

การวิเคราะห์การเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องในการจำแนกผู้เรียนวิชาชีพครู

ด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย : การวิเคราะห์โดยวิธีเคมีนร่วมกับนาอ์ฟเบย์

Learning analytics with machine learning for classification of student teachers'  
research engagement: The use of k-means and naïve Bayes

ลภัสพิชชา สุรวาทกุล<sup>1</sup> ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ<sup>2</sup> สุวิมล ว่องวานิช<sup>3</sup>

Laphatphitcha Surawatakul<sup>1</sup> Chayut Piromsombut<sup>2</sup> Suwimon Wongwanich<sup>3</sup>

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาเอก สาขาวิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<sup>1</sup> Student (Ph.D.), Department of Educational Research and Psychology,

Faculty of Education, Chulalongkorn University

Corresponding author, Email: laphatphitcha.s@gmail.com

<sup>2</sup> อาจารย์ ดร. ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<sup>2</sup> Lecturer, Ph.D., Department of Educational Research and Psychology,

Faculty of Education, Chulalongkorn University, Email: chayut.p@chula.ac.th

<sup>3</sup> ศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<sup>3</sup> Professor, Ph.D., Department of Educational Research and Psychology,

Faculty of Education, Chulalongkorn University, Email: suwimon.w@chula.ac.th

Received: July 9, 2021; Revised: August 12, 2022; Accepted: September 12, 2022

## บทคัดย่อ

การวิเคราะห์การเรียนรู้จากข้อมูลพฤติกรรมที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้ออนไลน์เรื่องการวิจัย สามารถให้สารสนเทศที่มีประโยชน์ต่อการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในงานวิจัย รวมถึงให้แนวทางในการส่งเสริมผู้เรียนเพื่อให้มีความยึดมั่นผูกพันในงานวิจัยที่สูงขึ้นต่อไปได้ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อวิเคราะห์และหาจำนวนกลุ่มของผู้เรียนที่เหมาะสมด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย 2) เพื่อวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกระหว่างการกำหนดจำนวนกลุ่มที่ต่างกัน 3) เพื่อเสนอตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย การวิจัยครั้งนี้ใช้ตัวแปรแทนจากการบันทึกของระบบการจัดการเรียนรู้ที่เรียกว่า log data ของผู้เรียนซึ่งเป็นนิสิตนักศึกษาครู ระดับปริญญาตรี ที่กำลังเรียนรายวิชาเกี่ยวกับการวิจัยทางการศึกษา จำนวน 253 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการเรียนรู้ของเครื่องวิธีการ k-means ร่วมกับ naïve Bayes ผลการวิจัยหลักที่สำคัญมีดังนี้

1) การวิเคราะห์เพื่อสำรวจจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมด้วยการเรียนรู้ของเครื่องวิธี k-means พบว่า จำนวนกลุ่มที่เหมาะสมคือ 3 กลุ่ม และ 2 กลุ่ม โดยการแบ่งผู้เรียนเป็น 3 กลุ่ม สามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้สูงกว่า 2 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 59.6 และ 40.7 ตามลำดับ 2) การวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้วยวิธีการวิเคราะห์ naïve Bayes พบว่า การกำหนดจำนวนกลุ่มแบบ 3 กลุ่ม โมเดลการจำแนกมีประสิทธิภาพด้านความแม่นยำ (accuracy) เท่ากับร้อยละ 86.67

ซึ่งสูงกว่าการกำหนดจำนวนกลุ่มแบบ 2 กลุ่ม ซึ่งมีความแม่นยำเท่ากับร้อยละ 84.21 3) ตัวแปรแทนที่มีความเหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนเป็นกลุ่มทั้ง 2 และ 3 กลุ่มมีความสอดคล้องกัน ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม การเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับส่วนของเนื้อหาหรือกิจกรรมในระบบ อย่างไรก็ตามลำดับความสำคัญของตัวแปรมีความแตกต่างกัน

**คำสำคัญ:** การวิเคราะห์การเรียนรู้, ความยืดหยุ่นผูกพันในการวิจัย, เคมีน, นาอ์ฟเบย์

## Abstract

Learning analytics on behavioral data of students in online research course could provide insightful information in classifying students' research engagement. This study aimed to 1) cluster and discover the suitable number of groups of students on research engagement 2) classify students on research engagement and compare the performance of classification model between different number of groups, and 3) suggest the potential proxies for the classification of students on research engagement. This study used log data as proxies of research engagement. There were 253 participants involved in the research. The participants were student teachers who were studying in educational research course at the time of data collection. The data were analyzed with machine learning using k-means and naïve Bayes. The key research findings were as follows:

1) The analysis by k-means revealed that the suitable number of groups in clustering students were 3 and 2 groups. The percentage of variance explained when clustering students into 3 groups was higher than 2 groups, namely 59.6 and 40.7, respectively. 2) The analysis by naïve Bayes showed that the model yielded accuracy of 86.67% in classifying 3 groups of students, while classifying 2 groups of students yielded accuracy of 84.21%, 3) The proxies having important roles in the classification of 3 and 2 groups of students on research engagement were largely found to be similar. Most of them were related to learning behaviors derived from the interaction with content or activity on the learning system. However, the ranking of variable importance was different.

**Keywords:** Learning Analytics, Research Engagement, K-means, Naïve Bayes

## บทนำ

แนวคิดการวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษามีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สอดคล้องกับยุคสมัยและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่แตกต่างกันไป อย่างที่เห็นได้จากการใช้เทคโนโลยีเพื่อเป็นสื่อในการส่งเสริมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนผ่านการใช้ระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ (learning management systems) ในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้ปัจจุบันมีข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียนอยู่เป็นจำนวนมาก สำหรับแนวคิดที่เป็นการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลของผู้เรียน โดยเฉพาะข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) ที่ผู้เรียนให้ไว้ขณะการมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมทางการเรียนผ่านระบบการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ โดยมีจุดเน้นในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อมูลในการตัดสินใจสำหรับการส่งเสริมการเรียนรู้ คือแนวคิดที่เรียกว่า การวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) (Macfadyen, 2017) และด้วยเป้าหมายของการวิจัยที่ต้องการศึกษาตัวแปรแทนที่สามารถใช้ในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนวิชาชีพครูที่มีคุณลักษณะของความยืดหยุ่นผูกพันในการวิจัยแตกต่างกันได้นั้น พบว่าเทคนิค

การวิเคราะห์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสมคือ วิธีการวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) การประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องจะช่วยให้สามารถค้นหารูปแบบความสัมพันธ์ (hidden patterns) ที่อาจซ่อนอยู่ในข้อมูลที่มีอยู่อย่างหลากหลายและให้ข้อมูลสารสนเทศในเชิงลึก (insight) จากการวิเคราะห์ได้เพิ่มเติม ซึ่งจะนำมาสู่การได้โมเดลการจำแนกผู้เรียนตามความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยที่มีประสิทธิภาพ

การเรียนรู้ของเครื่องมีหลักการหรือวิธีการวิเคราะห์ที่แบ่งได้เป็นหลายประเภทตามลักษณะการเรียนรู้ของเครื่อง ประเภทหลักที่พบได้ทั่วไปคือ การเรียนรู้แบบมีการสอน (supervised learning) มีหน้าที่สำหรับการวิเคราะห์เพื่อทำนายหรือจำแนกกลุ่มของข้อมูล ซึ่งอาศัยชุดข้อมูลที่ต้องรู้ค่าของตัวแปรผลลัพธ์หรือกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการจำแนกมาก่อน และการเรียนรู้แบบไม่มีการสอน (unsupervised learning) มีหน้าที่สำหรับการวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลที่ไม่จำเป็นต้องใช้ชุดข้อมูลที่รู้ค่าของตัวแปรเป้าหมายมาก่อน โดยอาศัยการจัดข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน (Károly et al., 2018) อย่างไรก็ตาม การเข้าเรียนรู้หรือทำกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์มีหลายปัจจัยที่ผู้สอนอาจไม่สามารถระบุคุณลักษณะหรือกลุ่มที่แน่ชัดของผู้เรียนได้ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน ส่งผลให้เกิดข้อจำกัดในการได้ชุดข้อมูลที่มีการระบุกลุ่มของผู้เรียนที่เพียงพอต่อการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อการจำแนกข้อมูล ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการประยุกต์ใช้หลักการการเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีการสอนและแบบมีการสอนร่วมกันในการวิเคราะห์ข้อมูล การวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการวิเคราะห์การเรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง โดยประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธี k-means ในการวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มและหาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมพร้อมทั้งระบุกลุ่มของผู้เรียนตามลักษณะข้อมูลของการมีปฏิสัมพันธ์ในระบบ ร่วมกับการวิเคราะห์ด้วยวิธี naïve Bayes ในการสร้างโมเดลการจำแนกและระบุตัวแปรแทนที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกกลุ่มของผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยต่อไป

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์และหาจำนวนกลุ่มของผู้เรียนที่เหมาะสมด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยตามลักษณะข้อมูลการมีปฏิสัมพันธ์ในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์
2. เพื่อวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจำแนกระหว่างการจำแนกผู้เรียนด้วยจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน
3. เพื่อเสนอตัวแปรแทนที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์การเรียนรู้

การวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) หมายถึง การวัด การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการรายงานผลข้อมูลของผู้เรียนและบริบทที่เกี่ยวข้อง เพื่อวัตถุประสงค์ในการทำความเข้าใจและปรับปรุงพัฒนาการเรียนรู้และสภาพแวดล้อมทางการเรียนที่ส่งเสริมการเรียนรู้นั้น ๆ (Ferguson, 2012) นอกจากนี้จากกล่าวเกี่ยวกับคุณลักษณะเพิ่มเติมของการวิเคราะห์การเรียนรู้ที่มีความเฉพาะเจาะจงขึ้นได้ว่า เป็นการวิเคราะห์ที่ศึกษากระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนในแหล่งการเรียนรู้ออนไลน์ โดยเน้นการใช้ข้อมูลของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องหรือเกิดจากพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีต่อการใช้งานต่าง ๆ ในระบบ โดยกำหนดเป็นตัวแปรแทน (proxy) ที่ใช้แทนหรือสะท้อนถึงตัวแปรหลักที่ต้องการศึกษาทั้งที่เป็นตัวแปรเชิงพฤติกรรมหรือตัวแปรในเชิงจิตวิทยา จากข้อมูลของผู้เรียนที่ถูกบันทึกไว้ในระบบ (log data) โดยเป็นการบันทึกข้อมูลพฤติกรรมของผู้ใช้ตั้งแต่เริ่มการเข้าระบบ (log in) จนถึงการออกจากระบบ (log out) ยกตัวอย่างเช่น จำนวนครั้งที่เข้าสู่ระบบ จำนวนครั้งที่กดดูหัวข้อทั้งหมดของกิจกรรมหรือเนื้อหา จำนวนครั้งที่เข้าทำแบบฝึกหัด หรือจำนวนกิจกรรมที่ทำเสร็จสมบูรณ์ เป็นต้น (Kim et al., 2016)

## 2. มโนทัศน์เกี่ยวกับการเรียนรู้ของเครื่อง

### การวิเคราะห์ด้วยวิธี k-means

การวิเคราะห์วิธี k-means เป็นอัลกอริทึมการจัดกลุ่มข้อมูล (clustering) โดยเป็นหนึ่งในเทคนิคหรือวิธีการวิเคราะห์ที่ทำได้ง่ายและไม่ซับซ้อนมาก ใช้ในการตอบปัญหาวิจัยที่ต้องการจัดกลุ่มของข้อมูลที่ไม่ทราบลักษณะหรือคุณลักษณะของกลุ่มมาก่อน ตามการกำหนดจำนวนกลุ่มที่ต้องการจำแนกข้อมูล (k clusters) การวิเคราะห์วิธี k-means มีหลักการเบื้องต้นคือ การค้นหาค่ากลางเริ่มต้นของกลุ่มแต่ละกลุ่ม (k centroids) โดยเริ่มจากการกำหนดจุดข้อมูลที่เป็นค่ากลางอย่างสุ่ม และพิจารณาจุดข้อมูลในชุดข้อมูลด้วยการใช้หลักการของระยะระหว่างจุดข้อมูลและค่ากลางของกลุ่มโดยจัดข้อมูลหนึ่ง ๆ ไว้ในกลุ่มเดียวกับค่ากลางที่อยู่ใกล้ที่สุด จากนั้นกระบวนการค้นหาค่ากลางจะเกิดขึ้นอีกครั้ง โดยหาค่ากลางของกลุ่มใหม่จากจุดข้อมูลที่เป็นสมาชิกซึ่งได้จากการจัดกลุ่มจากกระบวนการก่อนหน้านี้ การคำนวณเพื่อหาค่ากลางและการจัดข้อมูลเข้ากลุ่มใหม่จะเกิดขึ้นซ้ำ ๆ จนกว่าจะไม่มีมีการเปลี่ยนแปลงของสมาชิกในกลุ่มรวมถึงค่ากลางของกลุ่ม (Ayodele, 2010; Tarca et al., 2007)

### การวิเคราะห์ด้วยวิธี naïve Bayes

การวิเคราะห์วิธี naïve Bayes เป็นอัลกอริทึมจำแนกประเภทข้อมูลที่ยึดหลักความน่าจะเป็นอย่างง่าย โดยใช้หลักการวิเคราะห์ที่อิงทฤษฎีเบย์ (Bayes' Theorem) โดยอาศัยหลักการความน่าจะเป็นที่คำนวณจากความถี่และผลรวมระหว่างค่าในชุดข้อมูลเพื่อระบุโอกาสการอยู่ในกลุ่มต่าง ๆ (Saritas & Yasar, 2019) การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค naïve Bayes ในการจำแนกข้อมูลนั้นมีจุดเด่นหลายประการ คือ กระบวนการดำเนินการทำได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องอาศัยการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ซับซ้อน เทคนิคนี้เป็นอีกหนึ่งเทคนิคที่สามารถจัดการกับข้อมูลรบกวน (noise) ได้ดี หรือกล่าวได้ว่ามีความไวต่อความแปรปรวนของข้อมูลรบกวนที่มีอยู่ในข้อมูลนำเข้า อีกทั้งยังจัดการกับตัวแปรคุณลักษณะที่ไม่เข้าพวกหรือไม่เกี่ยวข้องได้ และอาศัยข้อมูลในชุดฝึกฝนเพียงจำนวนน้อยเพื่อใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการจำแนกประเภทของข้อมูลได้ (Ray, 2019)

การเรียนรู้ของเครื่องยังประกอบไปด้วยวิธีการวิเคราะห์ที่หลากหลาย รวมถึงการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ต่างเทคนิคร่วมกัน เช่น การใช้การวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลและระบุกลุ่มให้กับตัวอย่างวิจัย และนำการกำหนดกลุ่มที่ได้ไปใช้สำหรับการจำแนกข้อมูล เพื่อศึกษาตัวแปรคุณลักษณะที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มหรือพัฒนาโมเดลเพื่อทำนายกลุ่มของตัวอย่างในชุดข้อมูลใหม่ (Barrientos & Sainz, 2012)

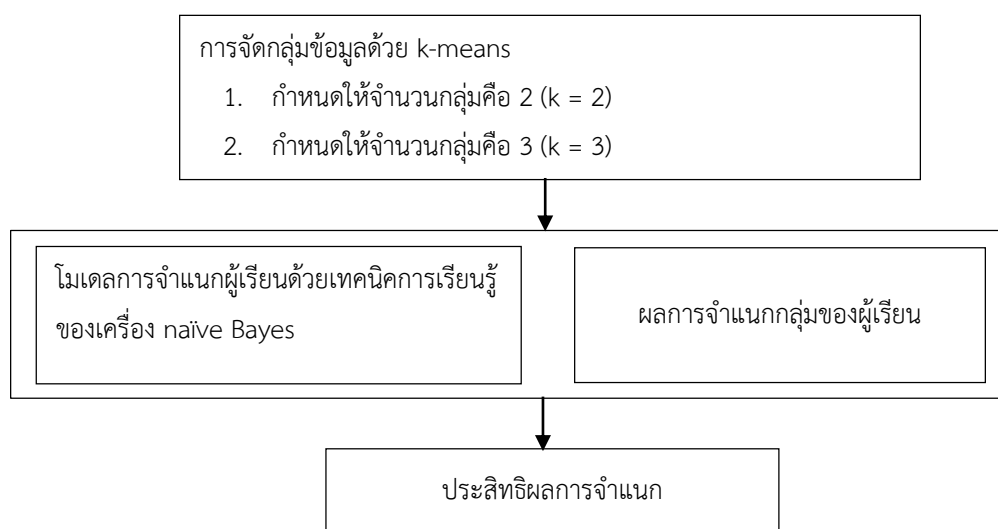
## 3. มโนทัศน์เกี่ยวกับความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย มักถูกกล่าวถึงในลักษณะของการมีพฤติกรรมหรือการมีส่วนร่วมเกี่ยวกับกิจกรรมทางการวิจัย การแบ่งระดับความยึดมั่นผูกพันตามลักษณะการใช้งานของผู้ใช้ ตั้งแต่ การเป็นผู้อ่านงานวิจัย การเป็นผู้ใช้งานวิจัย และการเป็นผู้ทำงานวิจัย (Del Mar & Askew, 2004) หรือการพิจารณาความยึดมั่นผูกพันจากระดับการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการวิจัย เช่น การอ่านงานวิจัย การนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ จะเห็นได้ว่าขอบเขตของการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยนั้นสามารถวัดจากการมีส่วนร่วมหรือระดับพฤติกรรมในกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัยที่แตกต่างกันได้ขึ้นอยู่กับบริบทที่ศึกษา ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จะวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยจากพฤติกรรมที่ผู้เรียนมีในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ที่ออกแบบให้ผู้เรียนเรียนรู้และทำกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัยการศึกษา

### กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียนวิชาชีพครูด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย ซึ่งเป็นการศึกษาข้อมูลของผู้เรียนจากการมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมการเรียนรู้ในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ (learning analytics) (Macfadyen, 2017) ทั้งนี้เนื่องจากความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยเป็นคุณลักษณะพื้นฐานสำคัญที่จะนำมาสู่การพัฒนาความรู้

ทักษะในการวิจัยและการประสบความสำเร็จในการเรียนต่อไป (Lester, 2013) การวิเคราะห์การเรียนรู้ในครั้งนี้ใช้การเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) เป็นวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้เรียนที่ได้จากการบันทึกของระบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งนำมาสู่การได้มาของข้อมูลพฤติกรรมในรูปแบบที่หลากหลายและมีปริมาณมาก การเรียนรู้ของเครื่องจึงเป็นวิธีการที่ช่วยให้สามารถค้นหาสารสนเทศที่สำคัญที่อาจซ่อนอยู่ในชุดข้อมูลดังกล่าว ทั้งนี้การเข้าเรียนรู้ในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์มีหลายปัจจัยที่ผู้สอนอาจไม่สามารถระบุกลุ่มที่แน่ชัดของผู้เรียนได้ทุกคน ส่งผลให้เกิดข้อจำกัดในการได้ชุดข้อมูลที่มีการระบุกลุ่มของผู้เรียนที่เพียงพอต่อการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อการจำแนกข้อมูล การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการใช้หลักการเรียนรู้ของเครื่องด้วยวิธี k-means ในการวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มและระบุกลุ่มให้กับผู้เรียนแต่ละคน ร่วมกับการวิเคราะห์ด้วยวิธี naïve Bayes ในการสร้างโมเดลการจำแนกและระบุตัวแปรแทนที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกกลุ่มของผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย ซึ่งการแบ่งกลุ่มผู้เรียนที่แตกต่างกันส่งผลต่อการมีประสิทธิผลของการจำแนกผู้เรียนที่แตกต่างกันด้วย สามารถแสดงกรอบแนวคิดการวิจัยได้ดังภาพ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### ประชากรและตัวอย่างวิจัย

ประชากร คือ นิสิตนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา คณะครุศาสตร์และศึกษาศาสตร์

ตัวอย่างวิจัย คือ นิสิตนักศึกษาครู ระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์และศึกษาศาสตร์ ที่กำลังเรียนรายวิชาเกี่ยวกับการวิจัยทางการศึกษา ในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2563 จำนวน 253 คน ได้มาจากการเลือกตัวอย่างแบบก้อนหิมะ (snowball sampling) เริ่มจากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจงจากนิสิตนักศึกษาที่กำลังเรียนรายวิชาเกี่ยวกับการวิจัยทางการศึกษา ในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ หรืออาจารย์ประจำวิชา ในการแนะนำผู้เรียนในตอนเรียนเดียวกันหรือเพื่อนร่วมรายวิชาต่อไป

#### เครื่องมือวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นบนเว็บไซต์และฐานข้อมูลระบบ Moodle ประกอบด้วยหน่วยกิจกรรมในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ลักษณะกิจกรรมส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบอินเทอร์แอคทีฟ (interactive content) ที่ผู้เรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับระบบได้ รวมไปถึงกิจกรรมในรูปแบบที่ให้ผู้เรียนได้สร้างเนื้อหาหรือคำตอบไว้ในกิจกรรม เช่น การแบ่งปันงานวิจัย การบันทึกหรือสร้างคำศัพท์ กระดานสนทนา โดยระบบจะรวบรวมและบันทึกข้อมูลพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีปฏิสัมพันธ์กับระบบในแต่ละครั้ง

หรือในแต่ละกิจกรรมในรูปแบบของข้อมูล log data ซึ่งการวิจัยครั้งนี้จะนำมาใช้เป็นตัวแทนของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย การวิจัยครั้งนี้มีระยะเวลาการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 เดือน

### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันต่อการวิจัย ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องวิธี k-means จากนั้นสร้างชุดข้อมูลที่มีการเพิ่มตัวแปรผลลัพธ์ นั่นคือ ตัวแปรกลุ่ม และระบุค่าหรือกลุ่มให้ผู้เรียนแต่ละคนในชุดข้อมูล
2. วิเคราะห์เพื่อจำแนกกลุ่มของผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันต่อการวิจัยด้วยการเรียนรู้ของเครื่องวิธี naïve Bayes โดยใช้ชุดข้อมูลที่มีการระบุกลุ่มของผู้เรียนแล้ว และวิเคราะห์เพื่อหาตัวแปรแทนที่มีบทบาทสำคัญในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันต่อการวิจัย

### ผลการวิจัย

#### ตอนที่ 1 ตัวแปรแทนในการวิเคราะห์ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

ตัวแปรแทน (proxy) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้มีจำนวน 40 ตัวแปร โดยได้มาซึ่งข้อมูลของตัวแปรแทนจากการสำรวจรายการของข้อมูลการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้กับระบบการจัดการเรียนรู้ที่ถูกบันทึกในระบบ Moodle (log data) ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมที่เกิดจากการกระทำของผู้เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ดูแลระบบ ครูผู้สอน และผู้เรียน การวิจัยครั้งนี้คัดเลือกเฉพาะพฤติกรรมของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติหรือการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนกับระบบเท่านั้น ทำให้ได้มาซึ่งพฤติกรรมทั้งหมด 40 รายการ โดยการวิจัยครั้งนี้กำหนดพฤติกรรมดังกล่าวเป็นตัวแปรแทนของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย และใช้ตัวแปรแทนทุกตัวในการเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์เพื่อการสำรวจหาตัวแปรแทนที่เหมาะสมต่อไป รายละเอียดของรายการตัวแปรแทนทั้งหมดแสดงได้ดังภาพ 2

| ตัวแปรแทน           | ความหมาย                                         | ตัวแปรแทน            | ความหมาย                                   |
|---------------------|--------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|
| BDG.LIST.VIEW       | การกดเข้ารายการของเหรียญรางวัล                   | INT.CON.QIZ.COMPLTE  | การตอบคำถามในกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์  |
| COM.CREATE          | การคอมเมนต์ต่อผู้อื่นในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ | INT.CON.ATTMP.SUBMIT | การกดส่งคำตอบในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ    |
| C.ACT.COMPLETE      | การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์                 | POST.CREATE          | การสร้างโพสต์ภายในกระดานสนทนา              |
| C.MODU.VIEW         | การกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ             | POST.DELETE          | การลบโพสต์ภายในกระดานสนทนา                 |
| C.SEARCH            | การค้นหาบทเรียนในหน้าหลักของเว็บไซต์             | POST.UPDATE          | การแก้ไขโพสต์ภายในกระดานสนทนา              |
| C.USER.RP.VIEW      | การกดดูรายงานการทำการกิจกรรมในบทเรียน            | QIZ.ATTMP.RVIEW      | การดูการตอบคำถามภาพรวมตนในชุดแบบทดสอบ      |
| C.VIEW              | การกดเข้าหน้าหลักของหน่วยกิจกรรมออนไลน์          | QIZ.ATTMP.START      | การกดเพื่อเริ่มตอบคำถามในชุดแบบทดสอบ       |
| DISS.CREATE         | การสร้างหัวข้อหรือกระทู้ในกระดานสนทนา            | QIZ.ATTMP.SUBMIT     | การกดเพื่อส่งคำตอบในชุดแบบทดสอบ            |
| DISS.DELETE         | การลบหัวข้อหรือกระทู้ในกระดานสนทนา               | QIZ.ATTMP.SUM.VIEW   | การเข้าดูสรุปการทำการกิจกรรมในชุดแบบทดสอบ  |
| DISS.SUB.CREATE     | การกดติดตามกิจกรรมในกระดานสนทนา                  | QIZ.ATTMP.VIEW       | การเข้าดูการตอบคำถามของตนในชุดแบบทดสอบ     |
| DISS.SUB.DELETE     | การยกเลิกการกดติดตามกิจกรรมในกระดานสนทนา         | REC.CREATE           | การสร้างโพสต์ในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ   |
| DISS.VIEW           | การกดเข้าดูกระทู้สนทนา                           | REC.DELETE           | การลบโพสต์ในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ      |
| ENTRY.CREATE        | การสร้างโพสต์ในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันข้อมูล        | REC.UPDATE           | การแก้ไขโพสต์ในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ   |
| ENTRY.UPDATE        | การแก้ไขโพสต์ในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันข้อมูล        | RESPND.SUBMIT        | การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง      |
| ENTRY.VIEW          | การกดเข้าดูโพสต์ในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันข้อมูล     | SOME.CONT.POST       | การสร้างโพสต์โดยรวมในกระดานสนทนา           |
| GRD.OVERV.RP.VIEW   | การกดเข้าดูรายงานคะแนนในภาพรวมของระบบ            | SUBSCRIP.CREATE      | การกดติดตามกิจกรรมในกระดานสนทนา            |
| GRD.USER.RP.VIEW    | การกดเข้าดูรายงานคะแนนของผู้ใช้                  | TAG.ADD.ITEM         | การเพิ่มคำจัดหมวดหมู่ในกิจกรรมแบบปันข้อมูล |
| INT.CON.PRE.COMPLTE | การทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์             | USER.LIST.VIEW       | การเข้าดูรายชื่อผู้เรียนในบทเรียน          |
| INT.CON.PRE.PROGR   | การดำเนินการทำการกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ        | USER.PFILE.VIEW      | การเข้าดูโปรไฟล์ของผู้เรียน                |
| INT.CON.QUES.ANS    | การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ            | USER.RP.VIEW         | การเข้าดูรายงานภาพรวมของผู้เรียนในบทเรียน  |

ภาพ 2 รายการตัวแปรแทน 40 รายการในการวิเคราะห์ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

เนื่องจากตัวแปรแทนมีจำนวนมาก ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จะนำเสนอข้อมูลพื้นฐานของตัวแปรแทนที่มีลักษณะเด่นหรือที่พบได้มากที่สุดห้าลำดับแรกในชุดข้อมูล โดยเมื่อพิจารณาค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรแทนของตัวอย่างวิจัยจำนวน 253 คน พบว่าตัวแปรแทนที่ผู้เรียนมีการปฏิบัติพฤติกรรมในระดับมากที่สุด ซึ่งในที่นี้มีหน่วยการวัดเป็นความถี่หรือจำนวนครั้ง ได้แก่ INT.CON.QUES.ANS หรือ การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 124.49 ครั้ง ( $SD=61.07$ ) INT.CON.PRE.PROGR หรือ การเข้าดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.29 ครั้ง ( $SD=61.14$ ) C.MODU.VIEW หรือ การกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.91 ครั้ง ( $SD=33.82$ ) INT.CON.QIZ.COMPLTE หรือ การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟเสร็จสมบูรณ์ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.16 ครั้ง ( $SD=19.18$ ) C.VIEW หรือการกดเข้าหน้าหลักของระบบกิจกรรมออนไลน์ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.6 ครั้ง ( $SD=22.05$ )

### ตอนที่ 2 ผลการจัดกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยวิธี k-means

#### ผลการสำรวจจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมในขั้นต้น

การวิเคราะห์เพื่อสำรวจจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม (optimal number of clusters) ในเบื้องต้นและเพื่อจัดกลุ่มข้อมูลหรือจัดกลุ่มของผู้เรียนด้วยการเรียนรู้ของเครื่องวิธี k-means พบว่า จำนวนกลุ่มที่เหมาะสมคือ 3 กลุ่ม อย่างไรก็ตามจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมลำดับต่อมาคือ 2 กลุ่ม ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จะการใช้การแบ่งกลุ่มผู้เรียนทั้ง 2 รูปแบบ โดยการแบ่งผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่ม พบว่ามีค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มโดยรวม (total within-cluster sum of squares) เท่ากับ 1483468 และการแบ่งกลุ่มครั้งนี้สามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลคิดเป็นร้อยละ 40.7 สามารถจัดกลุ่มผู้เรียนได้คือกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยผู้เรียนจำนวน 128 คน และกลุ่มที่ 2 จำนวน 127 คน ในขณะที่การแบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็น 3 กลุ่ม พบว่ามีค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มโดยรวมเท่ากับ 1010513 และการแบ่งกลุ่มสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลคิดเป็นร้อยละ 59.6 ซึ่งสามารถจัดกลุ่มผู้เรียนได้คือ กลุ่มที่ 1 จำนวน 161 คน กลุ่มที่ 2 จำนวน 52 คน และกลุ่มที่ 3 จำนวน 42 คน กล่าวได้ว่าการจัดข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่มทำให้มีความแตกต่างภายในกลุ่มน้อยกว่า และสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ดีกว่าการจัดข้อมูลเป็น 2 กลุ่ม

เพื่อระบุลักษณะของผู้เรียนแต่ละกลุ่มจึงพิจารณาลักษณะข้อมูลภายในกลุ่ม โดยใช้ค่าเฉลี่ยตัวแปรของแต่ละกลุ่ม (cluster means) พบว่าสามารถระบุคุณลักษณะของกลุ่มได้ตามระดับพฤติกรรมการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบโดยการแบ่งผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มนั้น กล่าวได้ว่าผู้เรียนกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีความความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับสูง ขณะที่ผู้เรียนกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีความความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับต่ำ สำหรับการแบ่งผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มสามารถระบุได้ว่า ผู้เรียนกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีความความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับสูง กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับปานกลาง และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีความความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับต่ำ

### ตอนที่ 3 ผลการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยวิธี naïve Bayes

การวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้วยวิธีการวิเคราะห์ naïve Bayes ด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มแบบ 2 กลุ่ม ( $k=2$ ) พบว่าโมเดลการจำแนกมีประสิทธิภาพในการจำแนกผู้เรียนด้วยความแม่นยำ (accuracy) เท่ากับร้อยละ 84.21 สำหรับการจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มแบบ 3 กลุ่ม ( $k=3$ ) พบว่าโมเดลการจำแนกมีประสิทธิภาพในการจำแนกผู้เรียนด้วยความแม่นยำเท่ากับร้อยละ 86.67 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกด้านความจำเพาะ (specificity) ซึ่งเป็นความแม่นยำในการจำแนกผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายหลักที่ต้องการทดสอบ พบว่าในภาพรวมมีค่าสูงกว่าการจำแนกแบบ 2 กลุ่ม แต่เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกด้านความไว (sensitivity) พบว่าการจำแนกกลุ่มแบบ 2 กลุ่มมีค่าความไวสูงกว่า ซึ่งสามารถจำแนกกลุ่มเป้าหมายหลักที่ต้องการทดสอบ (true positive) ได้ถูกต้องมากกว่า อย่างไรก็ตามหากพิจารณาความแม่นยำในการจำแนกโดยภาพรวม กล่าวได้ว่าโมเดลการจำแนกผู้เรียนด้วยการจัดกลุ่มทั้งสองรูปแบบมีประสิทธิภาพที่สูงและใกล้เคียงกัน แต่หากพิจารณาความสามารถในการจำแนกกลุ่มย่อยได้ถูกต้อง พบว่า จำนวนกลุ่มแบบ 2 กลุ่มมีประสิทธิภาพดีกว่า เนื่องจากจำแนกผู้เรียนได้อย่าง

ถูกต้องใกล้เคียงกันในทุก 2 กลุ่ม สอดคล้องกับผลการจำแนกที่พบว่า โมเดลสามารถจำแนกผู้เรียนในกลุ่ม 1 ได้ถูกต้องร้อยละ 47.37 และจำแนกผู้เรียนในกลุ่ม 2 ได้ถูกต้องร้อยละ 36.84 ในขณะที่การกำหนดจำนวนกลุ่มแบบ 3 กลุ่ม พบว่ามีความสามารถในการจำแนกกลุ่มย่อยเพียงบางกลุ่มได้อย่างแม่นยำสูงกว่ากลุ่มอื่น สอดคล้องกับผลการจำแนกที่พบว่า โมเดลสามารถจำแนกผู้เรียนในกลุ่ม 1 ได้ถูกต้องร้อยละ 56 แต่สามารถจำแนกผู้เรียนในกลุ่ม 2 และ 3 ได้ถูกต้องเพียงร้อยละ 17.33 และ 13.33 ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มผู้เรียนโดย naïve Bayes แบบ k=2 และ k=3

| ประสิทธิผลการ<br>จำแนก | การจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน |   |        |        |               |         |         |        |       |
|------------------------|-----------------------------------------------------|---|--------|--------|---------------|---------|---------|--------|-------|
|                        | 2 กลุ่ม (k=2)                                       |   |        |        | 3 กลุ่ม (k=3) |         |         |        |       |
| Confusion<br>matrix    |                                                     |   | Actual |        |               |         | Actual  |        |       |
|                        |                                                     |   | 1      | 2      |               |         | 1       | 2      | 3     |
|                        | Prediction                                          | 1 | 47.37% | 14.47% | Prediction    | 1       | 56%     | 8%     | 2.67% |
|                        |                                                     | 2 | 1.32%  | 36.84% |               | 2       | 2.67%   | 17.33% | 0     |
|                        |                                                     |   |        |        |               |         | 3       | 0      | 0     |
| Accuracy               | .8421                                               |   |        |        | .8667         |         |         |        |       |
| Sensitivity            | .9730                                               |   |        |        | Class 1       | Class 2 | Class 3 |        |       |
|                        |                                                     |   |        |        | .9545         | .6842   | .8333   |        |       |
| Specificity            | .7179                                               |   |        |        | Class 1       | Class 2 | Class 3 |        |       |
|                        |                                                     |   |        |        | .7419         | .9643   | 1.0000  |        |       |

### ตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน

การวิจัยครั้งนี้ทำการวิเคราะห์เพื่อสำรวจตัวแปรแทนที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย ผ่านการวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปร (variable importance evaluation) โดยคัดเลือกตัวแปรแทน 10 ลำดับแรกจากตัวแปรแทนทั้งหมด 40 ตัวแปร ด้วยการพิจารณาจากค่าคะแนนความสำคัญของตัวแปร (importance score) ที่ใช้ในการจำแนกผู้เรียนแต่ละกลุ่มออกจากกัน ผลการวิเคราะห์พบว่า การแบ่งกลุ่มแบบ 2 และ 3 กลุ่ม ตัวแปรที่มีความสำคัญส่วนใหญ่เป็นรายการที่เหมือนกัน อย่างไรก็ตามลำดับความสำคัญของตัวแปรในการจำแนกผู้เรียนแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มพบว่า ตัวแปรที่มีความสำคัญลำดับต้นล้วนเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ซึ่งพิจารณาจากการมีปฏิสัมพันธ์กับส่วนของเนื้อหาหรือกิจกรรมในระบบ โดยตัวแปร 4 ลำดับแรกเป็นตัวแปรของกิจกรรมแบบอินเทอร์แอคทีฟ ได้แก่ การตอบคำถามในกิจกรรม การตอบชุดคำถามในกิจกรรมอย่างครบสมบูรณ์ การอยู่ระหว่างดำเนินการทำกิจกรรม และการทำชุดกิจกรรมอย่างครบสมบูรณ์ รวมไปถึงการการกดส่งคำตอบในกิจกรรมแบบอินเทอร์แอคทีฟ และการทำกิจกรรมรูปแบบที่มีการคิดคะแนนตามลำดับ สำหรับตัวแปรสำคัญกลุ่มต่อมาพบว่าเป็นรายการของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ การกดเข้าหน้าหลักของหน่วยกิจกรรมออนไลน์ และกดเข้าดูการตอบคำถามของตนเองในชุดแบบทดสอบ โดยมีตัวแปรการทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อเสร็จสมบูรณ์เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญลำดับที่สิบ

เมื่อพิจารณาตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มพบว่า ลักษณะของตัวแปรที่คล้ายกันไม่ได้ยังเป็นลำดับที่ใกล้เคียงอย่างชัดเจนเช่นการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม อย่างไรก็ตามตัวแปรที่มีความสำคัญส่วนใหญ่ยังเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยเป็นตัวแปรที่ได้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับส่วนของเนื้อหาหรือกิจกรรมในระบบ ทั้งนี้ในการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มนี้พบว่า จำนวนครั้งของการกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ



มีความสำคัญสูงในการจำแนกผู้เรียนเช่นเดียวกับการทำกิจกรรมในระบบ ทั้งนี้จำนวนการกดเข้าหน้าหลักของหน่วยกิจกรรมออนไลน์รวมถึงจำนวนการทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อเสร็จสมบูรณ์ ไม่ใช่ตัวแปรสำคัญลำดับต้นที่ใช้บ่งบอกความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์แบบ 2 กลุ่ม นอกจากนี้พบว่าการสร้างโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบสามารถร่วมใช้ในการจำแนกผู้เรียน 3 กลุ่มได้ รายละเอียดลำดับความสำคัญของตัวแปรแทนและคำอธิบายตัวแปรแทนแสดงในตารางที่ 2 และ 3

**ตารางที่ 2** รายการตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน 10 ลำดับแรก

| การจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน |            |                      |               |       |       |
|-----------------------------------------------------|------------|----------------------|---------------|-------|-------|
| 2 กลุ่ม (k=2)                                       |            |                      | 3 กลุ่ม (k=3) |       |       |
|                                                     | Importance |                      | X1            | X2    | X3    |
| INT.CON.QUES.ANS                                    | 100        | INT.CON.PRE.PROGR    | 93.4          | 100   | 100   |
| INT.CON.QIZ.COMPLTE                                 | 97.14      | USER.GRADED          | 96.47         | 100   | 100   |
| INT.CON.PRE.PROGR                                   | 92.15      | C.MODU.VIEW          | 96.98         | 99.9  | 99.9  |
| INT.CON.PRE.COMPLTE                                 | 87.04      | INT.CON.ATTMP.SUBMIT | 95.38         | 99.8  | 99.8  |
| USER.GRADED                                         | 86.42      | INT.CON.QUES.ANS     | 99.2          | 99.7  | 99.7  |
| INT.CON.ATTMP.SUBMIT                                | 81.75      | INT.CON.QIZ.COMPLTE  | 97.72         | 99.29 | 99.29 |
| C.MODU.VIEW                                         | 76.17      | INT.CON.PRE.COMPLTE  | 87.52         | 98.99 | 98.99 |
| C.VIEW                                              | 74.79      | C.VIEW               | 79.34         | 94.95 | 94.95 |
| QIZ.ATTMP.VIEW                                      | 64.7       | C.ACT.COMPLETE       | 79.89         | 92.22 | 92.22 |
| C.ACT.COMPLETE                                      | 62.67      | REC.CREATE           | 83.56         | 88.69 | 88.69 |

**ตารางที่ 3** คำอธิบายความหมายของรายการตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน

| ตัวแปรแทน            | ความหมาย                                          |
|----------------------|---------------------------------------------------|
| C.MODU.VIEW          | การกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ              |
| C.VIEW               | การกดเข้าหน้าหลักของหน่วยกิจกรรมออนไลน์           |
| C.ACT.COMPLETE       | การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อเสร็จสมบูรณ์             |
| INT.CON.PRE.COMPLTE  | การทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟเสร็จสมบูรณ์         |
| INT.CON.PRE.PROGR    | การอยู่ระหว่างดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ |
| INT.CON.QUES.ANS     | การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ             |
| INT.CON.QIZ.COMPLTE  | การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟเสร็จสมบูรณ์ |
| INT.CON.ATTMP.SUBMIT | การกดส่งคำตอบในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ           |
| QIZ.ATTMP.VIEW       | การกดเข้าดูการตอบคำถามของตนเองในชุดแบบทดสอบ       |
| REC.CREATE           | การสร้างโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ            |
| USER.GRADED          | การทำกิจกรรมรูปแบบที่มีการคิดคะแนน                |

### อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถนำสู่การอภิปรายในประเด็นดังต่อไปนี้

1) ผลการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยวิธี naïve Bayes โดยใช้การระบุกลุ่มผู้เรียนจากผลการจัดกลุ่มด้วย k-means พบว่า โมเดลการจำแนกสามารถจำแนกกลุ่มผู้เรียนแบบ 2 กลุ่มและ 3 กลุ่มได้อย่างถูกต้องแม่นยำในระดับสูงใกล้เคียงกัน โดยการจำแนกผู้เรียนออกเป็น 3 กลุ่มสามารถทำได้แม่นยำกว่าสูงกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการระบุกลุ่มที่ผู้เรียนแต่ละคนสังกัดด้วยการเรียนรู้ของเครื่องวิธี k-means สามารถช่วยค้นหารูปแบบหรือ

ลักษณะของข้อมูลที่ไม่รู้มาก่อนซึ่งซ่อนอยู่ในชุดข้อมูลที่มีอยู่ (hidden pattern) โดยจัดกลุ่มข้อมูลด้วยการพิจารณา ระยะทางระหว่างจุดของข้อมูลทั้งหมด เพื่อให้สามารถได้สารสนเทศของกลุ่มมากที่สุด (Zheng et al., 2014) สอดคล้องกับการจัดกลุ่มข้อมูลในครั้งนีที่มีการกำหนดจำนวนกลุ่มเท่ากับ 3 สามารถให้สารสนเทศได้ดีกว่าการกำหนดจำนวนกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม ดังนั้น เมื่อนำผลดังกล่าวมาใช้ในการระบุกลุ่มของผู้เรียนเพื่อสร้างโมเดลในการจำแนกกลุ่มจึงทำให้โมเดลมีประสิทธิภาพสูงตามไปด้วย สำหรับผลการวิเคราะห์การจำแนกผู้เรียนที่พบว่า โมเดลการจำแนกผู้เรียนแบบ 3 กลุ่มมีประสิทธิภาพด้านความไว (sensitivity) น้อยกว่า แต่มีความจำเพาะ (specificity) มากกว่าการจำแนกแบบ 2 กลุ่ม ทั้งนี้ อาจด้วยเหตุผลในประเด็นของความสมดุลของข้อมูล (Banerjee et al., 2018) โดยการวิจัยครั้งนี้ การจำแนกแบบ 2 กลุ่มมีจำนวนของตัวอย่างวิจัยในแต่ละกลุ่มในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันมาก (balanced data) ในขณะที่การจำแนกแบบ 3 กลุ่ม พบว่าจำนวนตัวอย่างวิจัยในแต่ละกลุ่มมีสัดส่วนที่ไม่สมดุลกัน (imbalanced data) โดยที่กลุ่มเป้าหมายหลักที่ต้องการทดสอบ (true positive) อาจมีจำนวนน้อยกว่ากลุ่มอื่น ๆ จึงทำให้โมเดลจำแนกมีความไวในการระบุกลุ่มดังกล่าวได้น้อยกว่า แต่มีแนวโน้มที่สามารถระบุกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายในการทดสอบ (true negative) ได้ถูกต้องมากกว่านั่นเอง

2) ผลการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย พบว่า ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับส่วนของเนื้อหาหรือกิจกรรมในระบบ นอกจากนี้ยังพบตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเข้าดูหน้าหลักของหน่วยกิจกรรมและหัวข้อย่อยของกิจกรรม และจำนวนกิจกรรมที่ทำเสร็จ ซึ่งกล่าวได้ว่าบางส่วนมีลักษณะสอดคล้องกับกิจกรรมที่มักใช้ในการดูความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของผู้เรียนเมื่อเทียบกับการเรียนในชั้นเรียน เช่น จำนวนการเข้าชั้นเรียน จำนวนงานที่ส่ง (Appleton et al., 2006) จากผลการวิเคราะห์ กล่าวได้ว่า การจำแนกผู้เรียนที่มักพบได้ในทางปฏิบัติแบบดั้งเดิม ซึ่งมักพิจารณาจากพฤติกรรมการเข้าชั้นเรียน การเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ รวมถึงจากจำนวนกิจกรรมที่ทำครบนั้น ไม่เพียงพอต่อการจำแนกกลุ่มของผู้เรียนตามความยึดมั่นผูกพัน อีกทั้งไม่ใช่ตัวแปรที่สำคัญที่สุดในการระบุว่าผู้เรียนมีความผูกพันในการเรียน ทั้งนี้ควรมีการพิจารณาร่วมกับตัวแปรที่แสดงถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีต่อเนื้อหา กิจกรรม การทำแบบทดสอบ รวมถึงสื่อประกอบการเรียนรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าตัวแปรลักษณะดังกล่าวเป็นตัวแปรกลุ่มหลักที่มีบทบาทสำคัญในการร่วมใช้พิจารณาเพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย ผลการวิเคราะห์การเรียนรู้เพื่อจำแนกผู้เรียนนี้ ทำให้ได้สารสนเทศที่สำคัญที่ช่วยให้ผู้สอนมีกรอบหรือแนวทางในการประเมินผู้เรียนเกี่ยวกับความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย เพื่อให้สามารถกระตุ้นหรือส่งเสริมพฤติกรรมการเรียนรู้ที่นำพาผู้เรียนให้เกิดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับที่สูงขึ้นต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิรัช วรรณรัตน์ (2561) ที่ชี้ให้เห็นว่าระดับพฤติกรรมการปฏิบัติรวมถึงระดับความสามารถของผู้เรียนที่สูงขึ้น เกิดจากการที่อาจารย์มีการประเมินและติดตามผู้เรียนและหาแนวทางส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนที่เหมาะสมกับปัญหาอย่างตรงจุด

3) ตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน ในภาพรวมกล่าวได้ว่า รายการตัวแปรแทนที่สำคัญส่วนใหญ่เป็นลักษณะของพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ได้จากกิจกรรมที่สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว มีคะแนนและเฉลยแสดงผลลัพธ์ภายหลังการตอบ ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ขณะที่ตัวแปรแทนที่เป็นพฤติกรรมจากการทำกิจกรรมในรูปแบบการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกันในกระดานสนทนานั้น ยังไม่มีบทบาทสำคัญในการจำแนกผู้เรียนในครั้งนี้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการออกแบบการเรียนในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ครั้งนี้ เป็นบทเรียนเพื่อการฝึกฝน ทบทวนเพิ่มเติม ผู้เรียนมีบทบาทหลักในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างอิสระ โดยที่ผู้สอนไม่ได้เข้ามากระตุ้นหรือกำกับ ทำให้ผู้เรียนอาจขาดแรงจูงใจและแรงกระตุ้นในการมีส่วนร่วมในบางกิจกรรม เป็นเหตุให้ระดับพฤติกรรมในรายการตัวแปรแทนเหล่านี้ต่ำและมีค่าเท่า ๆ กันระหว่างผู้เรียน จึงไม่สามารถใช้จำแนกกลุ่มผู้เรียนได้ดีนั่นเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุขาดา ภูระหงษ์ และมนัสนันท์ หัตถศักดิ์ (2561) ที่แสดงให้เห็นว่า การส่งเสริมให้ผู้เรียน

เกิดการมีส่วนร่วมในการโต้ตอบ แสดงความคิดเห็นและอภิปรายนั้น จะเกิดขึ้นได้ดีหากเป็นรูปแบบการสอนแบบร่วมมือหรือแบบมีส่วนร่วม

### ข้อเสนอแนะ

#### ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การกำหนดจำนวนกลุ่มของผู้เรียนสามารถทำได้ทั้ง 2 รูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์หรือสารสนเทศที่ครูอาจารย์หรือนักวิจัยต้องการเน้น โดยผู้เกี่ยวข้องสามารถใช้แนวทางการวิเคราะห์ในครั้งนี้ไปใช้เพื่อวิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียนจากการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ออนไลน์ที่อาจไม่สามารถระบุคุณลักษณะผู้เรียนแต่ละคนได้อย่างชัดเจนจากข้อมูลที่ผู้สอนสังเกตเห็น เนื่องจากยังมีข้อมูลส่วนอื่นที่ผู้เรียนมีการปฏิบัติจากการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบที่ผู้สอนไม่สามารถมองเห็นได้โดยตรง

2. ครูอาจารย์หรือนักวิจัยสามารถใช้การวิเคราะห์การเรียนรู้ด้วยการจำแนกกลุ่มผู้เรียนเพื่อจุดประสงค์ในการส่งเสริมการเรียนรู้หรือช่วยเหลือผู้เรียน โดยเฉพาะเมื่อทราบเกี่ยวกับผู้เรียนที่จำแนกได้ว่าเป็นกลุ่มที่ความยึดมั่นผูกพันต่ำ รวมถึงสามารถใช้ข้อมูลในการปรับเหมาะรูปแบบการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียนต่อไป

3. ครูอาจารย์หรือนักวิจัยสามารถใช้ผลจากการวิเคราะห์ตัวแปรแทนที่เหมาะสมของการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยซึ่งคัดลอกจากความสำเร็จในการจำแนกเพื่อเป็นแนวทางหลักในการพิจารณาถึงออกแบบระบบการจัดการเรียนรู้หรือรูปแบบกิจกรรมสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลให้ครอบคลุมตัวแปรที่มีความสำคัญเพื่อนำไปใช้ในการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยหรือการเรียนวิชาอื่น ๆ ต่อไป

#### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การศึกษาครั้งนี้วิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องด้วยเทคนิคหรือวิธีการวิเคราะห์เพียงหนึ่งวิธีของการวิเคราะห์การจัดกลุ่มและจำแนกกลุ่มข้อมูล ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยอาจมีการใช้วิธีการหรือเทคนิคการวิเคราะห์อื่นร่วมในการศึกษาเพื่อให้ได้สารสนเทศเชิงเปรียบเทียบเกี่ยวกับเทคนิคการวิเคราะห์ที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลหรือที่สามารถให้ประสิทธิภาพของโมเดลการวิเคราะห์ที่สูงกว่าต่อไป

2. การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าสัดส่วนของจำนวนตัวอย่างวิจัยระหว่างกลุ่มมีผลต่อประสิทธิภาพของโมเดลการจำแนก ดังนั้น การจำแนกกลุ่มข้อมูลหรือตัวอย่างวิจัยควรคำนึงถึงประเด็นดังกล่าวประกอบด้วย ในกรณีที่พบว่าจำนวนของตัวอย่างวิจัยมีสัดส่วนที่ไม่สมดุลสูง ซึ่งมีแนวโน้มส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพด้านความไว และความจำเพาะที่แตกต่างสูงได้ ผู้วิจัยอาจศึกษาแนวทางการวิเคราะห์เพิ่มเติมและประยุกต์ใช้เพื่อลดจุดอ่อนหรือแก้ปัญหาหากเกิดกรณีดังกล่าวขึ้น

3. การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยการใช้ตัวแปรด้านปริมาณเท่านั้น โดยคำนวณพฤติกรรมจากความถี่ที่เกิดขึ้น ดังนั้น การวิจัยครั้งต่อไปอาจวิเคราะห์การเรียนรู้โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรประเภทอื่นร่วมด้วย เช่น ข้อมูลด้านคุณภาพการเรียนรู้ซึ่งอาจใช้ข้อมูลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัดเพื่อให้ได้สารสนเทศเกี่ยวกับลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีประโยชน์ในแง่มุมเพิ่มเติมต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

- สุชาติ ภูระหงษ์ และมนัสนันท์ หัตถศักดิ์. (2561). ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตลักษณ์ของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง. *วารสารการวัดผลการศึกษา*. 35 (98). 119-132.
- วิรัช วรรณรัตน์. (2561). ศักยภาพผลการเรียนรู้ของบัณฑิตผู้สำเร็จการศึกษา หลักสูตร ป.บัณฑิตวิชาชีพครู มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์ปีการศึกษา 2557-2559. *วารสารการวัดผลการศึกษา*. 35 (98). 12-23.
- Appleton, J. J., Christenson, S. L., Kim, D., & Reschly, A. L. (2006). Measuring cognitive and psychological engagement: Validation of the Student Engagement Instrument. *Journal of school psychology*. 44 (5). 427-445.
- Ayodele, T. O. (2010). Types of machine learning algorithms. *New advances in machine learning*. 3. 19-48.
- Banerjee, P., Dehnbostel, F. O., & Preissner, R. (2018). Prediction is a balancing Act: importance of sampling methods to balance sensitivity and specificity of predictive models based on imbalanced chemical data sets. *Frontiers in chemistry*. 6. 362.
- Barrientos, F., & Sainz, G. (2012). Interpretable knowledge extraction from emergency call data based on fuzzy unsupervised decision tree. *Knowledge-based systems*. 25 (1). 77-87.
- Del Mar, C., & Askew, D. (2004). Building family/general practice research capacity. *The Annals of Family Medicine*. 2 (suppl 2). S35-S40.
- Ferguson, R. (2012). Learning analytics: drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*. 4 (5/6). 304-317.
- Károly, A. I., Fullér, R., & Galambos, P. (2018). Unsupervised clustering for deep learning: A tutorial survey. *Acta Polytechnica Hungarica*. 15 (8). 29-53.
- Kim, D., Park, Y., Yoon, M., & Jo, I. H. (2016). Toward evidence-based learning analytics: Using proxy variables to improve asynchronous online discussion environments. *The Internet and Higher Education*. 30. 30-43.
- Lester, D. (2013). A Review of the Student Engagement Literature. *FOCUS on Colleges, Universities & Schools*. 7 (1).
- Macfadyen, L. (2017). What Does a Learning Analytics Practitioner Need to Know?. *CEUR Workshop Proceedings, (1915)*.
- Ray, S. (2019). A quick review of machine learning algorithms. In *2019 International conference on machine learning, big data, cloud and parallel computing (COMITCon)* (pp. 35-39).
- Saritas, M. M., & Yasar, A. (2019). Performance analysis of ANN and Naive Bayes classification algorithm for data classification. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*. 7 (2). 88-91.
- Tarca, A. L., Carey, V. J., Chen, X. W., Romero, R., & Drăghici, S. (2007). Machine learning and its applications to biology. *PLoS Comput Biol*. 3 (6). 116.
- Zheng, B., Yoon, S. W., & Lam, S. S. (2014). Breast cancer diagnosis based on feature extraction using a hybrid of K-means and support vector machine algorithms. *Expert Systems with Applications*. 41 (4). 1476-1482.