

# กรอบการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้เรียนสำหรับกระบวนการเรียนบทเรียนออนไลน์ ด้วยการใช้เหมืองกระบวนการ

## Student Behavioral Analysis Framework for Online Learning Processes using Process Mining

วิชิตา ตุงค์ษฐาน<sup>1</sup> จิรพันธ์ ศรีสมพันธ์<sup>2</sup> และ สรเดช ครุฑจ้อย<sup>3</sup>

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail: phavee.tan@gmail.com<sup>1</sup>, jiraphan.s@fte.kmutnb.ac.th<sup>2</sup>, soradech.k@fte.kmutnb.ac.th<sup>3</sup>

### บทคัดย่อ

หลักสูตรการเรียนรู้ออนไลน์แบบดั้งเดิม กระบวนการเรียนรู้ออนไลน์ทั้งหมดถูกกำหนดโดยผู้สอน ในขณะที่ผู้เรียนถูกคาดหวังว่าจะทำหรือดำเนินกิจกรรมตามบทเรียนที่ได้ทำการออกแบบไว้ล่วงหน้า ดังนั้นการวิเคราะห์พฤติกรรมที่แท้จริงของผู้เรียนในขณะที่ใช้บทเรียนออนไลน์นั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพราะการค้นพบพฤติกรรมดังกล่าวสามารถเชื่อมโยงผลการเรียนรู้ออนไลน์ของผู้เรียนได้โดยตรง และอาจเป็นประโยชน์ไม่น้อยไปกว่าการสร้างเนื้อหาบทเรียนที่มีคุณภาพเช่นกัน บทความนี้จึงนำเสนอกรอบแนวคิดในการสำรวจ และวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เรียนผ่านกระบวนการและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ออนไลน์ โดยใช้เครื่องมือและเทคนิคการทำเหมืองกระบวนการ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่อุบัติใหม่ เพื่อนำมาวิเคราะห์กระบวนการที่เกิดขึ้นจริงระหว่างการใช้บทเรียนในบันทึกเหตุการณ์ของระบบ โดยในบทความนี้กรอบแนวคิดการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้เรียนของบทเรียนออนไลน์ซึ่งผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแล้วจะถูกนำเสนอและอธิบายในละเอียดของแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งรวมไปถึงอัลกอริทึมของการทำเหมืองกระบวนการวิเคราะห์พฤติกรรมจริงของผู้เรียนในสภาพแวดล้อม การตั้งค่าและสถานการณ์จริงของการ

ใช้ระบบการเรียนรู้ออนไลน์ นอกจากนี้ยังได้นำเสนอกรณีศึกษาในการประยุกต์ใช้งานกับผู้เรียนจริงบนพื้นฐานของกรอบแนวคิดที่นำเสนอ

### Abstract

In traditional online learning courses, the learning process is mostly predetermined by the instructor while learners are expected to do/perform activities in accordance with the designed lessons. Therefore, the discovery and analysis of such behaviors, which may have a direct impact on the students' learning outcome, is as crucial and important as creating quality lesson materials and contents. This paper presents a conceptual framework to investigate and study the learners' behavior through online learning processes and environments by applying process mining tools and techniques, which is an emerging technology aimed to analyze actual processes in the event log of information systems. The proposed conceptual framework in this study has been initially evaluated by experts, and has been presented

and explained in detail, while the main emphasis is on how the process mining algorithms can be used for analysis of the learners' behavior in authentic/real-life settings, situations and scenarios. In addition, the case study is presented in real applications based on the proposed framework.

## 1. บทนำ

ในโลกยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันอย่างมากมาย ทางด้านการศึกษา ก็มีการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตและสารสนเทศเข้ามาใช้จัดการเรียนการสอน ตัวอย่างเช่น บทเรียนออนไลน์ หรือ e-learning ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ซึ่งระบบการเรียนรู้ออนไลน์ส่วนใหญ่มุ่งเน้นการปรับปรุงคุณภาพเนื้อหาของการเรียนรู้เป็นหลัก การเพิ่มกิจกรรมในระหว่างการเรียนรู้หรือเพิ่มจำนวนครั้งของการโต้ตอบปฏิสัมพันธ์ การสื่อสารระหว่างผู้เรียนและการเรียนรู้ร่วมกันผ่านสื่อสังคมออนไลน์ นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพของบทเรียนด้วยการปรับเนื้อหาบทเรียนแบบอัตโนมัติที่สอดคล้องกับผลการทดสอบแต่ละบทเรียนเพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ดีขึ้น โดยประสิทธิภาพของบทเรียนวัดด้วยวิธีการเปรียบเทียบผลคะแนนการทดสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียน ทั้งนี้บทเรียนที่มีคุณภาพคือบทเรียนที่ทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น คือมีผลคะแนนทดสอบหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน แต่ถึงแม้บทเรียนจะผ่านกระบวนการออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพแล้วตาม ยังมีผู้เรียนจำนวนมากที่ไม่บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งอาจเกิดจากตัวผู้เรียน

เอง เช่น การใช้เวลากับบทเรียนน้อยเกินไป ผู้เรียนไม่ได้เข้าไปศึกษาเนื้อหาก่อนการทำแบบทดสอบ หรืออาจเกิดจากกระบวนการเรียนของผู้เรียนไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ ดังนั้นกระบวนการที่เกิดขึ้นจริงในระหว่างการใช้บทเรียนเป็นสิ่งที่จะบอกเรื่องราวต่างๆ ได้เป็นอย่างดี จึงเป็นที่มาของการนำเทคนิค "เหมืองกระบวนการ (process mining)" เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และพัฒนาบทเรียนออนไลน์ให้เหมาะสมกับการและตรงกับพฤติกรรมจริงของผู้เรียนมากขึ้น ทั้งนี้เหมืองกระบวนการเป็นเทคโนโลยีอุบัติใหม่ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้วิเคราะห์กระบวนการที่เกิดขึ้นจริงจาก "บันทึกเหตุการณ์ (event logs)" ซึ่งการทำเหมืองกระบวนการจะนำเอาบันทึกเหตุการณ์ที่เก็บไว้ มาผ่านกระบวนการวิเคราะห์ ตามกระบวนการของเหมืองข้อมูล (data mining) ไม่เพียงแต่ช่วยให้องค์กรได้รับประโยชน์จากข้อมูลที่เก็บไว้ในระบบเท่านั้น แต่ยังสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของกระบวนการของระบบที่ออกแบบกับพฤติกรรมการใช้งานจริง สามารถตรวจสอบกระบวนการที่เกิดข้อผิดพลาดและคาดการณ์ปัญหาในการดำเนินการได้ [1] จากประโยชน์ของเทคนิคการทำเหมืองกระบวนการที่สามารถวิเคราะห์กระบวนการของระบบสารสนเทศได้ ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอรูปแบบของกรอบการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้เรียนสำหรับกระบวนการเรียนบทเรียนออนไลน์ด้วยการใช้เหมืองกระบวนการ เพื่อศึกษาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงของผู้เรียนเมื่อใช้บทเรียนออนไลน์ โดยใช้เทคนิคเหมืองกระบวนการเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์หาลักษณะเด่นของข้อมูลกระบวนการเรียนที่ถูกบันทึกเหตุการณ์ไว้ในฐานข้อมูล อีกทั้งยังสามารถเปรียบเทียบพฤติกรรมของผู้เรียนที่สอบผ่าน

และไม่ผ่านนั้นมีลักษณะการใช้บทเรียนแตกต่างกัน หรือไม่ว่าผู้เรียนให้ความสนใจในสื่อบทเรียน รูปแบบใดเป็นพิเศษ หรือพบกระบวนการเรียนของผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีและส่งผลให้ผู้เรียนกลุ่มอื่นสามารถบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้เร็วขึ้น แล้วนำผลลัพธ์ไปปรับปรุงเนื้อหา สื่อที่ใช้ กิจกรรมของบทเรียน และกระบวนการเรียนให้สอดคล้องกับพฤติกรรมจริง หรือปรับปรุงเส้นทางการเรียนรู้ที่เหมาะสมให้กับผู้เรียนมากขึ้น นำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ในระยะเวลาที่สั้นลง โดยกรอบแนวคิดสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เรียนในการใช้บทเรียนออนไลน์ที่นำเสนอมีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ 1) บทเรียนออนไลน์ (online learning) 2) ฐานข้อมูลเก็บบันทึกเหตุการณ์ (event logs) พฤติกรรมของผู้เรียน และ 3) ส่วนวิเคราะห์กระบวนการด้วยเทคนิคเหมืองกระบวนการ ซึ่งทั้ง 3 ส่วนนี้ได้ผ่านกระบวนการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้งทางด้านการศึกษาและทางด้านเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศและการทำเหมืองกระบวนการ เพื่อเป็นหลักประกันว่ากรอบที่นำเสนอมีคุณภาพและสามารถนำไปพัฒนาเพื่อปรับปรุงคุณภาพของบทเรียนออนไลน์รวมถึงเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ได้รวดเร็วขึ้น ซึ่งส่วนที่จะกล่าวต่อไปในบทความมีดังนี้ หัวข้อที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเหมืองกระบวนการ หัวข้อที่ 3 นำเสนอกรอบแนวคิดการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้เรียนในกระบวนการเรียนบทเรียนออนไลน์ด้วยเหมืองกระบวนการ หัวข้อที่ 4 นำเสนอกรณีศึกษา หัวข้อที่ 5 ผลการประเมินกรอบแนวคิดที่นำเสนอ และนำเสนอผลสรุปในหัวข้อที่ 6

## 2. บทความวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทความแรกที่นำเสนอเกี่ยวกับเหมืองกระบวนการ (Process Mining) ปรากฏขึ้นในปี ค.ศ. 1995 เมื่อ Cook และคณะ [1-5] เริ่มทำแบบจำลองกระบวนการจากบันทึกเหตุการณ์ในโดเมนของวิศวกรรมซอฟต์แวร์ โดยพวกเขาเรียกว่าการค้นพบกระบวนการ หลังจากนั้นได้มีการนำเหมืองกระบวนการมาประมวลผลทางธุรกิจเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1998 โดย Agrawal และคณะ [6] เรียกว่าการทำเวิร์กโฟลว์ (Workflow) ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมามีนักวิจัยหลายกลุ่มได้มุ่งเน้นการทำเหมืองกระบวนการโดยมีการนำเสนอแบบจำลองต่าง ๆ มากมาย เช่น [7-14] ซึ่งปัจจุบันเหมืองกระบวนการได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายสาขา รวมถึงด้านการศึกษาด้วย โดยมีลำดับความเป็นมาดังนี้

Cook และคณะ [1-5] เป็นกลุ่มแรกที่นำเสนอกำทำเหมืองกระบวนการ ซึ่งวิธีการหลักที่นำเสนอเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ๆ คือไม่ได้มุ่งไปที่การทำให้ได้มาซึ่งแบบจำลองรูปแบบที่สมบูรณ์และถูกต้อง แต่พยายามหาแบบจำลองที่แสดงรูปแบบที่พบบ่อยที่สุดในข้อมูลที่บันทึกไว้ หรือที่เรียกว่า logs โดยในบทความฉบับแรกของพวกเขาได้ปรับปรุงวิธีการเดิมรวมถึงพัฒนาอัลกอริทึมใหม่เพื่อสำรวจรูปแบบของลำดับต่อเนื่องของแต่ละกระบวนการจากไฟล์ข้อมูลที่บันทึกเหตุการณ์ในโดเมนซอฟต์แวร์ (software development domain) รูปแบบเหล่านี้ถูกนำเสนอในชื่อว่า Finite State Machines (FSMs) [1, 3, 5] โดยกลุ่มของ Cook ได้นำเสนอ 3 อัลกอริทึม ได้แก่ RNet, KTail และ Markov อย่างไรก็ตามมีเพียงหนึ่งวิธีการเท่านั้นคือ Markov ที่ถูกพัฒนาใหม่ ส่วนอีกสอง

อัลกอริทึมได้แก่ RNet และ KTail เป็นวิธีการที่มีอยู่แล้วแต่ Cook และคณะได้พัฒนาต่อยอดเพิ่มขึ้นไปอีก Agrawal และคณะ [6] คือกลุ่มนักวิจัยกลุ่มแรกที่นำเสนอการประยุกต์ใช้เหมืองกระบวนการกับงานทางด้านธุรกิจ โดยได้นำไปทดลองใช้กับผลิตภัณฑ์ของ IBM ที่ชื่อว่า IBM's MQ Series workflow product ในขั้นตอนของการทำเหมืองนั้น Agrawal และคณะ อนุมานว่าข้อมูลที่ได้จากการบันทึกเหตุการณ์ มีงานขนาดเล็ก (atomic tasks) อยู่เต็มไปหมด แบบจำลองที่ได้ไม่เพียงแต่พิจารณาจากงานที่ A ที่เกิดขึ้นถัดจาก B แต่ยังขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงจากงานหนึ่งไปยังอีกงานหนึ่งด้วย เช่น ถ้างาน A เกิดขึ้นต่อจากงาน C และ งาน C เกิดขึ้นต่อจากงาน B ดังนั้นงาน B อาจขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงจากงาน A เกิดขึ้นถัดจาก B ในกระบวนการเดียวกันก็ตาม เป็นต้น

Pinter และคณะ [13, 15] ได้พัฒนาต่อจากงานของ Agrawal และคณะ ความแตกต่างหลัก คือการพิจารณาแบ่งเป็นส่วน ๆ ที่จะต้องมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดและเป็นงานที่สมบูรณ์ ดังนั้นการตรวจสอบพร้อม ๆ กันจึงกลายเป็นเรื่องง่ายมากขึ้น อีกทั้งยังมีรูปแบบวิธีการทำเหมืองกระบวนการที่ดีขึ้นอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม Pinter และคณะ ยังไม่ได้กล่าวถึงการนำวิธีการที่นำเสนอขึ้นไปประยุกต์ใช้กับงานจริงในเรื่องใด ๆ

หลังจากที่ Cook, Agrawal และ Pinter ได้นำเสนอบทความไปแล้ว ก็ได้มีนักวิจัยหลายคน ได้พยายามนำเสนอวิธีการและอัลกอริทึมการทำเหมืองกระบวนการที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพิ่มเติมอีกมากมายซึ่งสามารถดูเพิ่มเติมได้ที่ [16] แต่ช่วงเวลา

นั้นวิธีการที่ได้รับความนิยมมาก ได้แก่วิธีการที่ชื่อว่า  $\alpha$ -algorithm ซึ่งถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Van der Aalst และคณะ ในปี ค.ศ. 2002 จากนั้นจึงมีการนำเทคนิคเหมืองกระบวนการมาประยุกต์ใช้อย่างหลากหลายด้านรวมถึงด้านการศึกษาด้วยเช่นกัน โดยการทำเหมืองกระบวนการด้านการศึกษาหรือที่เรียกว่า EPM (Educational Process Mining) เป็นสาขาที่เกิดขึ้นใหม่มีเป้าหมายเพื่อให้ได้ความรู้ที่มีประโยชน์จากการวิเคราะห์กระบวนการด้านการศึกษาที่เกิดขึ้นจริงจากการใช้งานระบบต่าง ๆ ด้านการศึกษา เช่น LMS (Learning Management System) และ CMS (Content Management System) หรือแม้แต่วิธีการสนับสนุนการทำงานด้านการศึกษา เช่น ระบบลงทะเบียนเรียนของนักศึกษา ระบบการเงินการชำระเงิน เป็นต้น ตัวอย่างเช่น Alejandro Bogarin และคณะ [17] ได้เสนอให้ใช้การจัดกลุ่ม (Cluster) เพื่อปรับปรุงกระบวนการด้านการศึกษาให้มีประสิทธิภาพด้วยเหมืองกระบวนการ โดยทดสอบจากการใช้ข้อมูลของนักศึกษาปริญญาตรีจำนวน 84 คนที่ติดตามหลักสูตรออนไลน์โดยใช้ Moodle 2.0 โดยเริ่มจากแบ่งกลุ่มข้อมูลเกี่ยวกับการใช้งาน Moodle รวมถึงคะแนนสอบของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างซึ่งได้จากรายงานสรุปของระบบ จากนั้นได้ใช้ข้อมูลจากบันทึกเหตุการณ์ของ Moodle จัดกลุ่มข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้งานจริงของระบบ เพื่อหารูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้บนทเรียนออนไลน์ของนักเรียนที่ถูกต้องมากขึ้น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสมรรถนะของรูปแบบกระบวนการที่มีความเฉพาะเจาะจงจะให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ารูปแบบกระบวนการทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ

Awatef H. Cairns [18] และคณะ นำเสนอ การประยุกต์ใช้เทคนิคเหมือนกระบวนการกับการ ตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการฝึกอบรมและ หลักสูตรการฝึกอบรมที่เกี่ยวข้องกับเส้นทางการ ฝึกอบรมของผู้เรียนได้นั้นเป็นอย่างไร โดยใช้ตัวบ่งชี้ การจ้างงานเป็นปัจจัยหลักในการพิจารณา โดย ทำยสุดได้นำเสนอสถาปัตยกรรมเพื่อนำไปปรับใช้และ ทดสอบในสภาพแวดล้อมแบบกระจายที่เชื่อมต่อกับ แหล่งข้อมูลและแอปพลิเคชันหลายแหล่ง โดยเฉพาะ อย่างยิ่งในสภาพแวดล้อมการศึกษากระบวนการแบบ ออนไลน์

Kingsley Okoye และคณะ [19] นำเสนอการ สร้างแบบจำลองของข้อมูลเหตุการณ์เกี่ยวกับ กระบวนการเรียนรู้ เป้าหมายคือเพื่อเพิ่มคุณค่าข้อมูล ผลลัพธ์โดยการอธิบายเชิงความหมายจาก แบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์แบบเหมือน กระบวนการ โดยแบ่งลำดับขั้นตอนการอธิบายเชิง ความหมายได้ 3 ขั้นตอนได้แก่ บันทึกเหตุการณ์ เขียน สรุปผลทางสถิติและการให้เหตุผลเชิงความหมายที่ มุ่งเน้นที่การค้นพบความสอดคล้องและการขัดแย้ง ของกระบวนการเรียนรู้ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการ ใช้เทคนิคเหมือนกระบวนการเชิงความหมายกับ กระบวนการเรียนรู้ สามารถปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ การเรียนรู้ที่เร็วขึ้น

อย่างไรก็ตามในประเทศไทยนั้น ยังไม่เป็นที่ แพร่หลายมากนัก ทั้งนี้มีวิจัยไม่กี่ฉบับที่ถูกตีพิมพ์ เผยแพร่ ตัวอย่างเช่น วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์ [20] ผู้ซึ่ง นำเสนอเป็นคนแรก ในการประยุกต์ใช้เหมือน กระบวนการกับงานด้านการศึกษาของไทยอย่างเป็นทางการ

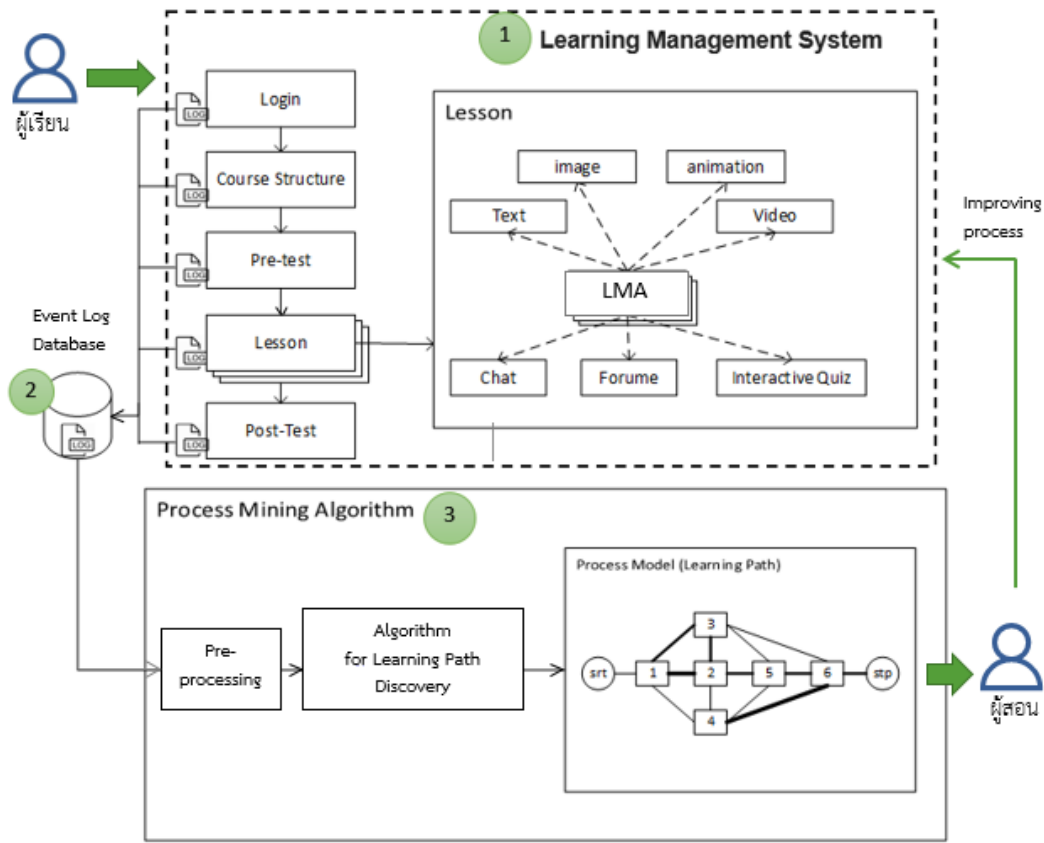
รูปธรรม โดยนำไปประยุกต์ใช้กับระบบ e-learning ซึ่ง เป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยด้านเทคโนโลยีการศึกษา ต่อไป

### 3. นำเสนอกรอบแนวคิดการวิเคราะห์พฤติกรรม ผู้เรียนในกระบวนการเรียนบทเรียนออนไลน์ด้วย การใช้เหมือนกระบวนการ

ในหัวข้อนี้นำเสนอองค์ประกอบทั่วไปรวมถึง รายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบของกรอบการ วิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เรียนด้วยการใช้เหมือน กระบวนการ โดยมีเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรม จริงของการใช้บทเรียนออนไลน์ เช่น การเลือกใช้สื่อ การเรียนรู้ ลำดับการเรียนรู้บทเรียน การทำกิจกรรม ระหว่างบทเรียนของผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ต่างกัน ซึ่งนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาหรือพัฒนา ปรับปรุงกระบวนการของระบบที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน ออนไลน์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ผู้เรียนบรรลุ วัตถุประสงค์การเรียนรู้หรือมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ดีขึ้น โดยองค์ประกอบหลักของกรอบการวิเคราะห์ พฤติกรรมของผู้เรียนบทเรียนออนไลน์ที่นำเสนอแสดง ดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

#### 3.1 บทเรียนออนไลน์ (online learning)

ผู้สอนสามารถพัฒนาระบบ e-learning ขึ้น เอง หรือใช้ระบบจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ก็ได้ โดยต้องจัดการเนื้อหาบทเรียนได้ตรงตาม จุดประสงค์การเรียนรู้ มีสื่อ แบบทดสอบแบบฝึก ทักษะ และอื่นๆ ศึกษา สามารถศึกษาค้นคว้าหา ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยโครงสร้างบทเรียน ประกอบด้วย



รูปที่ 1 องค์ประกอบทั่วไปของกรอบการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เรียน  
ในกระบวนการเรียนบทเรียนออนไลน์ด้วยการใช้เหมืองกระบวนการ

- 1) Login คือส่วน ยืนยันตัวตน ก่อนเข้าสู่  
บทเรียนออนไลน์
- 2) Course Structure คือส่วน โครงสร้างของ  
เนื้อหาบทเรียน
- 3) Pre-test คือส่วน แบบทดสอบก่อนเรียน
- 4) Lesson คือ เนื้อหาหน่วยการเรียนรู้ โดย  
แบ่งเป็นหน่วย แต่ละหน่วยจะประกอบไปด้วย LMA  
(Lesson Media and Activity) ซึ่งใช้นำเสนอและสร้าง  
กิจกรรมในเนื้อหาบทเรียนประกอบไปด้วย ข้อความ  
(text), รูปภาพ (image), ภาพเคลื่อนไหว (animation),  
ภาพวิดีโอ (video), ห้องสนทนา (chat), ห้องอภิปราย  
(forum), และ แบบทดสอบ (quiz) ที่ส่งเสริม

กระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งผ่านการทดสอบ  
ประสิทธิภาพ เพื่อให้นักเรียนและผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นส่วน  
สำคัญทำให้เราสามารถวิเคราะห์การเลือกใช้สื่อของ  
ผู้เรียนได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

- 5) Post-test คือส่วน แบบทดสอบหลังเรียน  
ทั้ง 5 องค์ประกอบนี้สามารถที่จะเพิ่มหรือลด

องค์ประกอบได้เพื่อให้เหมาะสมสอดคล้องกับคำถาม  
วิจัยที่ผู้วิจัยหรือผู้สอนต้องการหาคำตอบ

### 3.2 ฐานข้อมูลเก็บบันทึกเหตุการณ์ (event log database) พฤติกรรมของผู้เรียน

ส่วนต่าง ๆ ของบทเรียนทุกหน้า ทุกกิจกรรม  
จะต้องถูกฝังตัวเก็บบันทึกเหตุการณ์ซึ่งทำหน้าที่

บันทึกพฤติกรรมต่าง ๆ ของผู้เรียนที่เกิดจากการทำ action ของแต่ละ activity ในระหว่างการเรียนรู้ โดยจะทำการบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้

- 1) Student ID คือรหัสของผู้เรียน
- 2) Time คือวันและเวลาที่เข้าใช้บทเรียนในแต่ละครั้ง ในส่วนนี้จะทำให้ทราบว่าผู้เรียนเข้าใช้บทเรียนในเวลาใดบ้าง และใช้เวลาในการศึกษาบทเรียน หรือทำกิจกรรมต่างๆเป็นเวลานานหรือน้อยเพียงใด
- 3) IP Address เป็นส่วนที่เก็บหมายเลข IP ของผู้เรียน
- 4) Action เป็นส่วนที่เก็บถึงการทำกระทำของผู้เรียนในระหว่างเรียน เช่น login, course view, forum view, forum post, discussion เป็นต้น
- 5) Activity เป็น module กิจกรรมมาตรฐาน โดยในงานวิจัยนี้จะใช้ activity ดังต่อไปนี้

5.1) Assignments คืองานที่ได้รับมอบหมาย เช่นการส่งทำรายงาน เมื่อผู้เรียนจัดทำแล้ว สามารถส่งไฟล์ให้ผู้สอนเพื่อตรวจและบันทึกคะแนนได้

5.2) Chat คือ พื้นที่ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ในการอภิปรายร่วมกัน เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้หรือความ

คิดเห็น เป็นแบบซิงโครนัสหรือแบบเรียลไทม์ในหลักสูตร

5.3) Forum เป็นส่วนที่ผู้เรียนสามารถสนทนากันได้แบบอะซิงโครนัส

5.4) Choice เป็นเครื่องมือซึ่งผู้สอนสามารถตั้งคำถามและระบุคำตอบให้ผู้เรียนเลือกตอบได้

5.5) Lesson เป็นการนำเสนอเนื้อหา โดยใช้สื่อหลากหลายประเภท ได้แก่ ข้อความ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว และวิดีโอ

5.6) External tool เป็นการใช้เครื่องมือจากภายนอก LMS ซึ่งอาจเป็นจากเว็บไซต์อื่นก็ได้

5.7) Quiz เป็นกิจกรรมแบบทดสอบที่ออกตามวัตถุประสงค์

ทั้งนี้การเก็บข้อมูลการกระทำ(action) ของแต่ละกิจกรรม (activity) ยังขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้สอนที่ต้องการวิเคราะห์ข้อมูลละเอียดมากน้อยระดับใด เช่น ในส่วนการบันทึกการดูบทเรียนที่ใช้สื่อวิดีโอ หากต้องการทราบความถี่ในใช้สื่อวิดีโอก็เพียงเก็บบันทึกเหตุการณ์จากการเข้ามาที่หน้าบทเรียนของวิดีโอ โดยตัวอย่างการจัดเก็บข้อมูลบันทึกเหตุการณ์ (event logs) แสดงดังรูปที่ 2

เวลา	ชื่อเต็ม	Affected user	Event context	Component	เหตุการณ์	คำอธิบาย	Origin	หมายเลขไอพี
22December 2018, 7:04 PM	116110905018-6	-	Page: VDO การแปลงระบบ ตัวเลขฐานต่างๆ	Page	โมดูลที่ดูแล้ว	The user with id '272' viewed the 'page' activity with course module id '20'.	web	203.158.248.2
22December 2018, 6:33 PM	116110905018-6	-	Page: VDO การแปลงระบบ ตัวเลขฐานต่างๆ	Page	โมดูลที่ดูแล้ว	The user with id '272' viewed the 'page' activity with course module id '20'.	web	203.158.248.2
22December 2018, 6:19 PM	116110905018-6	-	Page: VDO ระบบตัวเลขที่ใช้ในงานในวงจรดิจิทัลได้	Page	โมดูลที่ดูแล้ว	The user with id '272' viewed the 'page' activity with course module id '19'.	web	203.158.248.2

รูปที่ 2 ข้อมูลตัวอย่างในตารางการจัดเก็บข้อมูลบันทึกเหตุการณ์ (event logs) พฤติกรรมของผู้เรียน

### 3.3 ขั้นตอนวิธีการทำเหมืองกระบวนการ (Process Mining Algorithm)

เป็นการนำเทคนิคเหมืองกระบวนการมาประยุกต์ใช้ เพื่อการวิเคราะห์กระบวนการจากการใช้บทเรียน มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อค้นพบเส้นทางการพฤติกรรมการใช้บทเรียนของผู้เรียนจริงเพื่อนำไปวิเคราะห์ปัญหาและปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยในขั้นตอนนี้จะประกอบไปด้วย 3 โมดูลหลักดังต่อไปนี้

1) การเตรียมความพร้อมข้อมูล (Preprocessing) ทำหน้าที่รับข้อมูลบันทึกเหตุการณ์จากส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นข้อมูลพฤติกรรมของผู้เรียนที่ทำ action ในแต่ละ activity เพื่อแปลงรูปแบบข้อมูลให้เหมาะสมสำหรับอัลกอริทึมของเหมืองกระบวนการที่ใช้ เพื่อสร้างเส้นทางการเรียนของผู้เรียน ตัวอย่างผลลัพธ์การแปลงรูปแบบข้อมูลแสดงดังรูปที่ 3

	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Full Name	Affected user	Event context	Component	Event name	Description	Origin	IP Address
206	116110905035-0	1161109 116110905035-0	1161109	Course: Digital and Bo Core system	User graded	The user with id '281'	web	203.158.120.10
207	116110905035-0	1161109 116110905035-0	1161109	Test: Pre-Test3	Test	Quiz attempt summar	The user with id '281'	web
208	116110905035-0	1161109 -		Book: Boolean algebra	Book	Chapter viewed	The user with id '281'	web
209	116110905035-0	1161109 116110905035-0	1161109	Test: Pre-Test3	Test	Quiz attempt viewed	The user with id '281'	web
210	116110905035-0	1161109 116110905035-0	1161109	Test: Pre-Test3	Test	Quiz attempt viewed	The user with id '281'	web
211	116110905035-0	1161109 -		Book: Boolean algebra	Book	Chapter viewed	The user with id '281'	web
212	116110905035-0	1161109 -		Book: Boolean algebra	Book	Chapter viewed	The user with id '281'	web
213	116110905035-0	1161109 116110905035-0	1161109	Test: Pre-Test3	Test	Quiz attempt viewed	The user with id '281'	web
214	116110905035-0	1161109 116110905035-0	1161109	Test: Pre-Test3	Test	Quiz attempt viewed	The user with id '281'	web
215	116110905035-0	1161109 -		Book: Boolean algebra	Book	Chapter viewed	The user with id '281'	web



	A	B	C	D	E
1	Case ID	Activity	Complete Timestamp	Variant	Variant index
2	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	19:00.0	Variant 1	1
3	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	19:00.0	Variant 1	1
4	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	19:00.0	Variant 1	1
5	116110905016-0 116110905016-0	Course: Digital and Boolean a	19:00.0	Variant 1	1
6	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	20:00.0	Variant 1	1
7	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	20:00.0	Variant 1	1
8	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	23:00.0	Variant 1	1
9	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	24:00.0	Variant 1	1
10	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	25:00.0	Variant 1	1
11	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	27:00.0	Variant 1	1
12	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	27:00.0	Variant 1	1
13	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	28:00.0	Variant 1	1
14	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	29:00.0	Variant 1	1
15	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	29:00.0	Variant 1	1
16	116110905016-0 116110905016-0	Course: Digital and Boolean a	29:00.0	Variant 1	1
17	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	29:00.0	Variant 1	1
18	116110905016-0 116110905016-0	Test: Pre-Test1	29:00.0	Variant 1	1
19	116110905016-0 116110905016-0	Page: VDO Components	04:00.0	Variant 1	1
20	116110905016-0 116110905016-0	Page: VDO Components	04:00.0	Variant 1	1
21	116110905016-0 116110905016-0	Page: VDO Components	04:00.0	Variant 1	1

รูปที่ 3 การแปลงข้อมูลให้อยู่ในภาพที่เหมาะสม (รูปแบบ file.csv) เพื่อจะนำไปใช้งานกับ  $\alpha$ -algorithm

2) อัลกอริทึมสำหรับการสร้างเส้นทางการพฤติกรรมการใช้บทเรียน (Algorithm for Learning Path Discovery) เป็นส่วนสำคัญของการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมของผู้เรียนด้วยเทคนิคเหมืองกระบวนการ เป็นการเลือกใช้อัลกอริทึมที่เหมาะสมของการทำเหมืองกระบวนการ เพื่อสร้างเส้นทางการ

พฤติกรรมของผู้เรียน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

#### 2.1) $\alpha$ -algorithm [5]

เพื่อให้เข้าใจหลักการการทำเหมืองกระบวนการสร้างเส้นทางการกระบวนการตามพฤติกรรมของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจริงที่ได้จากข้อมูลบันทึกเหตุการณ์



และเป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยภายหลังต่อไป ดังนั้นในหัวข้อนี้จะอธิบายขั้นตอนการทำงานของ  $\alpha$ -algorithm โดยละเอียด ซึ่ง  $\alpha$ -algorithm เป็นพื้นฐานสำคัญต่อการพัฒนาอัลกอริทึมอื่นต่อมาภายหลัง มี

**ตัวอย่าง  $\alpha$ -algorithm**

$$L = [\langle a,b,e,f \rangle^2, \langle a,b,e,c,d,b,f \rangle^3, \langle a,b,c,e,d,b,f \rangle^2, \langle a,b,c,d,e,b,f \rangle^4, \langle a,e,b,c,d,b,f \rangle^3]$$

- (1)  $T_L = \{t \in T \mid \exists \sigma \in L, t \in \sigma\}$
- (2)  $T_I = \{t \in T \mid \exists \sigma \in L, t = \text{first}(\sigma)\}$
- (3)  $T_O = \{t \in T \mid \exists \sigma \in L, t = \text{last}(\sigma)\}$

$$\begin{aligned} T_L &= \{a, b, c, d, e, f\} \\ T_I &= \{a\} \\ T_O &= \{f\} \end{aligned}$$

- (4)  $X_L = \{(A, B) \mid A \subseteq T_L \wedge A \neq \emptyset \wedge B \subseteq T_L \wedge B \neq \emptyset \wedge \forall a \in A \forall b \in B, a \rightarrow_L b \wedge \forall a_1, a_2 \in A, a_1 \#_L a_2 \wedge \forall b_1, b_2 \in B, b_1 \#_L b_2\}$

	a	b	c	d	e	f
a	#	→	#	#	→	#
b	←	#	→	←		→
c	#	←	#	→		#
d	#	→	←	#		#
e	←				#	→
f	#	←	#	#	←	#

- (5)  $Y_L = \{(A, B) \in X_L \mid \forall (A', B') \in X_L, A \subseteq A' \wedge B \subseteq B' \implies (A, B) = (A', B')\}$

$$\begin{aligned} X_L &= \{(\{a\}, \{b\}), (\{a\}, \{e\}), (\{b\}, \{c\}), (\{b\}, \{f\}), (\{c\}, \{d\}), \\ &\quad (\{d\}, \{b\}), (\{e\}, \{f\}), (\{a, d\}, \{b\}), (\{b\}, \{c, f\})\} \end{aligned}$$

$$Y_L = \{(\{a\}, \{e\}), (\{c\}, \{d\}), (\{e\}, \{f\}), (\{a, d\}, \{b\}), (\{b\}, \{c, f\})\}$$

การกำหนดความสัมพันธ์ไว้ 4 รูปแบบคือ follows, causal, parallel และ unrelated ขั้นตอนการทำงานของ  $\alpha$ -algorithm แสดงดังรูปที่ 4

- (6)  $P_L = \{p_{(A,B)} \mid (A, B) \in Y_L\} \cup \{i_L, o_L\}$

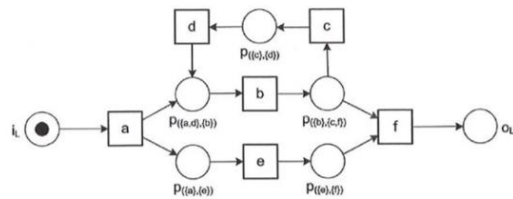
$$\begin{aligned} Y_L &= \{(\{a\}, \{e\}), (\{c\}, \{d\}), (\{e\}, \{f\}), (\{a, d\}, \{b\}), (\{b\}, \{c, f\})\} \\ P_L &= \{p_{(\{a\}, \{e\})}, p_{(\{c\}, \{d\})}, p_{(\{e\}, \{f\})}, p_{(\{a, d\}, \{b\})}, p_{(\{b\}, \{c, f\})}, i_L, o_L\} \end{aligned}$$

- (7)  $F_L = \{(a, p_{(A,B)}) \mid (A, B) \in Y_L \wedge a \in A\} \cup \{(p_{(A,B)}, b) \mid (A, B) \in Y_L \wedge b \in B\} \cup \{i_L, t \mid t \in T_I\} \cup \{t, o_L \mid t \in T_O\}$

- (8)  $\alpha(L) = (P_L, T_L, F_L)$

$$\begin{aligned} F_L &= \{(a, p_{(\{a\}, \{e\})}), (p_{(\{a\}, \{e\})}, e), (c, p_{(\{c\}, \{d\})}), (p_{(\{c\}, \{d\})}, d), \\ &\quad (e, p_{(\{e\}, \{f\})}), (p_{(\{e\}, \{f\})}, f), (a, p_{(\{a, d\}, \{b\})}), (d, p_{(\{a, d\}, \{b\})}), \\ &\quad (p_{(\{a, d\}, \{b\})}, b), (b, p_{(\{b\}, \{c, f\})}), (p_{(\{b\}, \{c, f\})}, c), (p_{(\{b\}, \{c, f\})}, f), \\ &\quad (i_L, a), (f, o_L)\} \end{aligned}$$

$$\alpha(L) = (P_L, T_L, F_L)$$



รูปที่ 4 ขั้นตอนและตัวอย่างการทำงานของ  $\alpha$ -algorithm

เมื่อกำหนดให้ a, b, c, d, e และ f คือกิจกรรม (activity) หรืองาน (task) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการเรียนของบทเรียนออนไลน์ เช่น แบบทดสอบก่อนเรียน เนื้อหาบทเรียน แบบฝึกหัด แบบทดสอบหลังเรียน และตัวอย่างการทำงานในการสร้างความสัมพันธ์ของแต่ละกระบวนการโดยการใช้ข้อมูลบันทึกเหตุการณ์ดังต่อไปนี้

1. ทำการสร้างชุดของ Transitions (TW) ใน Workflow เมื่อกำหนดให้ TL คือชุดของงาน (set of tasks) ที่เกิดขึ้นทั้งหมดใน Workflow ของข้อมูล log ซึ่งประกอบไปด้วยงานย่อย (task) t โดยที่ t เป็นสมาชิก

ของ Trace ( $\sigma$ ) และ Trace ( $\sigma'$ ) ก็เป็นส่วนหนึ่งของ Workflow ของข้อมูล log

2. ทำการกำหนดค่า  $T_I$  คือการกำหนด input ให้กับ Trace โดยเลือกจาก input ของ Transition ที่เกิดขึ้นก่อน

3. ทำการกำหนดค่า  $T_O$  คือการกำหนด output ให้กับ Trace โดยเลือกจาก output ของ Transition ที่เกิดขึ้นหลังสุด

4. สร้าง  $X_L$  คือการกำหนด Trace ความสัมพันธ์ระหว่าง Transition เซ็ต A กับเซ็ต B ที่มีความสัมพันธ์แบบ causality เมื่อ  $a_1, a_2$  เป็นสมาชิกในเซ็ต A โดยที่  $a_1$  และ  $a_2$  ไม่มีความสัมพันธ์กัน และ  $b_1, b_2$  เป็น

สมาชิกในเซต B โดยที่  $b_1$  และ  $b_2$  ไม่มีความสัมพันธ์กัน

5. หา  $Y_L$  คือการหาค่า Maximum Trace จาก Trace ที่ได้จากขั้นตอนที่ 4

6. สร้าง Place ใน Maximum Trace (YW) ที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 พร้อมทั้งกำหนด input และ output ของ Workflow

7. กำหนด Place ด้าน output ให้กับ Transition a ที่เกิดขึ้นระหว่าง Transition a กับ Transition b และกำหนด Place ด้าน input ให้กับ Transition b ที่เกิดขึ้นระหว่าง Transition b กับ Transition a

8. จะได้ Workflow ของกระบวนการที่สร้างจาก  $\alpha$ -algorithm ที่ประกอบไปด้วย P, T และ F เมื่อ P คือ ชุดของ Place และ T คือ ชุดของ Transition ในขณะที F คือ ชุดของการเชื่อมต่อระหว่าง P และ T หรือเรียกว่า flow relation หรือ Trace

## 2.2) Genetic algorithms [6]

เป็นอัลกอริทึมที่สามารถค้นพบเส้นทางของกระบวนการด้วยการปรับปรุงเส้นทางที่ค้นพบตลอดเวลาจนกว่าจะได้เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด โดยมีขั้นตอนหลักสำคัญ 3 ขั้นตอนได้แก่ Initial Population, Fitness Calculation, และ Genetic Operations แม้ว่า Genetic algorithms จะเป็นวิธีการที่มีขั้นตอนที่ซับซ้อนกว่า  $\alpha$ -algorithm แต่สามารถประมวลผลได้รวดเร็วกว่าเมื่อมีขั้นตอนของกระบวนการของระบบสารสนเทศหลายขั้นตอนและมีข้อมูลจำนวนมาก แต่จุดอ่อนสำคัญของวิธีการนี้คือการสุ่มข้อมูลเริ่มต้นในขั้นตอนของการทำ Initial Population ที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ Genetic algorithms มีประสิทธิภาพที่ลดลง

## 2.3) Fuzzy Miner [7]

ได้รับการพัฒนาในปี 2007 เป็นวิธีการที่ได้รับคามนิยมอย่างมากจนถูกนำไปพัฒนาเป็นฟังก์ชันหลักของโปรแกรม ProM เหมาะสมกับการวิเคราะห์ข้อมูลบันทึกเหตุการณ์ขนาดใหญ่แต่มีโครงสร้างของกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนมากนักและกิจกรรมไม่มีโครงสร้างที่ชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการของบทเรียนออนไลน์ และจุดเด่นอีกประการหนึ่งของวิธีการนี้คือสามารถปรับพารามิเตอร์เพื่อทดสอบตามเงื่อนไขที่กำหนดโดยมีพารามิเตอร์ที่สำคัญ 3 พารามิเตอร์ด้วยกันคือ weight, invert, และ active ซึ่งจากการสรุปข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านการทำเหมืองกระบวนการได้แนะนำวิธีการ Fuzzy Miner ในการวิเคราะห์กระบวนการที่เกิดจากพฤติกรรมของผู้เรียนในการใช้บทเรียนออนไลน์เนื่องจากสามารถแสดงเส้นทางพร้อมกับแสดงค่าน้ำหนักของแต่ละเส้นทาง เพื่อวิเคราะห์หาข้อมูลเส้นทางที่มีค่าน้ำหนักที่มีนัยสำคัญที่ส่งผลต่อกระบวนการเรียน เช่น ความนิยมในการเลือกศึกษาจากสื่อชนิดต่าง ๆ ที่มีในบทเรียนค้นพบกลุ่มผู้เรียนที่มีพฤติกรรมการเรียนรู้คล้ายกัน สามารถแสดงพฤติกรรมของผู้เรียนที่สอบผ่านหรือไม่ผ่าน เห็นการใช้เวลาในแต่ละส่วนของบทเรียน เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำพฤติกรรมของผู้เรียนมาตรวจสอบได้ว่ามีกระบวนการเรียนเป็นไปตามพฤติกรรมที่คาดหวังตามที่ออกแบบกระบวนการเรียนหรือไม่ เช่น ผู้เรียนจะเข้ามาศึกษาเนื้อหาก่อนทำแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัด ทำแบบเรียน หรือผู้เรียนไม่ชอบการเรียนรู้ด้วยวิธีการอ่านเนื้อหาเป็นต้น รวมถึงส่งผลอย่างไรต่อผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังแสดงในรูปที่ 5

### 3) Process Model

เป็นส่วนผลลัพธ์ซึ่งแสดงภาพจำลองกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนจากการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมจริง (ดังแสดงในรูปที่ 5) เพื่อแสดงเส้นทางการเรียนรู้ (Learning Path) ด้วยอัลกอริทึมของการทำเหมืองกระบวนการทำให้พบกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนจริงเทียบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและส่งผลกระทบต่อการบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้อย่างไรบ้าง เพื่อนำผลลัพธ์ไปปรับปรุงเนื้อหา สื่อที่ใช้ และกิจกรรมของบทเรียน อีกทั้งยังสามารถเปรียบเทียบพฤติกรรมของผู้เรียนที่สอบผ่านและสอบไม่ผ่านนั้นมีลักษณะการใช้บทเรียนออนไลน์แตกต่างกันอย่างไร ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ห้อออกมาแล้วจะทำให้ทราบว่าผู้เรียนทั้งอ่อน เก่ง หรือปานกลางมีพฤติกรรมการเรียนเป็นเช่นไร หรืออาจพบกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนบางกลุ่ม น่าสนใจและส่งผลให้ผู้เรียนกลุ่มอื่นสามารถบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้เร็วขึ้น

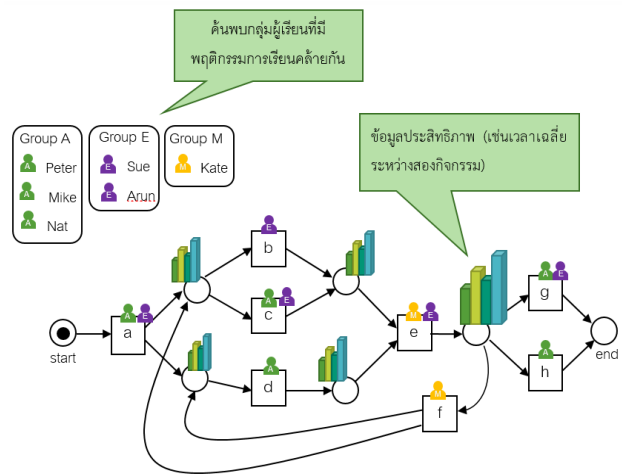
### 4. กรณีศึกษา (Case Study)

ในงานวิจัยนี้ได้นำรูปแบบของกรอบการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้เรียนสำหรับกระบวนการเรียน บทเรียนออนไลน์ด้วยการใช้เหมืองกระบวนการไปใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ Moodle รายวิชาดิจิทัลและพีชคณิตมูลฐาน ซึ่งแบ่งเนื้อหาบทเรียนเป็น 8 หน่วย ในงานวิจัยนี้ทำการจัดเก็บและศึกษาข้อมูลพฤติกรรมเฉพาะ 3 หน่วยแรก โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา ชั้นปีที่ 1 สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จำนวน 98 คน มีองค์ประกอบดังนี้

### 4.1 Moodle e-learning

คือบทเรียนออนไลน์บน Moodle [4] ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ Moodle e-learning กับรายวิชาดิจิทัลและพีชคณิตมูลฐาน ซึ่งผ่านการออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนแล้ว โดยโครงสร้างบทเรียนประกอบด้วย

- 1) Login คือการยืนยันตัวตน ก่อนเข้าสู่บทเรียน
- 2) Pre-test คือ แบบทดสอบก่อนเรียน
- 3) เนื้อหาบทเรียน แบ่งเป็น 8 หน่วย ทดลองเก็บข้อมูลเฉพาะหน่วยที่ 1 เรื่องระบบตัวเลขและรหัสแทนข้อมูล หน่วยที่ 2 เรื่องวงจรถอดจิกเชิงจัดหมู่แบบพื้นฐาน และหน่วยที่ 3 เรื่องพีชคณิตมูลฐาน โดยแต่ละหน่วยประกอบไปด้วยสื่อการเรียนหลายรูปแบบได้แก่ ข้อความ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว และวิดีโอ นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ ได้แก่ ห้องสนทนา (chat) และ ห้องอภิปราย (forum) ตามความเหมาะสมกับเนื้อหาในหน่วย



รูปที่ 5 ข้อมูลพฤติกรรมจริงที่แสดงถึงการกระทำของผู้เรียน ที่มีต่อกิจกรรมต่างๆ ของบทเรียน ซึ่งได้จากการใช้โปรแกรม ProM วิเคราะห์ข้อมูล

4) Post-test คือแบบทดสอบหลังเรียน

ทั้งนี้ผู้สอนคาดหวังพฤติกรรมการใช้บทเรียนด้วย Moodle e-learning คือ ผู้เรียนเข้ามาศึกษาเนื้อหาหน่วยที่ 1 ก่อน หลังจากจบแล้วก็เข้าศึกษาบทเรียนหน่วยที่ 2 และ 3 ตามลำดับ โดยใช้เวลาทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ และคาดหวังว่าผู้เรียนจะมีลำดับขั้นตอนกระบวนการในการเข้าไปศึกษาในแต่ละหน่วยดังนี้

- 1) ผู้เรียน Login เข้าสู่บทเรียน
- 2) ผู้เรียนเข้าทำแบบทดสอบก่อนเรียน
- 3) ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาในบทเรียน

4) ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด หรืองานที่ได้รับมอบหมาย

5) ผู้เรียนเข้าทำแบบทดสอบหลังเรียน

#### 4.2 ฐานข้อมูลเก็บบันทึกเหตุการณ์ พฤติกรรมของผู้เรียน

ในส่วนนี้เป็นข้อมูลมาจากรายงานบันทึกการใช้งานเว็บไซต์ของ Moodle ซึ่งจะเก็บข้อมูลของผู้ที่เข้ามาใช้บทเรียนทุกคน ดังแสดงในรูปที่ 6 และสามารถนำส่งไฟล์ (export) ออกมาได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ นำส่งไฟล์มาในรูปแบบของไฟล์ CSV (Comma-Separated Value)

เวลา	ชื่อเดิม	Affected user	Event context	Component	ชื่อเหตุการณ์	คำอธิบาย	Origin	หมายเลขไอพี
12March 2019, 11:42 PM	116110905128-3	-	Page: VDO แพนฟังก์ชัน บทที่2ตัวแปร_Maxterm	Page	โมดูลที่ดูแล้ว	The user with id '348' viewed the 'page' activity with course module id '84'.	web	27.130.99.20
12March 2019, 10:42 PM	116110905133-3	-	แบบทดสอบ: ***ทดสอบก่อนเรียน4 (Prettest4)	แบบทดสอบ	โมดูลที่ดูแล้ว	The user with id '353' viewed the 'quiz' activity with course module id '56'.	web	223.24.188.62
12March 2019, 10:41 PM	116110905133-3	-	รายวิชา: ดิจิตอลและ พีชคณิตบูลีน	ระบบแกนกลาง	ดูรายวิชาแล้ว	The user with id '353' viewed the course with id '2'.	web	223.24.188.62

รูปที่ 6 ข้อมูลรายงานบันทึกการใช้งานเว็บไซต์ของ Moodle

#### 4.3 Cleaning Event Log

ในส่วนนี้เป็นการรับข้อมูลจากรายงานบันทึกเหตุการณ์การใช้งานเว็บไซต์ของ Moodle ซึ่งเป็นไฟล์ CSV มาแล้วกรองให้เหลือเฉพาะข้อมูลผู้เรียนที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ และแปลงรูปแบบ (format) ของข้อมูลให้เป็นรูปแบบเดียวกันในแต่ละฟิลด์ (field) เช่น “7:30” เป็น “07:30” เป็นต้น เพื่อให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้กับ Process Mining Tools ต่อไป

#### 4.4 Process Mining

ในส่วนนี้เป็นการกระบวนการที่มุ่งเน้นหาข้อมูลจากพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงจากบันทึกเหตุการณ์ โดยมีองค์ประกอบดังนี้

##### 4.4.1 Process Mining Tools

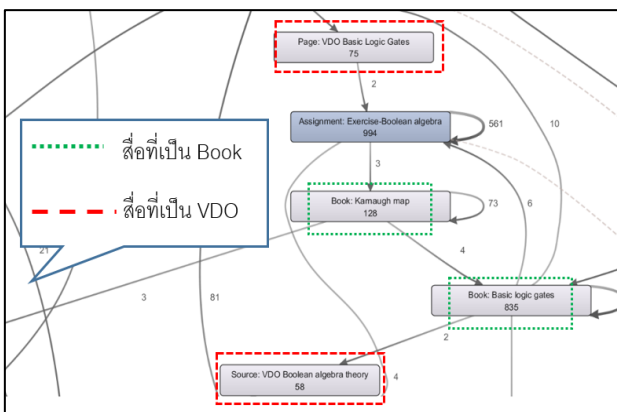
ส่วนนี้จะรับข้อมูลบันทึกบันทึกเหตุการณ์พฤติกรรมของผู้เรียนจาก Cleaning Event Log ที่อยู่ในรูปของไฟล์ CSV ป้อนเข้า Process Mining Tools

โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบ Fuzzy Miner [3] ซึ่งจะแสดงค่าน้ำหนักของแต่ละเส้นทางการไหลของกระบวนการ ด้วยโปรแกรม Disco [5] เพื่อวิเคราะห์หาเส้นทางพฤติกรรมที่เกิดขึ้น โดยมีขั้นตอนสำคัญคือการกำหนด Case ID และชื่อกิจกรรมที่ต้องการวิเคราะห์ โปรแกรม Disco ช่วยให้สามารถสร้างแผนภาพกระบวนการและปรับมุมมองเพื่อให้แสดงค่าทางสถิติตามต้องการได้อย่างรวดเร็ว

#### 4.4.2 Process Model

คือแผนภาพกระบวนการที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลบันทึกเหตุการณ์ด้วยโปรแกรม Disco ทำให้ค้นพบเส้นทางการไหลของการทำกิจกรรมของผู้เรียนดังต่อไปนี้

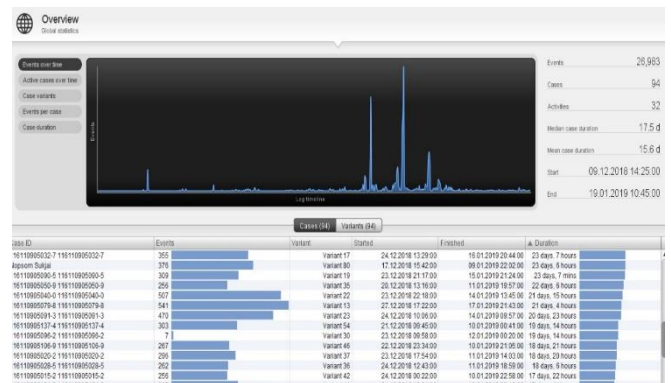
1) ผู้เรียนส่วนมากนิยมศึกษาด้วยเนื้อหาประเภท Book ซึ่งจะประกอบด้วยข้อความและรูปภาพ ประกอบมากกว่าสื่อที่เป็นวิดีโอ ซึ่งจะเห็นว่ามีจำนวนการคลิกเข้าไปดูช้าน้อยมาก (สื่อวิดีโอ ทำขึ้น 1 ไฟล์ แสดงเนื้อหาบทเรียน 1 หัวข้อ) ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ภาพจำลองกระบวนการจากโปรแกรม Disco แสดงถึงจำนวนการคลิกสื่อชนิด Book (ข้อความและรูปภาพ) ที่ได้รับความสนใจมากกว่าสื่อชนิดวิดีโอ

2) ระยะเวลาที่กำหนดให้ผู้เรียนเข้าศึกษาด้วยบทเรียน Moodle E-learning จำนวน 3 หน่วย ตั้งแต่วันที่

9/12/2018 เวลา 14.25 น. ถึงวันที่ 19/01/2019 ซึ่งบทเรียนจะปิดอัตโนมัติที่เวลา 10.45 น. ซึ่งจากการวิเคราะห์ของโปรแกรม Disco แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนส่วนมากใช้เวลาเรียนบทเรียนทั้งหมดในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 8 และ 9



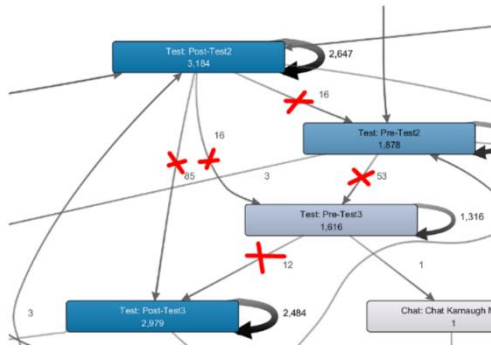
รูปที่ 8 ภาพจากโปรแกรม Disco แสดงเวลาที่ผู้เรียนใช้ศึกษาบทเรียนทั้งหมด



รูปที่ 9 แสดงข้อมูลทางสถิติของรูปที่ 8

3) ผู้เรียนเข้าใช้งานห้องสนทนาน้อยมาก จากแผนภาพที่ Disco วิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนหลายคนไม่เคยคลิกเข้าใช้งานห้องสนทนา

4) พบว่าผู้เรียนจำนวนมากมีกระบวนการเรียนไม่เป็นไปตามกระบวนการที่ได้ออกแบบไว้ โดยผู้เรียนมุ่งเข้าทำแบบทดสอบก่อนการเข้าไปศึกษาเนื้อหาบทเรียน ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 ทากบาทสีแดงแสดงเส้นทางกระบวนการเรียนที่ไม่สอดคล้องตามที่ออกแบบไว้

#### 4.5 ผลลัพธ์และการค้นพบ

การวิเคราะห์พฤติกรรมรวมผู้เรียนจากข้อมูลบันทึกเหตุการณ์ Moodle ด้วยการเชื่อมโยงกระบวนการ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบ Fuzzy Miner สำหรับรายวิชาดิจิทัลและพีชคณิตบูลีนผู้เรียนนิยมศึกษาด้วยเนื้อหาที่ประกอบด้วยข้อความและรูปภาพมากกว่าสื่อที่เป็นวิดีโอ

- 1) พบว่าผู้เรียนส่วนมากไม่เข้ามาใช้บทเรียนอย่างสม่ำเสมอ โดยใช้เวลาเรียนบทเรียนทั้งหมดส่วนใหญ่ในช่วงสัปดาห์สุดท้ายก่อนปิดการใช้งานระบบ
- 2) พบว่าผู้เรียนไม่นิยมเข้าใช้งานห้องสนทนา (chat) ของระบบ (อาจใช้ผ่านสื่อออนไลน์อื่น เช่น Facebook)
- 3) ผู้เรียนจำนวนมากมีกระบวนการเรียนไม่เป็นไปตามกระบวนการที่ ออกแบบไว้

จากกรณีศึกษาดังกล่าว แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเราสามารถนำเทคนิคการทำเหมืองกระบวนการมาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์พฤติกรรมจริงของผู้เรียนบนบทเรียนออนไลน์ได้อย่างมีนัยสำคัญต่อการปรับปรุงบทเรียนออนไลน์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างยิ่งต่อวงการด้านการศึกษาต่อไปในอนาคต

#### 5. ผลการประเมินกรอบแนวคิด

เพื่อเป็นหลักประกันว่ากรอบที่นำเสนอมีคุณภาพและสามารถนำไปพัฒนาเพื่อปรับปรุงคุณภาพของบทเรียนออนไลน์รวมถึงเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ได้รวดเร็วขึ้น จึงเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของกรอบแนวคิดที่นำเสนอ โดยมีผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน ทั้งทางด้านเทคโนโลยีการศึกษา ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และด้านเทคนิคการทำเหมืองกระบวนการ ประเมินองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ประกอบไปด้วย 1) บทเรียนออนไลน์ 2) ฐานข้อมูลเก็บบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียน และ 3) ขั้นตอนวิธีการทำเหมืองกระบวนการ เป้าหมายเพื่อให้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางที่ถูกต้องต่อไปในอนาคต ซึ่งผลลัพธ์จากการใช้เครื่องมือทางสถิติค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ระดับ  $4.6 \pm 0.37$  คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดให้ความเห็นไปในทิศทางที่สอดคล้องกัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมขององค์ประกอบในแต่ละส่วนของกรอบแนวคิดที่นำเสนอ นั้นมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้เรียนในกระบวนการเรียนบทเรียนออนไลน์ในอนาคตได้ แต่อาจมีการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้สอนหรือเป้าหมายของการทำวิจัย

#### 6. สรุปผล

บทความนี้ได้นำเสนอกรอบแนวคิดที่ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทั้งทางด้านเทคโนโลยีการศึกษา ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และด้านเทคนิคการทำเหมืองกระบวนการ เพื่อใช้วิเคราะห์พฤติกรรม

ของผู้เรียนในการเรียนบทเรียนออนไลน์ ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ บทเรียนออนไลน์ฐานข้อมูลบันทึกเหตุการณ์ และวิธีการทำเหมืองกระบวนการ โดยบทความได้นำเสนอวิธีการสร้างเส้นทางของกระบวนการเรียนของผู้เรียนโดยละเอียดด้วย  $\alpha$ -algorithm เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานของเหมืองกระบวนการ นอกจากนี้ยังได้นำเสนอกรณีศึกษาการประยุกต์ใช้งานตามกรอบแนวคิดที่นำเสนอนี้เพื่อให้ นักวิจัยหรือผู้ที่สนใจเข้าใจหลักการทำงานและนำไปประยุกต์ใช้งานได้ เพื่อนำผลการวิเคราะห์มาปรับปรุงบทเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสุดท้ายแล้วก็เพื่อให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงขึ้นและบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้โดยใช้เวลาที่สั้นลง

## เอกสารอ้างอิง

- [1] J.E. Cook., "Process Discovery and Validation Through Event-Data Analysis," PhD thesis, 1996.
- [2] J.E. Cook, Z. Du, C. Liu, and A.L. Wolf., "Discovering Models of Behavior for Concurrent Workflows," *Computers in Industry*, 53(3):297-319, 2004.
- [3] J.E. Cook and A.L. Wolf. Automating Process Discovery through Event-Data Analysis," In ICSE '95: Proceedings of the 17th international conference on Software engineering, pages 73-82, New York, NY, USA, 1995.
- [4] J.E. Cook and A.L. Wolf, "Discovering Models of Software Processes from Event-Based Data," *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 7(3):215-249, 1998.
- [5] J.E. Cook and A.L. Wolf, "Event-Based Detection of Concurrency," In Proceedings of the Sixth International Symposium on the Foundations of Software Engineering (FSE-6), pages 35-45, 1998.
- [6] R. Agrawal, D. Gunopulos, and F. Leymann, "Mining Process Models from Workflow Logs," *Advances in Database Technology - EDBT'98: Sixth International Conference on Extending Database Technology*, volume 1377 of Lecture Notes in Computer Science, pages 469-483, 1998.
- [7] W.M.P. van der Aalst, B.F. van Dongen, J. Herbst, L. Maruster, G. Schimm, and A.J.M.M. Weijters, "Workflow Mining: A Survey of Issues and Approaches," *Data and Knowledge Engineering*, 47(2):237-267, 2003.
- [8] W.M.P. van der Aalst, A.J.M.M. Weijters, and L. Maruster, "Workflow Mining: Discovering Process Models from Event Logs," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 16(9):1128-1142, 2004.
- [9] B.F. van Dongen and W.M.P. van der Aalst, "Multi-phase Process mining: Aggregating

- Instance Graphs into EPCs and Petri Nets," In Proceedings of the Second International Workshop on Applications of Petri Nets to Coordination, Workflow and Business Process Management (PNCWB), 2005.
- [10] G. Greco, A. Guzzo, and L. Pontieri, "Mining Hierarchies of Models: From Abstract Views to Concrete Specifications," Business Process Management, volume 3649, pages 32-47, 2005.
- [11] J. Herbst and D. Karagiannis, "Workflow Mining with InWoLvE," Computers in Industry, 53(3):245-264, 2004.
- [12] G. Schimm, "Mining Exact Models of Concurrent Workflows," Computers in Industry, 53(3):265-281, 2004.
- [13] S.S. Pinter and M. Golani, "Discovering Workflow Models from Activities Lifespans," Computers in Industry, 53(3):283-296, 2004.
- [14] L. Wen, J. Wang, and J. Sun, "Detecting Implicit Dependencies Between Tasks from Event Logs," In Xiaofang Zhou, Jianzhong Li, Heng Tao Shen, Masaru Kitsuregawa, and Yanchun Zhang, editors, APWeb, volume 3841 of Lecture Notes in Computer Science, pages 591-603. Springer, 2006.
- [15] M. Golani and S.S. Pinter, "Generating a Process Model from a Process Audit Log," Proceeding of International Conference on Business Process Management (BPM 2003), volume 2678 of Lecture Notes in Computer Science, pages 136-151, 2003.
- [16] Mekhala A., "Review paper on process mining," Int JEng Res Technol 2015, 1:11-17, 2015
- [17] Alejandro Bogarín, "Clustering for improving educational process mining," Proceedings of the Fourth International Conference on Learning Analytics And Knowledge, Pages 11-15, ndianapolis, Indiana, USA - March 24 - 28, 2014
- [18] Awatef H. C. et al, "Towards Custom-Designed Professional Training Contents and Curriculums through Educational Process Mining," Proceeding of The Fourth International Conference on Advances in Information Mining and Management, IMMM2014, pp. 53-58, 2014.
- [19] Kingsley Okoye, Elyes Lamine, and Abdel-Rahman Tawil, "Discovery and Enhancement of Learning Model Analysis through Semantic Process Mining," Proceeding of International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications, Volume 8 (2016) pp. 093-114, 2016.
- [20] วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์, "เหมืองกระบวนการ," วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม เล่มที่ 30 ปี พ.ศ. 2558