) เลียนแบบความฉลาดและความสามารถของมนุษย์ ผ่านทางชุดคำสั่งในภาษาคอมพิวเตอร์ หรืออัลกอริทึม โดยให้ระบบคอมพิวเตอร์หรือเครื่องจักรสามารถค้นหาข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล แก้ปัญหาหรือตัดสินใจได้ด้วยตนเอง ตามที่อัลกอริทึมของชุดคำสั่งที่มนุษย์พัฒนาไว้ได้สำเร็จ จะเรียกวิธีการนี้ว่า การเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) และการเรียนรู้ของเครื่องจักรนั้น ผู้วิจัยขอเสนอ โดยแบ่งออกเป็น 3 แบบ (Shalev-Shwartz, S., & Ben-David, S. (2009) คือ การเรียนรู้จากข้อมูลแบบมีโครงสร้าง (Supervised Learning), การเรียนรู้จากข้อมูลแบบไม่มีโครงสร้าง (Unsupervised Learning) และการเรียนรู้ในรูปแบบที่ใกล้เคียงกับการเรียนรู้ของมนุษย์มากที่สุด (Reinforcement Learning)

เป้าหมายสำคัญของระบบแนะนำ (Ricci, F. Et al., (2011) คือความสามารถในการแนะนำข้อมูลได้ตรงตามความต้องการและมีประโยชน์ต่อผู้ใช้หรือผู้เรียนเฉพาะบุคคลอย่างถูกต้องแม่นยำ และตอบสนองแบบทันเวลา ทั้งนี้ยังมีเรื่องของความเชื่อใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบแนะนำว่าสามารถเชื่อถือในข้อมูลที่ระบบแนะนำมาเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง มีความปลอดภัยและมีประโยชน์ต่อผู้ใช้ จะเห็นว่าระบบการแนะนำก็ยังคงมีปัญหา ดังนั้นจึงได้มีการนำเรื่องของการเรียนรู้ของเครื่องจักรมาผสมผสานกับระบบแนะนำเพื่อแก้ปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพช่วยให้ระบบแนะนำมีความถูกต้องมากขึ้น และตอบสนองต่อผู้ใช้ได้เร็วขึ้น ทั้งนี้ในงานด้านการศึกษา หรือข้อมูลทางการศึกษา เมื่อนำระบบแนะนำพร้อมทั้งเทคนิควิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักรแบบที่เหมาะสมมาใช้พัฒนาระบบแนะนำทางการศึกษาให้มีประสิทธิภาพส่งผลต่อการแนะนำที่ถูกต้องแม่นยำเป็นการใช้ประโยชน์จากข้อมูล เพื่อช่วยพัฒนาเทคโนโลยีทางการศึกษาส่งเสริมให้ระบบการศึกษามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ระบบแนะนำ

ระบบแนะนำ หรือ Recommender Systems (RS) เป็นระบบที่ช่วยในการนำเสนอข้อมูลที่คาดว่าจะตรงตามความต้องการหรือความสนใจของผู้ใช้ เพื่อเป็น

ทางเลือกให้ผู้ใช้ เช่น การนำเสนอและแนะนำข้อมูลสินค้าอื่นๆ แก่ผู้ใช้นอกเหนือจากที่ผู้ใช้งานหา เพื่อเป็นทางเลือก หรืออาจจะเป็นการช่วยเหลือผู้ใช้ในการตัดสินใจเลือกสินค้าหรือบริการ โดยใช้เทคนิคการค้นหความสัมพันธ์ หรือความรู้ที่ซ่อนอยู่ภายในข้อมูล เพื่อนำเอาความสัมพันธ์หรือความรู้ที่ค้นพบไปใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจของผู้ใช้ (Jannach, D. Eet al., (2011) ทั้งยังสามารถแก้ปัญหาการท่วมท้นของสารสนเทศ (Information Overload) โดยช่วยลดตัวเลือกที่จะนำเสนอแก่ผู้ใช้ให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ได้อีกด้วย สิ่งสำคัญของระบบให้คำแนะนำ คือความสามารถในการแนะนำข้อมูลได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้เฉพาะบุคคลแตกต่างกันไปอย่างถูกต้องแม่นยำของข้อมูลและตอบสนองแบบทันเวลา ทั้งนี้ยังมีเรื่องของความเชื่อใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบให้คำแนะนำว่าสามารถเชื่อถือในข้อมูลที่ระบบแนะนำมาว่าเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงมีความปลอดภัยและมีประโยชน์ต่อผู้ใช้ (Ayday, E., & Fekri, F. (2010)

จากข้อจำกัดดังกล่าวทำให้มีเกิดงานวิจัยที่พยายามจะแก้ไขปัญหาล่าช้า โดยนำเสนอวิธีการในการแทนค่าข้อมูลที่ขาดหายไป หรือวิธีการจัดการกับข้อมูลที่มีจำนวนมาก เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ น่าเชื่อถือ และตอบสนองแบบทันเวลาในวิธีที่แตกต่างกัน เช่น Bakshi, S. Eet al., (2014) นำเสนอการแก้ปัญหาขนาดของข้อมูลและเพิ่มความแม่นยำถูกต้องของการทำนายในระบบให้คำแนะนำ Moradi, P. Eet al., (2015) เสนอการแก้ปัญหาความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของระบบแนะนำ และ Duwairi, R. Eet al., (2016) ได้เสนออัลกอริทึม CBAR algorithm ปรับปรุงการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในการพัฒนาระบบแนะนำ

ระบบแนะนำปัจจุบันได้ถูกนำไปปรับใช้ในหลายๆ โปรแกรมประยุกต์ ยกตัวอย่างเช่น โปรแกรมโซเชียลมีเดียอย่าง Facebook, โปรแกรมแนะนำภาพยนตร์ Netflix หรือโปรแกรมเสิร์ชเอนจินอย่าง Google ระบบแนะนำถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องให้สามารถเรียนรู้พฤติกรรมของมนุษย์ พยายามทำความเข้าใจกับเรา สามารถบอกได้ว่าเราชอบอะไร หรือคาดเดาว่าเราน่าจะชอบอะไร หรือกำลังค้นหาอะไรอยู่



ภาพ 1 โครงสร้างระบบแนะนำข้อมูล (Recommender Systems)

โครงสร้างระบบแนะนำข้อมูลจากภาพ 1 ประกอบด้วย 1) ชุดข้อมูลจากฐานข้อมูล 2) อัลกอริทึม และเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องจักร จะเป็นขั้นตอนวิธีการที่ใช้ในการสร้างระบบแนะนำข้อมูล และ 3) การนำเสนอหรือการแนะนำข้อมูล (Netflix Prize, 2019) โดยมีกระบวนการทำงานจะเริ่มต้นจากนำชุดข้อมูลจากฐานข้อมูล เช่น ชุดข้อมูลรายการหนังสือ ชุดข้อมูลรายการสินค้า ชุดข้อมูลการสั่งซื้อสินค้า ชุดข้อมูลทางการศึกษา เช่น ข้อมูลผู้เรียนส่วนบุคคล ชุดข้อมูลบทเรียนออนไลน์ ข้อมูลคะแนนความชอบหรือความเข้าใจในบทเรียน (Rating) เป็นต้น มาวิเคราะห์เพื่อสร้างเป็นรายการข้อมูลแนะนำ (Recommendation list) โดยใช้อัลกอริทึม และเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องจักรช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล อัลกอริทึมระบบแนะนำที่นิยมนำมาใช้ในปัจจุบันมี 3 อัลกอริทึมคือ อัลกอริทึมการกรองข้อมูลเชิงร่วมมือ (Collaborative Filtering) อัลกอริทึมการกรองข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content-Based Filtering) และอัลกอริทึมการกรองข้อมูลแบบผสม (**Hybrid Method Filtering**) (Ricci, F. Eet al., (2011) และ (Jannach, D. Eet al., (2011)

การเรียนรู้ของเครื่องจักร

การเรียนรู้ของเครื่องจักร หรือ Machine Learning (ML) คือศาสตร์ที่ว่าด้วยการศึกษาและสร้างอัลกอริทึมที่สามารถเรียนรู้ข้อมูล และทำนายข้อมูลได้ (Mitchell, T. 1997) โดยอัลกอริทึมอาศัยการเรียนรู้จากโมเดลของข้อมูลนำเข้าเป็นตัวอย่างทำให้เครื่องจักรกลสามารถเรียนรู้ เข้าใจ และเครื่องจักรจะสามารถทำนายข้อมูลได้ ทั้งนี้ Mitchell, T. (1997) ได้ให้นิยามของการเรียนรู้ของเครื่องจักรไว้ว่า เราจะเรียกคอมพิวเตอร์โปรแกรมว่าได้เรียนรู้จากประสบการณ์ E เพื่อทำงาน T ได้โดยมีประสิทธิภาพ P เมื่อโปรแกรมนั้นสามารถทำงาน T ที่วัดผลด้วย P แล้วพัฒนาขึ้นจากประสบการณ์ E ซึ่งคำนิยามนี้มีข้อเสียและเป็นที่ยอมรับมากในแง่มุมมองของการดำเนินการมากกว่าความรู้สึก ทำให้เข้าใจความหมายของการเรียนรู้ของเครื่องจักรในแง่มุมมองที่ว่าเครื่องจักรจะสามารถทำงานที่มนุษย์ทำได้หรือไม่ มากกว่าแค่เครื่องจักรคิดได้หรือไม่

ปัจจุบันการเรียนรู้ของเครื่องจักรถูกแบ่งอย่างกว้างๆ ออกเป็น 3 ประเภท โดย Shalev-Shwartz, S., & Ben-David, S. (2009) ได้อธิบายตามลักษณะของข้อมูลนำเข้า หรือ ข้อมูลฝึก คือ การเรียนรู้จากข้อมูลแบบมีโครงสร้าง (Supervised Learning) เป็นการเรียนรู้แบบมีผู้สอน หรือจากข้อมูลตัวอย่างในอดีตที่เฉลยผลลัพธ์ที่ควรจะเป็นแสดงเป็นลาเบล (Label) ไว้ นำมาสอนเครื่องจักรให้ค้นหาความสัมพันธ์ และสร้างกฎทั่วไปไว้เพื่อทำนายว่าข้อมูลนำเข้าแบบนี้ แล้วจะทำให้ได้ข้อมูลส่งออกแบบใด เช่น การเรียนรู้ของเครื่องจักรในเรื่องของการสอบตก และสอบผ่านของนักเรียน โดยการนำเข้าตารางข้อมูลฝึกที่มีชื่อนักเรียน คะแนน และข้อมูลเฉลยที่มีป้ายชื่อเพื่อให้เครื่องจักรได้เรียนรู้ว่าคะแนนประมาณเท่าไรคือสอบผ่าน หรือคะแนนต่ำประมาณเท่าไรคือสอบตก ทำให้เมื่อมีข้อมูลนำเข้าใหม่เครื่องจักรก็จะสามารถทำนายได้ว่านักเรียนคนไหนบ้างที่สอบผ่าน และมีที่สอบตกเท่าใด เป็นต้น

การเรียนรู้จากข้อมูลแบบไม่มีโครงสร้าง (Unsupervised Learning) เป็นการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน หรือไม่มีข้อมูลเฉลยผลลัพธ์ใดๆ ให้เครื่องจักรได้เรียนรู้ ซึ่งเครื่องจักรต้องหาโครงสร้างของข้อมูลนำเข้าเอง โดยบอกแค่ความต้องการข้อมูลแบบใด เช่นต้องการแบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering) แต่ไม่สามารถระบุผลลัพธ์ที่จะได้ เครื่องจักรจะทำการแบ่งกลุ่มข้อมูลตามเงื่อนไขที่เราระบุเท่านั้น

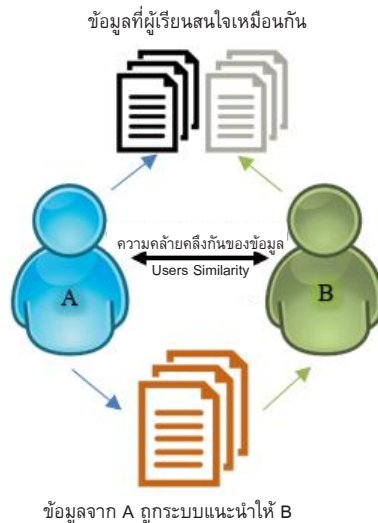
การเรียนรู้ในรูปแบบที่ใกล้เคียงกับการเรียนรู้ของมนุษย์มากที่สุด การเรียนรู้แบบเสริมแรง (Reinforcement Learning) คือเครื่องจักรมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยเครื่องจักรจะต้องทำงานบางอย่างเอง โดยที่ไม่มี “ผู้สอน” คอยบอกว่าวิธีการแบบใดจะทำให้ถึงเป้าหมาย หรือวิธีการที่ทำอยู่นั้นเข้าใกล้เป้าหมายแล้วหรือไม่ ตัวอย่างเช่น การเรียนรู้เพื่อเล่นเกมแทนมนุษย์ หรือการที่รถยนต์สามารถเคลื่อนที่เอง หรือขับขึ้นโดยอัตโนมัติ โดยเครื่องจักรจะเรียนรู้จากการกระทำหรือ Action เมื่อเครื่องจักรทำ Action ตามลำดับต่างๆ โมเดลจะให้คะแนนดี และได้รางวัล (Reward) เครื่องจักรจะเริ่มจดจำลำดับการทำ Action ที่ทำแล้วได้คะแนนดี และพยายามจะทำ Action นั้นเรื่อยๆ การที่เครื่องจักรได้รางวัลเท่ากับเป็นการสนับสนุนให้เครื่องจักรทำ Action นั้นซ้ำๆ ยิ่ง Action นั้นได้รางวัลมาก เครื่องจักรก็จะทำแบบนั้นบ่อยๆ สิ่งที่สำคัญของการเรียนรู้แบบเสริมแรงจึงคือการสร้างโมเดลการให้คะแนนที่ดีนั่นเอง

การเรียนรู้ของเครื่องจักรสำหรับระบบแนะนำทางการศึกษา

2.1 การกรองข้อมูลเชิงร่วมมือ (Collaborative Filtering)

การกรองข้อมูลเชิงร่วมมือ หรือ Collaborative Filtering (CF) เป็นเทคนิคที่นำมาใช้ในระบบแนะนำข้อมูลเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมและประสบความสำเร็จอย่างมากในปัจจุบัน (Su, X. Eet al., 2009) โดยหลักการทำงานของเทคนิคนี้คือ ผู้ใช้หรือผู้เรียนที่อยู่ในระบบ จะทำการประเมินความชอบหรือไม่ชอบต่อข้อมูล ซึ่งจะใช้ในการสร้างโปรไฟล์ของผู้เรียน และคะแนนความชอบของข้อมูลนั้น การแนะนำข้อมูลของวิธีการนี้ขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของผู้เรียนหลายๆ คนในระบบ ผู้เรียนแต่ละคนจะให้คะแนนบทเรียนหรือบริการแต่ละเรื่อง (Rating) ตามความชื่นชอบ คะแนนที่ได้นี้จะถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูลอย่างเป็นระบบ สำหรับการสร้างรายการแนะนำข้อมูลทำได้โดยการค้นหากลุ่มสมาชิกข้างเคียงหรือ(Neighbors) ที่มีประวัติความชอบในบทเรียนหรือบริการที่เหมือนกันกับผู้เรียนเป้าหมาย นำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อใช้ในการแนะนำบทเรียนหรือบริการที่อาจจะตรงกับความต้องการของผู้เรียนเป้าหมายต่อไป ถึงแม้เทคนิคนี้จะนิยมใช้ในระบบให้คำแนะนำข้อมูล แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความเบาบางของข้อมูล (Sparsity) ซึ่งหากผู้เรียนให้คะแนนสินค้าหรือบริการเพียงไม่กี่ชนิดหรือบางบทเรียนอาจทำให้เกิดลักษณะข้อมูลที่ว่างอยู่จำนวนมากจะทำให้ประสิทธิภาพในการเรียนรู้

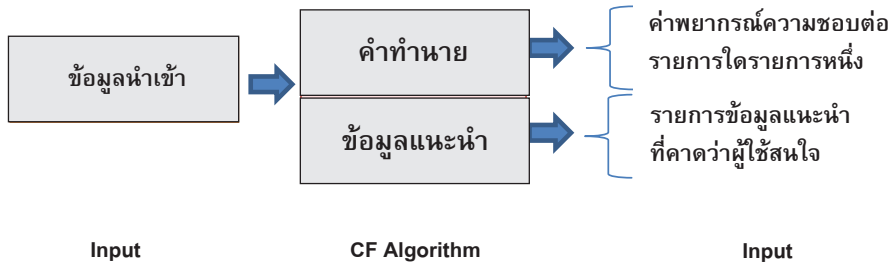
ของระบบเพื่อสร้างข้อมูลแนะนำลดลง หรือมีความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลแนะนำที่น้อยลงนั่นเอง หรือถ้าพบว่ามีผู้เรียนในบทเรียนหรือบริการนั้นที่ต้องการแนะนำมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ระยะเวลาในการทำนายเพื่อจัดทำข้อมูลแนะนำใช้เวลามากตามไปด้วย ซึ่งจะส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานได้



ภาพ 2 การกรองข้อมูลเชิงร่วมมือ (Collaborative Filtering)

การทำงานของเทคนิค Collaborative Filtering มีขั้นตอนการทำงาน 3 ส่วน คือ การหาความคล้ายคลึงกันของข้อมูล (Similarity Computation) การทำนาย (Prediction) และการสร้างรายการแนะนำ (Recommendation) ยกตัวอย่างดังภาพที่ 1 การเรียนรู้จาก ผู้เรียน A ที่มีลักษณะความคล้ายคลึงกันของข้อมูล หรือความชอบ เช่น ถ้าผู้เรียน A ชอบ หรือสามารถทำความเข้าใจในบทเรียนที่ 1, 2, และ 3 ได้ดีทำคะแนนหรือให้คะแนน ความพึงพอใจต่อบทเรียนนั้นๆ ส่วนผู้เรียน B ชอบหรือสามารถทำความเข้าใจในบทเรียนที่ 1, 2, และ 4 ได้ดีทำคะแนนหรือให้คะแนนความพึงพอใจต่อบทเรียนนั้นๆ เช่นเดียวกัน จะพบว่าผู้เรียน 2 คนนี้ชอบและเข้าใจในบทเรียนที่ 1 และ 2 เช่นเดียวกัน ซึ่งเราอาจจะทำนาย ได้ว่าผู้เรียน A อาจจะชอบและเข้าใจในบทเรียนที่ 4 เช่นเดียวกับผู้เรียน B หรืออาจจะ ทำนายได้อีกว่าผู้เรียน B อาจจะชอบและเข้าใจในบทเรียนที่ 3 เช่นเดียวกับผู้เรียน A

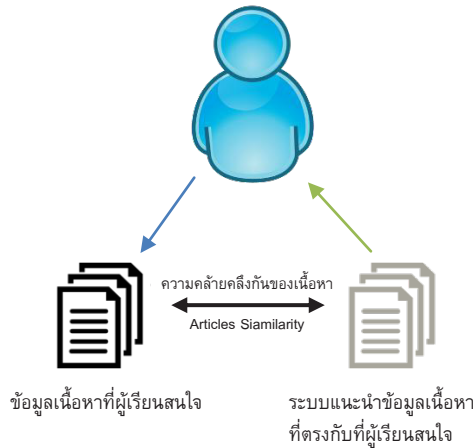
ก็เป็นได้ ระบบสามารถนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการสร้างระบบแนะนำบทเรียนแก่ผู้เรียนได้
 ดังแสดงกระบวนการในการทำงานของระบบโดยใช้อัลกอริทึมการกรองข้อมูลเชิงร่วมมือ



ภาพ 3 กระบวนการทำงานของการกรองข้อมูลเชิงร่วมมือ (Collaborative Filtering)

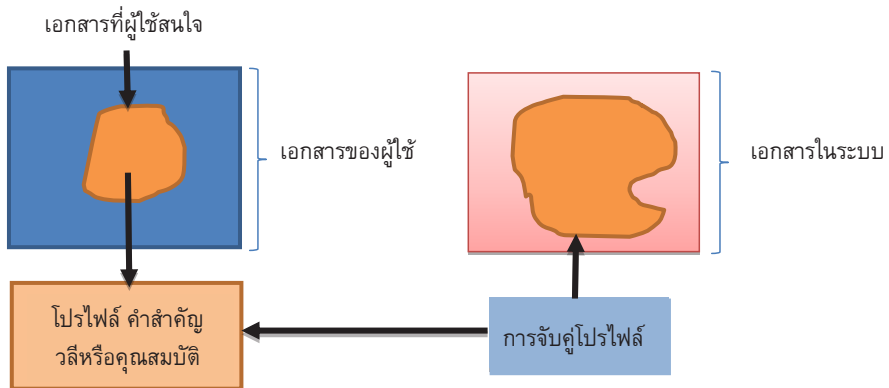
2.2 การกรองข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content-Based Filtering)

การกรองข้อมูลเชิงเนื้อหา หรือ Content-Based Filtering (CBF) เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการค้นคืนข้อมูลที่ทำให้ความสนใจกับคุณภาพของเนื้อหาข้อมูลเป็นหลัก โดยจะสนใจว่าลักษณะข้อมูลนั้นตรงตามโปรไฟล์ของผู้ใช้หรือผู้เรียนหรือไม่ ซึ่งถ้าใช่หรือตรงกันก็จะนำเสนอข้อมูลนั้นทันที แต่ถ้าไม่ใช่ก็จะไม่นำเสนอข้อมูลแก่ผู้เรียนถึงแม้จะมีลักษณะข้อมูลที่ใกล้เคียงกับข้อมูลที่ใช้ต้องการก็ตาม (Sakulnuy, W, 2012)



ภาพ 4 การกรองข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content-Based Filtering)

การทำงานของเทคนิคการกรองข้อมูลเชิงเนื้อหาดังแสดงในภาพที่ 4 นั้นมีขั้นตอนการทำงานคือ การหาความคล้ายคลึงกันระหว่างเอกสารกับโปรไฟล์ของผู้ใช้ โดยนำเนื้อหาของข้อมูล เช่น คำสำคัญ (Keywords), วลี (Phrases) หรือคุณลักษณะ (Feature) มาสร้างโปรไฟล์ของผู้ใช้แต่ละคน เพื่อค้นหาข้อมูลที่ใช้คนนั้นสนใจ



ภาพ 5 กระบวนการทำงานของการกรองข้อมูลเชิงเนื้อหา Content-Based Filtering (Sakulnuy, W, 2012)

2.3 การกรองข้อมูลแบบผสม (Hybrid Method Filtering)

ระบบกรองข้อมูลแบบผสมหรือ **Hybrid Method Filtering** (Burke, R. 2002) เป็นเทคนิคที่ใช้ในระบบแนะนำข้อมูล โดยใช้จากหลายๆ เทคนิคมารวมกัน จะรวมเอาสองระบบข้างต้นมาทำงานช่วยกัน ระบบแบบผสมนี้ไม่มีขั้นตอนตายตัว ขึ้นอยู่กับผู้พัฒนาจะนำไปประยุกต์ใช้งานตามลักษณะของปัญหาหรือข้อมูลที่เกิดขึ้น โดยการใช้ข้อมูลจำนวนมากภายในระบบที่มีลักษณะความใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกันกับผู้เรียน เช่น ความชื่นชอบ รูปแบบพฤติกรรม หรือกิจกรรมของผู้ร่วมเรียนคนอื่นในระบบ จะเรียกระบบแนะนำแบบกรองข้อมูลผู้เรียนร่วมเชิงร่วมมือ (User based collaborative filtering recommender system) และการใช้ข้อมูลคุณสมบัติความใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกันของวัตถุหรือสิ่งอื่นในระบบ จะเรียกระบบแนะนำแบบกรองข้อมูลวัตถุร่วมเชิงร่วมมือ (Item based collaborative filtering recommender system)

ตัวอย่างการประยุกต์ระบบแนะนำในงานด้านการศึกษา

ระบบการแนะนำภาควิชาที่เหมาะสมให้กับนิสิตชั้นปีที่ 1 แต่ละคนของ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Waiyamai, K. et al., 2001) จากปัญหาที่นิสิตวิศวกรรมศาสตร์ เมื่อขึ้นชั้นปีที่ 2 จะต้องเลือกภาควิชาเฉพาะ เช่น ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ หรือภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า นิสิตส่วนใหญ่มักเลือกภาควิชาที่ไม่ตรงตามความถนัดหรือความสามารถ เนื่องจากอาจใช้คำแนะนำจากผู้ปกครอง รุ่นพี่ หรือเลือกตามเพื่อน ทำให้เมื่อเข้าไปเรียนจริงพบว่าไม่ตรงตามความถนัด ส่งผลกระทบต่อการเรียน และผลการเรียนที่อาจจะตกต่ำจนทำให้ในที่สุด เพื่อแก้ปัญหานี้อาจารย์และนิสิตระดับปริญญาโทได้ทำการพัฒนาระบบแนะนำโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องจักรที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ เพื่อสร้างระบบแนะนำภาควิชาที่เหมาะสมให้กับนิสิตแต่ละคน โดยวิธีการสร้างโมเดลการจำแนกประเภทของข้อมูลสำหรับแต่ละภาควิชาใช้เพื่อพิจารณาว่านิสิตแต่ละคนเหมาะสมกับภาควิชานั้นๆ หรือไม่ เป็นแนวทางในการประกอบการตัดสินใจซึ่งพบว่าระบบแนะนำนี้สามารถช่วยพัฒนาคุณภาพการศึกษาของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ได้

Recommender system for predicting student performance (Thai-Nghe, N. Eet al., (2010) ได้พัฒนาระบบแนะนำเพื่อการทำนายผลการเรียนของนักเรียน โดย

ใช้เทคนิคกรองข้อมูลเชิงร่วมมือ หรือ Collaborative Filtering กับข้อมูลทางการศึกษาจากระบบ E-learning เช่น ข้อมูลส่วนตัวของผู้เรียน (Learner Database) ข้อมูลบทเรียน (Course Database) เป็นต้น มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล และค้นหารูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยการจับคู่ข้อมูลทางการศึกษา กับข้อมูลผู้เรียน และนำเสนอรายการข้อมูลแนะนำที่เหมาะสมกับผู้เรียน พบว่าระบบสามารถแนะนำและทำนายผลการเรียนของนักเรียนได้

Measuring learner's performance in e-learning recommender systems (Ghauth, K. Eet al., (2010) งานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนที่ใช้ระบบการเรียนแบบอีเลิร์นนิ่ง ซึ่งมีการพัฒนาระบบอีเลิร์นนิ่งให้มีระบบการแนะนำบทเรียน และสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียน โดยผู้วิจัยได้นำเสนอกรอบแนวคิดของระบบผู้แนะนำอีเลิร์นนิ่งใหม่ที่ใช้การกรองตามเนื้อหา และการจัดอันดับของผู้เรียนที่มีผลการเรียนรู้ที่ดี เพื่อแนะนำสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนที่ใช้ระบบแนะนำอีเลิร์นนิ่งที่ผู้วิจัยได้นำเสนอนั้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอย่างมากในการทดสอบหลังเรียน ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าระบบผู้แนะนำอีเลิร์นนิ่งมีเปอร์เซ็นต์การได้รับคะแนนสูงสุดจากผลคะแนนการทดสอบก่อนเรียนไปจนถึงคะแนนการทดสอบหลังเรียน

ระบบแนะนำการเลือกสาขาเพื่อศึกษาต่อระดับอาชีวศึกษา กรณีศึกษาวิทยาลัยสารพัดช่างระยอง (Nusamein, S. (2011) ได้พัฒนาระบบแนะนำการเลือกสาขาเพื่อศึกษาต่อระดับอาชีวศึกษา โดยใช้เทคนิคการคัดกรองข้อมูลแบบผสมระหว่างการคัดกรองข้อมูลแบบอิงเนื้อหากับการคัดกรองข้อมูลแบบพึ่งพาผู้ใช้ร่วม กรณีศึกษาวิทยาลัยสารพัดช่างระยอง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกสาขาเพื่อให้ตรงตามความถนัดและความสามารถ ซึ่งพบว่าระบบแนะนำนี้สามารถใช้งานได้จริง และเกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้งานอย่างมาก

A student-centered hybrid recommender system to provide relevant learning objects from repositories (Rodríguez, P.A.Eet al.,(2015) งานวิจัยนี้นำเสนอระบบผู้แนะนำที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางปรับการค้นหาเนื้อหา หรือบทเรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ตรงกับความต้องการ หรือความชอบของนักเรียน โดยใช้เทคนิคแบบไฮบริดที่ได้รวมเอา 3 เทคนิคคือ content-based, Collaborative และ knowledge-based

เข้ามาประยุกต์ใช้ร่วมกัน หลักการทำงานของระบบคือนำจุดประสงค์การเรียนรู้มาสร้างคำอธิบายและจัดเก็บเป็นเมทาดาทา นอกจากนี้ ยังมีการจัดเก็บโปรไฟล์นักเรียน พร้อมข้อมูลส่วนตัว ความชอบ และรูปแบบการเรียนรู้ ระบบจะนำข้อมูลทั้งหมดมาประมวลผลโดยใช้เทคนิคแบบไฮบริดมาพัฒนาระบบผู้แนะนำโดยสามารถค้นหาเนื้อหา หรือสื่อการศึกษาที่ปรับให้เข้ากับความต้องการของนักเรียนและลักษณะของพื้นฐานความรู้ตามเกณฑ์ที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยจากกรณีศึกษานี้พบว่าระบบสามารถแสดงผลลัพธ์ในแง่ของความเกี่ยวข้องของเนื้อหา และสื่อการเรียนรู้ได้แม่นยำซึ่งจะช่วยในการปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนได้

An automated recommender system for course selection (Al-Badarenah, A., Eet al., (2016) นำเสนอระบบแนะนำอัตโนมัติสำหรับการเลือกหลักสูตร โดยงานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการกรองข้อมูลเชิงร่วมมือเพื่อแนะนำหลักสูตร และวิชาเลือกให้กับนักเรียน และยังใช้เทคนิคในการหาความสัมพันธ์ในการทำเหมืองข้อมูล หรือ Association rule mining เพื่อสร้างกฎการเชื่อมโยงของหลักสูตร ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลด้วยการหาค่า Precision และ Recall เพื่อประเมินประสิทธิภาพ

A collaborative filtering based model for recommending graduate schools (Iyengar, M., ET et al., (2017) งานวิจัยนี้นำเสนอระบบแนะนำมหาวิทยาลัยเพื่อศึกษาต่อสำหรับการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา โดยพิจารณาจากโปรไฟล์ของนักศึกษาแบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ทำนาย และแนะนำมหาวิทยาลัยชั้นนำโดยอิงตามโปรไฟล์ ผู้ใช้ระบบที่จะประกอบด้วยข้อมูลคะแนนระดับปริญญาตรี คะแนนสอบมาตรฐานระดับบัณฑิต GRE หรือ GMAT รวมทั้งคะแนนการสอบอื่นๆ เช่น คะแนนความสามารถทางภาษาอังกฤษ TOEFL ประสบการณ์ทางด้านงานวิจัย การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย และประสบการณ์การทำงาน หรือโครงการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลจะถูกรวบรวมจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายนำเข้าสู่แบบจำลองที่ใช้เทคนิคการกรองข้อมูลเชิงร่วมมือ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการค้นหาเพื่อสร้างระบบแนะนำ ผลการวิจัยพบว่าระบบแนะนำสามารถแสดงผลลัพธ์เป็นรายการของมหาวิทยาลัยที่เหมาะสมและสัมพันธ์กับโปรไฟล์ของบุคคลนั้นซึ่งสามารถเข้าศึกษาต่อได้

Branched learning paths for the recommendation of personalized sequences of course items (Krauss, C., Eet al., (2018) การสร้างเส้นทางการเรียนรู้

ส่วนบุคคลสำหรับนักเรียน โดยใช้ระบบผู้แนะนำเพื่อแนะนำบทเรียน และสื่อการเรียนรู้ รวมถึงแนะนำเส้นทาง หรือลำดับของบทเรียนที่นักเรียนควรเรียน แต่เนื่องจากลำดับการเรียนรู้ถูกออกแบบมาตามหลักสูตรที่ถูกกำหนดไว้ งานวิจัยนี้มีแนวคิดที่ว่า การให้ทางเลือกผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญ จึงได้นำเสนอระบบแนะนำที่ใช้วิธีการสร้างเส้นทางการเรียนรู้ส่วนบุคคลผ่านเครือข่ายความรู้ โดยเทคนิคการกรองข้อมูลเชิงร่วมมือ ใช้การพิจารณาจากข้อมูลของพื้นที่ที่ผู้เรียนอยู่ เวลาที่ร้องขอและแนะนำเส้นทางความรู้อื่นๆ ทำการจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ที่ต้องการและเหมาะสมให้กับผู้เรียนได้เลือก งานวิจัยได้เปรียบเทียบกับ การเรียนรู้ตามหลักสูตร หรือในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน ระบบแนะนำนี้สามารถให้ความแม่นยำของข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ดี

ตัวอย่างการประยุกต์ระบบแนะนำในงานด้านอื่น ๆ

Netflix เป็นผู้ให้บริการด้านความบันเทิงทางอินเทอร์เน็ตชั้นนำของโลก มีสมาชิกมากกว่า 148 ล้านคนใน 190 ประเทศ การให้บริการความบันเทิงเช่น ละครโทรทัศน์ สารคดี หรือภาพยนตร์ในหลากหลายประเภทและหลายภาษา มีประเภทภาพยนตร์ที่ให้ผู้ให้บริการหรือสมาชิกเลือกมากกว่า 3000 เรื่อง สมาชิกสามารถรับชมได้มากเท่าที่ต้องการทุกที่ ทุกเวลาผ่านการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เนื่องจากจำนวนภาพยนตร์ในบริษัทมีจำนวนมาก ทำให้สมาชิกมีความลำบากในการเลือกเรื่องที่ต้องการชม ซึ่งจะพบว่าสมาชิกส่วนใหญ่เลือกชมเฉพาะเรื่องที่คนนิยมมากที่สุด และเรื่องที่ไม่ค่อยมีคนนิยมก็จะมีคนสนใจ ทั้งเรื่องของการตลาดที่ต้องแข่งขันทั้งทางด้าน การให้ด้านความบันเทิงทางอินเทอร์เน็ต การดาวน์โหลดภาพยนตร์หรือวิดีโอในปัจจุบันกลายเป็นปัญหาสำคัญสำหรับธุรกิจประเภทนี้ Netflix ได้นำระบบแนะนำที่มีชื่อว่า Cinematch เข้ามาใช้ หลักการทำงานคือการเดาใจสมาชิกว่าอยากชมภาพยนตร์เรื่องอะไรต่อไป โดยพิจารณาจากคะแนนที่สมาชิกได้ให้ไว้ในภาพยนตร์แต่ละเรื่องที่สมาชิกได้เคยดูไปแล้ว ซึ่งความยากของระบบคือประเภทของภาพยนตร์ที่มีมากมาย และแต่ละประเภทก็มีรายละเอียดที่ซับซ้อนยากต่อการเดาใจสมาชิกให้แม่นยำ แต่จากการนำระบบแนะนำเข้ามาใช้ทำให้พบว่ามีส่วนช่วยในการเพิ่มยอดการรับชมและการต่ออายุสมาชิกได้มากขึ้น

Amazon.com ซึ่งเป็นเว็บไซต์ขายสินค้าที่มีชื่อเสียงระดับโลก ได้ใช้หลักระบบแนะนำสินค้าภายในเว็บไซต์เช่นกัน โครงสร้างของเว็บไซต์ที่มีการแสดงสินค้าหรือหนังสือ

แต่ละเล่มให้รายละเอียดของข้อมูลด้วยคำอธิบาย เมื่อลูกค้าค้นหาสินค้าที่ต้องการ ระบบจะแสดงข้อมูลของสินค้านั้นๆ พร้อมทั้งข้อมูลของสินค้าอีกหลากหลายประเภทที่มีคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสินค้าที่ลูกค้าต้องการ โดยระบบแนะนำใน Amazon.com นั้นจะแยกข้อมูลเป็นสองรายการ คือสินค้าแนะนำที่มีการซื้อบ่อยจากประวัติการเลือกซื้อสินค้าของลูกค้า และข้อมูลสินค้าอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

บทสรุป

ระบบแนะนำเมื่อนำเทคนิควิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักรเข้ามาผสมผสานทำงานร่วมกัน สามารถใช้วิเคราะห์ข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจ สังคม หรือทางการศึกษา ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่มีอยู่อย่างมหาศาลได้จริง และสามารถพัฒนาต่อยอดไปในด้านต่างๆ ทั้งการค้นหาคำตอบที่ซ่อนอยู่ในข้อมูล รูปแบบหรือความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เป็นจุดเริ่มต้นความรู้ใหม่ๆ หรือเทคโนโลยีใหม่ในอนาคตได้ การพัฒนาให้ระบบมีความเหมาะสมแม่นยำถูกต้อง และรวดเร็วภายใต้เงื่อนไขของความหลากหลายของข้อมูล และแนวโน้มจำนวนข้อมูลที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ต่างกันจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ ในอนาคตเมื่อเทคโนโลยีถูกพัฒนาอย่างไม่สิ้นสุด เทคนิคการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนก็จะถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นตามไปด้วยส่งผลต่อพัฒนาการทางด้านต่างๆ ของมนุษย์ให้ดียิ่งขึ้นตามไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

- Al-Badarenah, A., & Alsakran J. (2016). An Automated Recommender System for Course Selection. **(IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, 7(3), 166-175.
- Ayday, E., & Fekri, F. (2010). A Belief Propagation Based Recommender System for Online Services. **Paper presented at the Proceedings of the 2010 ACM conference on Recommender Systems**, 217-220.
- Bakshi, S., Jagadev, A.K., Dehuri, S., & Wang, G.N. (2014). Enhancing scalability and accuracy of recommendation systems using unsupervised learning and particle swarm optimization: **Applied Soft Computing**, 15, 21-29.

- Burke, R. (2002). Hybrid recommender systems: survey and experiments. **User Model. User-adapt.Interact.** 12, 331–370.
- Krauss, C., Salzmann A., & Merceron A. (2018). Branched Learning Paths for the Recommendation of Personalized Sequences of Course Items. **The 16th E-Learning Symposium on Computer Science (DeLFI 2018) of the E-Learning Section of the German Informatics Society (Gesellschaft fuer Informatik)**. Frankfurt, Germany.
- Duwairi, R., & Ammari, H. (2016). An enhanced CBAR algorithm for improving recommendation systems accuracy: **Simulation Modelling Practice and Theory.** 60, 54-68.
- Ghauth, K., & Abdullah, N. (2010). Measuring Learner's Performance In E-Learning Recommender Systems. **Australaian Journal of Educational Technology.** 26(6), 764-774.
- Iyengar, M., Sarkar, A., & Singh, S. (2017). A Collaborative Filtering based model for recommending graduate schools. **7th International Conference on Modeling, Simulation, and Applied Optimization, ICMSAO 2017. Sharjah, United Arab Emirates: IEEE.** 1-5.
- Jannach, D., Zanker, M., Felfernig, A. & Friedrich, G. (2010). **Recommender Systems an Introduction**. New York: Cambridge University.
- Mitchell, T. (1997). Machine Learning, **McGraw Hill**.
- Moradi, P., & Ahmadian, S. (2015). A reliability-based recommendation method to improve trust - aware recommender systems: **Expert Systems with Applications.** 42(21), 7386-7398.
- NetflixPrize, Retrieved 10 April 2019, from <http://www.netflixprize.com/>
- Nusamein S. (2011). **A recommendation system to aid branches of vocational education using a hybrid content-based and collaborative filtering: a case study of Rayongpoly Technical College**. Master's thesis of Science. Thailand: The Central Library of KMUTNB.

- Ricci, F., Rokach, L., Shapira, B., & Kentor, P. B. (2011). **Recommender Systems Handbook**. (1st ed). United state: Springer.
- Rodríguez, P. O., Ovalle, D.A., & Duque, N.D. (2015). A Student-Centered Hybrid Recommender System to Provide Relevant Learning Objects from Repositories. **Springer International Publishing, Switzerland**. 291-300.
- Sakulnuy W. (2012). **The Development and Analysis Online Computer Books Recommendation System Using Content-Based Filtering**. (In Thai). Retrieved 8 January 2019, from http://www.rpu.ac.th/Library_web/doc/RC_RR/2554_ComBus_Walainush.pdf
- Shalev-Shwartz, S., & Ben-David, S. (2009). **Understanding Machine Learning**. doi:10.1017/cbo9781107298019
- Su, X., & Khoshgoftaar, T. M. (2009). A Survey of Collaborative Filtering Techniques: **Advances in Artificial Intelligence**, 2009, 19.
- Thai-Nghe, N., Drumond, L., Krohn-Grimberghe, A., & Schmidt-Thieme, L. (2012). Recommender System for Predicting Student Performance: **1st Workshop on Recommender Systems for Technology Enhanced Learning**. 1, 2811-2819.
- Waiyamai, K., Songsiri, C. & Rakthanmanon, T. (2001). Data Mining Techniques for Developing Education in Engineering Faculty. (in Thai). **NECTEC Technical Journal**, 3(11), 134-142.