

การวิเคราะห์การเรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อส่งเสริมความยืดหยุ่นผู้กผันในการวิจัย  
และเจตคติต่อการวิจัยของนักศึกษาครู



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต  
สาขาวิชาวิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา  
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2563  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LEARNING ANALYTICS WITH MACHINE LEARNING FOR ENHANCING STUDENT TEACHERS'  
RESEARCH ENGAGEMENT AND ATTITUDE TOWARDS RESEARCH



Miss Laphatphitcha Surawatakul

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Doctor of Philosophy in Educational Research Methodology

Department of Educational Research and Psychology

FACULTY OF EDUCATION

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์การเรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อส่งเสริมความยืดหยุ่นผู้กผันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยของนักศึกษาครู
โดย	น.ส.ลภัสพิชชา สุรวาทกุล
สาขาวิชา	วิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล ว่องวานิช

คณะกรรมการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต

.....	คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ประธานกรรมการ
.....	(ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.นงลักษณ์ วิรัชชัย)
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล ว่องวานิช)	
.....	กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ)	
.....	กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณิ แกมเกตุ)	
.....	กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนิษฐ์ ศรีเคลือบ)	
.....	กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศจีมาจ ณ วิเชียร)	

ลภัสพิชชา สุรวาทกุล : การวิเคราะห์การเรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อส่งเสริมความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย  
 ของนักศึกษาคู. ( LEARNING ANALYTICS WITH MACHINE LEARNING FOR ENHANCING STUDENT TEACHERS' RESEARCH  
 ENGAGEMENT AND ATTITUDE TOWARDS RESEARCH) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร.ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศ. ดร.สุวิมล ว่อง  
 วาณิช

การวิเคราะห์การเรียนรู้เป็นการใช้ข้อมูลขนาดใหญ่ที่ถูกบันทึกและจัดเก็บในระบบการจัดการเรียนรู้ในการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจลักษณะ  
 การเรียนรู้หรือกำกับติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน อีกทั้งยังสามารถให้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์และทันทั้งที่ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนและ  
 ส่งเสริมผู้เรียนได้อย่างตรงจุด การวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลจากหน่วยกิจกรรมออนไลน์การวิจัยทางการศึกษาในการกำหนดเป็นตัวแปรแทนของความยึดมั่นผูกพันใน  
 การวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยเพื่อศึกษาการจำแนกผู้เรียนเป็นกลุ่มที่แตกต่างตามลักษณะการเรียนรู้ในระบบ วัตถุประสงค์การวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1)  
 เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย ระหว่างการใช้เทคนิคการเรียนรู้  
 ของเครื่อง และการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน 2) เพื่อวิเคราะห์และเสนอตัวแปรแทนและโมเดลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย  
 และเจตคติต่อการวิจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ ตัวอย่างวิจัย คือ นิสิตนักศึกษาคู ระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์และศึกษาศาสตร์ เก็บ  
 รวบรวมข้อมูลด้วยหน่วยกิจกรรมออนไลน์ในระบบมูเดิล (Moodle) เพื่อให้ได้ข้อมูลตัวแปรแทน และใช้แบบสอบถามมาตรฐานค่า 5 ระดับ เพื่อให้ได้  
 ข้อมูลการรายงานตนเองของผู้เรียน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงบรรยาย การเรียนรู้ของเครื่องด้วยการจัดกลุ่มด้วยเทคนิคเคมีน การจำแนกกลุ่มด้วยเทคนิค  
 ต้นไม้ตัดสินใจ เนอ็ฟฟี่ และโครงข่ายประสาทเทียม และการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1) เครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยมีค่าความเที่ยงในระดับสูง ( $\alpha_{eng} = .95$  และ  $\alpha_{att} = .90$ ) โมเดลการวัดมีความตรงเชิงโครงสร้างโดยสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทั้งสองตัวแปร ( $\text{Chi-Square}_{eng} (227, N=228) = 211.93, p = .76$  และ  $\text{Chi-Square}_{att} (25, N=228) = 17.66, p = .86$ ) ตัวแปรแทนของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยมีจำนวน 40 ตัวแปรซึ่งเป็นพฤติกรรม  
 ของผู้เรียนที่คัดเลือกจากตัวแปรทั้งหมด 60 ตัวแปรในระบบ และตัวแปรแทนของเจตคติต่อการวิจัยมีจำนวน 309 ตัวแปร โดยอยู่ในรูปแบบหน่วยค่าอารมณ์  
 ความรู้สึก; 2) การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเคมีนให้ผลการจัดกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยที่เหมาะสมเบื้องต้น การวิเคราะห์เพื่อจำแนกผู้เรียนด้าน  
 ความยึดมั่นผูกพันต่อการวิจัยด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ เนอ็ฟฟี่ และโครงข่ายประสาทเทียม พบว่า การจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มมีค่าความแม่นยำ  
 (accuracy) เท่ากับ .86 .84 และ .87 ตามลำดับ สำหรับการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มพบว่า มีค่าความแม่นยำ (accuracy) เท่ากับ .88 .80 และ .86  
 ตามลำดับ การจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีเจตคติเชิงบวก ค่าที่พบได้มาก เช่น “เข้าใจ” “ง่าย” “สนใจ” “สนุก” สำหรับกลุ่ม  
 ที่มีเจตคติเชิงลบ ค่าที่พบได้มาก เช่น “ยาก” “สับสน” “ไม่เข้าใจ” นอกจากนี้ ผลจากแบบสอบถามมาตรฐานค่าพบว่า ในภาพรวมผู้เรียนมีความยึดมั่น  
 ผูกพันต่อการวิจัยในระดับปานกลาง ( $M_{eng} = 3.50, SD_{eng} = .64$ ) และมีเจตคติต่อการวิจัยในระดับสูง ( $M_{att} = 4.06, SD_{att} = .59$ ) ความแตกต่างของผลการใช้  
 การวัดด้วยตัวแปรแทนและแบบสอบถามมาตรฐานค่ามีประเด็นที่น่าสนใจของแนวคิดและการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ; 3) ตัวแปรแทนที่มี  
 บทบาทสำคัญและมีความเหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย ส่วนใหญ่เป็นตัวแปรแทนประเภทการดำเนินการทำกิจกรรม  
 (progress) และความพยายามในการทำกิจกรรมส่วนต่าง ๆ (attempt) ทั้งนี้ ตัวแปรแทนประเภทการมีส่วนร่วมโดยรวมในระบบ (attendance) และจำนวน  
 กิจกรรมที่ทำการ (task completion) ซึ่งมักพบในแนวทางดั้งเดิมนั้น สามารถใช้จำแนกผู้เรียนได้ แต่ไม่ใช่ตัวแปรแทนที่มีบทบาทสำคัญลำดับต้น ตัวแปร  
 แทนที่มีความสำคัญและเหมาะสมในการจำแนกเจตคติต่อการวิจัยเป็นหน่วยค่าที่เกี่ยวข้องกับความยากง่ายและมุมมองต่อลักษณะของหัวข้อหรือกิจกรรม การ  
 รับรู้ความสามารถของตนเอง ความรู้ลักษณะการทำกิจกรรม การรับรู้ถึงการพัฒนาตนเองในทักษะต่าง ๆ

สาขาวิชา	วิทยาลัยการวิจัยการศึกษา	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2563	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

# # 6184222627 : MAJOR EDUCATIONAL RESEARCH METHODOLOGY

KEYWORD: Learning Analytics, Machine Learning, Sentiment Analysis, Proxy Variable

Laphatphitcha Surawatakul : LEARNING ANALYTICS WITH MACHINE LEARNING FOR ENHANCING STUDENT TEACHERS' RESEARCH ENGAGEMENT AND ATTITUDE TOWARDS RESEARCH. Advisor: CHAYUT PIROMSOMBAT, Ph.D. Co-advisor: Prof. SUWIMON WONGWANICH, Ph.D.

Using big data automatically recorded on a learning management system (LMS), learning analytics could not only trace students' learning performance and learning habits, but also provide useful and real-time insights for stakeholders to enhance students' learning. This study applied learning analytics on student teachers' data from an online educational research course to investigate and classify their research engagement and attitude towards research. Specifically, the major objectives of this research were to 1) analyze and compare the effectiveness of the classification on students' research engagement and attitude towards research between different machine learning techniques and measurement methods, and 2) investigate and then select potential proxy variables to be used in the classification of students' research engagement and attitude towards research. In this study, log-data from Moodle API as proxy variables as well as data collected by 5-point rating scales were two main sources of data. The data were then analyzed by descriptive statistics, four machine learning techniques (i.e., k-means clustering, decision tree, naïve Bayes, and neural network), and sentiment analysis. The key research findings were as follows:

1) The scales measuring research engagement and attitude towards research had high levels of internal consistency ( $\alpha_{eng} = .95$  and  $\alpha_{att} = .90$ ) and adequate levels of construct validity ( $\text{Chi-Square}_{eng} (227, N = 228) = 211.93, p = .76$  and  $\text{Chi-Square}_{att} (25, N = 228) = 17.66, p = .86$ ). Among 60 variables from Moodle log-data, 40 of them which were students' variables were carefully selected to use as proxy variables for investigating students' research engagement, and 309 sentiment words/statements as proxy variables for their attitude towards research.; 2) Using results from K-means clustering as initial labels/groups of research engagement, the decision tree, naïve Bayes, and neural network, all with 2 groups, yielded accuracy levels of .86, .84 and .87, respectively, while those with 3-group solutions provided accuracy levels of .88, .80 and .85, respectively. The classification of students' attitude towards research showed a great proportion of students in the group of positive attitudes. Some common positive words were "understand", "easy", "interested", and "fun"; and negative words were "difficult", "confused", and "don't understand". On the other hand, it was found from the traditional measurement method that students' research engagement and attitude towards research were moderate and high ( $M_{eng} = 3.50, SD_{eng} = .64, M_{att} = 4.06, SD_{att} = .59$ ). The differences between results obtained from learning analytics with proxy data and traditional measurement were discussed in detail, both theoretically and practically.; 3) Most of proxy variables with high potential to classify students' research engagement were related to students' learning progress and attempts in each activity. In the context of online learning platform, traditional engagement variables, e.g., attendance and task completion, were also useful to classify students but less effective. In terms of classifying students' attitude towards research, words related to the difficulty level of topics/activities, characteristics of topics/activities, self-efficacy, feeling during learning, and development in knowledge and skills were useful and informative.

Field of Study: Educational Research Methodology

Academic Year: 2020

Student's Signature .....

Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้เกิดขึ้นจากการดูแล เอาใจใส่ และการให้คำปรึกษาด้วยความทุ่มเทจาก อาจารย์ ดร.ชยุตม์ ภริมย์สมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ซึ่งคอยให้ความรู้ เทคนิค ให้โอกาสในการเรียนรู้และฝึกฝนพัฒนาเกี่ยวกับ ทักษะและศาสตร์วิชาการวิจัย อีกทั้งยังคอยอบรมสั่งสอน ติดตามและชี้แนะแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องและปัญหาต่าง ๆ ทั้งเกี่ยวกับ กระบวนการทำงานและการเป็นบัณฑิตที่ดีเพื่อการสร้างผลงานที่มีคุณภาพและเติบโตเป็นสมาชิกที่ดีของสังคม ผู้วิจัยรู้สึกขอบคุณจากหัวใจ ที่อาจารย์คอยดักเตือน อดทนและช่วยเหลือศิษย์คนนี้ด้วยความเสียสละและความหวังดีมาโดยตลอด สิ่งที่ได้เรียนรู้และรับจากอาจารย์ ตลอดระยะเวลาการเรียนเป็นสิ่งที่มีคุณค่าอย่างยิ่ง ผู้วิจัยรู้สึกเป็นเกียรติที่ได้เป็นศิษย์ของอาจารย์และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ ผู้วิจัยจะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในการพัฒนาตนเองให้มีศักยภาพที่ดียิ่งขึ้นต่อไป และจะระลึกถึงพระคุณของอาจารย์ เสมอ

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล ว่องวานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ประสบการณ์ แนวคิดทางการวิจัย และจุดประกาย ชี้นำ ให้คำแนะนำงานกำเนิดแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อครั้งนี้ พร้อมทั้งให้การช่วยเหลือ สนับสนุนศิษย์ด้วยความเมตตาเสียสละและทุ่มเทเสมอ อีกทั้งคอยหยิบยื่นโอกาสในการพัฒนาทักษะทางการวิจัยและพัฒนาตนเองทั้งในและนอกเหนือจากรายวิชา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณของอาจารย์อย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.นงลักษณ์ วิรัชชัย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิมาจ ญ วิเชียร กรรมการภายนอก ที่ให้ความกรุณาในการพิจารณาวิทยานิพนธ์เล่มนี้ โดยการให้คำแนะนำ ชี้นำแนะแนวทางและ ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณณี แกมเกตุ และผู้ช่วย ศาสตราจารย์ ดร.กนิษฐ์ ศรีเคลือบ ที่ให้ความรู้และทักษะทางการวิจัยที่มีคุณค่าระหว่างการเรียนบัณฑิตศึกษา รวมถึงให้ความช่วยเหลืออย่างเมตตา สะท้อนคิด และให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณพี่น้องสาขาวิชาวิทยาการวิจัยการศึกษา บุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องรอบกายทุกคน รวมถึงพี่นุชและพี่ต่าย ที่คอย สนับสนุน ให้ความช่วยเหลือทั้งระหว่างการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขอขอบคุณวัชรศักดิ์ สุดหล้า เพื่อนร่วมทางคน สำคัญที่คอยให้คำปรึกษาและคอยช่วยเหลือในทุกสิ่งทุกอย่างมากมายอย่างไม่สามารถนับได้ ขอขอบคุณที่เป็นกัลยาณมิตรที่ดีและอยู่เคียงข้าง ตลอดมาในทุกช่วงเวลา ตั้งแต่วันแรกที่รู้จักกันจนถึงวันที่ทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ อีกทั้งยังให้การแนะนำในการทำงานและชักชวนให้ ผลิตผลงานวิจัยรวมถึงการพัฒนาตนเองในด้านต่าง ๆ เมื่อมีโอกาสเสมอ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจในความเป็นเพื่อนที่ดีอย่างยิ่ง ขอขอบคุณพี่จ๊ะ พี่ยุท พี่ไชย พี่ปุ๋ย สำหรับการสละเวลาอันมีค่าในการให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการเก็บข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณพี่ พอลลี่ พี่วิว พี่เฟิร์น พี่โบว์ พี่สมเกียรติ พี่เบส พี่ไหม พี่ลือก พี่บี๊ พี่บิว พี่ไอซ์ น้องจูน น้องปาล์ม น้องเม่น เมฆ พี่โย พี่ดานาง และพี่ ๆ รวมถึงน้อง ๆ และเพื่อนทุกคนที่คอยส่งกำลังใจและแรงใจดี ๆ ให้เสมอ

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ คุณพ่อและคุณแม่ที่ เห็นความสำคัญของการศึกษาและให้โอกาสผู้วิจัยได้ศึกษาเรียนรู้จนถึงระดับดุษฎีบัณฑิต โดยสนับสนุนและผลักดันผู้วิจัยในทุก ๆ ด้านอย่าง เต็มความสามารถ ผู้วิจัยโชคดีที่มีพ่อ แม่ และน้องชาย ทั้งสามคนคอยมอบความรัก ความหวังดี ให้อภัย พึงใจ ให้กำลังใจ ที่ดี และเชื่อมั่นในศักยภาพของผู้วิจัยตลอดมา ขอขอบพระคุณสำหรับการเป็นแรงใจและเป็นแรงกระตุ้นอันมีค่าให้ผู้วิจัยมีกำลังใจในการ เรียนและทำวิทยานิพนธ์ได้จนสำเร็จลุล่วง

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฅ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาวิจัย.....	1
คำถามวิจัย.....	8
วัตถุประสงค์การวิจัย.....	8
ขอบเขตของการวิจัย.....	9
นิยามศัพท์ในการวิจัย.....	10
ประโยชน์ที่ได้รับ.....	11
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	1
ตอนที่ 1 มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์การเรียนรู้.....	1
ตอนที่ 2 มโนทัศน์เกี่ยวกับการเรียนรู้ของเครื่อง.....	24
ตอนที่ 3 มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก.....	51
ตอนที่ 4 มโนทัศน์เกี่ยวกับตัวแปรวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	55
ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	59
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	61
ประชากรและตัวอย่างวิจัย.....	61

ตัวแปรวิจัยและนิยามเชิงปฏิบัติการ.....	62
เครื่องมือวิจัย.....	63
การเก็บและรวบรวมข้อมูล .....	72
การวิเคราะห์ข้อมูล .....	74
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	80
ตอนที่ 1 เครื่องมือวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยและตัวแปรแทน .....	84
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย ระหว่างการใช้ เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน.....	88
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์การจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยด้วยการวิเคราะห์ความรู้สึก	117
ตอนที่ 4 การวิเคราะห์และจำแนกผู้เรียนด้วยข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรฐานค่า และการ เปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน .....	124
ตอนที่ 5 ผลการระบุตัวแปรแทนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่ เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้.....	132
ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์เพิ่มเติมจากวัตถุประสงค์การวิจัยหลัก .....	137
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	148
สรุปผลการวิจัย.....	149
อภิปรายผลการวิจัย.....	156
ข้อเสนอแนะ .....	166
บรรณานุกรม.....	173
ภาคผนวก.....	196
ภาคผนวก ก เครื่องมือการวัดแบบมาตรฐานค่า.....	197
ภาคผนวก ข แนวทางการออกแบบกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ .....	201
ภาคผนวก ค รายการตัวแปรแทนความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยที่ได้จากระบบ.....	212
ประวัติผู้เขียน.....	215



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 คุณลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์การวิเคราะห์ EDM LA และ AA.....	8
ตาราง 2.2 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้.....	13
ตาราง 2.3 ข้อดีและจุดอ่อนของการวัดด้วยตัวแปรแทน.....	22
ตาราง 2.4 คอนฟิวชันแมทริกซ์ (confusion matrix).....	46
ตาราง 3.1 การบันทึกข้อมูลตัวอย่างรายการตัวแปรแทนที่ได้จากการสำรวจ.....	64
ตาราง 3.2 ตัวอย่างการออกแบบกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้.....	65
ตาราง 3.3 เครื่องมือวิจัยที่คัดสรรจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	69
ตาราง 3.4 ตัวอย่างข้อคำถามในแบบสอบถามมาตรฐานค่า.....	71
ตาราง 3.5 โครงสร้างจำนวนข้อคำถามของแต่ละตัวแปรในแบบสอบถามมาตรฐานค่า.....	71
ตาราง 4.1 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแบบสอบถามมาตรฐานค่าด้านความเที่ยง.....	85
ตาราง 4.2 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย.....	86
ตาราง 4.3 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของเจตคติต่อการวิจัย.....	86
ตาราง 4.4 ตัวอย่างคำที่แสดงถึงอารมณ์ความรู้สึกหรือความคิดเห็นในเชิงบวกและเชิงลบ.....	88
ตาราง 4.5 การมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนกับระบบการจัดการเรียนรู้ในหน่วยกิจกรรมหลักและย่อย...	89
ตาราง 4.6 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรแทนที่มีการทำพฤติกรรมสูงสุด 10 ลำดับแรก (N=228).....	92
ตาราง 4.7 หน่วยกิจกรรมย่อยตามรายการตัวแปรแทนที่มีการทำพฤติกรรมสูงสุด.....	94
ตาราง 4.8 การจัดกลุ่มผู้เรียนด้วยวิธีเคมีน (k-means) ด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน.	97
ตาราง 4.9 ประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ.....	99
ตาราง 4.10 รายการตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน 15 ลำดับแรก.....	107
ตาราง 4.11 ประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้วยเทคนิคเอนีฟเบย์.....	108
ตาราง 4.12 รายการตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน 15 ลำดับแรก.....	109
ตาราง 4.13 ประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม.....	111
ตาราง 4.14 รายการตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน 15 ลำดับแรก.....	112

หน้า

ตาราง 4.15 ประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกเมื่อจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม.....	114
ตาราง 4.16 ประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกเมื่อจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่ม.....	114
ตาราง 4.17 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกระหว่างเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่ต่างกัน.	116
ตาราง 4.18 คำหรือหน่วยคำที่พบได้มากที่สุด (common words).....	117
ตาราง 4.19 การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัย.....	118
ตาราง 4.20 การจำแนกเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวกตามการสะท้อนความรู้สึกในแต่ละหน่วย.....	120
ตาราง 4.21 การจำแนกเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบตามการสะท้อนความรู้สึกในแต่ละหน่วย.....	121
ตาราง 4.22 การจำแนกเจตคติต่อการวิจัยที่เป็นกลางตามการสะท้อนความรู้สึกในแต่ละหน่วย....	121
ตาราง 4.23 ค่าสถิติพื้นฐานของความเชื่อมั่นผู้กผันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย (N=228)....	125
ตาราง 4.24 เปอร์เซ็นไทล์ คะแนนที่มาตรฐานของคะแนนความเชื่อมั่นผู้กผันในการวิจัย.....	126
ตาราง 4.25 เปอร์เซ็นไทล์ คะแนนที่มาตรฐานของคะแนนเจตคติต่อการวิจัย.....	127
ตาราง 4.26 การแปลความหมายของคะแนนและการจำแนกผู้เรียนด้านความเชื่อมั่นผู้กผันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย.....	128
ตาราง 4.27 การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน.....	129
ตาราง 4.28 ตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนด้านความเชื่อมั่นผู้กผันในการวิจัย 2 กลุ่ม.....	133
ตาราง 4.29 ตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนด้านความเชื่อมั่นผู้กผันในการวิจัย 3 กลุ่ม.....	134
ตาราง 4.30 สรุปปรายการตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนตามจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน.....	135
ตาราง 4.31 ช่วงพิสัยความถี่ของคำหรือหน่วยคำที่ปรากฏในเอกสาร.....	136
ตาราง 4.32 การจำแนกจากการวิเคราะห์การเรียนรู้แบบ 2 กลุ่มและการจำแนกด้วยวิธีการดั้งเดิม.....	142
ตาราง 4.33 การจำแนกจากการวิเคราะห์การเรียนรู้แบบ 3 กลุ่มและการจำแนกด้วยวิธีการดั้งเดิม.....	142
ตาราง 4.34 ตารางการณั้จรผลการจำแนกความเชื่อมั่นผู้กผันฯ 2 กลุ่มและเจตคติต่อการวิจัย.....	143

## หน้า

ตาราง 4.35 ตารางการณั้จรมผลการจ้แนกความยั้ดมั่นผู้กพันฯ 3 กลุ่มและเจตคตึ้ต่อการว้จ้ย.....	143
ตาราง 4.36 เจื้อนไข้การจ้แนกกลุ่มผู้เรี้นที่มีความยั้ดมั่นผู้กพันในการว้จ้ยสูง.....	144
ตาราง 4.37 เจื้อนไข้การจ้แนกกลุ่มผู้เรี้นที่มีความยั้ดมั่นผู้กพันในการว้จ้ยต่ำ.....	144
ตาราง 4.38 ค้าเฉลี้ยั้ตัวแปรของกลุ่มผู้เรี้นตามรายการตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจ้แนกผู้เรี้น.....	146
ตาราง 5.1 สรรูปการเปรียบเทียบการว้เคราะห้ระหว้างการใช้เครี้องมือว้ดตัวแปรที่แตกต้่างกัน.....	153



## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 2.1 แนวคิดต่อการมองความเกี่ยวข้องระหว่าง data analysis และ data analytics.....	3
ภาพ 2.2 กรอบแนวคิดการกำหนดตัวแปรแทน.....	15
ภาพ 2.3 การกำหนดตัวแปรแทนของการบริหารจัดการเวลาในการเรียน.....	15
ภาพ 2.4 การกำหนดตัวแปรแทนของความสามารถในการสนทนาแลกเปลี่ยนออนไลน์ แบบต่างเวลา.....	16
ภาพ 2.5 แนวทางการวัดด้วยตัวแปรแทน.....	23
ภาพ 2.6 แนวทางการวัดตัวแปรในเชิงจิตวิทยา.....	23
ภาพ 2.7 กระบวนการหลักของการเรียนรู้ของเครื่อง.....	25
ภาพ 2.8 กระบวนการหลักของการเรียนรู้ของเครื่องแบบเสริมกำลัง.....	29
ภาพ 2.9 กระบวนการทำงานพื้นฐานของการจัดกลุ่มด้วยวิธีเคมีน.....	34
ภาพ 2.10 ตัวอย่างต้นไม้อย่างง่ายในการตัดสินใจออกไปเล่นเทนนิส.....	36
ภาพ 2.11 ส่วนประกอบของเซลล์ประสาท.....	42
ภาพ 2.12 ส่วนประกอบของโครงข่ายประสาทเทียม.....	43
ภาพ 2.13 การวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึกด้วยเทคนิค lexicon-based approach.....	53
ภาพ 2.14 การวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึกด้วยเทคนิค machine learning.....	55
ภาพ 2.15 โมเดลการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย.....	57
ภาพ 2.16 โมเดลการวัดเจตคติต่อการวิจัย.....	58
ภาพ 2.17 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	60
ภาพ 3.1 ตัวอย่างหน้าหลักของระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์การอ่านงานวิจัยเพื่อการเรียนรู้... ..	67
ภาพ 3.2 ตัวอย่างกิจกรรมภายในหน่วยกิจกรรมออนไลน์การอ่านงานวิจัยเพื่อการเรียนรู้.....	68
ภาพ 4.1 โมเดลการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย.....	86
ภาพ 4.2 โมเดลการวัดเจตคติต่อการวิจัย.....	86
ภาพ 4.3 จำนวนกลุ่มที่เหมาะสม เมื่อกำหนด $k_{max} = 5$ .....	96

หน้า

ภาพ 4.4 ต้นไม้ตัดสินใจการจำแนกนักศึกษาศาวกรรมศาสตร์ด้านความสามารถทางการเรียน.....	100
ภาพ 4.5 ต้นไม้ตัดสินใจของการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยแบบ 2 กลุ่ม.....	103
ภาพ 4.6 ต้นไม้ตัดสินใจของการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยแบบ 3 กลุ่ม.....	105
ภาพ 4.7 คำที่ปรากฏมากที่สุด 50 คำแรกในการวิเคราะห์.....	119
ภาพ 4.8 ตัวแปรแทนที่เหมาะสมและความถี่ที่ปรากฏในเอกสาร.....	136
ภาพ 4.9 การวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยประเภทการวัดที่แตกต่างกัน.....	139
ภาพ 4.10 การวัดเจตคติต่อการวิจัยด้วยประเภทการวัดที่แตกต่างกัน.....	140



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาวิจัย

ปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีเพื่อเป็นสื่อในการส่งเสริมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน โดยเฉพาะการจัดการศึกษาโดยใช้ระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ (learning management systems: LMS) ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น MOOCs Moodle E-learning ทำให้มีข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียนในระบบที่มีความสำคัญต่อการนำมาใช้การพัฒนาการเรียนการสอนหรือการพัฒนาผู้เรียนจำนวนมาก

ข้อมูลที่อยู่ในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์แสดงให้เห็นการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนกับสื่อการเรียนดิจิทัลซึ่งมีอยู่ในหลากหลายรูปแบบจากฐานข้อมูลและช่วงเวลาที่หลากหลาย ข้อมูลเหล่านี้มีทั้งที่ถูกจัดเก็บไว้อย่างเป็นระบบระเบียบ หรือกระจายอยู่อย่างไม่มีโครงสร้าง (Siemens, 2013; Suthers & Rosen, 2011)

อย่างไรก็ตาม แม้จะมีข้อมูลผู้เรียนขนาดใหญ่ที่สามารถให้ได้จากการบันทึกของระบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นรูปแบบข้อมูลหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อการนำวิเคราะห์เพื่อตอบปัญหาทางการศึกษาได้ในเชิงลึกขึ้น แต่ก็พบว่า ในบริบททางการศึกษายังมีการนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ประโยชน์อย่างจำกัด ทำให้ได้สารสนเทศเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนในขอบเขตที่จำกัด ผู้สอนส่วนใหญ่นำเทคโนโลยีมาใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนทำความเข้าใจเนื้อหาสาระและเกิดการเรียนรู้ รวมทั้งการใช้เป็นผลป้อนกลับเกี่ยวกับผลลัพธ์การเรียนรู้เชิงสรุปผลว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับใด หากแต่ไม่ได้ใช้ข้อมูลเพื่อช่วยในการพิจารณาลักษณะหรือกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนว่าเกิดการเรียนรู้ได้อย่างไร รวมถึงการใช้ข้อมูลหลักฐานที่บ่งบอกปัญหาหรือจุดอ่อนของผู้เรียนในระหว่างการเรียนรู้ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคต่อการบรรลุวัตถุประสงค์ทางการเรียนที่มุ่งหวัง (Dean, 2016; Ferguson, 2012) ดังนั้น การเข้าถึงและจัดกระทำข้อมูลสำคัญซึ่งผู้เรียนวางไว้เป็นร่องรอยขณะการทำกิจกรรมหรือการมีปฏิสัมพันธ์กับส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบ จะทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำมาวิเคราะห์ให้เป็นสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาผู้เรียนได้อย่างตรงจุดและมีประสิทธิภาพในบริบทของสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ออนไลน์ได้

การพัฒนาศาสตร์การวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษามีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง มีการนำเสนอแนวคิดและเทคนิควิธีการซึ่งมีจุดมุ่งเน้นที่อาจแตกต่างกัน โดยพบว่า แนวคิดของการจัดเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลของผู้เรียนในระบบการจัดการเรียนรู้ (LMS) และนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์เพื่อสะท้อนการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเฉพาะการวิเคราะห์พฤติกรรมหรือปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรมทางการเรียนผ่านสื่อการเรียนรู้ เนื้อหา หรือส่วนประกอบ

ต่าง ๆ ในระบบ เพื่อให้ได้ข้อมูลในการทำความเข้าใจลักษณะการเรียนรู้ รวมถึงช่วยตัดสินใจสำหรับแนวทางการส่งเสริมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนนั้น แนวคิดและเทคนิควิธีการดังกล่าวเรียกว่า การวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) (Macfadyen, 2017)

การวิเคราะห์การเรียนรู้ในการวิจัยนี้มาจากการแปลภาษาอังกฤษว่า learning analytic ซึ่งไม่ใช่ความหมายเดียวกับ learning analysis โดย การวิเคราะห์การเรียนรู้ ในลักษณะของ learning analytics เป็นกระบวนการวัด การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการรายงานผลข้อมูลของผู้เรียนและบริบทที่เกี่ยวข้อง เพื่อวัตถุประสงค์ในการทำความเข้าใจและปรับปรุงพัฒนาการเรียนรู้และสภาพแวดล้อมทางการเรียนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ นั้น ๆ (Sclater et al., 2016) โดยเป็นวิธีการวิเคราะห์การเรียนรู้ที่ใช้เทคนิควิเคราะห์ทางสถิติ หรือต้องอาศัยเครื่องมือและเทคนิควิธีการที่มีลักษณะเฉพาะหรืออาจมีความซับซ้อน และมักเป็นเครื่องมือหรือเทคนิคที่ใช้ระบบของคอมพิวเตอร์เป็นฐาน เพื่อวิเคราะห์ให้ได้สารสนเทศที่ซ่อนอยู่ในชุดข้อมูล โดยทั่วไปมักพบกับการวิเคราะห์ที่ใช้ข้อมูลจากระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์เป็นข้อมูลหลัก เช่น การวิเคราะห์เพื่อบรรยายสภาพการเรียนรู้ การวิเคราะห์เพื่อทำนายพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ หรือการวิเคราะห์เพื่อให้ข้อมูลในการปรับปรุงและปรับเปลี่ยนการปฏิบัติพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้รวมถึงการจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอน (Gunawardena et al., 2016) ในขณะที่การวิเคราะห์การเรียนรู้ที่ใช้คำว่า learning analysis มักเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนในขอบเขตที่กว้างกว่า โดยอาจใช้หรือไม่ใช้เครื่องมือและเทคนิควิธีการที่มีความเฉพาะเจาะจงหรือเป็นเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ซับซ้อนก็ได้ มักเป็นการศึกษาข้อมูลที่เป็นตัวแปรเชิงจิตวิทยา อีกทั้งมีบริบทของข้อมูลที่ทั่วไปกว่า เช่น การศึกษารูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยการศึกษาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งของตัวผู้เรียนเอง ข้อมูลของครูผู้สอน หรือผู้ปกครอง เป็นต้น

จากผลการสำรวจของ Sclater et al. (2016) ซึ่งเป็นองค์กรที่ได้้นำการวิเคราะห์การเรียนรู้สู่การนำร่องการปฏิบัติภายในสถาบันอุดมศึกษาจำนวนหนึ่งในสหราชอาณาจักร พบว่าการวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) มีประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนในยุคสมัยปัจจุบัน กล่าวได้ว่า ช่วยให้ผู้สอนสามารถติดตามพฤติกรรมและความสามารถของผู้เรียน รวมถึงให้แนวทางในการปรับการเรียนการสอนเมื่อพบว่าผู้เรียนกำลังมีปัญหาคณะเรียนเนื้อหาหนึ่ง ๆ หรือปรับการสอนตามผลการวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญในการทำนายความสำเร็จของผู้เรียนในการเรียนรู้ออนไลน์ ในระดับสถาบันยังพบว่าการวิเคราะห์การเรียนรู้สามารถช่วยกระตุ้นการคงอยู่หรือลดอัตราการลาออกของนักศึกษาได้ นอกจากนี้ผลสำรวจจากนักศึกษาพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่เห็นว่าตนเองได้รับข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการเรียนรู้ ได้รับประสบการณ์ทางการเรียนที่ดีและหลังการได้ผลป้อนกลับหรือรับรู้ผลลัพธ์การเรียนรู้ของตนเอง ทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนและมีความต้องการที่จะพัฒนาตนเองให้ดียิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม แม้การวิเคราะห์การเรียนรู้จะเป็นวิธีการหนึ่งที่มีความสำคัญและให้สารสนเทศที่มีคุณค่าต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน และเป็นแนวคิดที่ได้รับความสนใจจากสถาบันทางการศึกษา แต่การนำแนวคิดการวิเคราะห์นี้มาปฏิบัติใช้จริงยังไม่ได้ใช้ในวงกว้าง ส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุปัจจัยของสถาบันหรือผู้เกี่ยวข้องในแต่ละบริบทที่อาจยังไม่คุ้นชินกับแนวคิดและแนวทางการนำการวิเคราะห์การเรียนรู้ไปใช้ (Tsai & Gasevic, 2017)

งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียน (learning analysis) ที่พบเห็นได้โดยทั่วไปมักเก็บข้อมูลโดยใช้การให้ผู้เรียนรายงานระดับพฤติกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง จัดเป็นการวิเคราะห์การเรียนรู้ตามการรับรู้ของผู้ประเมิน เช่น การประเมินโดยผู้เรียนเอง หรือการประเมินโดยผู้สอน แต่สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ (learning analytics) สามารถวิเคราะห์ข้อมูลจากระบบจัดเก็บข้อมูลของตัวแปรที่มีลักษณะเป็นพฤติกรรมหรือการปฏิบัติจริงของผู้เรียนโดยตรง เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรมทางการเรียนที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูลของระบบการจัดการเรียนรู้ (LMS) โดยสามารถให้ข้อมูลในรูปแบบ 2 ประเภทหลัก คือ ข้อมูลประเภทพฤติกรรมการศึกษา (student activities) ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีปฏิสัมพันธ์กับระบบในรูปแบบที่เรียกว่า log data หรือ log file และข้อมูลประเภทงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้น (student artefacts) ซึ่งอาจอยู่ในลักษณะของข้อความ จากการเขียนความเรียง การแสดงความคิดเห็น หรือการตอบคำถามของผู้เรียน (Steiner et al., 2014) โดยข้อมูลในระบบนี้สามารถจัดกระทำและกำหนดเป็นตัวแปรแทน (proxy variables) สำหรับการวัดเพื่อสะท้อนตัวแปรเป้าหมายได้

ตัวแปรแทน (proxy variables) หมายถึง ตัวแปรหรือข้อมูลที่ใช้ในการสะท้อนหรือวัดตัวแปรเป้าหมาย เนื่องจากตัวแปรเป้าหมายไม่สามารถเข้าถึง สังเกตหรือเก็บรวบรวมข้อมูลได้โดยตรง (Montgomery, 2000; Wickens, 1972) ยกตัวอย่างคือ การวัดความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของผู้เรียนในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ออนไลน์ที่ผู้สอนอาจไม่สามารถสังเกตหรือรวบรวมพฤติกรรมของผู้เรียนได้โดยตรงจึงใช้ข้อมูลเชิงพฤติกรรมของผู้เรียนที่เกิดขึ้นขณะมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนเป็นตัวแปรแทนสำหรับการสะท้อนความยึดมั่นผูกพัน เช่น จำนวนครั้งที่เข้าสู่ระบบ จำนวนครั้งที่เข้าทำแบบทดสอบ จำนวนครั้งการกดเข้าดูเนื้อหาในระบบจำนวนโพสข้อความที่แสดงความคิดเห็น (Bote-Lorenzo & Gómez-Sánchez, 2017; Er et al., 2019; Ma et al., 2015) ทั้งนี้ การกำหนดหรือคัดเลือกตัวแปรแทนเพื่อวัดแต่ละตัวแปรหลักนั้น สามารถมีการกำหนดได้หลากหลาย ขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวแปรเป้าหมายและการออกแบบการเก็บข้อมูลในระบบการจัดการเรียนรู้ที่อาจมีความหลากหลายของข้อมูลที่บันทึกไว้ได้แตกต่างกันไป จุดเด่นของตัวแปรแทนที่ได้จากข้อมูลเชิงพฤติกรรมที่บันทึกในระบบเมื่อเทียบกับตัวแปรที่วัดตามการรับรู้หรือการประเมินตนเอง คือ การเป็นตัวแปรที่สามารถวัดผ่านพฤติกรรมทางการเรียนรู้ที่สะท้อนการเรียนรู้ที่แท้จริง ในช่วงระยะเวลาในการเก็บข้อมูลที่ยาวนานกว่า เป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง โอกาสเกิดอคติในการรายงานพฤติกรรม



เรียนรู้ของตนเองมีน้อยกว่าการประเมินตามการรับรู้ ซึ่งมักใช้มาตรวัดประมาณค่า (Bruckman, 2006; Hadwin et al., 2007) อย่างไรก็ตาม แม้แนวคิดของการกำหนดให้วิเคราะห์พฤติกรรม การเรียนรู้ผ่านตัวแปรแทน จะมีการศึกษากันมากขึ้น แต่องค์ความรู้หรือสารสนเทศเชิงเปรียบเทียบระหว่างผลการวิเคราะห์ของแนวทางการศึกษาทั้งสองแบบยังมีอยู่อย่างจำกัด (Hadwin et al., 2007; Scharrow, 2016)

ด้วยความเติบโตทางเทคโนโลยีรวมถึงพัฒนาการของเทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนแนวโน้มของข้อมูลทางการศึกษาที่อาจเพิ่มจำนวนมากขึ้น ข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนจะไม่ได้อยู่แค่ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนของครู แต่รวมถึงการมีอยู่ของข้อมูลในระบบการจัดการเรียนรู้อย่างที่ได้กล่าวมาด้วย การจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวบรวมจากการบันทึกของระบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งอาจได้ข้อมูลมาในรูปแบบที่หลากหลายนั้นอาจทำได้ยากด้วยวิธีการโดยทั่วไป เช่น มีจำนวนข้อมูลในปริมาณมากมาจากการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบในแต่ละครั้งและจากทุกช่วงเวลา นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้มีแนวโน้มที่อยู่ในรูปแบบที่ไม่มีโครงสร้าง ทำให้การจัดการด้วยมือของผู้วิจัยเองต้องอาศัยพลังความทุ่มเทและระยะเวลาที่ยาวนาน (Siemens, 2013; Suthers & Rosen, 2011)

เทคนิคการวิเคราะห์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้เหมาะสมคือ วิธีการวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) ซึ่งเป็นวิธีการที่คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้จากข้อมูลที่ได้ และสร้างหรือปรับอัลกอริทึมเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ได้อัตโนมัติ โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยความช่วยเหลือหรือการเขียนคำสั่งโปรแกรมเพิ่มเติมจากมนุษย์ (Agrawal et al., 2018; Das & Behera, 2017) การประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องจะช่วยให้สามารถค้นหารูปแบบความสัมพันธ์ (hidden patterns) ที่อาจซ่อนอยู่ในข้อมูลที่มีอยู่อย่างหลากหลายและให้ข้อมูลสารสนเทศในเชิงลึก (insight) จากการวิเคราะห์ที่ได้เพิ่มเติม (Ayodele, 2010) ซึ่งจะนำมาสู่การได้โมเดลการจำแนกผู้เรียนตามความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่มีประสิทธิผล

การเรียนรู้ของเครื่องมีหลักการหรือวิธีการวิเคราะห์ที่แบ่งได้เป็นหลายประเภทตามลักษณะการเรียนรู้ของเครื่อง ประเภทหลักที่พบได้ทั่วไปคือ การเรียนรู้แบบมีการสอน (supervised learning) มีหน้าที่สำหรับการวิเคราะห์เพื่อทำนายหรือจำแนกกลุ่มของข้อมูล ซึ่งอาศัยชุดข้อมูลที่รู้ค่าของตัวแปรผลลัพธ์หรือกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการจำแนกมาก่อน และการเรียนรู้แบบไม่มีการสอน (unsupervised learning) มีหน้าที่สำหรับการวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลที่ไม่จำเป็นต้องใช้ชุดข้อมูลที่รู้ค่าของตัวแปรเป้าหมายมาก่อน โดยอาศัยการจัดข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน (Agrawal et al., 2018; Károly et al., 2018) รวมถึงหลักการเรียนรู้ของเครื่องแบบกึ่งมีการสอน (semi-supervised learning) จากการประยุกต์ใช้หลักการเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีการสอนร่วมและแบบมีการสอนร่วมกันในการวิเคราะห์ข้อมูล นั่นคือ การวิเคราะห์การจัดกลุ่มข้อมูล ร่วมกับการวิเคราะห์การจำแนกข้อมูล (Barrientos & Sainz, 2012; Yasami & Mozaffari, 2010)

ทั้งนี้ การเรียนรู้ของเครื่องยังประกอบไปด้วยเทคนิคหรือวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างหลากหลาย ทั้งที่จัดเข้าตามประเภทของลักษณะการเรียนรู้ของเครื่องกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งอย่างเฉพาะเจาะจง หรือในปัจจุบันที่หลายเทคนิคหรือวิธีการวิเคราะห์ได้มีการพัฒนาและปรับปรุงยุคทำให้สามารถจัดอยู่ในประเภทการเรียนรู้ของเครื่องมากกว่าแบบใดแบบหนึ่งได้ (Basak & Krishnapuram, 2005; Gamez et al., 2006)

แนวคิดการวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) สามารถนำมาใช้เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ และตอบปัญหาวิจัยทางการศึกษาในบริบทของการเรียนการสอนในสภาพแวดล้อมออนไลน์รวมถึงบริบทอื่นที่เกี่ยวข้องได้อย่างหลากหลาย จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยในอดีต พบว่าส่วนใหญ่เป็นการวิจัยที่มีจุดเน้นเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเฉพาะ โดยศึกษากับการเรียนรู้ในรายวิชาต่าง ๆ เช่น ภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ ชีววิทยา (Bienkowski et al., 2012; Sclater et al., 2016)

สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์การเรียนรู้ในประเด็นที่เกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ไม่ยึดติดกับเนื้อหาวิชา แต่เป็นการศึกษาในตัวแปร ซึ่งเป็นคุณลักษณะของผู้เรียนที่เป็นฐานสำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้ที่นำไปสู่การเรียนรู้ในทุกสาระวิชา คือ ตัวแปรความยึดมั่นผูกพันในการเรียน (learning engagement) ด้วยเหตุที่กับโลกในปัจจุบันเน้นการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะการศึกษาค้นคว้าเรียนรู้ด้วยตนเองจึงเป็นสมบัติของผู้เรียนในยุคใหม่ และทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างมีระบบมีความเกี่ยวข้องกับทักษะการวิจัยอย่างสูง (Ain et al., 2019; Bandaranaike, 2018)

เมื่อกล่าวถึงการเรียนรู้ในคณะศึกษาศาสตร์ ครุศาสตร์ การวิจัยการศึกษาเป็นรายวิชาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับนิสิตนักศึกษาครู ที่จำเป็นต้องมีสมรรถนะเกี่ยวกับการวิจัยพร้อมทั้งความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการวิจัย โดยเฉพาะการทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อมูลจากการวิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียนจะให้สารสนเทศที่มีคุณค่าในการนำมาปรับปรุงการเรียนการสอน หรือส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับผู้เรียน (สุวิมล ว่องวานิช, 2557)

ในทางการศึกษา การพัฒนาความรู้ ความสามารถและทักษะในการวิจัยของนักศึกษาครูสามารถส่งเสริมได้ผ่านแนวทางและปัจจัยที่หลากหลาย ปัจจัยหนึ่งที่พบว่ามีอิทธิพลต่อคุณลักษณะทางการวิจัยดังกล่าวของผู้เรียนคือ ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย (research engagement) ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาตนเอง นำมาสู่การประสบความสำเร็จทางการเรียน (Kuh, 2009; Lester, 2013) นอกจากนี้ เจตคติต่อการวิจัย (attitude towards research) ยังเป็นตัวแปรที่ส่งผลให้ผู้เรียนให้ความสนใจและให้คุณค่าต่อการวิจัย (Gelso et al., 1996; Mallinckrodt & Gelso,

2002) รวมถึงมีความตั้งใจที่จะศึกษาหาความรู้และพัฒนาตนเองเกี่ยวกับการทำวิจัยที่มีคุณภาพต่อไป (สุทธิศานต์ ชุ่มวิจารณ์, 2557)

ปัจจุบันมีงานวิจัยทางการศึกษาที่ศึกษาเกี่ยวกับการส่งเสริมและการวัดความยึดมั่นผูกพัน รวมถึงเจตคติต่อการเรียนของผู้เรียนในรายวิชาใดวิชาหนึ่งจำนวนไม่น้อย โดยเฉพาะตัวแปรความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน ที่พบว่ามีวิธีการศึกษาที่แตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งตามลักษณะของเครื่องมือวิจัยหรือลักษณะตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้สองกลุ่ม คือ งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ศึกษาตัวแปรดังกล่าวด้วยเครื่องมือวิจัยที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า โดยให้ผู้เรียนรายงานตนเองตามการรับรู้เกี่ยวกับระดับพฤติกรรมหรือความคิดเห็นของตนเองตามกรอบของข้อรายการที่กำหนดให้ เครื่องมือในการวัดตัวแปรพัฒนาโดยมีโครงสร้างเชิงจิตวิทยาของตัวแปรเป็นฐานซึ่งได้จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Fredricks & McColskey, 2012; กนิษฐ์ ศรีเคลือบ, 2557; สุทธิศานต์ ชุ่มวิจารณ์, 2557) และงานวิจัยที่ศึกษาด้วยการวิเคราะห์การเรียนรู้ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลของตัวแปรที่มีลักษณะเป็นพฤติกรรมหรือการปฏิบัติจริงของผู้เรียนโดยตรง จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรมทางการเรียนที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูลของระบบการจัดการเรียนรู้ (LMS) และกำหนดเป็นตัวแปรแทน (proxy variables) ของความยึดมั่นผูกพันในการเรียน เช่น จำนวนครั้งที่เข้าสู่ระบบ ระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ในระบบ จำนวนโพสข้อความที่แสดงความคิดเห็น (Bote-Lorenzo & Gómez-Sánchez, 2017; Er et al., 2019; Ma et al., 2015) ในขณะที่การศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรเจตคติต่อการวิจัยพบว่า การศึกษาตัวแปรในลักษณะของการวัดเชิงจิตวิทยาโดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามมาตราประมาณค่าผ่านการประเมินตามการรับรู้ของผู้ตอบนี้จะพบในงานวิจัยในปริมาณมาก

นอกจากการศึกษาผ่านข้อมูลที่รวบรวมจากแบบสอบถามมาตราประมาณค่าดังกล่าวข้างต้น พบว่าแนวทางหนึ่งในการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรเจตคติต่อการวิจัยด้วยข้อมูลที่รวบรวมจากระบบการจัดการเรียนรู้ อาจทำได้โดยการให้ผู้เรียนเขียนแสดงความรู้สึกหรือความคิดเห็นของตนเองได้โดยตรงอย่างปลายเปิด ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นข้อความ (text) และมีแนวโน้มมีอยู่ในปริมาณมาก เทคนิคการวิเคราะห์ที่พบว่าสามารถนำมาประยุกต์ได้อย่างสอดคล้องกับเป้าหมายของการวัดเจตคติซึ่งมีลักษณะเป็นตัวแปรที่มีความเป็นอัตวิสัย (subjectivity) จากข้อมูลที่เป็นข้อความ รวมถึงสามารถใช้ร่วมกับวิธีการวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องได้ คือ การวิเคราะห์ที่เรียกว่า การวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) (Vinodhini & Chandrasekaran, 2012) โดยเป็นการวิเคราะห์ที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มของความคิดเห็นที่มีต่อประเด็นหนึ่ง ๆ ของผู้สื่อสารผ่านการพิจารณาคำหรือหน่วยคำที่เป็นตัวแปรแทน (proxy variables) ที่สะท้อนอารมณ์ความรู้สึกหรือมุมมองความคิดเห็นเชิงบวก และอารมณ์ความรู้สึกหรือมุมมองความคิดเห็นเชิงลบ ซึ่งผลการวิเคราะห์จะช่วยให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับกลุ่มความคิดเห็นหรือเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้หรือ

การทำกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัย พร้อมทั้งให้สารสนเทศที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์เพิ่มเติมจากลักษณะของการใช้คำที่เกี่ยวข้อง (Gunawardena et al., 2016)

นอกจากนี้ สำหรับงานวิจัยที่เป็นการวิเคราะห์การเรียนรู้โดยใช้ข้อมูลที่อยู่ในระบบการจัดการเรียนรู้ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวแปรแทน (proxy variables) ของการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย รวมถึงเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียนยังไม่ปรากฏหลักฐานการศึกษาที่ชัดเจน โดยเฉพาะตัวแปรแทนว่า ในจำนวนหรือรายการตัวแปรแทนที่ได้จากระบบจำนวนมากนั้น ตัวแปรแทนรายการใดหรือตัวแปรแทนลักษณะใดที่มีบทบาทสำคัญและสามารถจำแนกกลุ่มนักศึกษาที่มีคุณลักษณะของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยแตกต่างกันได้อย่างเหมาะสม รวมไปถึงองค์ความรู้เชิงเปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่มาจากการวัดด้วยเครื่องมือหรือลักษณะข้อมูลที่แตกต่างกัน ได้แก่ การวัดจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแบบสอบถามมาตรฐานค่า (questionnaire) และวัดจากข้อมูลในลักษณะของตัวแปรแทนที่ได้จากระบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) ที่พบว่ามีสารสนเทศเชิงเปรียบเทียบในด้านวิถีวิทยาการวิจัยอยู่อย่างจำกัด

ด้วยเหตุผลความจำเป็นดังกล่าวข้างต้น การวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยของนักศึกษาครุด้วยการวิเคราะห์การเรียนรู้ที่ประยุกต์ใช้วิธีการเรียนรู้ของเครื่องในการวิเคราะห์ในการศึกษาการจำแนกผู้เรียน และเพื่อทดสอบโมเดลการจำแนกและระบุตัวแปรแทนที่เหมาะสมที่สามารถใช้ในการจำแนกผู้เรียนตามความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งเปรียบเทียบการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มผู้เรียนในเชิงวิถีวิทยาระหว่างการจำแนกผู้เรียนจากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบรายงานตนเองซึ่งเป็นมาตรฐานค่าและการจำแนกผู้เรียนจากตัวแปรแทนที่ได้จากการรวบรวมผ่านระบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการวิเคราะห์การเรียนรู้

ผลการศึกษาในครั้งนี้จะให้ข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับลักษณะการเรียนรู้ในระบบการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาครุ พร้อมทั้งข้อมูลของตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการคัดเลือกไปใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ และข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นแนวทางการพัฒนาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในระบบที่จะช่วยส่งเสริมผู้เรียนให้มีคุณลักษณะความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่เหมาะสม รวมถึงได้ข้อมูลในเชิงเปรียบเทียบการวัดตัวแปรด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับครูอาจารย์ นักวิจัย และผู้ที่เกี่ยวข้องในการนำไปปรับหรือประยุกต์ใช้ต่อไป

## คำถามวิจัย

1. การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย ระหว่างการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง และ การใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน ให้ประสิทธิผลที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง

1.1 เครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าและแบบตัวแปรแทน (proxy variables) เพื่อใช้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย มีอะไรบ้าง และควรเลือกเครื่องมือวัดและตัวแปรแทนใดสำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้

1.2 การประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) เนออีฟเบย์ (naïve Bayes) และ โครงข่ายประสาทเทียม (neural network) ในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย และการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) ในการจำแนกเจตคติต่อการวิจัย สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ ให้ผลลัพธ์อย่างไรบ้าง

2. ตัวแปรแทนและโมเดลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ เป็นอย่างไรบ้าง

## วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิผลของการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย ระหว่างการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง และ การใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน

1.1 เพื่อสำรวจและกำหนดเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าและแบบตัวแปรแทน (proxy variables) เพื่อใช้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้

1.2 เพื่อประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) เนออีฟเบย์ (naïve Bayes) และโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) ในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย และการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) ในการจำแนกเจตคติต่อการวิจัย สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้

2. เพื่อวิเคราะห์และเสนอตัวแปรแทนและโมเดลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้

### ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์การเรียนรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะทางการวิจัยของนักศึกษาครูเพียง 2 ตัวแปรเท่านั้น ได้แก่ เกี่ยวกับความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย เท่านั้น เนื่องจากเป็นตัวแปรที่สามารถออกแบบกิจกรรมและเก็บรวบรวมข้อมูลในระบบการจัดการเรียนรู้ได้ ซึ่งตัวแปรที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้เป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนเท่านั้น โดยเกิดขึ้นจากการปฏิบัติหรือมีปฏิสัมพันธ์กับระบบการจัดการเรียนรู้โดยตรงจากผู้เรียน และศึกษากับนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์ศึกษาศาสตร์ในชั้นปีและภาคเรียนที่กำลังเรียนรายวิชาวิจัยเท่านั้น เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่นักศึกษาครูมีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการวิจัยและจำเป็นต้องเรียนรู้และฝึกฝนทักษะความสามารถทางการวิจัยเพื่อนำไปใช้ประกอบการเรียนและการทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายในชั้นเรียนได้

สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้โดยการประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องนั้น แม้ว่าจะมีเทคนิคการวิเคราะห์ที่หลากหลาย แต่การวิจัยครั้งนี้จะใช้การวิเคราะห์ด้วย 3 เทคนิคเท่านั้น ได้แก่ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) เนออีฟเบย์ (naïve Bayes) และโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) เนื่องจากเป็นเทคนิคการวิเคราะห์พื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ขั้นต้น นอกจากนี้ การวิเคราะห์การเรียนรู้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 2 งานหลัก ได้แก่ 1. การวิเคราะห์เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ เนออีฟเบย์ และโครงข่ายประสาทเทียม และ 2. การวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัย

ทั้งนี้การเข้าเรียนรู้หรือทำกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ มีหลายปัจจัยที่ผู้สอนอาจไม่สามารถระบุคุณลักษณะหรือกลุ่มที่แน่ชัดของผู้เรียนได้ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน ส่งผลให้เกิดข้อจำกัดในการได้ชุดข้อมูลที่มีการระบุกลุ่มของผู้เรียนที่เพียงพอต่อการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อการจำแนกข้อมูล ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการใช้หลักการเรียนรู้ของเครื่องด้วยวิธีเคมีน (k-means) เข้าร่วมในการวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มและระบุกลุ่มให้กับผู้เรียนแต่ละคนก่อนการนำไปศึกษาการจำแนกกลุ่มของผู้เรียนต่อไป ทำให้การศึกษาค้นคว้ามีการวิเคราะห์ด้วยหลักการเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีการสอนร่วมด้วยโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีเคมีน (k-means) เพื่อจัดกลุ่มและระบุกลุ่มให้กับผู้เรียนก่อน (cluster and label) เพื่อนำไปวิเคราะห์เพื่อศึกษาการจำแนกกลุ่มและเพื่อวัตถุประสงค์วิจัยหลักต่อไป ซึ่งมีลักษณะเป็นการเรียนรู้ของเครื่องแบบกึ่งมีการสอน (semi-supervised learning) ที่เป็นการดำเนินการด้วยขั้นตอนการวิเคราะห์ตามแนวคิดการเรียนรู้ของเครื่องแบบกึ่งมีการสอนแบบดั้งเดิม ด้วยการแยกการวิเคราะห์การจัดกลุ่มและการจำแนกกลุ่มไม่ได้เป็นการใช้เทคนิคขั้นสูงของวิธีการวิเคราะห์แบบกึ่งมีการสอนโดยเฉพาะ โดยการทำงานวิจัยครั้งนี้มีลักษณะเป็นการเรียนรู้ของเครื่องแบบกึ่งมีการสอน (semi-supervised learning) นั้นเป็นผลจาก

การแก้ปัญหาหรือข้อจำกัดที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการดำเนินงาน ไม่ใช่กรอบการดำเนินการวิจัยที่ออกแบบไว้ตั้งแต่แรกเริ่ม

ในด้านการส่งเสริมความเชื่อมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยของนักศึกษาครู ในการวิจัยครั้งนี้ หมายรวมถึง การได้ผลการวิจัยที่เป็นสารสนเทศเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมผู้เรียนในการวิจัยครั้งต่อไป โดยไม่ได้เป็นการสร้างหรือพัฒนาโปรแกรมการส่งเสริมขึ้นมา

### นิยามศัพท์ในการวิจัย

**การวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics)** หมายถึง การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูลจากข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้ในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์การวิจัยทางการศึกษา ประกอบด้วย ข้อมูลเชิงพฤติกรรมของผู้เรียนที่ได้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบ (log data) และข้อความ (text) ที่ผู้เรียนให้ไว้ในกิจกรรมในระบบ เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความเชื่อมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง

**การวิเคราะห์ผู้เรียนด้วยแบบสอบถามมาตรฐานค่า (analysis of learning using data from questionnaire)** หมายถึง การเก็บรวบรวม การวัด การวิเคราะห์ข้อมูล และการรายงานผลลัพธ์ทางการเรียนรู้จากข้อมูลการรายงานตนเองของผู้เรียนผ่านการตอบแบบสอบถามมาตรฐานค่า เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความเชื่อมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย

**การวิเคราะห์ความรู้สึก (sentiment analysis)** หมายถึง การวิเคราะห์ตัวแปรที่มีความเป็นอัตวิสัยของบุคคล โดยหมายรวมถึงอารมณ์ ความรู้สึก ความคิดเห็นหรือเจตคติ จากข้อมูลที่มีลักษณะเป็นข้อความ โดยเป็นจำแนกเป็นกลุ่มความคิดเห็นตามนัยหรือขั้วของการสื่อความหมาย

**ตัวแปรแทน (proxy variables)** หมายถึง ตัวแปรหรือข้อมูลที่ใช้ในการสะท้อนหรือวัดตัวแปรเป้าหมาย เนื่องจากตัวแปรเป้าหมายไม่สามารถเข้าถึง สังเกต หรือเก็บรวบรวมข้อมูลได้โดยตรงในบริบทใดบริบทหนึ่ง มีกระบวนการได้มาด้วยการพิจารณาลักษณะของข้อมูลหรือตัวแปรที่เชื่อว่ามีความเป็นไปได้จำนวนหนึ่งและมีความสมเหตุสมผลในการสะท้อนถึงคุณลักษณะของตัวแปรเป้าหมาย โดยตัวแปรแทนถูกใช้ในการวัดแทนตัวแปรเป้าหมายโดยตรง และตัวแปรแทนที่เหมาะสมจะเป็นผลที่ได้ระหว่างกระบวนการวิจัย

**ตัวแปรเชิงจิตวิทยา (psychological variables)** หมายถึง ตัวแปรที่มีโครงสร้างทางทฤษฎีหรือมีโมเดลการวัดที่กำหนดเป็นกรอบชัดเจน มีนิยามเชิงทฤษฎีเพื่อถอดเป็นนิยามเชิงปฏิบัติ โดยตัวแปรเป้าหมายถูกวัดผ่านตัวบ่งชี้ที่สร้างให้เหมาะสมและครอบคลุมนิยามของตัวแปรภายใต้โมเดลการวัดที่กำหนด

### นิยามของตัวแปรวิจัยตามการวัดแบบตัวแปรแทน

**ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย (research engagement)** หมายถึง พฤติกรรมของผู้เรียนที่มีปฏิสัมพันธ์ต่อระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์เกี่ยวกับการวิจัยทางการศึกษาขณะการเข้าเรียนรู้ และทำกิจกรรมที่กำหนดในระบบ รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์กับส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบทั้งที่เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงการเรียนรู้โดยตรงและทางอ้อม

**เจตคติต่อการวิจัย (attitude towards research)** หมายถึง การแสดงออกถึงเจตคติต่อการวิจัยผ่านการเขียนข้อความในกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนมุมมอง อารมณ์ ความรู้สึกและความคิดเห็นที่มีต่อการวิจัยหรือการเรียนรู้เกี่ยวกับวิจัยทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ

### นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรวิจัยตามการวัดเชิงจิตวิทยา

**ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย (research engagement)** หมายถึง การรับรู้ของนักศึกษาครูเกี่ยวกับคุณลักษณะของตนเองที่มีการปฏิบัติหรือพฤติกรรมจัดจ่อในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในระหว่างช่วงเวลาการเรียนในรายวิชาวิจัย ไม่ว่าจะเป็นการเรียนในชั้นเรียน นอกห้องเรียน หรือในระบบการจัดการเรียนรู้ ทั้งพฤติกรรมกรอ่านงานวิจัย การนำวิจัยไปใช้ และการทำวิจัย

**เจตคติต่อการวิจัย (attitude towards research)** หมายถึง ความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักศึกษาครูและการให้คุณค่ามีต่อการวิจัยและการเรียนรู้เกี่ยวกับการวิจัย มีความสนใจอยากทำวิจัย ต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับการวิจัยเพื่อให้เกิดความรู้และพัฒนาทักษะการวิจัยให้ดีขึ้น

### ประโยชน์ที่ได้รับ

#### 1. ประโยชน์เชิงวิชาการ

1.1 ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมกรการเรียนรู้ด้านการวิจัยทางการศึกษาของนักศึกษาครู โดยผู้เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอาจารย์ผู้สอนสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียน นั่นคือ การจำแนกกลุ่มของผู้เรียนด้านของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย เพื่อใช้พัฒนาแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมผู้เรียนแต่ละกลุ่มต่อไป

1.2 ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบ กระบวนการหรือแนวทางในการวิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น การกำหนดตัวแปรแทน โมเดลการวิเคราะห์ เทคนิคการวิเคราะห์ ซึ่งอาจารย์ ครูผู้สอนหรือนักวิจัยที่สนใจสามารถนำไปพัฒนาหรือประยุกต์ ในการเรียนการสอนรวมถึงงานวิจัยที่มีเป้าหมายคล้ายคลึงกันได้

1.3 ทำให้ได้สารสนเทศในเชิงเปรียบเทียบระหว่างความเหมือนหรือความแตกต่างของการวิเคราะห์ผลลัพธ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ได้จากการวิเคราะห์การเรียนรู้และการวิเคราะห์ด้วยข้อมูล



จากแบบรายงานตนเองหรือแบบสอบถามมาตรฐานค่า รวมถึงผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน โดยจะเป็นประโยชน์ต่อครูอาจารย์ หรือผู้เกี่ยวข้องในการพิจารณาวิธีการที่เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการต่อไป

## 2. ประโยชน์เชิงปฏิบัติ

2.1 การออกแบบระบบจัดการเรียนรู้ออนไลน์เกี่ยวกับการวิจัยและการวิเคราะห์การเรียนรู้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่ออาจารย์ผู้สอนและผู้ที่เกี่ยวข้องในการนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งประกอบการจัดการเรียนการสอนเพื่อความยืดหยุ่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยของนักศึกษาครูต่อไป

2.2 ข้อมูลจากการวิเคราะห์การเรียนรู้ในครั้งนี้ให้ผลการคัดเลือกตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการนำไปใช้เพื่อวิเคราะห์การเรียนรู้ด้านความยืดหยุ่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย ซึ่งผู้เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ในการออกแบบการวิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียนในตัวแปรเดียวกัน หรือเป็นแนวทางในการปรับใช้กับตัวแปรที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้

2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับสารสนเทศความเหมือนและความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ผู้เรียนระหว่างการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์การเรียนรู้และการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลจากการรายงานตนเองหรือแบบสอบถามมาตรฐานค่า รวมถึงผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจ เช่น อาจารย์ผู้สอน นักวิจัย ในการนำไปปรับปรุงยุคที่ใช้ และพัฒนาให้เหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียน เนื้อหาและตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ต่อไป

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรและวิธีวิทยาที่ใช้ในการวิจัย โดยจะแบ่งการนำเสนอออกเป็น 5 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์การเรียนรู้ ซึ่งเป็นแนวคิดและวิธีการในการวิเคราะห์ผู้เรียนจากข้อมูลในระบบการจัดการเรียนรู้ รวมถึงความคล้ายคลึงและความแตกต่างของแนวคิดและประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเรียนรู้ ตอนที่ 2 มโนทัศน์เกี่ยวกับการเรียนรู้ของเครื่อง ตอนที่ 3 มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก โดยนำเสนอเกี่ยวกับประเภทและเทคนิคการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้อง และตอนที่ 4 มโนทัศน์เกี่ยวกับตัวแปรวิจัย พร้อมทั้งแสดงกรอบแนวคิดการวิจัยเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องในตอนท้าย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### ตอนที่ 1 มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์การเรียนรู้

เมื่อก้าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลมักจะมีคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องสองคำคือ “data analysis” และ “data analytics” งานวิจัยและบทความวิชาการบางส่วนมักใช้คำทั้งสองนี้ในเชิงของความหมายที่แทนกันได้ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในรายละเอียดของลักษณะกระบวนการหรือวิธีการวิเคราะห์ทำให้กล่าวได้ว่า analysis และ analytics นั้นมีส่วนที่แตกต่างกันอยู่ เนื่องจากยังมีงานวิจัยจำนวนมากที่ระบุนิยามและอธิบายความแตกต่างของคู่คำดังกล่าวอย่างชัดเจน ในส่วนต่อไปนี้จึงเป็นการบรรยายและสรุปความแตกต่างของการวิเคราะห์สองลักษณะจากการค้นคว้าจากบทความ มีรายละเอียดดังนี้

Analysis หรือ Data analysis เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ครอบคลุมลักษณะและกระบวนการวิเคราะห์ที่กว้างและมีความทั่วไป ครอบคลุมการวิเคราะห์เพื่อวัตถุประสงค์ที่หลากหลาย ประกอบด้วยกระบวนการเกี่ยวกับการจัดกระทำข้อมูล เช่น การสกัดและเก็บรวบรวมข้อมูล การทำความสะอาด การแปลงและนำเสนอข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อค้นพบที่มีสารสนเทศและมีประโยชน์ (Akinawonu, 2018; Pedamkar, n.d.; Getsmarter, 2017) โดยอาศัยศาสตร์ด้านสถิติ รวมถึงกระบวนการและเครื่องมือทั้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องในเชิงเทคนิควิธีการหรือซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะเฉพาะ (Akinawonu, 2018) นอกจากนี้ ในพจนานุกรมภาษาอังกฤษมีการให้ความหมายของ data analysis ว่าเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจตรวจสอบส่วนประกอบหรือโครงสร้างของบางสิ่ง หรือเป็นกระบวนการที่แบ่งแยกภาพรวมสู่ส่วนประกอบย่อย (Merriam-Webster dictionary, n.d.; Oxford Learner's Dictionaries, n.d.)

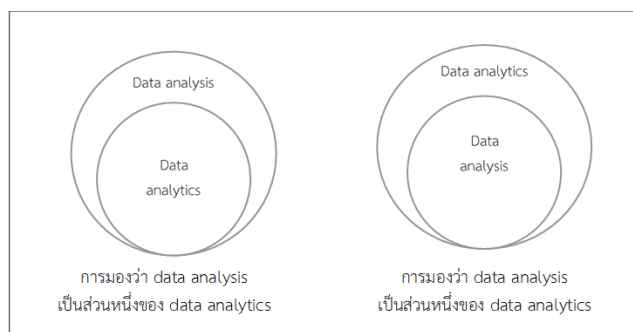
Analytics หรือ Data analytics เป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลที่เน้นการใช้เทคนิควิธีการในการเก็บรวบรวม จัดการและประมวลผลข้อมูลเพื่อสำรวจตรวจสอบ ค้นหาข้อสรุปเกี่ยวกับสารสนเทศหรือรูปแบบที่สำคัญและมีความหมายที่ถูกซ่อนอยู่ในชุดของข้อมูล โดยอาศัยการประยุกต์ใช้ศาสตร์ด้านสถิติและกระบวนการช่วยเหลือทางเทคนิคและเครื่องมือจากระบบหรือซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะเฉพาะ ปัจจุบันพบว่ากระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะนี้มีการพัฒนาเพื่อใช้กับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ โดยใช้ร่วมกับเทคโนโลยีขั้นสูงและซับซ้อนขึ้น เช่น การเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) การใช้ชุดคำสั่งหรืออัลกอริทึมที่ซับซ้อน การวิเคราะห์เหมืองข้อมูล (data mining) (Liberty, 2019; Rouse; 2019) ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะนี้มักพบได้ทั่วไปในแวดวงธุรกิจการค้าในการได้มาซึ่งข้อมูลที่จะช่วยในการตัดสินใจเชิงธุรกิจ เช่น การวางแผนกลยุทธ์การขาย และการบริการ การเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการประกอบการ

จากลักษณะของการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งสองรูปแบบ กล่าวได้ว่า Data analysis และ Data analytics มีความใกล้เคียงกันมากและยากต่อการแยกขาดจากกันที่ชัดเจน โดยทั้งสองลักษณะล้วนเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมและการจัดกระทำข้อมูลเพื่อสำรวจตรวจสอบข้อค้นพบที่มีความหมายจากข้อมูลที่มีอยู่ อย่างไรก็ตาม ลักษณะที่ทำให้การวิเคราะห์ทั้งสองแตกต่างกันอาจกล่าวได้ว่าเป็นเรื่องของการใช้เครื่องมือและเทคนิควิธีการ โดย Data analytics เป็นการวิเคราะห์ที่ต้องอาศัยเครื่องมือและเทคนิควิธีการที่มีลักษณะเฉพาะ ซึ่งมักเป็นเครื่องมือหรือเทคนิคที่ใช้ระบบของคอมพิวเตอร์เป็นฐาน ในขณะที่ data analysis มีขอบเขตที่กว้างกว่า โดยอาจใช้หรือไม่ใช้เครื่องมือและเทคนิควิธีการที่มีความเฉพาะเจาะจงหรือเป็นเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ซับซ้อนก็ได้

เนื่องด้วยความไม่ชัดเจนของนิยามและลักษณะของการวิเคราะห์ทั้งสองรูปแบบทำให้เกิดความคิดเห็นที่แตกต่างกันสองมุมมองเกี่ยวกับการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง data analytics และ data analysis ได้แก่

1) แนวคิดที่มองว่า data analytics เป็นส่วนหนึ่งของ data analysis มุมมองแบบที่หนึ่งพิจารณา data analysis เป็นแนวคิดของการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความทั่วไป ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้สารสนเทศที่มีประโยชน์ โดย data analytics ถือว่าเป็นส่วนประกอบย่อยหรือเป็นรูปแบบหนึ่งของ data analysis หากแต่เป็นรูปแบบที่การวิเคราะห์ข้อมูลนั้นเกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องมือในเชิงเทคนิคและวิธีการที่มีความเฉพาะ

2) แนวคิดที่มองว่า data analysis เป็นส่วนหนึ่งของ data analytics มุมมองแบบที่สองนี้พิจารณา data analysis ในลักษณะการเป็นกระบวนการพื้นฐานของการวิเคราะห์ข้อมูล รวมไปถึงการวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบ data analytics ที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis) หลายส่วนร่วมกันอย่างมีหลักการและเหตุผล (Merriam-Webster dictionary, n.d) หรือมีการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นส่วนประกอบย่อย ๆ อยู่ภายใน โดยเป็นการวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis) ที่อาศัยการใช้เครื่องมือเชิงเทคนิคหรือวิธีการทางคอมพิวเตอร์เข้าช่วย ดังภาพ 2.1



ภาพ 2.1 แนวคิดต่อการมองความเกี่ยวข้องระหว่าง data analysis และ data analytics

Learning Analytics (LA) หรืออาจเรียกตามการแปลความหมายในภาษาไทยว่า การวิเคราะห์การเรียนรู้ เป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษาที่ใช้ข้อดีของเทคโนโลยีการเรียนรู้และการวิเคราะห์ข้อมูลในยุคดิจิทัลในการใช้ในการศึกษาข้อมูลของผู้เรียน ให้ได้ผลลัพธ์เกี่ยวกับกระบวนการหรือกลไกการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อรวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์การเรียนรู้ การศึกษาเชิงมนทัศน์ฉบับนี้จึงมุ่งสรุปสังเคราะห์แนวคิดที่สำคัญ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเรียนรู้ โดยนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับความหมาย ความสำคัญ ส่วนประกอบที่สำคัญ ขั้นตอนกระบวนการ รวมถึงตัวอย่างการนำไปใช้ในการวิจัย โดยจะนำเสนอประเด็นสำคัญเกี่ยวกับการวิเคราะห์การเรียนรู้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ความหมายของการวิเคราะห์การเรียนรู้ 2) มโนทัศน์การวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษาที่ใกล้เคียง และ 3) ลักษณะสำคัญของการวิเคราะห์การเรียนรู้ รายละเอียดแต่ละตอนมีดังนี้

### 1.1 ความหมายของการวิเคราะห์การเรียนรู้

เมื่อสืบค้นเกี่ยวกับมนทัศน์ learning analytics พบว่าในประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดคำที่ใช้เรียกการวิเคราะห์ประเภทนี้อย่างเป็นทางการ ดังนั้นในเอกสารเชิงมนทัศน์ครั้งนี้ ผู้เขียนขอเรียก learning analytics ตามการแปลความหมายในภาษาไทยว่า “การวิเคราะห์การเรียนรู้” โดยการวิเคราะห์การเรียนรู้มีการกล่าวถึงและมีการกำหนดนิยามในลักษณะที่เป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษาที่มีความจำเพาะและแตกต่างจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษาในลักษณะอื่นขั้นระยะแรกในปี 2010 (Ferguson, 2012) จากนั้นได้มีการศึกษาวิจัย รวมถึงการทดลองและพัฒนาศาสตร์เกี่ยวกับการวิเคราะห์การเรียนรู้จนถึงปัจจุบัน

เมื่อพิจารณานิยามการวิเคราะห์การเรียนรู้ (Johnson et al., 2011; Johnson et al., 2016; Siemens, 2010 อ้างใน Ferguson, 2012) พบว่ามีการให้นิยามที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันนั้น คือ การวิเคราะห์ที่ให้ความสำคัญกับการจัดการข้อมูลทางการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลในการใช้

ประโยชน์สำหรับการพัฒนาและส่งเสริมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ลักษณะของนิยามมีความแตกต่างกันในรายละเอียดและความเจาะจงเกี่ยวกับกระบวนการรวมถึงวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ โดยสามารถจำแนกได้สามลักษณะ ดังนี้ *ลักษณะแรก* นักวิจัยส่วนหนึ่งให้ความหมายของการวิเคราะห์การเรียนรู้ที่เน้นถึงหน้าที่และเป้าหมายของการใช้โมเดลการวิเคราะห์ โดยกล่าวได้ว่าการวิเคราะห์การเรียนรู้ หมายถึง การใช้ข้อมูลของผู้เรียนทั้งข้อมูลที่สร้างโดยผู้เรียนโดยตรง หรือจากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และโมเดลการวิเคราะห์ในการวิเคราะห์และตีความข้อมูล เพื่อศึกษากระบวนการเรียนรู้ ความสัมพันธ์ทางสังคม รวมถึงทำนายความสามารถ และให้คำแนะนำทางการเรียนรู้ของผู้เรียน (Johnson et al., 2011; Siemens, 2010 อ้างใน Ferguson, 2012) *ลักษณะที่สอง* เป็นการให้นิยามการวิเคราะห์การเรียนรู้ที่ชี้เฉพาะถึงขอบเขตของแหล่งข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ที่เน้นข้อมูลจากการเรียนรู้ออนไลน์บนเว็บไซต์ กล่าวคือ การวิเคราะห์การเรียนรู้ เป็นการนำการวิเคราะห์เว็บไซต์ (web analytics) มาปรับใช้ทางการศึกษา เพื่อวัตถุประสงค์ในการศึกษาโปรไฟล์ของผู้เรียน ผ่านกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ออนไลน์ (Johnson et al., 2016)

*ลักษณะที่สาม* เป็นการให้ความหมายการวิเคราะห์การเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการและวัตถุประสงค์ในเชิงกว้างและมีความทั่วไปกว่านิยามสองลักษณะแรก ระบุขึ้นเพื่อใช้ในการประชุมทางวิชาการระดับนานาชาติครั้งแรก เกี่ยวกับการวิเคราะห์การเรียนรู้และความรู้ ในปี 2011 (1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge: LAK11) โดยกำหนดนิยามของการวิเคราะห์การเรียนรู้ว่าหมายถึง การวัด การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการรายงานผลข้อมูลของผู้เรียนและบริบทที่เกี่ยวข้อง เพื่อวัตถุประสงค์ในการทำความเข้าใจและปรับปรุงพัฒนาการเรียนรู้และสภาพแวดล้อมทางการเรียนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ นั้น ๆ (Ferguson, 2012)

กลุ่มนิยามสองลักษณะแรกยังไม่ได้รับการนำไปใช้เพื่อระบุเป็นนิยามของการวิเคราะห์การเรียนรู้ในงานวิจัยเท่าที่ควร ในขณะที่นิยามลักษณะที่สาม พบว่าเป็นนิยามที่ถูกอ้างถึงและนิยมนำไประบุเป็นนิยามของการวิเคราะห์การเรียนรู้ในงานวิจัยจำนวนมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นิยามลักษณะที่สามมีความเหมาะสมสำหรับการกำหนดนิยามทั่วไปของการวิเคราะห์การเรียนรู้มากกว่า ซึ่งมีการให้ความหมายในขอบเขตที่กว้างและครอบคลุม เพราะการวิเคราะห์การเรียนรู้นั้นสามารถใช้แหล่งข้อมูล โมเดลการวิเคราะห์ รวมถึงวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ได้อย่างหลากหลายแตกต่างกันไปในแต่ละงานวิจัย ซึ่งจะเห็นได้ว่านิยามสองลักษณะแรกระบุขอบเขตที่จำเพาะเจาะจงกว่า ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ได้กับทุกงานวิจัย อย่างไรก็ตาม ก็เหมาะสมในการนำไปประยุกต์เพื่อกำหนดเป็นนิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัยที่มีประเด็นคล้ายคลึงกันได้ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้นำนิยามในลักษณะที่สามมาใช้ในการกำหนดนิยามทั่วไปของการวิเคราะห์การเรียนรู้เช่นกัน

## 1.2 มโนทัศน์การวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษาที่ใกล้เคียง

การวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) เป็นศาสตร์ที่มีการพัฒนา ผสมผสานและเชื่อมโยงจากหลากหลายสาขาวิชา ดังนั้น เมื่อกล่าวถึงการวิเคราะห์การเรียนรู้ มักจะพบคำหรือมโนทัศน์ที่มีความเกี่ยวข้องอยู่อย่างหลากหลาย โดยเฉพาะคำที่มีความใกล้เคียงกัน ได้แก่ การทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษา (educational data mining) และการวิเคราะห์เชิงวิชาการ (academic analytics) (Gelan et al., 2018; Sclater et al., 2016; Lockyer et al., 2013) คำหรือมโนทัศน์ทั้งสามนี้ ถึงแม้จะมีประเด็นที่เหมือนหรือคาบเกี่ยวกัน อย่างไรก็ตามก็ยังมีประเด็นที่มีความแตกต่างกันในด้านจุดเน้นของวัตถุประสงค์ ทำให้มโนทัศน์ดังกล่าวมีเอกลักษณ์ที่เฉพาะของตนเอง ดังนี้

### 1.2.1 ลักษณะการวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษาที่ใกล้เคียง

การทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษา (educational data mining: EDM) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีจุดเน้นในการพัฒนาเทคนิควิธีการวิเคราะห์และทดลองใช้วิธีการในสำรวจศึกษา ลักษณะเฉพาะของข้อมูลที่มาจากรับทางการศึกษา โดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียนที่มีขนาดใหญ่ในการวิเคราะห์เพื่อให้สามารถได้ข้อค้นพบในการทำความเข้าใจผู้เรียนและบทบาทการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง (Avella et al., 2016) โดยอาจกล่าวถึงนิยามการทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษาได้ว่า หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการทำเหมืองข้อมูล (data mining algorithm) เทคนิคเชิงสถิติ (statistical techniques) หรือเทคนิคในการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ตอบปัญหาเกี่ยวกับการศึกษา โดยเฉพาะในด้านการเรียนการสอน (Bienkowski et al., 2012; Romero & Ventura, 2010)

การวิเคราะห์เชิงวิชาการ (academic analytics: AA) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่น่าหลักการและเครื่องมืออัจฉริยะทางธุรกิจ (business intelligence) ซึ่งเป็นระบบการรวบรวมข้อมูล จัดเก็บ วิเคราะห์และรายงานผลข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจเชิงธุรกิจ มาใช้ทางการศึกษา โดยวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลแบบเวลาต่อเวลา (real time) โดยเฉพาะการวิเคราะห์ที่อิงโมเดลเชิงทำนาย สำหรับการพยากรณ์แนวโน้มของผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นจากรูปแบบพฤติกรรมของบุคคลากรทางการศึกษา เน้นการเข้าถึงและวิเคราะห์ข้อมูลที่รวดเร็ว ทันเวลา เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่เป็นแนวทางให้บุคคลากรผู้เกี่ยวข้องมองเห็นแนวทางที่ถูกต้องในการพัฒนาการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ การวิเคราะห์เชิงวิชาการมักนำมาใช้ในระดับของสถาบันเพื่อจุดประสงค์ในการได้ข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการการศึกษาเพื่อยกระดับคุณภาพของการศึกษาให้ดียิ่งขึ้นในระดับสถาบัน การศึกษาระดับท้องถิ่น หรือระดับชาติ (Avella et al, 2016; Campbell et al., 2007; Greller & Drachsler, 2102)

การวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics: LA) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ความรู้จากสาขาวิชาทั้งกระบวนการประมวลผลข้อมูล เทคโนโลยีส่งเสริมการเรียนรู้ การวิเคราะห์เหมือนข้อมูลทางการศึกษาและการนำเสนอผลเชิงภาพ รวมถึงทฤษฎีการเรียนรู้ ใช้ข้อมูลที่ผลิตหรือเกิดจากผู้เรียนและโมเดลการวิเคราะห์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดประสบการณ์หรือวิธีการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการและความรู้ความสามารถของผู้เรียนแต่ละคน ผ่านการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ลงสู่การปฏิบัติ เช่น การสร้างนวัตกรรมหรือวิธีการในการให้ผลป้อนกลับเพื่อพัฒนาส่งเสริมการเรียนรู้แก่ผู้เรียน (Avella et al., 2016; Ferguson, 2012)

## 1.2.2 ความเหมือนและความแตกต่างของการวิเคราะห์

### ความคล้ายคลึงกันของการวิเคราะห์

การวิเคราะห์การเรียนรู้ การทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษา และการวิเคราะห์เชิงวิชาการ มีความคล้ายคลึงกัน โดยต่างเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษา รวมไปถึงการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) ที่มีอยู่ในบริบททางการศึกษา ซึ่งเป็นชุดข้อมูลจำนวนมากของผู้เรียนที่บันทึกไว้ในซอฟต์แวร์ ผ่านการเก็บรวบรวมจากข้อมูลพฤติกรรมของผู้เรียน บนแหล่งออนไลน์ ด้วยการนำเทคนิควิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบต่าง ๆ ที่ เช่น เทคนิคทางสถิติ การเรียนรู้ของเครื่อง หรือเทคนิคเชิงอัลกอริทึม รวมถึงโมเดลการวิเคราะห์ที่คล้ายคลึงกัน เช่น โมเดลเชิงทำนาย (predictive model) มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนการสอนและการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ตอบปัญหาทางการศึกษาและเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงพัฒนาการปฏิบัติให้นำมาซึ่งการเรียนการสอนที่มีคุณภาพ (Bienkowski et al., 2012; Chatti et al., 2013; Ferguson, 2012) กล่าวได้ว่าทั้งสามมโนทัศน์ของการวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษานี้มีความทับซ้อนกันสูงทั้งในการของข้อมูลการวิเคราะห์ที่เน้นการใช้ข้อมูลของผู้เรียน และแนวทางการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่สามารถทำได้อย่างหลากหลาย อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้มีจุดที่แตกต่างกันนั่นคือจุดประสงค์หลักของการวิเคราะห์ข้อมูล ดังจะกล่าวต่อไป

### ความแตกต่างกันของการวิเคราะห์

เมื่อพิจารณาจุดประสงค์หลักของการวิเคราะห์แต่ละประเภท ทำให้เห็นความแตกต่างและลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์ทั้งสาม กล่าวคือ การวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) เป็นการวิเคราะห์ที่มีจุดเน้นเพื่อตอบปัญหาทางการเรียนการสอนในระดับชั้นเรียนหรือระดับรายวิชา (level of course) ด้วยการวิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้เรียน หรือผู้เรียนและเนื้อหาสาระหรือการทำกิจกรรมทางการเรียน การวิเคราะห์การวิเคราะห์ข้อมูลมักเป็นการใช้เทคนิคหรือวิธีการวิเคราะห์ที่มีอยู่แล้ว เพื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ในสถานภาพทางการเรียนปัจจุบันแก่ผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้อง และช่วยเป็นแนวทางการตัดสินใจในการปรับปรุงแก้ไขหรือการพัฒนาทางการปฏิบัติ โดยเน้นการตอบคำถามเชิงการศึกษา (educational challenge)

เกี่ยวกับวิธีการในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หรือปรับการจัดการเรียนการสอนโดยเฉพาะการเรียนรู้ออนไลน์ (online learning) ที่เหมาะสมต่อคุณลักษณะและความสามารถของผู้เรียนเพื่อให้สามารถเกิดการเรียนรู้ที่ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Avella et al., 2016; Ferguson, 2012; Scheffel et al., 2014)

ในขณะที่การทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษา (educational data mining) เป็นการวิเคราะห์ที่ให้ความสำคัญกับวิธีการเชิงเทคนิคที่จะใช้ในการสกัดสารสนเทศหรือศึกษาประเภทข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะและเป็นประโยชน์จากชุดข้อมูลขนาดใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน เช่น การพัฒนาอัลกอริทึม โมเดลการวิเคราะห์ หรือเทคนิคการวิเคราะห์ใหม่ ๆ เพื่อทำความเข้าใจการเรียนรู้และบริบททางการเรียนของผู้เรียน (Bienkowski et al., 2012; Chatti et al., 2013; Sclater et al., 2016) โดยเน้นการตอบคำถามเชิงเทคนิคหรือวิธีการ (technical challenge) เกี่ยวกับวิธีการในการวิเคราะห์และสกัดข้อค้นพบที่มีคุณค่าจากข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีอยู่ในบริบทการศึกษา โดยเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของผู้เรียน (Ferguson, 2012) สำหรับการวิเคราะห์เชิงวิชาการ (academic analytics) นั้น เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษาที่มีจุดเน้นในการใช้ข้อมูลเพื่อประโยชน์ในเชิงธุรกิจการตลาด (marketing) และเชิงการบริหารการศึกษา (administration) เช่น การวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อมูลในการช่วยตัดสินใจด้านความต้องการจำเป็น หรือด้านนโยบายที่มีต่อการพัฒนาการศึกษา (Chatti et al., 2013; Siemens & Long, 2011) โดยเน้นการตอบคำถามเชิงนโยบายและเศรษฐศาสตร์ (political or economic challenge) เกี่ยวกับแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรและการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนที่นำมาสู่ผลลัพธ์ทางการศึกษาที่มีคุณภาพทั้งในระดับสถาบัน ระดับภูมิภาค และระดับนานาชาติ (Ferguson, 2012) โดยสามารถแสดงตารางสรุปลักษณะของมโนทัศน์การทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษา การวิเคราะห์การเรียนรู้ และการวิเคราะห์เชิงวิชาการ ได้ดังตาราง 2.1



ตาราง 2.1 คุณลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์การวิเคราะห์ EDM LA และ AA

มโนทัศน์การวิเคราะห์	วัตถุประสงค์หลัก	ผู้ได้ประโยชน์หลัก
การทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษา (educational data mining: EDM)	เพื่อออกแบบและพัฒนาเทคนิค และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ในการสกัดข้อค้นพบที่มีคุณค่าจากข้อมูลขนาดใหญ่ ที่มีอยู่ในบริบทการศึกษา	ผู้เกี่ยวข้องระดับชั้นเรียน รายวิชา หรือสาขาวิชา <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ผู้เรียน</li> <li>▪ ครูผู้สอน</li> </ul>
การวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics: LA)	เพื่อวิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนบนระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ เพื่อให้ได้แนวทางตัดสินใจถึงแนวทางการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เหมาะสมต่อคุณลักษณะและความสามารถของผู้เรียน	
การวิเคราะห์เชิงวิชาการ (academic analytics: AA)	เพื่อให้ได้แนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรและการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนที่นำมาสู่ผลลัพธ์ทางการศึกษาที่มีคุณภาพในระดับสถาบัน	ผู้เกี่ยวข้องในระบบระดับสถาบันการศึกษา <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ผู้บริหาร</li> <li>▪ แหล่งเงินทุน</li> <li>▪ ส่วนการบริหารศึกษา เช่น กระจ่าง</li> </ul>

การศึกษาในครั้งนี้นำการศึกษาการวิเคราะห์การเรียนรู้ เนื่องจากเป็นวิธีการที่สามารถจัดกระทำได้ในระดับชั้นเรียน อีกทั้งเป็นประโยชน์โดยตรงต่อ และอาจารย์ผู้สอนในการพัฒนาการเรียนรู้ออกแบบ และการจัดการเรียนการสอน โดยรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของการวิเคราะห์การเรียนรู้จะนำเสนอในส่วนต่อไป

### 1.3 ลักษณะสำคัญของการวิเคราะห์การเรียนรู้

ส่วนต่อไปนี้จะนำเสนอลักษณะสำคัญที่ควรพิจารณาเพื่อความเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) ในมิติต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับผู้เกี่ยวข้องที่ต้องการเรียนรู้ ออกแบบ หรือนำมโนทัศน์การวิเคราะห์การเรียนรู้ไปสู่การปฏิบัติ โดยนำเสนอลักษณะสำคัญเป็น 4 ประเด็นเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการวิเคราะห์การเรียนรู้

ประกอบด้วย 1) วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การเรียนรู้ 2) ข้อมูลและตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ 3) วิธีการวิเคราะห์การเรียนรู้ และ 4) ความเหมือนและความแตกต่างของการวิเคราะห์ข้อมูลกับการวิจัยทั่วไป แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 1.3.1 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การเรียนรู้ (objectives)

เนื่องจากการวิเคราะห์การเรียนรู้เป็นนวัตกรรมเชิงกระบวนการเกี่ยวกับการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ และรายงานผลเพื่อแสดงข้อมูลการเรียนรู้ของผู้เรียนสำหรับการทำความเข้าใจและปรับปรุงให้เกิดการพัฒนาของการเรียนรู้ตามที่มุ่งหวัง (Sclater et al., 2016) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ให้ได้มาซึ่งผลที่แสดงเกี่ยวกับการเรียนรู้นั้นสามารถมีได้หลากหลายรูปแบบตามประเด็นปัญหา การออกแบบการวิจัยของนักวิจัย และเป้าหมายความต้องการด้านการนำไปใช้งาน (application) โดยสามารถจัดกลุ่มวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การเรียนรู้ที่พบได้โดยทั่วไปได้เป็น 6 กลุ่มหลัก ได้แก่ 1) เพื่อวิเคราะห์และกำกับติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน 2) เพื่อทำนายพฤติกรรมและความสามารถทางการเรียน 3) เพื่อส่งเสริมการสะท้อนและการตระหนักทางการเรียนในตนเอง 4) เพื่อการประเมินและให้ผลป้อนกลับ และ 5) เพื่อการปรับเหมาะและชี้แนะแนวทางทางการเรียน (Chatti et al., 2013; Papamitsiou & Economides, 2014) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 1) เพื่อวิเคราะห์และกำกับติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน (monitoring and analysis)

เป็นการใช้การวิเคราะห์การเรียนรู้ในการกำกับติดตามพฤติกรรมและการทำกิจกรรมทางการเรียนของผู้เรียน หรือการติดตามระดับความสามารถหรือความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนในช่วงเวลาต่าง ๆ จากการร่วมกระบวนการเรียนรู้ในระบบการจัดการเรียนรู้ ทั้งการที่ผู้เรียนติดตามการเรียนรู้ของตนเอง และการที่ครูผู้สอนติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้ผ่านการรายงานผลเป็นรายบุคคล หรือแสดงผลภาพรวมของชั้นเรียนร่วมด้วยเพื่อให้สามารถรู้ตำแหน่งของตนเองเมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์โดยรวมของผู้เรียนทุกคนในชั้น ซึ่งจะช่วยเป็นทิศทางในการกำกับตนเองและกระตุ้นให้เรียนรู้จนบรรลุเป้าหมายที่พึงประสงค์ (Aljohani & Davis, 2013; Lockyer et al., 2013) นอกจากนี้ การติดตามกิจกรรมการเรียนจากพฤติกรรมการใช้งานในระบบจะช่วยให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการตัดสินใจของครูผู้สอนในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมทางการเรียน หรือการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ต่อไปในอนาคต (Chatti et al., 2013)

#### 2) เพื่อทำนายความสามารถทางการเรียน (prediction of performance) เป็นการระบุ

หรือสร้างโมเดลพฤติกรรมการณ์การเรียนรู้จากตัวแปรเชิงทำนายที่เกี่ยวข้องกับผลลัพธ์ทางการเรียนของผู้เรียน ตัวแปรที่มักพบในโมเดล เช่น ภูมิหลัง เกรดเฉลี่ยสะสม คะแนนจากการทดสอบมาตรฐานหรือคะแนนระหว่างการทำแบบฝึกหัดในระบบ หรือตัวแปรที่เป็นคุณลักษณะหรือสภาวะทางจิตของผู้เรียน (Papamitsiou & Economides, 2014) นอกจากนี้ ตัวแปรที่เกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรือการมีปฏิสัมพันธ์ในระบบการเรียนรู้ ยังเป็นตัวแปรประเภทที่พบได้มากในโมเดล

พฤติกรรมของผู้เรียนเช่นกัน ยกตัวอย่างคือ จำนวนครั้งในการเข้าใช้ระบบเพื่อศึกษาเรียนรู้ ระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้แต่ละครั้ง จำนวนการเข้าทำแบบฝึกหัดหรือส่งงานที่มอบหมาย หรือการมีปฏิสัมพันธ์แลกเปลี่ยนความคิดเห็นโต้ตอบกันระหว่างผู้เรียนในระบบ เป็นต้น (Sclater et al., 2016; Verbert et al., 2013) การวิเคราะห์การเรียนรู้ในวัตถุประสงค์นี้จะทำให้สามารถทำนายความสามารถหรือผลลัพธ์ทางการเรียนของผู้เรียนว่ามีแนวโน้มที่จะเรียนรู้ได้อย่างประสบความสำเร็จหรือไม่ เช่น การวิเคราะห์เพื่อทำนายผู้เรียนที่เป็นกลุ่มเสี่ยงต่อการมีผลการเรียนต่ำ หรือการวิเคราะห์เพื่อทำนายผู้เรียนที่มีแนวโน้มจะเรียนต่อหรือลาออกกลางคัน (retention and dropout) โดยผู้สอนสามารถใช้ข้อมูลสำหรับการให้คำแนะนำและส่งเสริมกลุ่มผู้เรียนที่มีปัญหาต้องได้รับการช่วยเหลือเร่งด่วนได้ทันที รวมไปถึงการได้ข้อมูลสำหรับการพัฒนาปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนอย่างตรงจุด โดยเฉพาะการส่งเสริมตัวแปรที่พบว่ามีความสัมพันธ์กับความสำเร็จทางการเรียนของผู้เรียนเป็นสำคัญ (Aldowah et al, 2019)

**3) เพื่อส่งเสริมการสะท้อนและการตระหนักรู้ทางการเรียนในตนเอง (increasing reflection & awareness)** ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์การเรียนรู้จะเป็นข้อมูลสำหรับผู้สอนในการสะท้อนและตระหนักถึงสภาพการปฏิบัติงานสอนของตน และสภาพของการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ตนรับผิดชอบ รวมถึงส่งเสริมการสะท้อนการเรียนรู้ตนเองในตัวผู้เรียน ผ่านการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เห็นภาพในเชิงประจักษ์ (visualizations) โดยการออกแบบพัฒนาหรือประยุกต์ใช้เทคนิควิธีการทางเทคโนโลยีในการนำเสนอและแสดงข้อมูลการเรียนรู้ที่สามารถให้ภาพที่สื่อสารข้อมูลได้ชัดเจนและเป็นประโยชน์ เหมาะสมสำหรับผู้เรียนในการทำความเข้าใจเพื่อให้เกิดการตระหนักเกี่ยวกับประสิทธิภาพทางการเรียนของตนเองจากการสะท้อนข้อมูลการเรียนรู้ของตน (Papamitsiou & Economides, 2014) การสะท้อนการเรียนรู้จะเอื้อโอกาสในการพัฒนาตนเองของผู้เรียนโดยการย้อนคิดหรือประเมินประสบการณ์และกระบวนการเรียนรู้ที่ผ่านมา เพื่อที่จะได้ปรับปรุงจุดที่เห็นว่าบกพร่องและพัฒนาให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป (Chatti et al., 2013)

**4) เพื่อการประเมินและให้ผลป้อนกลับ (assessment and feedback)** เนื่องจากการวิเคราะห์การเรียนรู้มีแนวคิดการวิเคราะห์ข้อมูลที่กว้างกว่าการรู้ระดับความสามารถของผู้เรียน โดยเป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ได้สารสนเทศที่แสดงถึงกลไกหรือกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน (learning process) ซึ่งนำมาสู่การมีผลสมฤทธิ์ทางการเรียนหนึ่ง ๆ ดังนั้น การได้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพของกระบวนการเรียนรู้ จึงสามารถใช้การวิเคราะห์การเรียนรู้เป็นวิธีการในการประเมินและให้ผลป้อนกลับในลักษณะของการประเมินผลระหว่างเรียน (formative assessment) ที่ชี้ให้เห็นถึงสภาพการเรียนรู้ในภาพรวม จุดแข็ง รวมถึงจุดอ่อนที่ควรปรับปรุงพัฒนาเพื่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ (Aljohani & Davis, 2013; Mah, 2016) นอกจากนี้ การวิเคราะห์การเรียนรู้ยังเป็นวิธีการที่

สามารถใช้เพื่อให้ข้อมูลป้อนกลับแบบทันที (real-time feedback) หลังจากการร่วมทำกิจกรรมการประเมินการเรียนรู้ในประเด็นหรือเนื้อหาแต่ละส่วน ซึ่งจะให้ข้อมูลที่เอื้อให้ผู้เรียนได้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การเรียนให้เหมาะสมได้ทันที่ก่อนการศึกษาเรียนรู้ในเนื้อหาถัดไป รวมถึงเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและการกำกับตนเองทางการเรียนเพื่อให้สามารถเรียนรู้จนมีผลลัพธ์ในระดับที่พึงพอใจ ทั้งนี้การให้ผลป้อนกลับสามารถทำได้หลายรูปแบบและหลายช่องทาง เช่น การแสดงผลผ่านแดชบอร์ด (dashboard) การจัดกระทำและนำเสนอข้อมูลเป็นกราฟหรือแผนภาพบนระบบจัดการเรียนรู้ (visualization) หรือการรายงานผลป้อนกลับผ่านอีเมล (Arnold & Pistilli, 2012; Ifenthaler, 2017; Siemens & Long, 2011)

**5) เพื่อการปรับและชี้แนะแนวทางทางการเรียน (adaptation)** การพิจารณาข้อมูลโปรไฟล์ของผู้เรียนในแต่ละบริบทซึ่งเป็นผลลัพธ์จากการวิเคราะห์การเรียนรู้จะช่วยให้สารสนเทศที่สำคัญถึงความต้องการจำเป็นทางการเรียนของผู้เรียน โดยครูผู้สอนสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในให้คำแนะนำหรือให้ความช่วยเหลือเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้สำหรับผู้เรียน (recommendation) เช่น การแนะนำเนื้อหาวิชา ทรัพยากรแหล่งเรียนรู้ที่ควรศึกษาเพิ่มเติม หรือที่ตรงตามความสนใจและความถนัดของผู้เรียน รวมถึงการได้แนวทางในการปรับการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียน (adaptation) เช่น การปรับกิจกรรมการเรียนรู้ นอกจากนี้ โปรไฟล์ของผู้เรียนที่ได้จากการวิเคราะห์การเรียนรู้ยังให้ข้อมูลที่เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบระบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถปรับเหมาะต่อคุณลักษณะที่แตกต่างกันของผู้เรียนรายบุคคล (personalization) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้แบบนำตนเอง โดยแต่ละคนสามารถสร้างรูปแบบหรือทิศทางของกระบวนการเรียนรู้ได้ตามความสนใจ ความต้องการ หรือกลวิธีการเรียนของตนเอง (Chatti et al., 2013; Sclater et al., 2016; Siemens, 2013)

### 1.3.2 ข้อมูลและตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ (data and variables)

#### 1.3.2.1 ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ (data)

ข้อมูลทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนนั้นมีลักษณะอยู่ในหลายรูปแบบและอาจจัดอยู่ในประเภทที่แตกต่างกัน (types of data) การวิเคราะห์การเรียนรู้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลเหล่านี้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ได้จากหลากหลายแหล่ง (data sources) เมื่อพิจารณาตามวิธีการได้มาซึ่งข้อมูลนั้น พบว่าการวิเคราะห์การเรียนรู้เก็บรวบรวมข้อมูลจากสองวิธีการหลัก คือ การใช้ข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้อัตโนมัติในระบบจัดการเรียนรู้ และการใช้ข้อมูลที่ได้จากการนำเข้าหรือเก็บรวบรวมด้วยครูผู้สอนเอง (Dietz-Uhler & Hurn, 2013)

ระบบจัดการการเรียนรู้ (learning management system: LMS) เป็นซอฟต์แวร์หรือระบบที่อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้ทั้งแก่ครูผู้สอนและผู้เรียนผ่านเทคโนโลยีมัลติมีเดีย มีส่วนประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ เช่น การบริหารจัดการเนื้อหา

รายวิชา การรวบรวมกิจกรรมและเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวัดการเรียนรู้ รวมถึงช่องทางการมีปฏิสัมพันธ์ต่าง ๆ (ณัฐพงศ์ ลือพัฒนสุข, 2553; โสภาค เจริญสุข, 2557) ยกตัวอย่างได้คือ การเรียนรู้บนระบบอีเลิร์นนิ่ง (e-learning) ระบบสภาพแวดล้อมทางการเรียนเสมือนจริง (virtual learning environment: VLE) การจัดการเรียนการสอนออนไลน์ระบบเปิดสำหรับมหาชน (MOOCs) เป็นต้น โดยเมื่อผู้เรียนเข้าใช้ระบบจัดการการเรียนรู้ในการศึกษาเนื้อหารายวิชาหรือทำกิจกรรมในส่วนต่าง ๆ พฤติกรรมการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบจะถูกบันทึกไว้ในซอฟต์แวร์ข้อมูลตามความสามารถของระบบที่ออกแบบ ครูผู้สอนหรือผู้วิเคราะห์ต้องมีความรู้ความสามารถในการเข้าถึงและสกัดข้อมูลที่ต้องการเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียน ประเภทของข้อมูลจากระบบจัดการการเรียนรู้ที่มักพบว่ามีการนำมาใช้วิเคราะห์การเรียนรู้ คือ ข้อมูลในลักษณะความถี่ เช่น จำนวนครั้งที่เข้าใช้ระบบ วันและเวลาที่เข้าใช้ระบบ จำนวนการโพสต์แสดงความคิดเห็นในระบบ ประเภทของสื่อที่เข้าศึกษา ข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลา เช่น ระยะเวลาที่อยู่ในระบบ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบฝึกหัดหรือแก้ปัญหาประเด็นต่าง ๆ หรือข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถของผู้เรียน เช่น คะแนนจากการทำกิจกรรมหรือแบบทดสอบ ข้อที่ตอบถูกและข้อที่ตอบผิด เป็นต้น (Dietz-Uhler & Hurn, 2013; Verbert et al., 2013)

นอกจากข้อมูลที่ได้จากระบบจัดการการเรียนรู้แล้ว ครูผู้สอนสามารถใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนจากแหล่งข้อมูลอื่นประกอบการวิเคราะห์การเรียนรู้ได้เช่นกัน โดยอาจเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง หรือการรวบรวมข้อมูลทุกัญมิตี เช่น คุณลักษณะทางภูมิหลังของผู้เรียน (เช่น เพศ อายุ) เกรดเฉลี่ยสะสม คะแนนจากการทดสอบมาตรฐาน คะแนนจากแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมในชั้นเรียน จำนวนอีเมลที่ติดต่อกับผู้สอน นอกจากนี้ การเก็บรวบรวมหรือดึงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเทคโนโลยีอื่น ๆ ก็สามารถนำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์การเรียนรู้ได้ ยกตัวอย่างคือ ประเภทของคำถามหรือการแสดงความคิดเห็นเชิงวิชาการในกระดานสนทนาบนสื่อสังคมออนไลน์ เช่น เฟซบุ๊ก ทวิตเตอร์ หรือข้อมูลของผู้เรียนที่จัดเก็บอยู่ในระบบสารสนเทศนักเรียนของโรงเรียน (student information systems: SIS) (Chatti et al., 2013; Siemens & Long, 2011)

เนื่องจากการวิเคราะห์การเรียนรู้นั้นมีกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลหลายขั้นตอน ทั้งการจัดกระทำข้อมูลที่มีรูปแบบต่างกันทั้งข้อมูลที่อยู่อย่างเป็นระบบหรือมีโครงสร้างและข้อมูลที่น่ามาแบบไม่มีโครงสร้าง ทำความสะอาดและคัดเลือกข้อมูลอย่างเหมาะสม รวมถึงการบูรณาการหรือแปลงข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์ (Siemens, 2013) ดังนั้นครูผู้สอนหรือผู้วิเคราะห์ควรมีทักษะและความสามารถที่เหมาะสมด้านข้อมูลเพื่อคัดเลือกและนำข้อมูลมาใช้เป็นตัวแปรในโมเดลการวิเคราะห์การเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตาราง 2.2 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากระบบ	ข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยตรงจากผู้สอน
<b>ระบบการจัดการเรียนรู้ (LMS)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ จำนวนครั้งที่เข้าใช้ระบบ</li> <li>▪ วันและเวลาที่เข้าใช้ระบบ</li> <li>▪ จำนวนการโพสต์แสดงความคิดเห็นในระบบ</li> <li>▪ ประเภทของสื่อที่เข้าศึกษา</li> <li>▪ ระยะเวลาที่อยู่ในระบบ</li> <li>▪ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบฝึกหัด</li> <li>▪ คะแนนจากการทำกิจกรรมหรือแบบทดสอบ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน</li> <li>▪ คะแนนสอบ</li> <li>▪ คะแนนการทำแบบฝึกหัด</li> <li>▪ จำนวนหรือประเภทคำถามที่ถามในชั้นเรียน</li> <li>▪ คะแนนการมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น</li> <li>▪ จำนวนอีเมลเกี่ยวกับการเรียนที่ได้รับจากผู้เรียน</li> </ul>
<b>ระบบสารสนเทศนักเรียนของโรงเรียน (SIS)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ เพศ อายุ</li> <li>▪ เกรดเฉลี่ยสะสม</li> <li>▪ คะแนนจากการทดสอบมาตรฐาน</li> <li>▪ จำนวนหน่วยกิตสะสม</li> </ul>	
<b>สื่อเว็บไซต์อื่น ๆ</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ความคิดเห็นที่แสดงในสื่อออนไลน์</li> <li>▪ ประเภทของข่าวสารที่แชร์</li> <li>▪ คำค้นหาในเสิร์ชเอนจิน</li> </ul>	

### 1.3.2.2 ลักษณะตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ (variables)

การวิเคราะห์การเรียนรู้เป็นการวิเคราะห์ที่ศึกษากระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนในแหล่งการเรียนรู้ออนไลน์ ดังนั้นจึงเน้นการใช้ข้อมูลของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องหรือเกิดจากพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีต่อการใช้งานต่าง ๆ ในระบบ การวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) ให้ได้ผลลัพธ์ที่แสดงถึงการเรียนรู้ของผู้เรียนนั้นสามารถกำหนดตัวแปรหลักที่ต้องการศึกษาตามทฤษฎีการเรียนรู้ (learning theory) ได้เช่นเดียวกับงานวิจัยทางการศึกษาโดยทั่วไป เช่น ความพยายามในการเรียน (learning effort) ความยึดมั่นผูกพันในการเรียน (learning engagement) หรือการบริหารเวลาในการเรียน (time management strategy) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าการวัดตัวแปรมีความแตกต่างกัน

ในการวิจัยทางการศึกษาโดยทั่วไปมักวัดตัวแปรทางการเรียนรู้ด้วยเครื่องมือประเภทแบบสอบถามมาตรฐานค่า แบบตรวจสอบรายการ หรือแบบสังเกต ทั้งที่เป็นการที่ผู้เรียนประเมินตนเอง (self-report) หรือผู้สอนและเพื่อนเป็นผู้ประเมิน ในขณะที่การวิจัยด้วยการวิเคราะห์การเรียนรู้มักพบการวัดตัวแปรประเภทดังกล่าวด้วยข้อมูลพฤติกรรมของผู้เรียนที่ปฏิบัติจริงระหว่างการเรียนรู้ในระบบออนไลน์ โดยการกำหนดตัวแปรแทน (proxy variables) ที่เป็นข้อมูล ตัวบ่งชี้หรือตัวแปรย่อย ๆ ที่ชี้แทนหรือสะท้อนถึงตัวแปรหลักที่ต้องการศึกษาทั้งที่เป็นตัวแปรเชิงพฤติกรรมหรือตัวแปรในเชิงจิตวิทยา จากข้อมูลของผู้เรียนที่ถูกบันทึกไว้ในระบบ (log data) โดยเป็นการบันทึกข้อมูลพฤติกรรมของผู้ใช้ตั้งแต่เริ่มการเข้าระบบ (log in) จนถึงการออกจากระบบ (log out) โดยในระหว่างการอยู่ในระบบยังมีการบันทึกการทำการกิจกรรมของผู้ใช้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับส่วนต่าง ๆ ในระบบแสดงถึงกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ถูกรวบรวมอย่างอัตโนมัติในระบบมักเป็นข้อมูลที่บันทึกไว้โดยไม่มีโครงสร้างที่ชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยต้องมีการตีความหรือจัดกลุ่มประเภทของข้อมูลที่สอดคล้องตามแนวคิดเชิงทฤษฎีของตัวแปรหลักที่ต้องการวัด (Kim et al., 2016; Jo et al., 2015) โดยตัวบ่งชี้ที่ได้จากข้อมูลในระบบการจัดการเรียนรู้สามารถแบ่งได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ (Steiner et al., 2014) ได้แก่

*ตัวบ่งชี้ประเภทกิจกรรมและการปฏิบัติ (activity and performance indicators)* เป็นตัวบ่งชี้ที่ได้จากข้อมูลพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีต่อระบบการเรียนในทุกขั้นตอนตั้งแต่แรกเริ่ม ระหว่างการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดจนขั้นตอนสุดท้ายของการเรียน ยกตัวอย่างคือ จำนวนครั้งในการเข้าใช้ระบบ ระยะเวลาที่อยู่ในระบบ จำนวนครั้งในการเข้าดูเฉลย จำนวนครั้งในการเข้าอ่านสื่อการเรียน จำนวนข้อความที่โพสต์ในกระดานสนทนา เป็นต้น

*ตัวบ่งชี้ประเภทผลงานของผู้เรียน (student artefacts)* เป็นตัวบ่งชี้ที่ได้เป็นข้อมูลจากผลงานจริงที่ผู้เรียนผลิตขึ้น (learners actual work) ในระหว่างกระบวนการเรียนรู้ เช่น การเขียนความเรียง ความคิดเห็นที่แสดงในกระทู้สนทนา ข้อความที่เขียนบนบล็อก โดยตัวบ่งชี้ประเภทนี้สามารถบ่งบอกถึงทักษะความสามารถของผู้เรียนได้

ยกตัวอย่างเช่นงานวิจัยของ Jo et al. (2015) ที่มีการเขียนกรอบแนวคิดการกำหนดตัวแปรแทนในงานวิจัย ซึ่งตัวแปรหลักที่ต้องการศึกษาคือ การบริหารเวลาในการเรียน (time management strategy) โดยเริ่มจากการศึกษาแนวคิดของการบริหารเวลาในการเรียนจากเอกสารและงานวิจัยในอดีตเกี่ยวกับนิยามองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง และนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากระบบการเรียนรู้ออนไลน์ (log data) เพื่อหาข้อมูลที่สันนิษฐานว่ามีความสอดคล้องและจัดกระทำข้อมูลให้มีระเบียบโครงสร้าง (data process) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของการบริหารเวลาในการเรียน ดังภาพที่ 1 ซึ่งจากงานวิจัยได้คัดเลือกตัวแปรแทนทั้ง 3 ตัวแปร ได้แก่ ระยะเวลาในการอยู่ในระบบ (total login time) ความถี่ในการเข้าระบบ (login frequency) และช่วงระยะห่างการเข้าสู่ระบบ

(regularity of login interval) ซึ่งแต่ละตัวแปรใช้แทนหรือร่วมกันใช้แทนองค์ประกอบของการบริหารจัดการเวลาตามทฤษฎีแตกต่างกันไป เช่น องค์ประกอบความเพียงพอของการใช้เวลาในการเรียน (sufficient amount of time investment) วัดได้จากตัวแปรระยะเวลาในการอยู่ในระบบ ร่วมกับตัวแปรความถี่ในการเข้าระบบ ดังภาพ 2.2

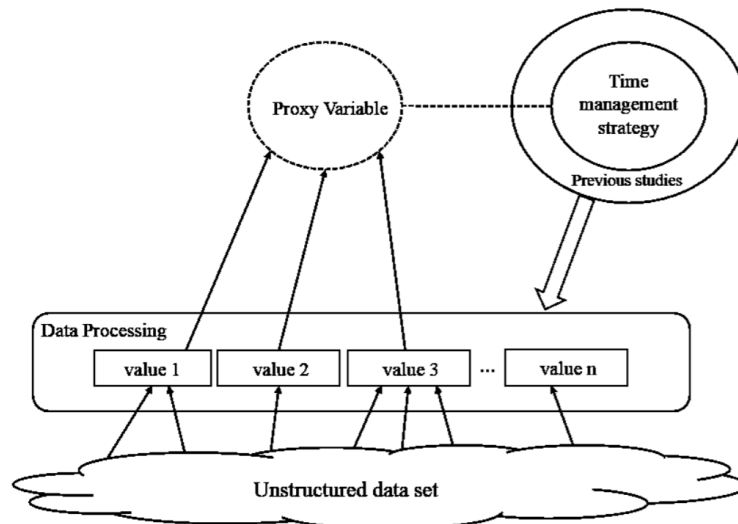


Figure 1. A conceptual framework for the construction of proxy variables

ภาพ 2.2 กรอบแนวคิดการกำหนดตัวแปรแทน (Jo et al., 2015)

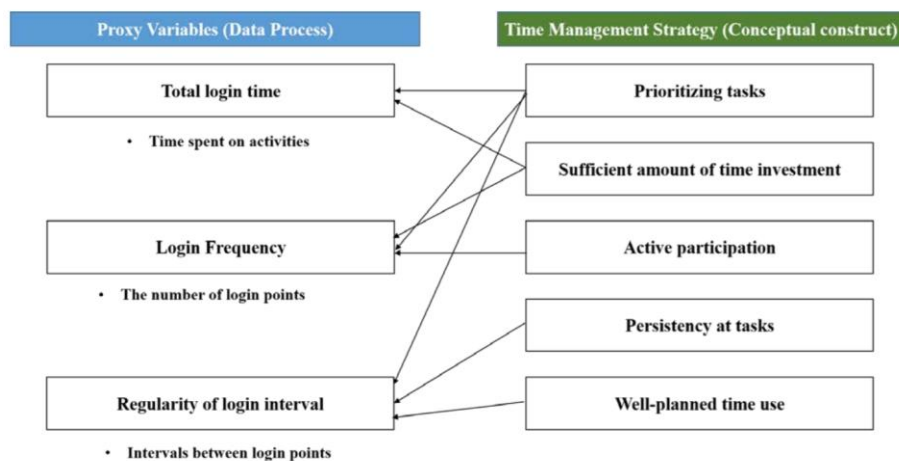


Figure 2. Selection of three variables

ภาพ 2.3 การกำหนดตัวแปรแทนของการบริหารจัดการเวลาในการเรียน (Jo et al., 2015)



หรือตัวอย่างการกำหนดตัวแปรแทนจากงานวิจัยของ Kim et al. (2016) ที่ต้องการศึกษาตัวแปรความสามารถในการสนทนาแลกเปลี่ยนออนไลน์แบบต่างเวลา (asynchronous online discussion: AOD) โดยมีการศึกษาแนวคิดเชิงทฤษฎีของโครงสร้างตัวแปร ระบุองค์ประกอบหลัก (key factors) พร้อมระบุตัวบ่งชี้ย่อยของแต่ละองค์ประกอบซึ่งมีทั้งตัวบ่งชี้ที่เป็นคุณลักษณะเชิงพฤติกรรมและเชิงจิตวิทยา และนำองค์ประกอบและคุณลักษณะที่เป็นตัวบ่งชี้องค์ประกอบที่ได้จากการศึกษาทฤษฎีตั้งเป็นฐานในการคัดเลือกตัวแปรแทนที่สามารถสะท้อนหรือครอบคลุมคุณลักษณะของแต่ละองค์ประกอบตัวแปรที่ต้องการศึกษา ยกตัวอย่างเช่น องค์ประกอบความยึดมั่นในประเด็นสนทนา (engagement with discussion topics) ที่มีคุณลักษณะของการแสดงความคิดเห็นที่มีโครงสร้าง ความละเอียดของงาน และความสนใจให้หัวข้อ ซึ่งวัดจากตัวแปรที่เป็นข้อมูลผู้เรียนจากระบบการเรียนรู้ออนไลน์สองตัวแปร ได้แก่ ความยาวของข้อความที่เสนอ (posing length) และระยะเวลาที่ใช้ในการแสดงความคิดเห็นระหว่างการเข้าระบบแต่ละครั้ง (discussion time per visit) ดังภาพ 2.4

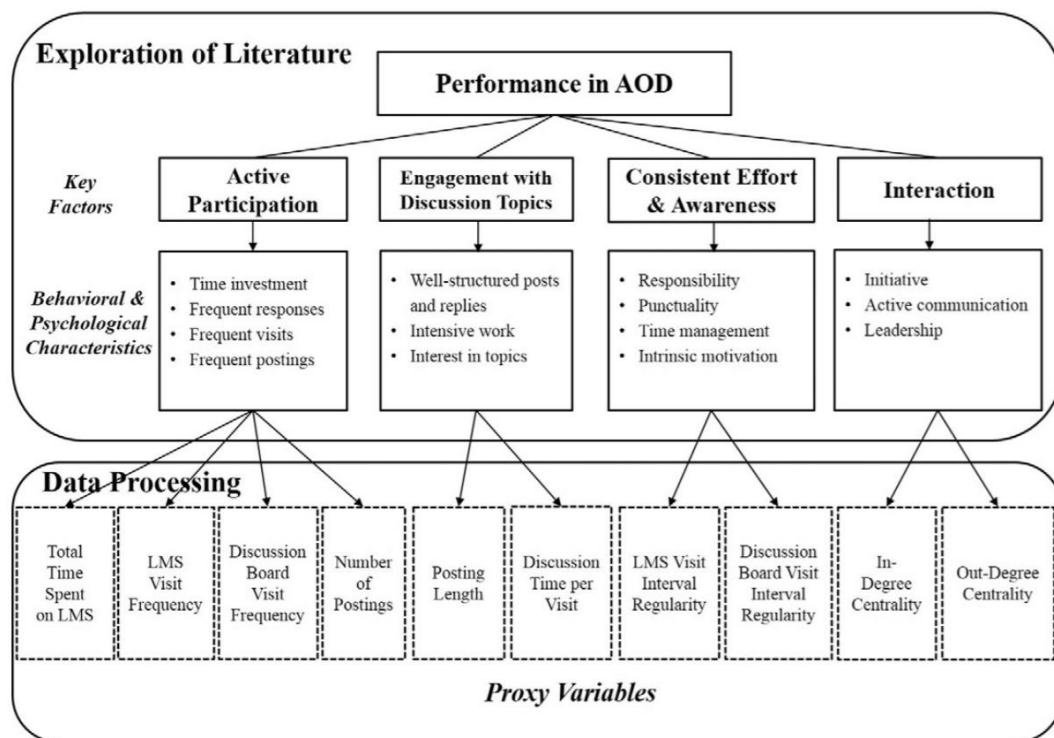


Fig. 1. Process of extracting proxy variables.

ภาพ 2.4 การกำหนดตัวแปรแทนของความสามารถในการสนทนาแลกเปลี่ยนออนไลน์แบบต่างเวลา (Kim et al., 2016)

นอกจากนี้ การวิเคราะห์การเรียนรู้ยังสามารถใช้ตัวแปรที่มีลักษณะที่พบโดยทั่วไปในการวิจัยทางการศึกษา เช่น ตัวแปรภูมิหลังของผู้เรียน ตัวแปรคะแนนสอบ เกรดเฉลี่ยสะสม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ได้จากการเก็บรวบรวมโดยตรงจากผู้สอน หรือจากข้อมูลในระบบสารสนเทศทางการศึกษา รวมไปถึงตัวแปรที่เป็นคุณลักษณะเชิงจิตวิทยาที่วัดจากการตอบแบบสอบถามได้เช่นกัน โดยตัวแปรเหล่านี้มักใช้เป็นตัวแปรประกอบการวิเคราะห์ร่วมกับตัวแปรที่ได้จากข้อมูลในระบบการเรียนรู้ออนไลน์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีบทบาทหลักและเป็นจุดเน้นของการวิเคราะห์การเรียนรู้ (Dietz-Uhler & Hurn, 2013; Verbert et al., 2013) แต่อย่างไรก็ตาม การนำตัวแปรที่มีประเภทหรือเก็บรวบรวมจากวิธีการวัดต่างกัน หรือมาจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายแตกต่างกันมาใช้ร่วมกันในการวิเคราะห์ เช่น ตัวแปรคุณลักษณะภายในของผู้เรียน ตัวแปรพฤติกรรมของผู้เรียนที่ได้จากการติดตามในระบบการจัดการเรียนรู้หรือสื่อสังคมออนไลน์หลายแหล่ง ยังพบได้น้อยในงานวิจัยการวิเคราะห์การเรียนรู้ เนื่องจากในกระบวนการเตรียมข้อมูลต้องอาศัยการบูรณาการข้อมูล (integration) ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมก่อนการนำไปวิเคราะห์ (Gašević et al., 2015; Zhou et al., 2012)

### 1.3.3 วิธีการวิเคราะห์การเรียนรู้ (data analysis)

#### 1.3.3.1 เทคนิควิธีการในการวิเคราะห์การเรียนรู้ (instruments)

การวิเคราะห์การเรียนรู้ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ต้องอาศัยเครื่องมือหรือเทคนิควิธีการทางการวิเคราะห์ที่เหมาะสม เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนและข้อค้นพบที่สามารถตอบคำถามหรือช่วยให้แนวทางนำสู่การปฏิบัติที่สอดคล้องกับความต้องการในการนำผลการวิเคราะห์การเรียนรู้ไปใช้ โดยส่วนต่อไปนี้จะว่าด้วยเทคนิควิธีการที่พบได้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ส่วนใหญ่ในปัจจุบัน แต่ละเทคนิคสามารถนำไปใช้ประกอบการวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อตอบวัตถุประสงค์หรือตอบสนองความต้องการของการนำการวิเคราะห์การเรียนรู้ไปใช้งาน โดยนำเสนอกลุ่มของเทคนิควิธีการออกเป็น 5 ประเภทหลัก พร้อมตัวอย่างงานวิจัย ได้แก่ 1) กลุ่มเทคนิคการวิเคราะห์ประเภทโมเดลเชิงทำนาย 2) กลุ่มเทคนิคการวิเคราะห์ประเภทการสำรวจโครงสร้าง 3) กลุ่มเทคนิคการวิเคราะห์เหมือนความสัมพันธ์ (Baker & Siemens, 2013) และ 4) กลุ่มเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

#### เทคนิคการวิเคราะห์ประเภทโมเดลเชิงทำนาย (prediction methods)

การใช้โมเดลเชิงทำนายกล่าวได้ว่าเป็นกลุ่มเทคนิคการวิเคราะห์ที่พบได้มากในการวิเคราะห์การเรียนรู้ มีหลักการคือ การสร้างโมเดลเชิงทำนาย (predictive model) เพื่อทำนายตัวแปรผลลัพธ์หรือตัวแปรตามที่ต้องการศึกษา (predicted variable) จากการระบุชุดของตัวแปรต้นหรือตัวแปรทำนาย (predictor variables) ที่พบว่ามีความสัมพันธ์และมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้ตัวแปรผลลัพธ์มีการเปลี่ยนแปลง โดยโมเดลเชิงทำนายสามารถใช้ในการศึกษาเพื่อทำนายแนวโน้มพฤติกรรมการเรียนรู้ของตัวอย่างวิจัยขณะนั้น หรือใช้เป็นโมเดลการวิเคราะห์เพื่อทำนายความน่าจะเป็นของเหตุการณ์

ในอนาคตหรืออ้างอิงไปยังผู้เรียนกลุ่มอื่นหรือทำนายผู้เรียนกลุ่มใหม่ที่มีลักษณะภูมิหลังเดียวกัน นอกจากนี้ โมเดลเชิงทำนายยังถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์การเรียนรู้ในกรณีที่ไม่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรที่ต้องการศึกษาในช่วงเวลาขณะนั้นได้โดยตรง เนื่องจากต้องอาศัยการเก็บรวบรวมจากการสังเกตหรือเครื่องมือแบบรายงานตนเองที่ละเอียดและรอบคอบ เช่น ตัวแปรเกี่ยวกับความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ซึ่งในการวิเคราะห์การเรียนรู้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลของตัวแปรลักษณะดังกล่าวจากข้อมูลพฤติกรรมกรการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ถูกบันทึกไว้ในระบบการจัดการเรียนรู้โดยอัตโนมัติ (student log data) (Baker & Siemens, 2013) การสร้างและพัฒนาโมเดลเชิงทำนายที่พบโดยทั่วไปในการวิเคราะห์การเรียนรู้คือ การวิเคราะห์การจำแนกกลุ่ม (classification) และการวิเคราะห์การถดถอย (regression) ดังนี้

### 1) การวิเคราะห์การจำแนกกลุ่ม (classification)

การวิเคราะห์ประเภทนี้ ตัวแปรผลลัพธ์หรือตัวแปรตามต้องมีลักษณะเป็นตัวแปรที่มีสองค่า (binary or dichotomous variables) หรือตัวแปรจัดประเภท (categorical variables) โดยวิธีการวิเคราะห์การจัดกลุ่มสามารถทำได้หลายแนวทาง เช่น การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (*logistic regression*) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของชุดตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตามที่มีลักษณะเป็นตัวแปรสองค่า หรือ การใช้เทคนิค การวิเคราะห์ต้นไม้ตัดสินใจ (*decision trees*) ที่เป็นการนำคุณลักษณะต่าง ๆ ของข้อมูลที่ต้องการจัดกลุ่มมาพิจารณาโดยเปรียบเทียบกับเส้นทางตามรูปแบบของต้นไม้เป็นลำดับตั้งแต่ส่วนบนสุดจนกระทั่งปลายทางที่แสดงกลุ่มข้อมูลที่เหมือนกัน ต้นไม้ตัดสินใจประกอบด้วยโหนด (node) โดยในแต่ละโหนดจะมีคุณลักษณะเป็นสิ่งทดสอบ กิ่งของต้นไม้ (branch) จะแสดงถึงค่าที่เป็นไปได้ของคุณลักษณะที่เลือกทดสอบ และใบ (leaf) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่อยู่ล่างสุดของเส้นทางต้นไม้ตัดสินใจ โดยจะแสดงถึงกลุ่มของข้อมูล (class) ที่เป็นผลลัพธ์จากการทำนาย (ภรณ์ยา ปาลวิสุทธิ์, 2559) หรือการใช้เทคนิค การวิเคราะห์ *latent knowledge estimation* ซึ่งเป็นการทำนายความรู้ทักษะความสามารถของผู้เรียนในเนื้อหาหนึ่ง ๆ ด้วยการประมาณค่าจากรูปแบบของการตอบถูกหรือพฤติกรรมกรแก้ปัญหาของชุดความรู้หรือทักษะที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากการใช้ระบบการจัดการเรียนรู้ของผู้เรียน มีโมเดลที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ เช่น Bayesian Knowledge Tracing (BKT) (Baker & Inventado, 2016; Pazmiño-Maji et al., 2017)

### 2) การวิเคราะห์การถดถอย (regression)

การวิเคราะห์ประเภทนี้ ตัวแปรทำนายและตัวแปรผลลัพธ์หรือตัวแปรตามต้องมีลักษณะเป็นตัวแปรต่อเนื่อง (continuous variable) เช่น ความถี่ในการล็อกอินในระบบ จำนวนระยะเวลาใช้งานในระบบ หรือ เกรดเฉลี่ย (Yu & Jo, 2014) โดยเทคนิคการวิเคราะห์ที่พบได้มากคือ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (linear regression)

### เทคนิคการวิเคราะห์ประเภทการสำรวจโครงสร้าง (structure discovery)

การวิเคราะห์ประเภทการสำรวจโครงสร้างมีวัตถุประสงค์หลักคือ การสำรวจเพื่อศึกษาโครงสร้างของข้อมูลที่ยังไม่ปรากฏองค์ความรู้หรือยังมีข้อมูลที่ไม่เพียงพอเกี่ยวกับโครงสร้างที่ชัดเจนมาก่อน เทคนิคการวิเคราะห์ในกลุ่มวิธีการนี้มีตัวอย่างคือ การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (clustering) การวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม (social network analysis) และการวิเคราะห์โครงสร้างของความรู้ (domain structure discovery) เป็นต้น

**1) การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (clustering)** เป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อจัดกลุ่มจากจุดข้อมูล (data points) หรือข้อมูลพารามิเตอร์ (parameters) ที่มีลักษณะหรือความสัมพันธ์คล้ายคลึงกันจากชุดข้อมูลที่มีอยู่ทั้งหมด การวิเคราะห์การจัดกลุ่มเหมาะสมกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่ทราบความเหมือนหรือความแตกต่างระหว่างประเภทข้อมูลในชุดเดียวกันมาก่อน โดยมักเป็นการใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่ได้เก็บรวบรวมจากกลุ่มของตัวอย่างวิจัยที่แบ่งเป็นกลุ่มตามคุณลักษณะอย่างชัดเจน การวิเคราะห์ประเภทนี้พบในการวิเคราะห์การเรียนรู้ที่ต้องการจัดกลุ่มผู้เรียนตามคุณลักษณะหรือพฤติกรรมการเรียนรู้ (Khalil & Ebner, 2017)

**2) การวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis)** เป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อจัดกลุ่มตัวแปรที่มีลักษณะหรือความสัมพันธ์คล้ายคลึงกันจากชุดตัวแปรที่มีอยู่ทั้งหมด โดยจัดตัวแปรที่มีลักษณะคล้ายกันนั้นเป็นองค์ประกอบเดียวกันหรือจัดเป็นองค์ประกอบเป็นกลุ่มของตัวแปรแฝงเดียวกัน นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบคุณลักษณะการวัดทางจิตของเครื่องมืองานวิจัย อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์การเรียนรู้มักพบการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อการลดทอนมิติของข้อมูล (dimensionality reduction) โดยมีการนำไปใช้ในวัตถุประสงค์ทางปฏิบัติที่หลากหลายแตกต่างกัน (Ahn, 2013)

**3) การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม (social network analysis)** เป็นเทคนิคการวิเคราะห์เพื่อสร้างโมเดลความสัมพันธ์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล รวมทั้งเพื่อศึกษารูปแบบหรือโครงสร้างที่เกิดจากความสัมพันธ์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลที่ศึกษา ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาความสัมพันธ์ของสมาชิกในกลุ่ม การศึกษาการวางตำแหน่งทางสังคมระหว่างการทำงานกลุ่มของผู้เรียน การศึกษาลักษณะและพฤติกรรมสื่อสารติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียน โดยข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างปฏิสัมพันธ์และความเชื่อมโยงทางสังคมของผู้เรียนสามารถใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมรูปแบบความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพของผู้เรียน รวมถึงใช้เป็นข้อมูลที่บ่งบอกถึงการมีความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของผู้เรียนได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมอาจมีข้อจำกัดในการให้ผลการวิเคราะห์เชิงรายละเอียดเกี่ยวกับกลไกของปฏิสัมพันธ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลส่วนนี้จึงควรอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ประเภทอื่นประกอบ (Sclater et al., 2013)

### เทคนิคการวิเคราะห์เหมืองความสัมพันธ์ (relationship mining)

การวิเคราะห์ประเภทการวิเคราะห์เหมืองความสัมพันธ์มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในชุดข้อมูลที่ประกอบไปด้วยตัวแปรจำนวนมาก โดยเป็นการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรที่มีขนาดความสัมพันธ์กับตัวแปรเป้าหมายที่ต้องการศึกษามากที่สุด หรือเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับคู่ตัวแปรที่ความสัมพันธ์ระหว่างกันมากที่สุด เทคนิควิธีการวิเคราะห์ส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้เป็นที่คุ้นเคยของนักวิจัย เนื่องจากมีหลักการพื้นฐานเหมือนกับสถิติการวิเคราะห์ที่พบได้ในงานวิจัยโดยทั่วไป แต่แตกต่างกันประเด็นของขนาดและความซับซ้อนของชุดข้อมูลที่นำเข้าในการวิเคราะห์ ได้แก่ การวิเคราะห์เหมืองกฎความสัมพันธ์ (association rules mining) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขการเกิดหรือมีอยู่ของชุดแปรหนึ่งที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอีกตัวแปรชุดหนึ่ง การวิเคราะห์เหมืองสหสัมพันธ์ (correlation mining) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาขนาดและทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ทั้งที่เป็นความสัมพันธ์เชิงบวกและความสัมพันธ์เชิงลบ และการวิเคราะห์เหมืองความสัมพันธ์เชิงเหตุผล (causal data mining) เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลของชุดตัวแปรที่ศึกษา (Hwang et al., 2017)

### เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative data analysis)

เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มนี้เป็นการนำวิธีการวิเคราะห์มาใช้กับข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น การเขียน การพูดคุย โดยอาจได้จากแหล่งข้อมูลประเภทการทำแบบฝึกหัดเชิงอัตนัย การอภิปรายแสดงความคิดเห็นบนกระดานสนทนา การพูดคุยในแชทการเรียน การแสดงความคิดเห็นในสื่อสังคมออนไลน์ หรือการเขียนบันทึกผ่านบล็อก เป็นต้น ข้อมูลเชิงคุณภาพสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีประโยชน์ในมุมมองที่แตกต่างออกไปได้ เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวในปัจจุบันมีวิธีการที่หลากหลาย โดยจะนำเสนอตัวอย่างเทคนิคที่เกี่ยวข้องคือ การวิเคราะห์วาทกรรม (discourse analysis) การประมวลภาษาธรรมชาติ (natural language processing) และการวิเคราะห์ความรู้สึก (sentiment analysis) แต่ละเทคนิคมีหลักการดังต่อไปนี้

**1) การวิเคราะห์วาทกรรม (discourse analysis)** เป็นการวิเคราะห์โครงสร้างหรือรูปแบบการใช้ภาษาสื่อสารในเชิงของข้อความหรือการพูดขณะอยู่ในสถานการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน ใช้การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยของภาษาที่ใช้และกระบวนเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น อนุประโยค (clauses) หรือ ถ้อยคำ (utterance) ซึ่งได้จากการลงรหัส (coding) ของผู้วิจัย โดยการจัดกลุ่มหรือประเภทของลักษณะการใช้ภาษาที่พบสามารถเป็นตัวบ่งชี้ในการสรุปความถึงความสำเร็จทางการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ เนื่องจากกระบวนการใช้ภาษามีความเกี่ยวข้องกับกระบวนรู้คิดซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเรียนรู้ นอกจากนี้การวิเคราะห์วาทกรรมยังรวมไปถึงการหาความสัมพันธ์ของการใช้ภาษาในมุมมองเชิงสังคมและเชิงจิตวิทยาที่มีต่อการเรียนรู้ เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวเป็นตัวแปรหนึ่งที่มีความ

เกี่ยวข้องกับปัจจัยทางความคิดของผู้เรียน ยกตัวอย่างเช่น การใช้ภาษาของผู้เรียนระหว่างการมีปฏิสัมพันธ์ในการเรียนรู้กับเพื่อนสมาชิก (learning interaction) (Rosé, 2017)

**2) การประมวลภาษาธรรมชาติ (natural language processing: NLP)** เป็นการวิเคราะห์ลักษณะการใช้ภาษาของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ด้วยวิธีการทางคอมพิวเตอร์ มีหลักการที่คล้ายคลึงกับการวิเคราะห์วาทกรรม แต่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่มีโครงสร้างซับซ้อนและมีจำนวนมากให้ผลการวิเคราะห์ที่มีรายละเอียดเชิงลึกได้มากกว่า รวมถึงสามารถวิเคราะห์วาทกรรมได้โดยอัตโนมัติ (McNamara et al., 2017)

**3) การวิเคราะห์ความรู้สึก (sentiment analysis)** เป็นการวิเคราะห์เพื่อศึกษาข้อมูลที่มีความหมายโดยนัยหรือมีความเป็นอัตนัยของบุคคลแฝงอยู่ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อความที่แสดงถึงอารมณ์ความรู้สึกหรือมุมมองความคิดเห็น วิธีการวิเคราะห์พื้นฐานที่พบได้ทั่วไปคือ การนับจำนวนความถี่ของคำที่มีความหมายในเชิงบวกและคำที่มีความหมายในเชิงลบ (Wen, 2014)

### 1.3.4 ความเหมือนและความแตกต่างของการวิเคราะห์ข้อมูลกับการวิจัยทั่วไป

จากประเภทของเทคนิควิธีการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิเคราะห์การเรียนรู้ที่นำเสนอข้างต้น จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่เป็นเทคนิคที่คุ้นเคยในการวิเคราะห์ข้อมูลหรือการวิจัยทางการศึกษาทั่วไป ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูลของสถิติแต่ละประเภทเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ที่ใช้ในงานวิจัยโดยทั่วไป โดยใช้ข้อมูลที่มากจากบริบทสภาพแวดล้อมทางการศึกษาและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียน เพื่อวิเคราะห์ให้ได้ข้อมูลในการทำความเข้าใจผู้เรียน แก้ปัญหา หรือส่งเสริมและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน แต่อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิเคราะห์การเรียนรู้มีประเด็นที่แตกต่างหรือเป็นประเด็นเพิ่มเติมจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษาทั่วไปในสองประเด็น ได้แก่ ตัวแปรหรือข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ และแนวทางการวัดตัวแปร ดังนี้

#### 1.3.4.1 ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประเภทของตัวแปรและข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้มีความแตกต่างหรือมีลักษณะธรรมชาติของตัวแปรที่มีความเฉพาะจากตัวแปรหรือข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ในการวิจัยทางการศึกษาโดยทั่วไป กล่าวคือ การวิเคราะห์การเรียนรู้เน้นการใช้ข้อมูลที่เกิดจากผู้เรียนหรือที่ผู้เรียนผลิตขึ้นเองเป็นหลัก (learner-produced data) ซึ่งในบริบทของการวิเคราะห์การเรียนรู้หมายถึงข้อมูลที่ผู้เรียนผลิตขึ้นระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในระบบออนไลน์ หรือมักรู้จักในชื่อว่า log file หรือ log data (Ferguson, 2012) ชุดตัวแปรหรือชุดข้อมูลที่น่าเข้าสู่การวิเคราะห์จึงมักเป็นชุดข้อมูลที่มีขอบเขตไม่กว้างมากนัก นั่นคือมีขอบเขตอยู่ในช่วงของพฤติกรรมที่พบหรือมีบันทึกไว้ในแหล่งข้อมูล เช่น พฤติกรรมการลือกกิน การใช้เวลาในระบบ การสนทนาตอบโต้ในระบบด้วยข้อความ การเข้าทำแบบฝึกหัด หรือการสร้างงานที่มอบหมายในระบบ เป็นต้น โดยเก็บรวบรวมข้อมูลเหล่านี้

จากวิธีการดึงข้อมูลจากระบบซึ่งอาจได้ข้อมูลที่มีปริมาณขนาดใหญ่ (big data) ที่ไม่สามารถจัดกระทำได้ด้วยวิธีการทำมือ (Steiner et al., 2014) รวมถึงมักเป็นชุดตัวแปรเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่สามารถจัดกระทำได้ โดยมักถูกใช้เป็นตัวแปรแทน (proxy variables) เพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ในการหาแนวทางส่งเสริมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพต่อไป ทั้งนี้การวัดด้วยตัวแปรแทนมีทั้งข้อดีและจุดอ่อน โดยสามารถสรุปได้ดังตาราง 2.3

**ตาราง 2.3** ข้อดีและจุดอ่อนของการวัดด้วยตัวแปรแทน

ข้อดี	จุดอ่อน
<ul style="list-style-type: none"> <li>- เป็นข้อมูลพฤติกรรมที่แท้จริงที่ตัวอย่างวิจัยแสดงออกมาขณะเข้าไปมีปฏิสัมพันธ์กับระบบ ซึ่งยากต้องการบิดเบือนข้อมูล</li> <li>- สามารถเก็บข้อมูลในประเด็นที่หลากหลายได้ เช่น การเก็บข้อมูลที่เป็นรูปแบบการมีปฏิสัมพันธ์ได้อย่างหลากหลายระดับ เช่น การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน-ระบบ ผู้เรียน-ผู้เรียน ผู้เรียน-ครูผู้สอน</li> <li>- สามารถเก็บข้อมูลในจำนวนมากได้ (mass) และเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นในเวลาจริง (real time)</li> <li>- ข้อมูลบางส่วนสามารถตอบเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งและเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วได้ (dynamic) รวมถึงการตอบในเรื่องความซับซ้อน (complexity) ของรูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูล</li> <li>- ข้อมูลบางตัวถึงแม้สุดท้ายจะกลายเป็นตัวแปรแทนที่ไม่เหมาะสม (weak proxy variables) แต่ผลที่ได้ก็ยิ่งให้ข้อมูลสารสนเทศที่เป็นประโยชน์เพิ่มเติมได้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ข้อมูลอาจมาทั้งในรูปแบบของข้อมูลที่มีโครงสร้าง (structured data) และข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้าง (unstructured data) ดังนั้นจึงต้องมีการจัดกระทำให้ข้อมูลอยู่อย่างเป็นระบบ และเหมาะสมสำหรับการนำไปวิเคราะห์</li> <li>- ต้องอาศัยเทคนิคหรือกระบวนการที่มีความเฉาะในการเข้าไปดึงข้อมูลออกมาจากระบบ นอกจากนี้ การดึงข้อมูลออกมาอาจมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถเข้าถึงหรือทำการเอาข้อมูลบางส่วนที่ต้องการออกมาได้ทั้งหมด ทั้งนี้อาจเนื่องจากข้อจำกัดของการบันทึกจัดเก็บข้อมูลของระบบเอง หรือข้อจำกัดของนักวิจัยเอง</li> </ul>

ในขณะที่การวิจัยทางการศึกษาโดยทั่วไปพบขอบเขตของประเภทตัวแปรหรือลักษณะข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนที่กว้างมากกว่า เช่น ข้อมูลที่ผลิตด้วยผู้เรียนเองระหว่างการเรียนในชั้นเรียน (ภาระงาน, การถามตอบในชั้นเรียน, คะแนนสอบ เป็นต้น) ข้อมูลของผู้เกี่ยวข้องในระดับต่าง ๆ เช่น ข้อมูลของครูผู้สอน ผู้ปกครอง หรือสถาบันการศึกษา หรือ

ข้อมูลที่เป็นตัวแปรเชิงจิตวิทยาที่เก็บรวบรวมด้วยเครื่องมือวิจัยเช่นแบบสอบถามมาตรฐานค่า โดยพบว่าชุดตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์สามารถประกอบด้วยประเภทของตัวแปรที่หลากหลายแตกต่างกันไป

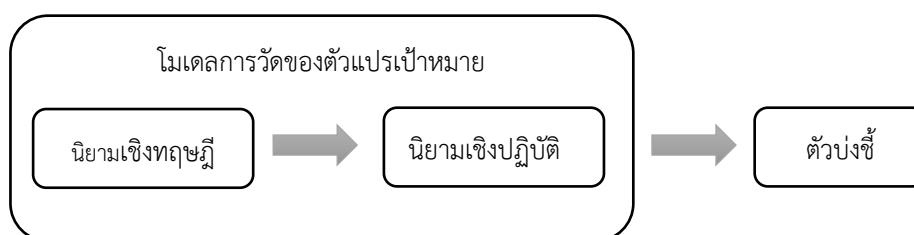
#### 1.3.4.2 แนวทางการวัดตัวแปร

มักมีความเข้าใจว่าการวัดตัวแปรในการวิจัยทางการศึกษาหรือทางจิตวิทยาโดยทั่วไปที่สร้างตัวบ่งชี้ของตัวแปรตามโมเดลการวัดนั้นมีแนวทางการวัดเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวแปรแทน อย่างไรก็ตามการวัดตัวแปรทั้งสองลักษณะมีความแตกต่างกัน โดยมีแนวคิดแตกต่างกัน กล่าวคือ ตัวแปรแทน (proxy variables) มีกระบวนการได้มาซึ่งตัวแปรโดยได้มาจากการคัดเลือกและเก็บรวบรวมข้อมูลของตัวแปรที่เชื่อว่าจะมีความเป็นไปได้จำนวนหนึ่งและมีความสมเหตุสมผลในการสะท้อนถึงคุณลักษณะของตัวแปรเป้าหมาย ซึ่งทำให้ตัวแปรแทนถูกใช้ในการวัดแทนตัวแปรเป้าหมายโดยตรง โดยกระบวนการศึกษาวิจัยหรือการวิเคราะห์ข้อมูลจะทำหน้าที่ในการช่วยพิสูจน์ทดสอบ หรือให้ข้อมูลสารสนเทศที่แสดงหลักฐานสนับสนุนว่าเพราะเหตุใดตัวแปรแทนที่มีอยู่จึงเป็นตัวแทนที่ดีของตัวแปรเป้าหมาย ดังภาพ 2.5



ภาพ 2.5 แนวทางการวัดด้วยตัวแปรแทน

ในขณะที่การวัดตัวแปรในเชิงจิตวิทยา มีแนวทางการวัดโดยการสร้างตัวบ่งชี้ (indicators) ของตัวแปรขึ้นมา โดยกระบวนการได้มาซึ่งตัวบ่งชี้เริ่มต้นจากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมากำหนดนิยามของตัวแปรที่ต้องการศึกษาและสร้างเป็นโมเดลการวัด (measurement model) ซึ่งมีกรอบของการนิยามตัวแปรในเชิงทฤษฎีสู่การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติ และออกแบบหรือสร้างตัวบ่งชี้ให้ครอบคลุมนิยามของตัวแปรภายใต้โมเดลการวัดที่กำหนด ก่อนนำไปเก็บข้อมูลต่อไป ดังภาพ 2.6



ภาพ 2.6 แนวทางการวัดตัวแปรในเชิงจิตวิทยา



## ตอนที่ 2 มโนทัศน์เกี่ยวกับการเรียนรู้ของเครื่อง

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เป็นศาสตร์หนึ่งของมโนทัศน์ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ที่คอมพิวเตอร์สามารถคิดและเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตัวของมันเอง โดยการพัฒนาให้คอมพิวเตอร์สามารถปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยนการกระทำของตนเองเพื่อให้เกิดการพัฒนากระบวนการปฏิบัติที่นำมาสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูล (Alzubi et al., 2018) คอมพิวเตอร์หรือเครื่องจะเรียนรู้จากข้อมูลนำเข้า (data) หรือประสบการณ์ก่อนหน้า (experience) เพื่อการปฏิบัติภารกิจให้บรรลุตามภาระงานเป้าหมาย (Liakos et al., 2018) หรืออาจกล่าวได้ว่า เครื่องจะเรียนรู้โดยอาศัยความเกี่ยวข้องของการกำหนดภาระงานเป้าหมาย  $T$  (task) ประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน  $P$  (performance) และประเภทของประสบการณ์  $E$  ที่ได้รับ (experience) โดยเครื่องจะสามารถปรับปรุงหรือพัฒนาประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน  $P$  ของงาน  $T$  จากการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์  $E$  (Mitchell, 2006)

“A computer program is said to learn from experience  $E$  with respect to some class of tasks  $T$  and performance measure  $P$ , if its performance at tasks in  $T$ , as measured by  $P$ , improves with experience  $E$ .” (Mitchell, 2006)

การใช้หลักการการเรียนรู้ของเครื่องจะอำนวยความสะดวกในการค้นพบและตีความรูปแบบของข้อมูล รวมถึงการสกัดสารสนเทศสำคัญจากข้อมูลที่มีอยู่ (Dey, 2016) โดยมีอัลกอริทึมหลากหลายประเภทที่ให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบตามภาระงานที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นการทำนาย (prediction) การจำแนกประเภท (classification) การจัดกลุ่ม (clustering) การหาความสัมพันธ์ (association rules) เป็นต้น (Mohammed et al., 2016; Tarca et al., 2007) โดยรายละเอียดจะกล่าวในส่วน of ประเภทของการเรียนรู้ของเครื่องต่อไป

### 2.1 กระบวนการเบื้องต้นของการเรียนรู้ของเครื่อง

การเข้าใจกระบวนการเบื้องต้นที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ไม่ใช่เป้าหมายหลักของการวิเคราะห์การเรียนรู้ (black box) แต่หากเป็นการระบุการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้นที่จะทำให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้และปฏิบัติงานได้ต่อไปเพื่อให้ได้บรรลุลูกงานที่กำหนด ดังนั้นเป้าหมายของการเรียนรู้ของเครื่องคือการสร้างโมเดล (model) จากการใช้ปัจจัยนำเข้า (input) และดำเนินการให้เกิดผลลัพธ์ตามประเด็นที่ต้องการ (desired result) (Mohammed et al., 2016) โดยจะมีการประเมินคุณภาพของโมเดล (machine learning model) หรืออาจเรียกอีกอย่างว่าอัลกอริทึม (machine learning algorithms) ที่สร้างหรือพัฒนาขึ้นด้วยการพิจารณาเกี่ยวกับความถูกต้องแม่นยำ (accuracy) ของผลลัพธ์ที่ได้ (Tarca et al., 2007)

โดยกระบวนการสร้างและพัฒนาโมเดลการเรียนรู้เบื้องต้นสามารถกล่าวได้ว่ามี 6 กระบวนการหลักที่เกี่ยวข้อง ตามการสรุปของ Alzubi et al. (2018) ดังนี้

1) การเก็บรวบรวมและเตรียมข้อมูล (collection and preparation of data) ถือว่าเป็นงานขั้นต้นของการเรียนรู้ของเครื่องที่ต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลและจัดการข้อมูล ซึ่งรวมไปถึงการทำความสะอาดและจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ (format) ที่เหมาะสมในการป้อนเป็นข้อมูลนำเข้า (input) ให้กับอัลกอริทึม ทั้งนี้เนื่องจากอาจมีข้อมูลบางส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องหรือซ้ำซ้อนกัน หรืออยู่ในรูปแบบที่ไม่มีโครงสร้างที่เป็นระบบระเบียบ

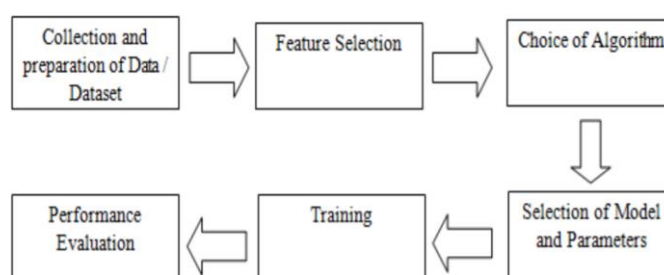
2) การคัดเลือกตัวแปรที่เกี่ยวข้อง (feature selection) เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่อาจประกอบด้วยตัวแปรจำนวนมาก จึงควรมีการคัดเลือกกลุ่มตัวแปรสำคัญที่มีความเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์นั้นที่สุด และนำตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องออกจากชุดข้อมูล

3) การกำหนดอัลกอริทึม (choice of algorithm) โดยเลือกหรือกำหนดอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องที่สอดคล้องและเหมาะสมกับปัญหาที่ต้องการแก้ไขหรือเป้าหมายที่ต้องการได้คำตอบ เนื่องจากการเรียนรู้ของเครื่องมีอัลกอริทึมหลากหลายประเภทตามภาระงานที่แตกต่างกัน

4) การกำหนดโมเดลและพารามิเตอร์ (selection of models and parameters) อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องโดยส่วนใหญ่ต้องอาศัยการระบุพารามิเตอร์และค่าที่เกี่ยวข้องของโมเดลในเบื้องต้นก่อน

5) การฝึกฝน (training) โดยภายหลังการกำหนดอัลกอริทึมและระบุและตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแล้ว โมเดลจะถูกฝึกฝนเพื่อให้เรียนรู้โดยใช้ชุดข้อมูลส่วนหนึ่งจากข้อมูลทั้งหมด เรียกชุดข้อมูลนี้ว่า ข้อมูลฝึกฝน (training data)

6) การประเมินผลการปฏิบัติงาน (performance evaluation) ก่อนการนำโมเดลที่สร้างและพัฒนาขึ้นไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง ต้องมีการทดสอบโมเดลกับข้อมูลชุดใหม่และการประเมินผลการปฏิบัติงานของโมเดลว่ามีประสิทธิภาพมากเพียงใด โดยการพิจารณาค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ความถูกต้องแม่นยำ (accuracy) ดังภาพ 2.7



ภาพ 2.7 กระบวนการหลักของการเรียนรู้ของเครื่อง (Alzubi et al., 2018)

## 2.2 ประเภทของการเรียนรู้ของเครื่อง

การเรียนรู้ของเครื่องสามารถแบ่งออกได้หลายประเภทตามธรรมชาติของวิธีการเรียนรู้ โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ 1) การเรียนรู้แบบไม่มีการสอน (unsupervised learning) 2) การเรียนรู้แบบมีการสอน (supervised learning) 3) การเรียนรู้แบบรีนฟอร์สเมนต์ (reinforcement learning) และ 4) การเรียนรู้แบบกึ่งมีการสอน (semi-supervised learning)

### 1) การเรียนรู้แบบมีการสอน (supervised learning)

การเรียนรู้ของเครื่องประเภท supervised learning ในขณะนี้ยังไม่มีการบัญญัติคำศัพท์ในภาษาไทยอย่างเป็นทางการ อย่างไรก็ตามพบว่า มีการใช้คำที่หลากหลาย โดยคำที่มักพบได้บ่อยเมื่อกล่าวถึงการเรียนรู้ของเครื่องประเภทนี้ คือ การเรียนรู้แบบมีผู้สอน การเรียนรู้แบบมีการสอน หรือ การเรียนรู้แบบได้รับคำแนะนำ โดยในงานวิจัยครั้งนี้จะขอใช้คำว่า การเรียนรู้แบบมีการสอน ในการกล่าวถึงโมเดลในส่วนต่อไปของรายงาน

กระบวนการเรียนรู้ของเครื่องที่ใช้การสอนหรือการฝึกฝนให้เครื่องเรียนรู้การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ผ่านการให้หรือป้อนตัวอย่างของชุดข้อมูลที่เป็นตัวแทนที่ดีของคุณสมบัติของสิ่งที่ศึกษา (inputs) และการระบุคุณลักษณะของผลลัพธ์เป้าหมายที่ต้องการได้จากการวิเคราะห์ (output or target property) เครื่องจะเรียนรู้จากอัลกอริทึมที่กำหนด และสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลชุดใหม่ที่มีวัตถุประสงค์เดียวกันต่อไป (Agrawal & Nigam, 2018; Nájera et al., 2017) โดยชุดข้อมูลนำเข้า (input dataset) จะถูกแบ่งเป็นชุดข้อมูลฝึกฝน (training data) และชุดข้อมูลทดสอบ (testing data) สำหรับชุดข้อมูลฝึกฝนจะประกอบด้วย ข้อมูลนำเข้า  $X$  (input) และข้อมูลผลลัพธ์  $Y$  (output) ซึ่งมีการกำหนดตัวแปรผลลัพธ์เป้าหมายไว้แล้ว (labeled data) โดยอัลกอริทึมของการวิเคราะห์จะเรียนรู้และสร้างฟังก์ชันที่เป็นความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลนำเข้าซึ่งอยู่ในรูปของตัวแปรคุณลักษณะ (features หรือ attributes) กับตัวแปรผลลัพธ์เป้าหมาย (Dey, 2016; Mohammed et al., 2016) หรือกล่าวได้ว่าเป็นการรวบรวมคู่ข้อมูลระหว่าง  $X$  และ  $Y$  โดยสร้างเป็นโมเดลที่ได้รับการฝึกฝนหรือเกิดการเรียนรู้จากข้อมูลตัวอย่างที่มีอยู่ (trained model) และนำไปใช้กับชุดข้อมูลทดสอบ (testing data) โดยการทำนายหรือจำแนกกลุ่มตัวแปรผลลัพธ์ที่ยังไม่ทราบค่าหรือยังไม่ถูกระบุกลุ่ม (Jordan & Mitchell, 2015; Liakos et al., 2018) นั่นคือ เครื่องได้รับการสอนหรือการชี้แนะเกี่ยวกับการกำหนดกลุ่มของข้อมูลผลลัพธ์เป้าหมายจากรูปแบบของข้อมูลนำเข้าลักษณะต่าง ๆ ที่ให้โดยผู้สอนหรือผู้ชี้แนะ (supervisor) ซึ่งโดยทั่วไปมักเป็นคน (humans) ที่เป็นผู้กำหนดผลลัพธ์เป้าหมายให้กับข้อมูล (labels) แต่การใช้เครื่อง (machines) ก็สามารถพบในการกำหนดผลลัพธ์เป้าหมายให้กับชุดข้อมูลฝึกฝนได้เช่นกัน (Mohammed et al., 2016)

การเรียนรู้แบบมีการสอนนี้ จัดเป็นการวิเคราะห์ที่ตอบปัญหาวิจัยเกี่ยวกับการจำแนกข้อมูล หรือเรียกว่า classification กล่าวได้ว่าเป็นการสอนให้เครื่องจำแนกข้อมูลเข้ากลุ่มตามลักษณะที่ระบุไว้ (Soni et al., 2018) กรณีตัวอย่างในชีวิตประจำวัน เช่น การจำแนกสแปมเมล การจดจำใบหน้า จากภาพ หรือการวินิจฉัยกลุ่มอาการป่วยทางการแพทย์ เป็นต้น (Jordan & Mitchell, 2015) หรือกรณีตัวอย่างทางการศึกษาเช่น การวิเคราะห์ข้อมูลมีวัตถุประสงค์ในการจำแนกผู้เรียนตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ นักเรียนกลุ่มเก่ง และนักเรียนกลุ่มอ่อน นักวิจัยต้องเตรียมชุดข้อมูลสำหรับให้เครื่องเรียนรู้ โดยมีชุดข้อมูลฝึกฝนที่ประกอบด้วยตัวแปรคุณลักษณะของผู้เรียน และมีการระบุตัวแปรผลลัพธ์ของผู้เรียนแต่ละคนว่าผู้เรียนดังกล่าวจัดอยู่ในกลุ่มใด เพื่อให้เครื่องเรียนรู้รูปแบบของข้อมูลตัวแปรคุณลักษณะที่สอดคล้องกับกลุ่มผู้เรียนแต่ละกลุ่ม และสร้างเป็นอัลกอริทึม หรือโมเดลสำหรับการระบุนักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน เมื่อมีชุดข้อมูลใหม่ก็จะทำให้เครื่องสามารถจำแนกนักเรียนเข้ากลุ่มตามลักษณะข้อมูลที่สอดคล้องกับข้อมูลตัวอย่างที่ระบุไว้ก่อนหน้าได้ (predefined category) (Nájera et al., 2017; Soni et al., 2018) นอกจากนี้ หลักการการเรียนรู้แบบมีการสอนมักถูกนำไปใช้กับการวิเคราะห์เชิงทำนายเพื่อประมาณค่าตัวแปรตามที่เป็นค่าต่อเนื่อง ในการวิจัยได้อีกด้วย (regression) (Buenaño-Fernández & Luján-Mora, 2019)

## 2) การเรียนรู้แบบไม่มีการสอน (unsupervised learning)

เช่นเดียวกับการเรียนรู้ของเครื่องประเภท unsupervised learning ที่ยังไม่มีการบัญญัติ คำศัพท์ในภาษาไทยอย่างเป็นทางการ แต่โดยทั่วไปมักพบการเรียกแทนด้วยคำว่า การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน การเรียนรู้แบบไม่มีการสอน หรือการเรียนรู้แบบไม่ได้รับคำแนะนำ โดยในงานวิจัยครั้งนี้จะขอใช้คำว่า การเรียนรู้แบบไม่มีการสอน ในการกล่าวถึงโมทัศน์นี้ในส่วนต่อไปของรายงาน

กระบวนการเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีการสอนมีลักษณะที่ตรงข้ามกับการเรียนรู้แบบมีการสอน เนื่องจากการเรียนรู้ของเครื่องนี้ประเภทนี้ไม่ต้องอาศัยการกำหนดข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติหรือคุณลักษณะเป้าหมายของกลุ่มที่ต้องการแบ่งไว้ก่อน โดยต้องการเพียงชุดข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์ (input) ซึ่งเครื่องจะสร้างอัลกอริทึมในการวิเคราะห์และจัดข้อมูลเป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามคุณลักษณะข้อมูลที่มีค่าคล้ายคลึงกัน และมักใช้กับข้อมูลที่ยังไม่รู้โครงสร้างหรือลักษณะของกลุ่มที่ชัดเจน เพื่อสำรวจและบรรยายโครงสร้างของข้อมูลที่ซ่อนอยู่ (Agrawal & Nigam, 2018; Nájera & de la Calleja Mora, 2017) กล่าวได้ว่าเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการลดทอนมิติของข้อมูลให้มีความชัดเจนขึ้นโดยยังสามารถเป็นตัวแทนของข้อมูลดั้งเดิมให้ได้มากที่สุด หรือเพื่อสำรวจและบรรยายรูปแบบโครงสร้างของข้อมูลที่ซ่อนอยู่ ภายใต้ข้อสันนิษฐานที่ว่าข้อมูลที่มีอยู่มีคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกันอย่างไร้โครงสร้าง ซึ่งชุดข้อมูลฝึกฝนและชุดข้อมูลฝึกหัดในการวิเคราะห์การเรียนรู้แบบไม่มีการสอนนี้จะมีลักษณะเหมือนกันคือ ประกอบด้วยข้อมูลที่ไม่มีการกำหนดค่าหรือกลุ่มของตัวแปรผลลัพธ์ (unlabeled data) (Jordan & Mitchell, 2015; Liakos et al., 2018)

การเรียนรู้แบบไม่มีการสอนจัดเป็นการวิเคราะห์ที่ตอบคำถามวิจัยเกี่ยวกับการจัดกลุ่มของข้อมูล que เรียกว่า clustering กล่าวได้ว่า เครื่องจะวิเคราะห์และจัดข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นในกลุ่มเดียวกันจะมีความเหมือนกัน และมีแนวโน้มจะแตกต่างจากข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มอื่น ๆ โดยการจัดกลุ่มข้อมูลสามารถทำได้หลายวิธีซึ่งมีความแตกต่างตามลักษณะหรือคุณสมบัติของข้อมูลที่เครื่องจะใช้พิจารณาในการจัดกลุ่มและวิธีการที่ได้มาซึ่งการหาค่าลักษณะที่เหมือนกันในกลุ่ม โดยในการวิเคราะห์อาจมีข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับจำนวนกลุ่ม (clusters) ที่เป็นไปได้ในเบื้องต้น (Han et al., 2011; Jordan & Mitchell, 2015; Soni et al., 2018) นอกจากนี้หลักการการเรียนรู้แบบไม่มีการสอนเหมาะสมกับปัญหาวิจัยที่ยังไม่ทราบกลุ่มของผลลัพธ์ของข้อมูล และยังถูกนำไปใช้กับโมเดลการวิเคราะห์เชิงบรรยาย (descriptive models) เพื่อระบุรูปแบบที่สามารถอธิบายโครงสร้างของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ (Buenaño-Fernández & Luján-Mora, 2019) นอกจากนี้ยังใช้ในการตอบปัญหาวิจัยเกี่ยวกับการลดทอนมิติของข้อมูล (dimension reduction) ที่เชื่อว่าภายใต้ข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีอยู่นั้นประกอบด้วยข้อมูลกลุ่มย่อยอยู่และต้องการสำรวจเพื่อระบุจำนวนกลุ่มข้อมูลหรือจำนวนมิติที่มีคุณลักษณะเด่นชัดภายใต้ข้อมูลทั้งหมด เทคนิคการวิเคราะห์เพื่อการลดทอนข้อมูลที่ได้บ่อยคือ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis) เป็นต้น (Jordan & Mitchell, 2015; Liakos et al., 2018)

### 3) การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (reinforcement learning)

การเรียนรู้ของเครื่องประเภท reinforcement learning พบการเรียกโดยทั่วไปในภาษาไทยว่า การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง ลักษณะของการเรียนรู้ของเครื่องประเภทนี้จะมีทั้งส่วนที่คล้ายคลึงกับการเรียนรู้ของเครื่องประเภทที่มีการสอน และการเรียนรู้ของเครื่องประเภทไม่มีการสอน โดยในชุดข้อมูลฝึกฝนจะไม่ได้ระบุคำตอบหรือตัวแปรผลลัพธ์เป้าหมายที่สอดคล้องกับตัวแปรคุณลักษณะในข้อมูลไว้อย่างชัดเจน แต่จะอาศัยกระบวนการที่ให้ผลป้อนกลับในเชิงบ่งบอกว่าการปฏิบัติของเครื่องในครั้งนั้น ๆ ถูกต้องแล้วหรือไม่ กรณีที่ยังไม่ถูกต้อง เครื่องก็จะเรียนรู้จากประสบการณ์ก่อนหน้า เพื่อหาการปฏิบัติที่ถูกต้องหรือเหมาะสมมากขึ้นต่อไป (Alzubi et al., 2018; Jordan & Mitchell, 2015)

กระบวนการเรียนรู้ของเครื่องแบบเสริมกำลังเป็นการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างเอเจนต์ (agent) และสิ่งแวดล้อม (environment) โดยเอเจนต์หมายความถึง สิ่งที่เป็นตัวเรียนรู้ (learner) และสิ่งแวดล้อมหมายความถึง ตำแหน่งหรือบริเวณที่จะทำการเรียนรู้ รวมไปถึงสิ่งที่ต้องการจะเรียนรู้ (Marstrand, 2015) โดยการเรียนรู้แบบเสริมกำลังจะเชื่อมโยงข้อมูลนำเข้า (input) ซึ่งถือว่าเป็นสถานะหรือสถานการณ์ (state or situations) ไปยังการกระทำหรือการปฏิบัติที่ควรทำ หรือสามารถทำได้ (actions) โดยเอเจนต์หรือสิ่งที่เป็นตัวเรียนรู้จะไม่ได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติที่

ถูกต้องโดยตรง แต่จะได้จากการที่ทดลองทำการปฏิบัติหลาย ๆ รูปแบบ เพื่อค้นหาการปฏิบัติที่สามารถให้ได้ผลลัพธ์หรือรางวัลที่สูงที่สุด (rewards) นั่นคือ อัลกอริทึมของการเรียนรู้แบบเสริมกำลังนี้ จะได้รับผลป้อนกลับในรูปแบบของรางวัลในเชิงตัวเลขเกี่ยวกับประสิทธิผลของการทำงานว่าทำได้ดีมากแค่ไหน (Kotsiantis et al.,2007; Marsland, 2015)

คุณลักษณะสองประการหลักที่ทำให้การเรียนรู้แบบเสริมกำลังมีความแตกต่างจากการเรียนรู้ของเครื่องแบบอื่น คือ คุณลักษณะการค้นหาแบบลองผิดลองถูก (trial-and-error search) ระหว่างปฏิสัมพันธ์ของกระบวนการปฏิบัติและสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนไปในแต่ละครั้ง ในการพยายามหาชุดการปฏิบัติที่ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องที่สุด ซึ่งมาจากการทดลองทำการปฏิบัติจนกว่าจะพบรูปแบบที่ให้รางวัลสูงสุดและการลงโทษที่น้อยที่สุด โดยการเรียนรู้และใช้ข้อมูลจากผลป้อนกลับที่ได้รับผ่านประสบการณ์ (Alzubi et al., 2018; Mohammed et al., 2016; Sutton, 1992) การเรียนรู้แบบเสริมกำลังมักพบในการใช้กับการออกแบบโปรแกรมเกี่ยวกับเกมต่าง ๆ หรือการควบคุมอุณหภูมิ (Alzubi et al., 2018)

กระบวนการทำงานหลักของการเรียนรู้ของเครื่องแบบเสริมกำลังประกอบด้วย ขั้นตอนการให้ข้อมูลนำเข้าหรือเรียกว่าสแตต (state) จากนั้นเครื่องจะกำหนดฟังก์ชันที่ทำให้เอเจนต์ (agent) ปฏิบัติการกระทำบางอย่าง (action) และเอเจนต์จะได้รับผลป้อนกลับในลักษณะของรางวัลหรือการเสริมกำลังจากสิ่งแวดล้อม (environment) ที่มีต่อการปฏิบัตินั้น ๆ ซึ่งเครื่องจะเรียนรู้และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับรางวัลที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสแตตและการปฏิบัติ (state-action) เพื่อใช้ในการปรับการปฏิบัติให้เหมาะสมในครั้งต่อไป (Huang et al., 2019; Mohammed et al., 2016) กระบวนการสามารถแสดงได้ดังภาพ 2.8



ภาพ 2.8 กระบวนการหลักของการเรียนรู้ของเครื่องแบบเสริมกำลัง (Huang et al., 2019)

#### 4) การเรียนรู้แบบกึ่งมีการสอน (semi-supervised learning)

การเรียนรู้ของเครื่องประเภท semi-supervised learning อาจเรียกในภาษาว่า การเรียนรู้แบบกึ่งมีการสอน เป็นการเรียนรู้ของเครื่องที่ผสมผสานหลักการของการเรียนรู้แบบไม่มีการสอน (unsupervised learning) และการเรียนรู้แบบมีการสอน (supervised learning) ร่วมกัน (Braga & Bassani, 2018; Fitriani et al., 2016)

การเรียนรู้แบบกึ่งมีการสอนมีแนวคิดที่ต้องการลดจุดอ่อนหรือข้อจำกัดของการวิเคราะห์การเรียนรู้ของเครื่องที่จำเป็นต้องอาศัยชุดข้อมูลที่มีการระบุตัวแปรผลลัพธ์หรือตัวแปรเป้าหมายให้กับข้อมูลทั้งหมด (labeled data) เพื่อให้เครื่องสามารถเรียนรู้ได้ การกำหนดหรือระบุกลุ่มของตัวแปรเป้าหมายที่ถูกต้องแม่นยำในทุกตัวอย่างข้อมูลอาจต้องอาศัยต้นทุนทรัพยากรและระยะเวลาที่ยาวนาน โดยเฉพาะการระบุด้วยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งในทางปฏิบัติมักพบว่าหลายกรณีไม่สามารถได้มาซึ่งชุดข้อมูลที่มีการระบุตัวแปรผลลัพธ์ที่เพียงพอต่อการนำไปวิเคราะห์ (Braga & Bassani, 2018; Reddy et al., 2018; Zhou & Belkin, 2014) ดังนั้นจึงนำมาสู่แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการเรียนรู้ของเครื่องประเภทการเรียนรู้แบบกึ่งมีการสอนในกรณีเมื่อมีข้อมูลจำนวนมากในชุดข้อมูลที่ไม่สามารถบอกหรือระบุตัวแปรผลลัพธ์ได้ โดยมีหลักการพื้นฐานคือ ขั้นตอนแรกเป็นการวิเคราะห์เพื่อกำหนดกลุ่มหรือตัวแปรผลลัพธ์ให้กับชุดข้อมูล ด้วยการพิจารณาการแบ่งพื้นที่ของกลุ่มข้อมูลที่มีความแตกต่างกัน ผ่านจัดกลุ่มจุดข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงหรือใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน และระหว่างกลุ่มจะมีความแตกต่างกัน โดยวิธีการพื้นฐานที่พบได้คือ การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมหรือวิธีการวิเคราะห์การจัดกลุ่มข้อมูล (clustering algorithm) จากนั้นนำผลการจัดกลุ่มของข้อมูลที่ได้เพื่อใช้ในการกำหนดกลุ่มตัวแปรเป้าหมายหรือตัวแปรผลลัพธ์ให้กับข้อมูลในชุดข้อมูล และขั้นตอนต่อมาที่เป็นการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ด้วยหลักการการเรียนรู้แบบมีการสอนเพื่อศึกษาการจำแนกกลุ่มของชุดข้อมูล เพื่อให้เครื่องเรียนรู้และสามารถนำมาโมเดลการจำแนกไปใช้กับชุดข้อมูลใหม่ต่อไปได้ (Aamir & Zaidi, 2019; Demiriz et al., 1999)

#### ประเภทหรือเทคนิคเฉพาะของการวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้แบบกึ่งมีการสอน

ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคนิควิธีการที่เป็นประเภทหรือเทคนิคเฉพาะของการเรียนรู้แบบกึ่งมีการสอนขึ้นอย่างหลากหลาย ซึ่งมักเป็นการทำงานของการเรียนรู้แบบไม่มีการสอน (unsupervised learning) และการเรียนรู้แบบมีการสอน (supervised learning) ในการวิเคราะห์พร้อมกัน (simultaneous) (Rasmus et al., 2015) โดยสามารถยกตัวอย่างประเภทการวิเคราะห์ที่พบว่ามีการกล่าวถึงและใช้ในการวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้ของเครื่องขั้นสูง ได้แก่ การวิเคราะห์ประเภทเจนเนอเรทีฟโมเดล (generative model) การวิเคราะห์ประเภทเซลฟเทรนนิ่ง (self-training) การวิเคราะห์ประเภทโคเทรนนิ่ง (co-training) เป็นต้น (Aamir & Zaidi, 2019; Zhu, 2005) มีลักษณะของการทำงานโดยสรุปดังนี้

1) การวิเคราะห์ประเภทเจเนอเรทีฟโมเดล (generative model) เป็นการเรียนรู้แบบกึ่งมีการสอนที่ใช้การระบุตัวอย่างของข้อมูลสำหรับการกำหนดตัวแปรผลลัพธ์จากการวิเคราะห์การแจกแจงรูปแบบต่าง ๆ เช่น การแจกแจงแบบกัสเซียน (Gaussian distribution) (Aamir & Zaidi, 2019)

2) การวิเคราะห์ประเภทเซลฟ์เทรนนิ่ง (self-training) เป็นการเรียนรู้จากการพิจารณาข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลแบบมีการระบุตัวแปรผลลัพธ์ (labeled data) และข้อมูลที่ไม่มีการระบุตัวแปรผลลัพธ์ (labeled data) โดยเริ่มจากการเรียนรู้ของเครื่องกับชุดข้อมูลฝึกฝนที่มีการระบุตัวแปรผลลัพธ์จำนวนหนึ่งด้วยการสำรวจวินิจฉัยลักษณะและรูปแบบของข้อมูลเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้ของเครื่องด้วยตนเองสำหรับการวิเคราะห์เพื่อจำแนกข้อมูลที่ไม่มีการระบุตัวแปรผลลัพธ์ ในการวิเคราะห์วนซ้ำในครั้งต่อไปเรื่อย ๆ (Aamir & Zaidi, 2019; Pise & Kulkarni, 2008; Zhu, 2005)

3) การวิเคราะห์ประเภทโคเทรนนิ่ง (co-training) เป็นวิธีการเรียนรู้ของเครื่องที่อาศัยเทคนิควิธีการที่ต่างกันอย่างร่วมกันในการวิเคราะห์ ทั้งวิธีการวิเคราะห์เพื่อจัดวางหรือจัดกลุ่มข้อมูลที่ต่างกันอย่างร่วมกันเพื่อนำสู่การวิเคราะห์การจำแนกข้อมูลด้วยเทคนิควิธีการที่ต่างกันอย่างร่วมกัน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม เช่น การแบ่งชุดข้อมูลเดียวกันออกเป็น 2 ส่วน โดยเป็นชุดข้อมูลที่มีตัวแปรคุณลักษณะและตัวแปรผลลัพธ์ เพื่อเป็นข้อมูลฝึกฝนและสร้างโมเดลการจำแนกในแต่ละชุดข้อมูล และใช้สำหรับการจำแนกชุดข้อมูลใหม่ที่มีข้อมูลส่วนหนึ่งที่ไม่มีการระบุตัวแปรผลลัพธ์ โดยแต่ละการจำแนกจะใช้ผลการจำแนกของข้อมูลใหม่จากอีกโมเดลในเพิ่มการเรียนรู้ร่วมกันและปรับการเรียนรู้ใหม่จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม (Aamir & Zaidi, 2019; Pise & Kulkarni, 2008; Zhu, 2005)

### **การวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้แบบกึ่งมีการสอนในแนวทางดั้งเดิม**

เนื่องจากการวิเคราะห์การเรียนรู้ด้วยเทคนิคเฉพาะที่พัฒนาขึ้นมาในปัจจุบันต้องอาศัยความรู้ความสามารถทางสถิติรวมถึงทักษะและความเชี่ยวชาญในการวิเคราะห์เกี่ยวกับการเรียนรู้ของเครื่องขั้นสูงเนื่องจากมีหลักการและมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องที่ซับซ้อน อย่างไรก็ตามสำหรับนักวิจัยที่มีพื้นฐานและสามารถดำเนินการวิเคราะห์การเรียนรู้ของเครื่องประเภทการเรียนรู้แบบมีการสอน (supervised learning) และไม่มีการสอน (unsupervised learning) ได้ หากแต่ยังไม่เชี่ยวชาญในการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ที่มีความเฉพาะนั้น ในกรณีที่มีความจำเป็นที่ต้องใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการเรียนรู้แบบกึ่งมีการสอนเพื่อจัดการปัญหาหรือข้อจำกัดในงานวิจัยที่พบว่าไม่สามารถได้มาซึ่งข้อมูลที่มีการระบุตัวแปรผลลัพธ์ที่เพียงพอต่อการวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยได้ ผู้วิจัยอาจใช้การเรียนรู้แบบกึ่งมีการสอนด้วยแนวทางดั้งเดิมในการดำเนินการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นแนวทางการดำเนินการที่อิงหลักการเบื้องหลังของการเรียนรู้แบบกึ่งมีการสอน ด้วยการวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีการสอนและมีการสอนในขั้นตอนที่แยกจากกัน แต่ใช้ผลที่ได้จากหนึ่งวิธีการเพื่อสร้างชุดข้อมูลที่สมบูรณ์และเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ด้วยอีกหนึ่งวิธีต่อไปได้



แนวทางดังกล่าวทำได้ด้วยกระบวนการจัดกลุ่มแล้วระบุตัวแปรผลลัพธ์ (cluster and label) มีขั้นตอนหลักคือ การวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึมหรือเทคนิคการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (clustering algorithms) ในการจัดกลุ่มข้อมูลภายในชุดข้อมูลทั้งหมด (cluster) ผ่านการจัดข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกันไว้ในกลุ่มเดียวกันโดยให้ความแปรปรวนภายในกลุ่มน้อยที่สุด และมีความแตกต่างของลักษณะข้อมูลระหว่างกลุ่มที่มากที่สุด (Demiriz et al., 1999) จากนั้นใช้ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มที่ได้ในการระบุกลุ่มหรือตัวแปรผลลัพธ์ให้กับข้อมูลในชุดข้อมูลนั้น ๆ (label) ซึ่งจะทำให้ชุดข้อมูลที่มีการระบุตัวแปรผลลัพธ์อย่างเพียงพอสำหรับการนำไปวิเคราะห์ต่อในกระบวนการวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการสอน อย่างการจำแนกข้อมูล (classification) ต่อไป (Demiriz et al., 1999; Zhu, 2005) หรือสามารถกล่าวได้ว่า เป็นการใช้การเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีการสอน (unsupervised learning) เพื่อเติมเต็มการวิเคราะห์การเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการสอน supervised learning โดยเป็นการทำงานเพื่อช่วยในขั้นตอนก่อนการฝึกฝน (pre-training) ก่อนนำเข้าสู่การวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้แบบมีการสอนตามแนวทางปกติต่อไป (Hinton & Salakhutdinov, 2006; Rasmus et al., 2015)

ยกตัวอย่างงานวิจัยในอดีตที่มีการใช้การวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลและระบุกลุ่มให้กับตัวอย่างวิจัย (clustering) โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีเคมี (k-means) และนำการกำหนดกลุ่มที่ได้ไปใช้สำหรับการจำแนกข้อมูล (classification) โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) เพื่อศึกษาตัวแปรคุณลักษณะที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มหรือการพัฒนาโมเดลเพื่อทำนายกลุ่มของตัวอย่างวิจัยในชุดข้อมูลใหม่ (Barrientos & Sainz, 2012; Yasami & Mozaffari, 2010)

### 2.3 เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

จากการเรียนรู้ของเครื่องมีหลักการหรือวิธีการวิเคราะห์ที่แบ่งได้เป็นหลายประเภทตามลักษณะการเรียนรู้ของเครื่อง ยกตัวอย่างคือ การเรียนรู้แบบมีการสอน (supervised learning) และการเรียนรู้แบบไม่มีการสอน (unsupervised learning) ทั้งนี้การเรียนรู้ของเครื่องยังประกอบไปด้วยเทคนิคหรือวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างหลากหลาย ทั้งที่จัดเข้าตามประเภทของลักษณะการเรียนรู้ของเครื่องกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งอย่างเฉพาะเจาะจง หรือในปัจจุบันที่หลายเทคนิคหรือวิธีการวิเคราะห์ได้มีการพัฒนาและปรับปรุงยุคต่อให้สามารถจัดอยู่ในประเภทการเรียนรู้ของเครื่องมากกว่าแบบใดแบบหนึ่งได้ เช่น เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) เทคนิคนาอิวเบย์ (naïve bayes) หรือเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (neural networks) ในกลุ่มการจำแนกข้อมูลที่จัดเป็นการเรียนรู้แบบมีการสอนนั้น ปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้สามารถทำการวิเคราะห์แบบไม่มีการสอนได้ มักพบด้วยชื่อในการเรียกเทคนิคดังกล่าว เช่น unsupervised decision tree, unsupervised naïve bayes และ unsupervised neural networks (Barrientos & Sainz, 2012; Basak & Krishnapuram,

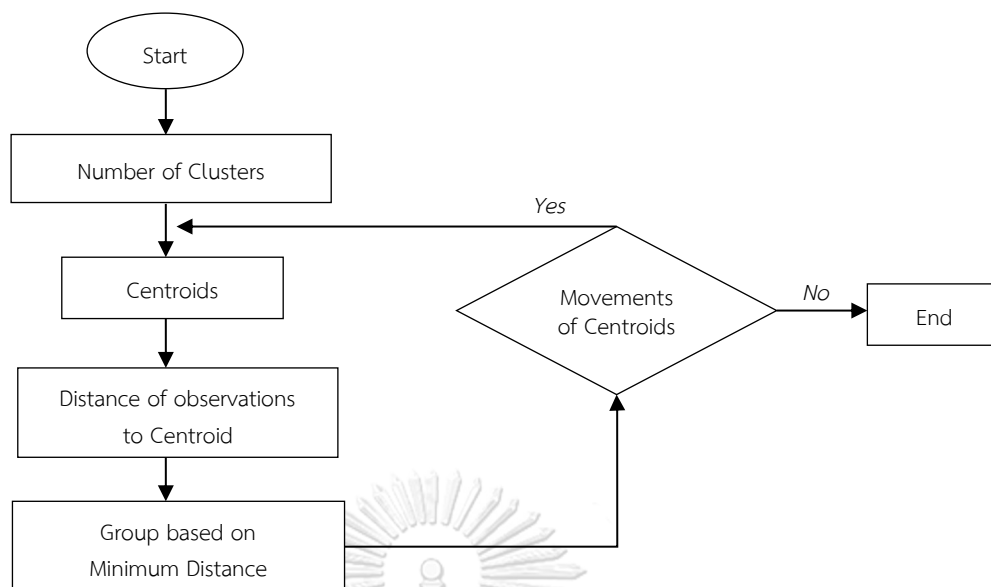
2005; Gamez et al., 2006; Lee et al., 2005) รวมถึงการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ต่างเทคนิค ร่วมกัน เช่น การใช้การวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลและระบุกลุ่มให้กับตัวอย่างวิจัย (clustering) และ นำการกำหนดกลุ่มที่ได้ไปใช้สำหรับการจำแนกข้อมูล (classification) เพื่อศึกษาตัวแปรคุณลักษณะ ที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มหรือการพัฒนาโมเดลเพื่อทำนายกลุ่มของตัวอย่างวิจัยในชุดข้อมูลใหม่ (Barrientos & Sainz, 2012; Yasami & Mozaffari, 2010) โดยในส่วนนี้จะนำเสนอขั้นตอนของ เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยโดยเบื้องต้น ดังนี้

### 2.3.1 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มด้วยเทคนิคเคมีน (k-means)

การวิเคราะห์วิธีเคมีน (k-means) เป็นอัลกอริทึมการจัดกลุ่มข้อมูล (clustering) ซึ่งมีพื้นฐาน เป็นการวิเคราะห์ของเครื่องแบบไม่มีการสอน (unsupervised learning) โดยเป็นหนึ่งในเทคนิคหรือ วิธีการวิเคราะห์ที่ทำได้ง่ายและไม่ซับซ้อนมาก (Ayodele, 2010) ใช้ในการตอบปัญหาวิจัยที่ต้องการ จัดกลุ่มของข้อมูลที่ไม่ทราบลักษณะหรือคุณลักษณะของกลุ่มมาก่อน ตามการกำหนดจำนวนกลุ่มที่ ต้องการแบ่งข้อมูล (k clusters) โดยมีเป้าหมายในการจัดข้อมูลหรือตัวอย่างวิจัยเป็นกลุ่ม ๆ อิงตาม ความคล้ายคลึงระหว่างข้อมูลแต่ละคู่หรือตัวอย่างวิจัยแต่ละคู่ (Xu & Lange, 2019)

การวิเคราะห์วิธีเคมีนซึ่งจัดเป็นการวิเคราะห์การจัดกลุ่มประเภทอิงจุดศูนย์กลางของข้อมูล เป็นฐาน (center-based clustering) ที่มีการกำหนดจุดข้อมูลหนึ่งให้เป็นจุดศูนย์กลางหรือจุด กึ่งกลางของกลุ่ม (cluster) และเพิ่มจำนวนจุดข้อมูลใหม่ที่มีความใกล้เคียงหรืออยู่ใกล้กับจุดข้อมูล ศูนย์เข้าไปเป็นสมาชิกในกลุ่ม จากนั้นจะทำการระบวนการวนซ้ำเพื่อปรับหรือค้นหาจุดศูนย์กลางของ กลุ่มใหม่จากการคำนวณค่ากลางของสมาชิกข้อมูลที่รวมจุดข้อมูลใหม่ในรอบนั้น ๆ จนกว่าข้อมูลจะ ถูกจัดเข้าสู่กลุ่มต่าง ๆ ได้หมดและจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มมีลักษณะที่คงที่ (Dubey & Choubey, 2017; Jain, 2010)

การวิเคราะห์วิธีเคมีน (k-means) มีหลักการเบื้องต้นคือ การกำหนดจำนวนกลุ่มที่ต้องการ จัดกลุ่ม (k clusters) จากนั้นจะเป็นกระบวนการค้นหาค่ากลางเริ่มต้นของกลุ่มแต่ละกลุ่ม (k centroids) โดยเริ่มจากการกำหนดจุดข้อมูลที่เป็นค่ากลางอย่างสุ่ม และพิจารณาจุดข้อมูลในชุด ข้อมูลด้วยการใช้หลักการของระยะระหว่างจุดข้อมูลและค่ากลางของกลุ่ม โดยจัดข้อมูลหนึ่ง ๆ ไว้ใน กลุ่มเดียวกับค่ากลางที่อยู่ใกล้ที่สุด และกระบวนการค้นหาค่ากลางจะเกิดขึ้นอีกครั้งแบบวนซ้ำ โดยหา ค่ากลางของกลุ่มใหม่จากจุดข้อมูลที่เป็นสมาชิกซึ่งได้จากจัดกลุ่มจากกระบวนการก่อนหน้า การ คำนวณเพื่อหาค่ากลางและการจัดข้อมูลเข้ากลุ่มใหม่จะเกิดขึ้นซ้ำ ๆ จนกว่าจะไม่มีเปลี่ยนแปลง ของสมาชิกในกลุ่มรวมถึงค่ากลางของกลุ่ม (Ayodele, 2010; Dubey & Choubey, 2017; Tarca et al., 2007; Yadav & Sharma, 2013) โดยสามารถแสดงกระบวนการทำงานพื้นฐานของการจัดกลุ่ม ด้วยวิธีเคมีน ได้ดังภาพ 2.9



ภาพ 2.9 กระบวนการทำงานพื้นฐานของการจัดกลุ่มด้วยวิธีเคมีน (Dubey & Choubey, 2017)

แม้วิธีการเคมีนจะพบว่าเป็นที่นิยม สามารถดำเนินการได้ง่ายและมีแนวโน้มให้ผลการจัดกลุ่มที่มีประสิทธิภาพได้ อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อจำกัดบางประการอยู่ซึ่งควรต้องมีการระมัดระวังและคำนึงถึงในการวิเคราะห์ ได้แก่ การวิเคราะห์เคมีนมีความไวต่อการกำหนดค่ากลางเริ่มต้นของกลุ่ม อีกทั้งไม่มีกฎหรือหลักเกณฑ์ที่ตายตัวในการกำหนดค่าเริ่มต้นในการจัดกลุ่ม ซึ่งการกำหนดค่าที่แตกต่างกันจะนำมาซึ่งผลลัพธ์การจัดกลุ่มที่แตกต่างกันด้วย นอกจากนี้วิธีการเคมีนมีแนวโน้มที่จะให้ผลการวิเคราะห์ที่คลาดเคลื่อนได้ง่ายหากมีจุดข้อมูลที่ผิดปกติจำนวนมาก (Yadav & Sharma, 2013)

#### การกำหนดจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมสำหรับการจัดกลุ่มด้วยวิธีการเคมีน

แนวทางในการวิเคราะห์เพื่อสำรวจจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม (number of clusters) สำหรับการจัดกลุ่มด้วยวิธีการเคมีนนั้นสามารถทำได้ด้วยวิธีการอย่างหลากหลาย โดยวิธีการที่เป็นที่นิยมโดยทั่วไปอาจนำเสนอได้ 2 วิธี ได้แก่ วิธีการ Elbow method และวิธีการ Silhouette

1) วิธีการ Elbow method ถือเป็นแนวทางหรือวิธีการดั้งเดิมในการสำรวจจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมด้วยการพิจารณาจากแผนภาพของกราฟข้อศอก โดยจำนวนกลุ่มจะแสดงบนแกนนอน ซึ่งเริ่มจากจำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 ( $k=2$ ) และเพิ่มไปเรื่อย ๆ ทุก ๆ หนึ่งค่า และแกนตั้งจะแสดงถึงค่า within-cluster sum of square (WSS) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับปริมาณค่าความคลาดเคลื่อนหรือความแปรปรวนภายในกลุ่ม โดยหลักการในการเลือกจุดหรือจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมสามารถพิจารณาจากจุดบนจำนวนกลุ่มที่พบว่า ค่า WSS ในแนวตั้งมีค่าลดต่ำลงจากก่อนหน้าอย่างมาก ในขณะที่เมื่อพิจารณาจุดหรือจำนวนกลุ่มลำดับต่อไปพบว่า ค่า cost function มีแนวโน้มที่จะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากหรือเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย จะแสดงคล้ายจุดหักของข้อศอก ซึ่งมีนัยหมายถึง แม้จะมีการเพิ่ม

จำนวนกลุ่มต่อไป สารสนเทศที่ได้ก็ยังมีแนวโน้มใกล้เคียงกันแต่จะใช้ทรัพยากรมากกว่า เนื่องจากมีจำนวนกลุ่มที่สูงกว่า (Kodinariya & Makwana, 2013; Saputra et al., 2020) อย่างไรก็ตามในกรณีพบว่าจุดหักของข้อศอกในกราฟมีความแตกต่างกันที่ไม่ชัดเจน ทำให้ยากต่อการตัดสินใจเลือกจุดหรือจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม

2) วิธีการ Silhouette เป็นแนวทางที่มีหลักการด้วยการค้นหาการแบ่งกลุ่มที่ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างกลุ่มมากที่สุด แสดงผ่านค่า silhouette width โดยแสดงถึงความสามารถในการจัดกลุ่มว่าจุดข้อมูลมีความคล้ายคลึงกันกับจุดข้อมูลอื่นภายในกลุ่มเดียวกันมากเพียงใดเมื่อเปรียบเทียบกับจุดข้อมูลในกลุ่มที่แตกต่างกันหรือจุดข้อมูลที่เป็นค่ากลางของกลุ่มอื่น (Nanjundan et al., 2019) ดังนั้นการกำหนดจำนวนกลุ่มจะใช้การพิจารณาจากกราฟ ณ จุดที่มีค่า average silhouette width สูงสุด ซึ่งหมายถึงเป็นจำนวนกลุ่มที่เมื่อจัดข้อมูลที่มีอยู่เข้าตามจำนวนกลุ่มดังกล่าวแล้วจะให้โครงสร้างการจัดกลุ่มหรือสารสนเทศภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มที่เหมาะสมที่สุด โดยจุดข้อมูลมีลักษณะคล้ายคลึงกันในกลุ่มเดียวกันและใกล้เคียงกับค่ากลางของกลุ่ม ขณะที่มีความแตกต่างจากจุดข้อมูลและค่ากลางของกลุ่มอื่น (Dinh et al., 2019; Kodinariya & Makwana, 2013; Nanjundan et al., 2019)

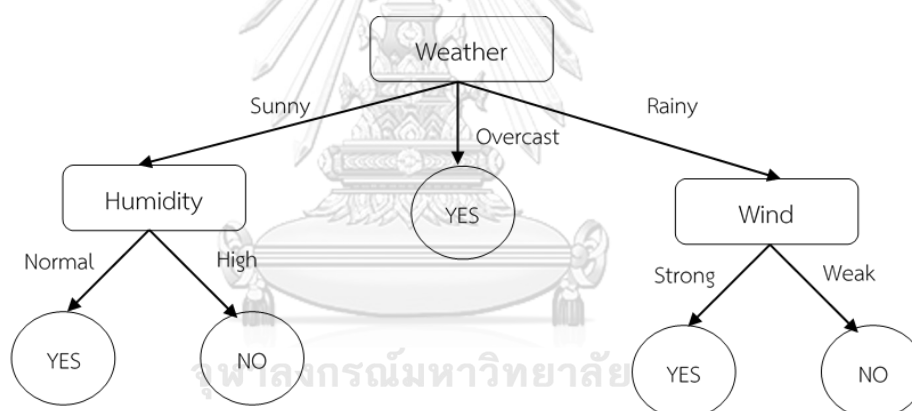
### 2.3.2 เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree)

เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ หรือ decision tree เป็นหนึ่งวิธีการวิเคราะห์ที่สามารถทำหน้าที่จำแนกประเภท (classification) โดยจะแสดงผลลัพธ์ในลักษณะคล้ายโครงสร้างของต้นไม้ มีส่วนประกอบคือ “โหนด (node)” ซึ่งแสดงคุณลักษณะของข้อมูล (attribute) ในรูปแบบของคู่การเปรียบเทียบ (pairwise comparison) โดยโหนดราก (root node) จะแสดงถึงตัวแปรคุณลักษณะหลักที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลที่มีอยู่ในภาพรวม และโหนดภายใน (internal node) จะแสดงถึงเงื่อนไขหรือโอกาสของคุณตัวแปรลักษณะที่เป็นไปได้ ทั้งนี้โหนดจะเชื่อมโยงไปยัง “กิ่ง (branch)” ซึ่งแสดงถึงค่าของคุณลักษณะ หรือเกณฑ์การพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบนั้น ๆ (values) และ “ใบ (leaf)” ซึ่งเป็นประเภทหนึ่งของโหนด ที่เรียกว่าโหนดใบหรือโหนดล่างสุด (leaf node หรือ terminal node) จะเป็นส่วนที่แสดงถึงกลุ่มที่ถูกแบ่งตามคุณลักษณะและค่าของคุณลักษณะที่เกี่ยวข้อง (class) (Jadhav & Channe, 2016; Liakos et al., 2018; Zhao & Zhang, 2008) โดยโครงสร้างต้นไม้จะเป็นสิ่งที่ช่วยในการตัดสินใจว่าคุณลักษณะใดของข้อมูลที่สามารถให้สารสนเทศมากที่สุดในการจำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่ม (information gain) และแต่ละกลุ่มที่จำแนกได้นั้น สามารถพิจารณาจากคุณลักษณะและค่าของคุณลักษณะอย่างไรได้บ้าง (Hussain et al., 2018)

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค decision tree ใช้หลักการแบ่งส่วนของข้อมูล (partition) ตามคุณลักษณะให้เป็นกลุ่มที่เล็กลงเรื่อย ๆ จากระดับบนสู่ระดับล่าง ผ่านการฝึกฝนหรือเรียนรู้จากกระบวนการวนซ้ำในการเลือกตัวแปรคุณลักษณะที่สามารถให้การแบ่งส่วนแต่ละครั้งมีความแตกต่าง

ระหว่างกลุ่มที่ต้องการจำแนกมากที่สุด แต่ภายในกลุ่มมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด โดยจะใช้การวิเคราะห์ซ้ำเป็นรูปในการหาคุณลักษณะในโมเดลที่สามารถใช้จำแนกกลุ่มได้เหมาะสมที่สุด (Hussain et al., 2018; Vens et al., 2008) การตัดสินใจเกี่ยวกับการเลือกคุณลักษณะ (attribute) ที่เหมาะสมในการกำหนดเป็นตัวจำแนกประเภทมักจะพิจารณาจากค่าสถิติที่เกี่ยวข้อง เช่น ค่า information gain, Gini index, และ entropy เป็นต้น (Alzubi et al., 2018) ข้อมูลที่นำเข้าในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจนี้สามารถเป็นได้ทั้งข้อมูลประเภทนามบัญญัติ (nominal data) หรือข้อมูลในเชิงตัวเลข (numeric data)

ยกตัวอย่างต้นไม้ตัดสินใจอย่างง่าย ดังภาพ 2.10 ซึ่งเป็นการแสดงต้นไม้ในการตัดสินใจอากาศที่เหมาะสมในการออกไปเล่นเทนนิส โดยการพิจารณาพยากรณ์อากาศ (weather) ว่าเป็นอย่างไร เช่น หากเป็นวันที่มีแดด (sunny) ต้องพิจารณาต่อถึงปริมาณความชื้น (humidity) โดยหากมีค่าปกติ (normal) ก็จะกล่าวได้ว่า อากาศในวันนั้นเหมาะสมต่อการออกไปตีเทนนิส เป็นต้น (Jadhav & Channe, 2016)



ภาพ 2.10 ตัวอย่างต้นไม้อย่างง่ายในการตัดสินใจออกไปเล่นเทนนิส

(Jadhav & Channe, 2016)

### กระบวนการเบื้องต้น

เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ประกอบด้วยสองกระบวนการหลัก ได้แก่ การสร้างต้นไม้ (tree building) และการตกแต่งต้นไม้ (tree pruning) (Jadhav & Channe, 2016; Lavanya & Rani, 2011) กล่าวคือ การสร้างต้นไม้มักจะสร้างโครงสร้างต้นไม้จากบนสู่ล่าง (top-down) โดยมีขั้นตอนหลักที่เกี่ยวข้องคือ 1) การคัดเลือกกฎการแบ่ง (splitting rules) ที่จะใช้สำหรับการแบ่งโหนดแต่ละครั้ง ซึ่งอาจพิจารณาจากตัวแปรคุณลักษณะร่วมกับค่าที่จะใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งสัดส่วนข้อมูลของแต่ละโหนด โดยตัวแปรคุณลักษณะที่สามารถให้ค่า information gain สูงที่สุดจะถูกกำหนดเป็น

โหนดราก (root node) และตัวแปรคุณลักษณะที่ให้ค่าดังกล่าวต่ำลงมาจะถูกใช้เป็นโหนดลำดับย่อยต่อไปในการจำแนกข้อมูล 2) การตัดสินใจเกี่ยวกับการกำหนดโหนดล่างสุดของต้นไม้ (terminal node) เพื่อให้เป็นการสิ้นสุดของการจำแนกข้อมูล และ 3) การจำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่มตามตัวแปรผลลัพธ์เป้าหมายที่ต้องการจำแนก (class labels) โดยการพยายามทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ประมาณได้มีน้อยที่สุด (Lavanya & Rani, 2012; Patil & Kulkarni, 2019; Tarca et al., 2007)

ในขณะที่การตัดแต่งต้นไม้ (pruning) นั้นจะมีการดำเนินการจากล่างสู่บน (bottom-up) โดยเป็นกระบวนการที่ทำเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูล ผ่านการลดปัญหาเกี่ยวกับการที่โมเดลอาจจัดการหรือใช้ในการจำแนกกับข้อมูลฝึกฝนได้ดีมาก แต่ไม่สามารถนำไปใช้กับข้อมูลชุดใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือที่เรียกว่า overfitting model โดยทำให้เกิดปัญหานี้น้อยที่สุดเนื่องจากปัญหา overfitting model จะนำมาสู่การเกิดความคลาดเคลื่อนของการจำแนกผิตนเอง กระบวนการตัดแต่งจะช่วยเพิ่มความเป็นตัวแทนของต้นไม้ ด้วยการจัดการกับข้อมูลรบกวนหรือค่าผิตปกติ นำมาสู่การเพิ่มความถูกต้องแม่นยำในการจำแนกข้อมูล (Jadhav & Channe, 2016; Lavanya & Rani, 2011; 2012)

#### **ข้อดีและจุดอ่อนของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ**

การจำแนกประเภทด้วยการใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมีจุดเด่นคือ 1) มีความเรียบง่ายและสามารถจำแนกข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากกระบวนการฝึกฝนหรือเรียนรู้ของเครื่องอาศัยระยะเวลาที่ไม่ยาวนานเกินไป และอาศัยพื้นที่ความจำจำนวนน้อย 2) การแสดงผลสามารถเข้าใจได้ง่าย เนื่องจากอยู่ในรูปแบบของแผนภาพ 2) สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรต้นหรือตัวแปรคุณลักษณะที่สำคัญที่สุดในการจำแนกกลุ่มได้ 3) สามารถจัดการปัญหาในกรณีที่ตัวแปรคุณลักษณะ (attributes) มีความซ้ำซ้อนกันได้ดี อีกทั้งสามารถสร้างโมเดลจากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีความซับซ้อนได้โดยไม่ต้องอาศัยการตั้งข้อตกลงเบื้องต้นที่เข้มงวด รวมไปถึง 4) มีความแกร่งในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีสิ่งรบกวน (noise) (Jadhav & Channe, 2016; Somvanshi et al., 2016; Zhao & Zhang, 2008)

ในขณะที่การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้ยังมีจุดอ่อนบางประการ กล่าวได้ว่า 1) ต้นไม้ตัดสินใจมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในชุดข้อมูลสามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างต้นไม้ได้ 2) การพบความซ้ำซ้อนของต้นไม้ย่อย ๆ สามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้ง และยังส่งผลให้การนำเสนอผลการวิเคราะห์กลายเป็นแผนภาพต้นไม้ที่ซับซ้อนได้ โดยเฉพาะกรณีข้อมูลในการวิเคราะห์อยู่ในรูปแบบของตัวเลข 3) ปัญหา overfitting model สามารถพบได้บ่อยครั้ง (Jadhav & Channe, 2016; Somvanshi et al., 2016; Zhao & Zhang, 2008)

### ตัวอย่างเทคนิคการวิเคราะห์หมวดย่อยของต้นไม้ตัดสินใจ

ปัจจุบันการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) ยังมีอัลกอริทึมหรือเทคนิคการวิเคราะห์ในหมวดย่อย ๆ หลายเทคนิค ยกตัวอย่างเทคนิคที่เป็นที่คุ้นเคยและมักพบในงานวิจัยส่วนใหญ่ คือ ID3, C4.5 และ CART เป็นต้น โดยแต่ละเทคนิคอาจมีเงื่อนไขหรือคุณลักษณะของการดำเนินการภายในที่แตกต่างกัน เช่น ประเภทของข้อมูล เงื่อนไขของวิธีการแบ่งข้อมูล ความสามารถในการจัดการกับค่าสูญหาย ความสามารถในการจัดการกับค่าผิดปกติ (Patel & Prajapati, 2018) ซึ่งนำมาสู่การมีจุดอ่อนและจุดแข็งที่แตกต่างกันไปได้ในแต่ละเทคนิคเช่นกัน สามารถแสดงมโนทัศน์โดยสรุปของเทคนิควิเคราะห์ให้หมวดย่อย 3 เทคนิคหลักเบื้องต้น ได้คือ

#### 1. เทคนิคการวิเคราะห์ประเภท ID3

อัลกอริทึมหรือเทคนิคการวิเคราะห์ ID3 มีชื่อเต็มคือ Iterative Dichotomiser 3 ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นในปี 1986 เป็นอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจที่มีพื้นฐานที่เรียบง่าย แต่ทั้งนี้ก็เป็นอัลกอริทึมที่สำคัญ การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ID3 ไม่มีการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการตัดแต่งต้นไม้ (pruning) โดยจะใช้ค่า information gain ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการเลือกตัวแปรคุณลักษณะในการแบ่งหรือจำแนกข้อมูล (splitting attribute) (Somvanshi et al., 2016) มีกระบวนการเริ่มจากการคำนวณค่า information gain ของตัวแปรคุณลักษณะแต่ละตัวแปรและคัดเลือกตัวแปรที่มีค่า information gain สูงสุดเพื่อกำหนดเป็นโหนดราก (root node) สำหรับการสร้างต้นไม้ ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างมีลักษณะจากบนสู่ล่างหรือจากโหนดรากสู่โหนดใบ ซึ่งอาจเรียกว่า depth-first strategy (Lavanya & Rani, 2011)

อย่างไรก็ตามพบว่าการแบ่งตัวแปรคุณลักษณะ (attributes) ในการจำแนกของเทคนิคนี้ขึ้นอยู่กับเครื่องมือของข้อมูล มากกว่าความสำคัญของคุณลักษณะนั้น ทำให้บางคุณลักษณะที่อาจมีบทบาทสำคัญสูงในการจำแนกข้อมูล แต่มีในชุดข้อมูลมีจำนวนหรือมีค่าที่น้อย ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวมักจะถูกละทิ้งไปในการคัดเลือกเป็นตัวแปรคุณลักษณะในการจำแนกเมื่อใช้เทคนิค ID3 (Patel, & Singh, 2015; Somvanshi et al., 2016) นอกจากนี้ ID3 ใช้วิเคราะห์ได้เพียงกับข้อมูลตัวแปรคุณลักษณะที่เป็นตัวแปรจัดประเภทเท่านั้น (categorical data) อีกทั้งเป็นเทคนิคที่ไวต่อค่ารบกวนสูง (noise) ซึ่งนำมาสู่ผลการวิเคราะห์ที่อาจคลาดเคลื่อนได้ง่าย ดังนั้นก่อนการดำเนินการจึงต้องอาศัยกระบวนการจัดการข้อมูลให้เหมาะสมก่อนการนำสู่การวิเคราะห์ (Lavanya & Rani, 2011; Priyam et al., 2013)

#### 2. เทคนิคการวิเคราะห์ประเภท C4.5

อัลกอริทึมหรือเทคนิคการวิเคราะห์ C4.5 เป็นเทคนิคที่พัฒนาต่อจากเทคนิค ID3 โดยปรับเกณฑ์การตัดสินใจเกี่ยวกับตัวแปรคุณลักษณะในการจำแนกจากการใช้ค่า information gain เพียงอย่างเดียวในการพิจารณา เป็นการนำค่า information gain ratio ร่วมด้วย (Somvanshi et al.,

2016) แต่กระบวนการสร้างต้นไม้ยังเป็นลักษณะเช่นเดียวกับเทคนิค ID3 ที่อยู่ในรูปแบบ depth-first strategy โดยเริ่มต้นจากการพิจารณาตัวแปรคุณลักษณะที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่สามารถจำแนกชุดข้อมูล และคัดเลือกตัวแปรที่มีค่า information gain สูงสุดในการกำหนดเป็นโหนด และทำกระบวนการเช่นเดียวกันสำหรับการกำหนดโหนดที่ใช้ในการจำแนกต่อไป จนกว่าจะถึงโหนดราก (Zhao & Zhang, 2008)

นอกจากนี้ เทคนิค C4.5 สามารถพบกระบวนการตัดแต่งต้นไม้ (pruning) ได้ โดยเมื่อได้ต้นไม้ จะมีการกลับไปพิจารณาแต่ละกิ่งของต้นไม้ (branches) ที่พบว่าไม่มีประสิทธิผลในการจำแนกด้วยการนำกิ่งนั้นออกและแทนที่ด้วยโหนดใบ (leaf node) ซึ่งช่วยในการลดอัตราความคลาดเคลื่อนในการจำแนกได้ หรืออาจเรียกว่าเป็นหลักการตัดแต่งกิ่งแบบอิงความคลาดเคลื่อน (error based pruning) (Bhukya & Ramachandram, 2010; Patel, & Singh, 2015; Priyam et al., 2013) รวมถึงสามารถใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ตัวแปรคุณลักษณะอยู่ในประเภทตัวแปรจัดประเภทและตัวแปรต่อเนื่องได้ สำหรับตัวแปรต่อเนื่อง C4.5 จะใช้การคำนวณคะแนนจุดตัดและจำแนกตัวแปรคุณลักษณะที่มีค่าสูงกว่า หรือต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าคะแนนจุดตัด รวมถึงสามารถใช้ได้กับชุดข้อมูลที่มีค่าสูญหายของตัวแปรคุณลักษณะได้ (missing value) อย่างไรก็ตามพบว่ามีค่าความไวต่อค่าผิดปกติ (outlier) อยู่ (Patel & Singh, 2015; Priyam et al., 2013)

### 3. เทคนิคการวิเคราะห์ประเภท CART

อัลกอริทึมหรือเทคนิคการวิเคราะห์ CART ย่อมาจาก Classification And Regression Trees เป็นเทคนิคที่สามารถสร้างได้ทั้งต้นไม้การจำแนกแบบแบ่งกลุ่ม (classification trees) และต้นไม้การจำแนกแบบการถดถอย (regression trees) สำหรับต้นไม้การจำแนกแบบแบ่งกลุ่มมีพื้นฐานมาจากการแบ่งตัวแปรคุณลักษณะแบบทวิภาค (binary splitting) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ต้นไม้ทวิภาค (binary trees) ที่โหนดภายในแต่ละโหนดจะมีกิ่งที่ไปยังโหนดต่อไปเพียงแค่สองกิ่งเท่านั้น โดยจะใช้การคำนวณค่า gini index เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกตัวแปรคุณลักษณะในการจำแนก (Priyam et al., 2013; Somvanshi et al., 2016)

สำหรับต้นไม้การจำแนกแบบถดถอย อาศัยหลักการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) เป็นกลไกเบื้องหลังเพื่อทำนายตัวแปรผลลัพธ์หรือตัวแปรตามจากชุดตัวแปรทำนายที่กำหนด ในการจำแนกมีการใช้เกณฑ์ในการกำหนดจุดแบ่ง (splitting criteria) ได้หลากหลาย เพื่อหาค่าของจุดตัดหรือจุดแบ่งที่ดีที่สุด (splitting point) ของข้อมูลในแต่ละโหนด (Priyam et al., 2013) นอกจากนี้ เทคนิค CART มีหลักการของการตัดแต่งต้นไม้ (pruning) ที่อิงความซับซ้อนของปัจจัยนำเข้า (cost-complexity pruning) โดยจะตัดกิ่งในต้นไม้ที่ไม่น่าเชื่อถือออกเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจำแนก รวมถึงจะช่วยควบคุมขนาดของต้นไม้ให้มีความเหมาะสม (Lavanya & Rani, 2011; Patel & Singh, 2015)



เทคนิคการวิเคราะห์ CART สามารถใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ตัวแปรคุณลักษณะอยู่ในประเภทตัวแปรจัดประเภทและตัวแปรต่อเนื่องได้ รวมถึงใช้ได้กับชุดข้อมูลที่มีค่าสูญหาย (missing value) พร้อมทั้งพบว่ามีความสามารถในการจัดการกับค่าผิดปกติ (outlier) ได้ดี (Patel & Singh, 2015) อีกทั้งยังกล่าวได้ว่าเป็นเทคนิคการวิเคราะห์หนึ่งของต้นไม้ตัดสินใจที่สามารถให้ผลการจำแนกที่มีความแม่นยำสูง (Lavanya & Rani, 2011; Patel & Singh, 2015; Priyam et al., 2013)

### 2.3.3 เทคนิคเนอ์ฟเบย์ (naïve Bayes)

เทคนิคเนอ์ฟเบย์ หรือ naïve Bayes หรือ naïve Bayes classifier เป็นอัลกอริทึมจำแนกประเภทข้อมูลที่อิงหลักความน่าจะเป็นอย่างง่าย โดยใช้หลักการวิเคราะห์ที่อิงทฤษฎีเบย์ (Bayes' Theorem) และข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นอิสระของคุณลักษณะแต่คุณลักษณะที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มข้อมูล ซึ่งตัวแปรคุณลักษณะแต่ละตัวสามารถส่งผลต่อการจำแนกได้เท่า ๆ กัน และต่างมีอิสระจากกัน (Hussain et al., 2018) โดยอาศัยหลักการความน่าจะเป็น (probability) ที่คำนวณจากความถี่และผลรวมระหว่างค่าในชุดข้อมูลเพื่อระบุโอกาสการอยู่ในกลุ่มต่าง ๆ (Patil & Sherekar, 2013; Saritas & Yasar, 2019) การมีข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ที่ว่าตัวแปรทุกตัวเป็นอิสระจากกันนั้น เกิดขึ้นได้ยากในโลกแห่งความเป็นจริง จึงทำให้อัลกอริทึมนี้ถูกเรียกว่า Naïve หรือ ไร้เดียงสา นั่นเอง อย่างไรก็ตาม ในเชิงของการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า เทคนิค Naïve Bayes สามารถดำเนินการและให้ผลลัพธ์อย่างมีประสิทธิภาพ (Rish, 2001; Saritas & Yasar, 2019)

การทำงานของ naïve Bayes classifier กล่าวได้ว่า ชุดข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลของ  $n$  สิ่งหรือเคส (cases)  $x_i, i = 1...n$  และแต่ละเคสประกอบด้วยตัวแปรคุณลักษณะ  $p$  ตัวแปร เช่น  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$  โดยสิ่งของหรือเคสแต่ละอันสามารถจำแนกให้อยู่ในคลาส  $y$  หรือกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น  $y \in \{y_1, y_2, \dots, y_C\}$  โมเดลการเรียนรู้ของเครื่องจะคำนวณคะแนนตัวเลขให้กับเคสแต่ละอัน ( $x_i$ ) ซึ่งจะเป็นคะแนนที่ใช้ในการบ่งบอกถึงดีกรีการเป็นสมาชิกของเคสนั้น ๆ ในคลาสหนึ่ง ( $y_j$ ) (Berrar, 2018; Taheri & Mammadov, 2013) โดยอาจแสดงในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ว่า  $P(X|C) = \prod_{i=1}^n P(X_i|C)$  ในที่นี้  $X$  เป็นเวกเตอร์ของตัวแปรคุณลักษณะ และ  $C$  เป็นคลาสหรือตัวแปรผลลัพธ์ของการจำแนกกลุ่ม (Rish, 2001)

#### หลักการเบื้องต้นของทฤษฎีเบย์

การเรียนรู้ของเทคนิคเนอ์ฟเบย์ (naïve Bayes) จะอยู่บนโครงสร้างของโมเดลความน่าจะเป็นเบเซียน (Bayesian probability) ที่มีการกำหนดค่า posterior probability ของกลุ่มหรือคลาสให้กับแต่ละเคส  $P(Y = y_j | X = x_i)$  และจะใช้ค่าความน่าจะเป็นที่ได้นี้ไปในการจำแนกเคสเข้าคลาสหรือกลุ่มต่อไป (Berrar, 2018) โดยมีโครงสร้างการพิจารณาค่าความน่าจะเป็นที่เกี่ยวข้องตามทฤษฎีของเบย์ (Bayes' theorem) คือ การคำนวณค่า posterior probability ของเหตุการณ์ (A) โดยมีเงื่อนไขที่ขึ้นอยู่กับค่า prior probability บางส่วนของเหตุการณ์หนึ่ง (B) แทนได้ด้วย  $P(A|B)$  ดังนี้

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

โดย 1) A และ B คือเหตุการณ์ 2) P(A) และ P(B) คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ A และเหตุการณ์ B โดยที่ทั้งสองเหตุการณ์เป็นอิสระจากกัน 3) P(A|B) คือ ความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข กล่าวคือ ความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ A เมื่อให้เงื่อนไขว่าเหตุการณ์ B เป็นจริง และ 4) P(B|A) คือ ความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ B เมื่อให้เงื่อนไขว่าเหตุการณ์ A เป็นจริง (Alzubi et al., 2018) กล่าวได้อีกว่า ทฤษฎีของเบย์สามารถนำไปใช้ในการหาค่า posterior probability ของการเกิดสมมุติฐานหนึ่ง เมื่อมีข้อมูลชุดหนึ่ง ดังนี้

$$P(\text{Hypothesis}|\text{Data}) = \frac{P(\text{Data}|\text{Hypothesis})P(\text{Hypothesis})}{P(\text{Data})}$$

หรือ

$$P(H|D) = \frac{P(D|H)P(H)}{P(D)}$$

โดย 1) **P(hypothesis|data)** คือความเป็นไปได้ (likelihood) ของข้อมูลเมื่อกำหนดเงื่อนไขตามสมมุติฐาน นั่นคือ เมื่อสมมุติฐานเป็นจริง ความน่าจะเป็นที่จะพบข้อมูลหนึ่ง ๆ เป็นอย่างไร 2) **P(hypothesis)** คือ ความน่าจะเป็นเบื้องต้นหรือความน่าจะเป็นที่ทราบมาก่อน (prior probability) ของการเกิดสมมุติฐานนั้น หรือระดับของความเชื่อเบื้องต้นเกี่ยวกับสมมุติฐานที่กำหนด 3) **P(data)** คือ ความน่าจะเป็นของข้อมูลที่มี โดยไม่คำนึงถึงสมมุติฐานที่ระบุไว้ (Berrar, 2018)

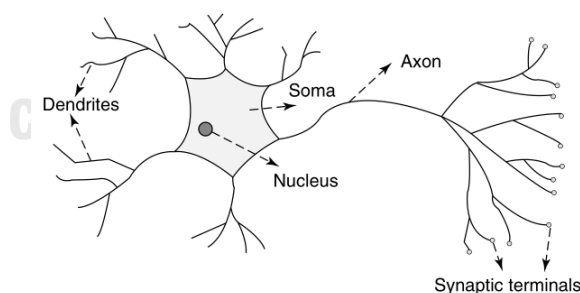
#### ข้อดีและจุดอ่อนของการวิเคราะห์ด้วยเนอ์ฟเบย์

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเนอ์ฟเบย์ (naïve Bayes) ในการจำแนกข้อมูลนั้นมีจุดเด่นหลายประการ คือ กระบวนการดำเนินการทำได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องอาศัยการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ซับซ้อน เทคนิคนี้เป็นอีกหนึ่งเทคนิคที่สามารถจัดการกับข้อมูลรบกวน (noise) ได้ดี หรือกล่าวได้ว่ามีความไวน้อยต่อความแปรปรวนของข้อมูลรบกวนที่มีอยู่ ข้อมูลนำเข้า อีกทั้งยังจัดการกับตัวแปรคุณลักษณะที่ไม่เข้าพวกหรือไม่เกี่ยวข้องได้ และอาศัยข้อมูลในชุดฝึกฝนเพียงจำนวนน้อยเพื่อใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการจำแนกประเภทของข้อมูลได้ (Dey et al., 2016; El Naqa et al., 2015; He et al., 2019; Ray, 2019) เมื่อพิจารณาประเภทของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์พบว่าเนอ์ฟเบย์สามารถทำงานได้ดีกับตัวแปรแบ่งกลุ่ม (categorical data) นอกจากนี้ อัลกอริทึมดังกล่าวยังมีความสามารถในการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นได้เมื่อมีข้อมูลเคสใหม่ ๆ เข้ามา (Amor et al., 2004; Taheri & Mammadov, 2013; Vembandasamy et al., 2015)

อย่างไรก็ตามเทคนิคเนออีพีย์ (naïve Bayes) มีจุดอ่อนในการวิเคราะห์ชุดข้อมูลที่ประกอบด้วยตัวแปรเชิงตัวเลขหรือตัวแปรต่อเนื่อง ซึ่งอาจได้ผลการจำแนกประเภทของข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนสูงกว่ากรณีชุดข้อมูลประกอบด้วยตัวแปรแบ่งกลุ่มทั้งหมด ทว่าในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ที่นำมาปรับใช้เพื่อลดจุดอ่อนข้อนี้ได้ (Taheri & Mammadov, 2013; Vembandasamy et al., 2015) อีกทั้งเนื่องจากข้อตกลงเกี่ยวกับการเป็นอิสระระหว่างกันของตัวแปรซึ่งไม่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ทั่วไปในความจริง จึงอาจส่งผลให้ในบางกรณีสามารถเกิดการประมาณค่าความน่าจะเป็นที่ไม่ถูกต้องได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการกำหนดค่าเกี่ยวกับความน่าจะเป็นที่ทราบมาก่อน (prior probability) ให้ถูกต้องที่สุดอาจทำได้ยาก การกำหนดค่าที่ผิดไปอาจนำมาสู่ผลการทำนายผลลัพธ์หรือการจำแนกที่ไม่ถูกต้องได้เช่นเดียวกัน (El Naqa et al., 2015; Ray, 2019)

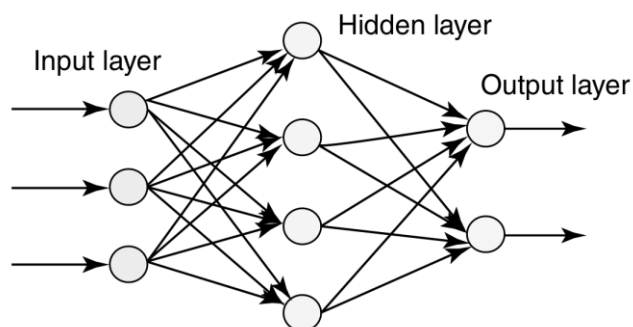
### 2.3.4 เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (neural networks)

เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (neural networks) หรือ artificial neural network (ANN) สำหรับในภาษาไทยมักรู้จักกันในชื่อของ “โครงข่ายประสาทเทียม” โดยมีที่มาจากรูปแบบและการทำงานของเซลล์ประสาทในเชิงชีววิทยา ซึ่งการมีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ 1) เดนไดรต์ (dendrites) ทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณไฟฟ้า 2) โซมา (soma) ทำหน้าที่ประมวลข้อมูลสัญญาณไฟฟ้า 3) นิวเคลียส (nucleus) เป็นจุดศูนย์กลางเซลล์ประสาท และ 4) แอกซอน (axon) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลผลลัพธ์ไปยังเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทตัวต่อไป ดังภาพ 2.11 (Abraham, 2015; Dey, 2016; Liakos et al., 2018; Sharma et al., 2012)



ภาพ 2.11 ส่วนประกอบของเซลล์ประสาท (Abraham, 2015)

โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) เกิดขึ้นจากการสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์ โดยมีส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกับเซลล์ประสาท แบ่งส่วนประกอบหลักได้เป็น 3 ส่วนหรือชั้น (layer) คือ 1) ชั้นอินพุต (input layer) เป็นส่วนที่รับข้อมูลนำเข้าสำหรับป้อนให้ระบบ 2) ชั้นฮิดเดน (hidden layer) เป็นส่วนที่มีการเรียนรู้เกิดขึ้น 3) ชั้นเอาต์พุต (output layer) เป็นส่วนที่แสดงผลลัพธ์เกี่ยวกับการจำแนกหรือการทำนาย (Liakos et al., 2018)



ภาพ 2.12 ส่วนประกอบของโครงข่ายประสาทเทียม (Abraham, 2015)

### กระบวนการทำงานเบื้องต้นของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการแสดงถึงความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างข้อมูลนำเข้า (input) และผลลัพธ์ (output) โดยความซับซ้อนของโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดชั้น (layers) ในการวิเคราะห์ (Xhemali et al., 2009) ในส่วนประกอบแต่ละชั้นของโครงข่ายจะประกอบด้วยโหนดของเซลล์ประสาทหรือนิวตรอน (neuron) จำนวนหนึ่ง นิวตรอนแต่ละโหนดจะมีการทำงานที่เชื่อมโยงไปยังนิวตรอนของชั้นถัดไป โดยเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างนิวตรอนของแต่ละชั้นจะมีฟังก์ชันการทำงานด้วยค่าน้ำหนัก (weight) ที่ได้จากการคำนวณที่เกี่ยวข้อง (Li et al., 2017) การเรียนรู้ของอัลกอริทึมจะทำโดยการปรับเปลี่ยนการเชื่อมต่อให้การกำหนดน้ำหนักเป็นไปอย่างเหมาะสมเพื่อให้สามารถบรรลุเป้าหมายของการวิเคราะห์ที่ต้องการอย่างถูกต้อง (Mehlig, 2019; Schmidhuber, 2015)

### ประเภทของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมสามารถแบ่งได้หลายประเภทตามเกณฑ์ที่พิจารณา ได้แก่ การแบ่งประเภทตามลักษณะการเรียนรู้ของเครื่อง การแบ่งประเภทตามทิศทางการทำงาน และการแบ่งประเภทตามความซับซ้อนของโครงข่ายประสาทเทียม

#### 1) ประเภทตามลักษณะการเรียนรู้ของเครื่อง

โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) มีอัลกอริทึมหรือเทคนิคการวิเคราะห์ที่อยู่ทั้งในหมวดการเรียนรู้แบบมีการสอน การเรียนรู้แบบไม่มีการสอน รวมไปถึงการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง ซึ่งลักษณะการเรียนรู้หลักที่เป็นที่คุ้นเคยของการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมคือ การเรียนรู้แบบมีการสอน (supervised learning) ด้วยจุดประสงค์ของการจำแนกประเภทข้อมูล (classification) และการวิเคราะห์การถดถอย (regression) โดยข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์เป้าหมายที่ต้องการจะถูกป้อนเป็นข้อมูลฝึกฝน โครงข่ายประสาทเทียมจะเรียนรู้โดยการปรับเหมาะค่าน้ำหนัก ผ่านการปรับพารามิเตอร์จากการพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อน (error) และนำการปรับเปลี่ยนข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ป้อนสู่โครงข่ายอีกครั้ง เพื่อให้เกิดกระบวนการที่สามารถให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและสามารถนำไปใช้กับข้อมูลชุดใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Abraham, 2005; Alzubi et al., 2018; Dey, 2016; Suzuki, 2011)

สำหรับลักษณะการเรียนรู้แบบไม่มีการสอน (unsupervised learning) โครงข่ายประสาทเทียมจะไม่ได้ถูกป้อนข้อมูลเกี่ยวกับผลลัพธ์ที่คาดหวัง แต่จะใช้การค้นหาโครงสร้างหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้าและทำการจัดข้อมูลเป็นกลุ่มหรือคลาส เมื่อมีข้อมูลชุดใหม่เข้ามา โครงข่ายประสาทเทียมจะวิเคราะห์ตัวแปรคุณลักษณะและจัดกลุ่มข้อมูลที่คล้ายคลึงกันอยู่ในกลุ่มเดียวกันให้สอดคล้องตามการเรียนรู้จากข้อมูลก่อนหน้า ในขณะที่การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (reinforcement learning) นั้น โครงข่ายประสาทเทียมจะเรียนรู้ตามประสบการณ์ที่ได้รับการลงโทษจากการปฏิบัติที่ผิดและการได้รางวัลจากการปฏิบัติที่ถูกต้องเพื่อนำมาใช้ในการปรับเหมาะค่าน้ำหนักให้สามารถให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำได้มากขึ้น (Abraham, 2015; Alzubi et al., 2018; Suzuki, 2011)

## 2) ประเภทตามทิศทางการทำงาน

เนื่องจากในโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) มีชั้นของส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงกัน และมีกระบวนการทำงานเพื่อเชื่อมต่อส่วนประกอบต่าง ๆ อย่างเป็นลำดับ จึงสามารถแบ่งประเภทของโครงข่ายประสาทเทียมตามทิศทางการทำงานของกระบวนการวิเคราะห์ได้ ยกตัวอย่างคือ การทำงานด้วยทิศทางไปข้างหน้า (feed-forward networks) ซึ่งการส่งข้อมูลจะมีทิศทางตรงไปยังส่วนหระกอบหรือชั้นต่อไป จากชั้นอินพุทผ่านไปยังจนถึงชั้นเอาต์พุท การทำงานด้วยทิศทางวนซ้ำ (recurrent networks) โดยเป็นการทำงานที่นอกจากจะมีทิศทางป้อนข้อมูลไปข้างหน้าแล้ว ยังมีการทำงานที่รับส่งข้อมูลป้อนกลับ (feedback) ระหว่างชั้นด้วย เป็นต้น (Abraham, 2015; Suzuki, 2011)

## 3) ประเภทตามความซับซ้อนของโครงข่าย

โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักตามความซับซ้อนของการเรียนรู้ ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมพื้นฐาน (traditional ANN) และโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก (deep ANN) (Liakos et al., 2018) โดยโครงข่ายประสาทเทียมพื้นฐาน (ANN) ประกอบด้วยโครงสร้างของเครือข่ายที่กระตัดรัดเรียบง่าย และทำงานได้ดีกับข้อมูลที่ไม่ซับซ้อน ในขณะที่โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า การเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) จะเป็นโมเดลเชิงคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วยชั้นฮิดเดน (hidden layers) จำนวนมากในโครงข่ายเพื่อเรียนรู้รูปแบบข้อมูลที่มีความซับซ้อนสูง รวมถึงสามารถจัดการหรือลดจุดอ่อนบางประการของการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมพื้นฐานได้ ตัวอย่างอัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึกที่เป็นที่รู้จักโดยทั่วไป คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (convolutional neural network: CNN) ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดของมโนทัศน์เบื้องต้นในส่วนถัดไป (Chen et al., 2019; Liakos et al., 2018)

ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) ให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำ ผู้วิจัยควรมีการกำหนดข้อมูลนำเข้าหรือตัวแปรคุณลักษณะที่เหมาะสม รวมไปถึงการกำหนดตัวแปรผลลัพธ์เป้าหมายที่เหมาะสมในกรณีที่เป็นการเรียนรู้แบบมีการสอน มีการเลือกอัลกอริทึมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับข้อมูลและวัตถุประสงค์การวิเคราะห์ และมีการกำหนดโครงสร้างของโครงข่ายที่เหมาะสม เช่น จำนวนชั้นฮิดเดน จำนวนโหนดในแต่ละชั้น รวมไปถึงการกำหนดพารามิเตอร์เบื้องต้นที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสม เช่น ค่าน้ำหนักเบื้องต้น (initial weights) อัตราการเรียนรู้ (learning rate) เป็นต้น (Abraham, 2005; Walczak, 2019)

### ข้อดีและจุดอ่อนของโครงข่ายประสาทเทียม

การวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (neural networks) ในการจำแนกข้อมูลนั้นมีจุดเด่นหลายประการ คือ มีความสามารถในการถอดสารสนเทศจากข้อมูลที่มีความซับซ้อนเพื่อค้นหารูปแบบหรือทิศทางของสารสนเทศที่ซ่อนอยู่ กระบวนการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมมีความแข็งแกร่งต่อการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีค่ารบกวน (noisy data) และสามารถเรียนรู้ได้กับชุดข้อมูลที่มีสัดส่วนของการระบุตัวแปรผลลัพธ์น้อย (few labeled data) (Zheng et al., 2018) เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมสามารถทำงานที่ไม่เป็นเส้นตรงได้ โดยถึงแม้จะมีส่วนประกอบอันใดอันหนึ่งที่ไม่สามารถทำงานต่อ ส่วนประกอบอื่นในโครงข่ายประสาทยังสามารถทำงานต่อได้เนื่องจากมีการทำงานแบบคู่ขนาน เมื่อเกิดการเรียนรู้แล้วจึงไม่จำเป็นต้องเริ่มต้นกระบวนการใหม่ รวมถึงสามารถให้ประสิทธิภาพการจำแนกด้วยความแม่นยำที่สูงได้ (Chaitra & Kumar, 2018; Li et al., 2017)

อย่างไรก็ตามโครงข่ายประสาทเทียมยังมีจุดอ่อนในการวิเคราะห์ โดยกล่าวได้ว่า การเรียนรู้ของเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมต้องมีการฝึกฝนที่เพียงพอเพื่อที่จะสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้กระบวนการทำงานอาศัยระยะเวลาการประมวลผลที่นานขึ้นหากโครงข่ายประสาทเทียมมีขนาดใหญ่ ซึ่งมีส่วนทำให้การเรียนรู้ต้องใช้ระยะเวลานานตามไปด้วย นอกจากนี้พบว่าการระบุหรือตีความกฎการจำแนก (classification rules) ทำได้ยาก เนื่องจากการทำงานเบื้องหลังและการรายงานผลค่อนข้างมีความซับซ้อน (Chaitra & Kumar, 2018; Li et al., 2017; Suzuki, 2011)

## 2.4 ประสิทธิภาพและประสิทธิภาพของโมเดลการจำแนก

เมื่อต้องการพิจารณาเพื่อคัดเลือกของสิ่งหนึ่งระหว่างหลายสิ่ง คำคุ้นเคยที่มักจะได้ยินคือการพิจารณาเกี่ยวกับประสิทธิภาพและประสิทธิภาพของของสิ่งนั้น สองมโนทัศน์นี้อาจเป็น คำที่คล้ายคลึงกันจึงมักทำให้เกิดการสับสนว่าเป็นเรื่องเดียวกันและสามารถนำไปใช้แทนกันได้ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพและประสิทธิภาพนั้นมีความหมายที่แตกต่างกันรวมถึงมีการพิจารณาประเด็นที่แตกต่างกัน มีรายละเอียดดังนี้

ประสิทธิผล ในภาษาอังกฤษจะแทนด้วยคำว่า effectiveness จะเกี่ยวข้องกับประเด็นด้านความสำเร็จในการทำงานหรือผลการดำเนินการ นั่นคือการได้ผลลัพธ์ที่เป็นไปตามเป้าประสงค์ที่มุ่งหวังหรือเกณฑ์ที่ตั้งเป้าไว้ (doing the right things) (Pennings & Goodman, 1997; Sheth & Sisodia, 2002)

ประสิทธิภาพ ในภาษาอังกฤษคือ efficiency มีความเกี่ยวข้องกับประเด็นด้านการจัดสรรทรัพยากร หรือปัจจัยในกระบวนการดำเนินงานที่ทำให้เกิดผลลัพธ์หนึ่ง ๆ ในลักษณะของอัตราส่วนระหว่างปัจจัยนำเข้าและผลลัพธ์ที่ได้ (input-output ratio) โดยเป็นการใช้ทรัพยากรหรือการดำเนินงานให้คุ้มค่าที่สุด นั่นคือ ใช้ปัจจัยต่าง ๆ ให้เพียงพอเหมาะสมที่สุดเพื่อที่จะให้ได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมายที่ ต้องการมากที่สุด (doing things right) (Achabal et al., 1984; Pennings & Goodman, 1997; Sheth & Sisodia, 2002)

โดยการหาประสิทธิผลและประสิทธิภาพในโมเดลการจำแนกสามารถพิจารณาได้จากประเด็นดังต่อไปนี้

#### 2.4.1 ค่าสถิติบ่งบอกประสิทธิผลของโมเดลการจำแนก

การวิเคราะห์เพื่อจำแนกกลุ่มของข้อมูลที่ตีความสามารถจำแนกข้อมูลและจัดเข้ากลุ่มได้ตรงตามคุณลักษณะที่กำหนดอย่างถูกต้องแม่นยำ ดังนั้น ในการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มจึงต้องมีการทดสอบและประเมินประสิทธิผลของโมเดลจำแนกด้วยเสมอ โดยเป็นการเปรียบเทียบระหว่างการได้อยู่กลุ่มที่ได้จากการทำนายหรือจัดกลุ่มด้วยโมเดลการวิเคราะห์และกลุ่มที่แท้จริงของข้อมูลหรือตัวอย่างวิจัยหนึ่ง ๆ ซึ่งแสดงได้ดังในคอนฟิวชันแมทริกซ์ (confusion matrix) ในตาราง 2.4 โดยข้อมูลในตารางคอนฟิวชันแมทริกซ์จะถูกนำมาคำนวณเพื่อหาค่าประสิทธิผลในแง่มุมต่าง ๆ (Batista et al., 2004)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 2.4 คอนฟิวชันแมทริกซ์ (confusion matrix)

		Predicted class	
		Positive	Negative
Actual class	Positive	True Positive (TP)	False Negative (FN)
	Negative	False Positive (FP)	True Negative (TN)

ตารางคอนฟิวชันแมทริกซ์ให้ข้อมูลผลลัพธ์ของการจำแนกเคสหรือตัวอย่างวิจัยออกเป็น 4 ประเภท

TP หมายถึง จำนวนตัวอย่างวิจัยกลุ่ม Positive ที่ถูกจำแนกกลุ่มว่าอยู่ในกลุ่ม Positive ได้อย่างถูกต้อง

FP หมายถึง จำนวนตัวอย่างวิจัยกลุ่ม Negative ที่ถูกจำแนกผิดพลาดว่าอยู่ในกลุ่ม Positive

FN หมายถึง จำนวนตัวอย่างวิจัยกลุ่ม Positive ที่ถูกจำแนกผิดพลาดว่าอยู่ในกลุ่ม Negative

TN หมายถึง จำนวนตัวอย่างวิจัยกลุ่ม Negative ที่ถูกจำแนกกลุ่มว่าอยู่ในกลุ่ม Negative ได้อย่างถูกต้อง

ค่าสถิติบ่งบอกประสิทธิภาพของโมเดลการจำแนกที่เป็นที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง สามารถกล่าว คือ ค่า Accuracy ค่า Precision ค่า Recall ค่า F-Measure และ ROC curve ซึ่งค่าสถิติส่วนใหญ่เป็นการหาความสัมพันธ์หรือการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้จากคอนฟิวชันแมทริกซ์ โดยมีความหมายและการคำนวณหรือการใช้ ดังนี้ (El Naqa et al., 2015; Xhemali et al., 2009)

1) **Accuracy** หรือ ความแม่นยำ หมายถึง สัดส่วนหรือร้อยละของจำนวนการจำแนกกลุ่มทั้งหมดที่สามารถจำแนกได้ถูกต้อง

$$\text{สามารถคำนวณได้จาก } \frac{TN+TP}{TN+FN+FP+TP}$$

2) **Precision** หมายถึง สัดส่วนหรือร้อยละของกลุ่มที่ถูกจำแนกว่าอยู่ในกลุ่ม Positive ได้อย่างถูกต้อง

$$\text{สามารถคำนวณได้จาก } \frac{TP}{FP+TP}$$

3) **Recall** หมายถึง สัดส่วนหรือร้อยละของกลุ่ม Positive ที่ถูกระบุได้อย่างถูกต้อง ซึ่งแสดงอัตราส่วนของการจำแนกกลุ่ม positive ได้ถูกต้อง (True Positive Rate)

$$\text{สามารถคำนวณได้จาก } \frac{TP}{FN+TP}$$

4) **F-Measure** เป็นการทดสอบที่พิจารณาร้อยละของ Precision และ Recall พร้อมกัน ซึ่งจะมีค่าสูงเมื่อทั้ง Precision และ Recall มีค่าที่ใกล้เคียงกัน

$$\text{สามารถคำนวณได้จาก } \frac{(2 \times \text{Recall} \times \text{Precision})}{(\text{Recall} + \text{Precision})}$$



### ความสัมพันธ์ของคอนฟิวชันเมทริกซ์กับคุณสมบัติการวัดทางจิตวิทยา

ในคุณสมบัติการวัดทางจิตวิทยา (psychometric properties) มักพบการพิจารณาค่าความไว (sensitivity) และค่าความจำเพาะ (specificity) ในการแสดงถึงความถูกต้องแม่นยำของผลการจำแนกกลุ่มของตัวอย่างวิจัย ซึ่งสามารถบ่งบอกค่านี้จากข้อมูลในคอนฟิวชันเมทริกซ์ (confusion matrix) ได้เช่นกัน โดยมีความสัมพันธ์หรือความสอดคล้องกัน แสดงได้ดังนี้

1) **sensitivity** หรือ ความไว หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำในการจำแนกกลุ่ม positive ว่าตัวอย่างวิจัยว่าอยู่ในกลุ่ม positive ได้อย่างถูกต้อง (true positive) ซึ่งสอดคล้องกับค่า Recall และอัตราส่วนของการจำแนกกลุ่ม positive ได้ถูกต้อง (True Positive Rate) (Fawcett, 2004; Zeng, 2020)

สามารถคำนวณได้จาก 
$$\frac{TP}{FN+TP}$$

2) **specificity** หรือ ความจำเพาะ หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำในการจำแนกกลุ่ม negative ว่าตัวอย่างวิจัยว่าอยู่ในกลุ่ม negative ได้อย่างถูกต้อง (true negative) กล่าวได้ว่าเป็นการบ่งบอกอัตราส่วนของการจำแนกกลุ่ม negative ได้ถูกต้อง (True Negative Rate) (Fawcett, 2004; Zeng, 2020)

สามารถคำนวณได้จาก 
$$\frac{TN}{FP+TN}$$

ในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาประสิทธิผลของโมเดลจำแนกด้วยค่าสถิติหลัก 3 ค่า ได้แก่ ความแม่นยำ (accuracy) ความไว (sensitivity) และความจำเพาะ (specificity) เนื่องจากเป็นค่าประสิทธิผลพื้นฐานที่นิยมใช้โดยทั่วไปและสามารถบอกสารสนเทศของการจำแนกได้เพียงพอ

### หลักการในการพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิผลของโมเดลจำแนก

ในการตัดสินใจเกี่ยวกับประสิทธิผลของโมเดลการจำแนกนั้น ไม่มีการกำหนดเกณฑ์หรือช่วงคะแนนในการพิจารณาค่าสถิติแต่ละตัวไว้อย่างเป็นทางการชัดเจน (Vodermaier & Millman, 2011) โดยการตัดสินใจเลือกโมเดลการจำแนกแต่ละครั้งกล่าวได้ว่าไม่ใช่การตัดสินใจว่าโมเดลหรือวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นโมเดลหรือวิธีการที่ดีที่สุด หากแต่เป็นการตัดสินใจเลือกโมเดลการจำแนกที่มีความเหมาะสมกับเงื่อนไขหรือบริบทของการวิจัยครั้งนั้นที่สุด โดยประสิทธิผลของโมเดลตามค่าประสิทธิผลพื้นฐาน ได้แก่ ความแม่นยำ (accuracy) ความไว (sensitivity) และความจำเพาะ (specificity) ที่แสดงถึงการจำแนกที่สมบูรณ์แบบคือ การที่โมเดลมีความแม่นยำในการจำแนกเท่ากับ

100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความไวเท่ากับ 1 และค่าความจำเพาะเท่ากับ 1 ซึ่งหมายถึงโมเดลสามารถจำแนกตัวอย่างได้ถูกต้องทั้งหมดในทุกกรณี (Linden & Yarnold, 2016) ทั้งนี้เกิดขึ้นได้ยากในทางปฏิบัติ ดังนั้นในการตัดสินใจเกี่ยวกับโมเดลการจำแนกที่เหมาะสมจึงต้องอาศัยการพิจารณาในประเด็นอื่นที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม โดยมักขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการจำแนกหรือบริบทการจำแนกเป็นสำคัญ สามารถกล่าวถึงหลักการในการพิจารณาได้คือ

การพิจารณาโมเดลการจำแนกโดยทั่วไปสามารถพิจารณาค่าประสิทธิผลด้านความแม่นยำ (accuracy) เป็นหลัก โดยบ่งบอกถึงความสามารถในการจำแนกตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนั้นได้อย่างถูกต้องแม่นยำในภาพรวม อย่างไรก็ตามค่าประสิทธิผลสำคัญที่ควรพิจารณาประกอบในการตัดสินใจเกี่ยวกับโมเดลร่วมกับค่าความแม่นยำ คือ ความไวและความจำเพาะ ซึ่งพบว่ามีค่าแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการจำแนก หรือบริบทของการจำแนก โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 บริบทหลัก ได้แก่ กรณีการวิจัยให้ความสำคัญกับการจำแนกทุกกลุ่ม และกรณีการวิจัยให้ความสำคัญกับการจำแนกกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเป็นหลัก

#### 1) กรณีการวิจัยให้ความสำคัญกับการจำแนกทุกกลุ่ม

การวิจัยที่ต้องการศึกษาการจำแนกตัวอย่างวิจัยทุกกลุ่มและให้ความสำคัญกับทุกกลุ่มเท่า ๆ กัน โดยต้องการจำแนกตัวอย่างวิจัยได้อย่างถูกต้องแม่นยำในทุกกลุ่มที่มีอยู่ในการวิเคราะห์ กรณีนี้ค่าประสิทธิผลด้านความไว (sensitivity) และความจำเพาะ (specificity) ควรมีค่าที่ใกล้เคียงกันหรือไม่แตกต่างกันมาก นั่นคือ สามารถจำแนกตัวอย่างวิจัยกลุ่มอ้างอิง (true positive) ได้อย่างถูกต้อง รวมถึงตัวอย่างวิจัยที่ไม่ใช่กลุ่มอ้างอิง (true negative) ได้อย่างถูกต้อง (Dziak et al., 2020; Lobo et al., 2007; Novaković et al., 2017)

กรณีดังกล่าวมักพบได้มากในบริบทของการศึกษาวิจัยเชิงสังคมศาสตร์ รวมไปถึงในบริบทของการศึกษาโดยทั่วไปที่ผู้เรียนทุกคนหรือทุกกลุ่มควรได้รับการให้ความสำคัญอย่างเท่าเทียมกัน เพื่อให้สามารถได้รับโอกาสในการพัฒนาหรือส่งเสริมอย่างเหมาะสมกับลักษณะและความต้องการจำเป็นของผู้เรียนแต่ละกลุ่มไปพร้อมกัน โดยไม่มองข้ามกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งไป

#### 2) กรณีการวิจัยให้ความสำคัญกับการจำแนกกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเป็นหลัก

การวิจัยที่ต้องการศึกษาเพื่อจำแนกตัวอย่างวิจัยกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มหลักเพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปใช้พัฒนาส่งเสริมหรือดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งอย่างทันทีทันใด แบ่งได้เป็น 2 กรณีย่อย คือ การวิจัยที่เน้นการจำแนกกลุ่มของตัวอย่างวิจัยที่กลุ่มอ้างอิงเป็นเป้าหมายหลักที่มีลักษณะเฉพาะตามการศึกษา (true positive) กรณีนี้พบว่ามีค่าให้ความสำคัญกับการพิจารณาค่าความไว (sensitivity) มากกว่าค่าความจำเพาะ (specificity) โดยโมเดลการจำแนกที่เหมาะสมควรมีค่าความไวสูง ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการจำแนกกลุ่มอ้างอิงที่เป็นเป้าหมาย (true positive) ได้อย่างถูกต้องแม่นยำสูง กรณีดังกล่าวมักพบได้มากในบริบททางการแพทย์หรือทางวิทยาศาสตร์ เช่น

การวินิจฉัยโรค โดยเฉพาะโรคที่ร้ายแรงหรือการทดลองการรักษาที่ราคาสูงและมีทรัพยากรจำกัด ดังนั้นการจำแนกตัวอย่างวิจัยที่เป็นผู้ป่วยโรคนั้นจึงมีความสำคัญกว่า เพื่อให้สามารถทำการรักษาได้ทันเวลาที่และคุ้มค่ากับทรัพยากรที่มีอยู่ (Novaković et al., 2017; García-Nieto et al., 2009; Vodermaier & Millman, 2011) ในทางการศึกษากล่าวได้ว่าเหมาะสมกับการจำแนกผู้เรียนกลุ่มที่มีลักษณะเฉพาะ โดยอาจเป็นกลุ่มที่มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์หรือมีความโดดเด่น เพื่อคัดเลือกผู้เรียนเหล่านั้นมาศึกษาต่อเพื่อสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อไป หรือกลุ่มที่มีคุณลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ เพื่อให้สามารถช่วยเหลือและส่งเสริมได้อย่างรวดเร็วทันเวลา

สำหรับกรณีการวิจัยที่เน้นการจำแนกกลุ่มของตัวอย่างวิจัยที่กลุ่มอ้างอิงไม่ใช่เป้าหมายหลักที่มีลักษณะเฉพาะของการศึกษา (true negative) กรณีนี้พบว่ามีการให้ความสำคัญกับการพิจารณาค่าความจำเพาะ (specificity) มากกว่าค่าความไว (sensitivity) โดยโมเดลการจำแนกที่เหมาะสมควรมีค่าความจำเพาะสูง ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการจำแนกตัวอย่างวิจัยที่ไม่ใช่กลุ่มอ้างอิงหรือกลุ่มเป้าหมาย (true negative) ได้อย่างถูกต้องแม่นยำสูง กรณีตัวอย่างอาจกล่าวได้คือ การจำแนกตัวอย่างวิจัยกลุ่มที่ไม่เป็นโรคหรือหายจากการรักษา หรือการสำรวจทางนิเวศวิทยาที่ศึกษาตัวอย่างวิจัยในพื้นที่หนึ่งที่ไม่ต้องการพบสปีชีส์เป้าหมาย (Barbet-Massin et al., 2012; García-Nieto et al., 2009; Vodermaier & Millman, 2011) หรือในทางการศึกษากล่าวได้ว่าเหมาะสมกับการจำแนกผู้เรียนและศึกษาผู้เรียนที่ไม่ได้เป็นผู้ที่มีคุณลักษณะเฉพาะตามการศึกษา หรือเพื่อทดสอบสมมติฐานบางประการ เป็นต้น

#### 2.4.2 การพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดลการจำแนก

ประสิทธิภาพของการจำแนก (efficiency of classification model) สามารถพิจารณาได้จากปัจจัยนำเข้า (input) หรือทรัพยากร (resource) ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการพัฒนาโมเดลการจำแนก โดยประเด็นที่นิยมในการคำนึงถึง ได้แก่ จำนวนตัวแปร ระยะเวลาที่ใช้ จำนวนของการแบ่งชุดข้อมูล และพื้นที่หน่วยความจำในการวิเคราะห์ ซึ่งจะพิจารณาอัตราส่วนระหว่างปัจจัยนำเข้าต่าง ๆ และผลลัพธ์ที่ได้ โดยเป็นการใช้ทรัพยากรให้น้อยเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นไปตามเป้าหมายมากที่สุด มีรายละเอียดคือ

##### 1. จำนวนตัวแปร (features)

การเพิ่มประสิทธิภาพของโมเดลการจำแนกนั้น การคัดเลือกตัวแปร (feature selection) เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากในการพัฒนาโมเดลการจำแนกหนึ่ง ๆ นั้น อาจเริ่มด้วยการนำเข้าตัวแปรที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก แต่ในท้ายที่สุดจะเหลือเพียงตัวแปรบางส่วนที่ถูกนำไปใช้ เพราะในจำนวนตัวแปรทั้งหมดนั้นมีความเป็นไปได้ที่จะมีตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้อง (irrelevant) หรือมีความซ้ำซ้อนกัน (redundant) (Huang et al., 2007) ดังนั้น การคัดเลือกให้ได้จำนวนตัวแปรที่พอเหมาะและเป็นตัว

แปรที่มีความเหมาะสมและเฉพาะเจาะจงกับประเด็นที่ต้องวัดมากกว่าก็จะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของโมเดลการจำแนกได้

## 2. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ (computational time)

ระยะเวลาในการดำเนินการเพื่อพัฒนาโมเดลและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้ (time consuming) เป็นสิ่งที่ควรพิจารณาสำหรับการวิเคราะห์ด้วยหลักการเรียนรู้ของเครื่อง เนื่องจากเมื่อมีข้อมูลซึ่งไม่ว่าจะเป็นลักษณะหรือจำนวนตัวแปรที่แตกต่างกันและการใช้เทคนิคที่ต่างกันในการวิเคราะห์นั้น จะส่งผลต่อระยะเวลาการดำเนินการที่มากขึ้นแตกต่างกัน เช่น ระยะเวลาที่ต้องใช้เพื่อการเรียนรู้ของเครื่อง (training time) (Maskooki, 2013)

## 3. การรายงานผลประกอบ (report)

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องในบางเทคนิคมีส่วนของการรายงานผลประกอบการวิเคราะห์หลัก โดยอาจมีการแสดงผลเป็นแผนภาพ (diagram) อย่างไรก็ตามพบว่า การรายงานผลแบบแผนภาพมีทั้งรูปแบบที่นำเสนออย่างเรียบง่าย ไม่ซับซ้อน ซึ่งสามารถตีความได้ง่าย และนำไปใช้ต่อในทางปฏิบัติได้รวดเร็ว ในขณะที่พบว่าบางเทคนิคมีการรายงานผลประกอบการวิเคราะห์หลักในรูปแบบที่ค่อนข้างซับซ้อน ตีความได้ยากและอาศัยการวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อให้ได้สารสนเทศที่ชัดเจน

## 4. พื้นที่หน่วยความจำในการวิเคราะห์ (space complexity)

ทรัพยากรหนึ่งที่ต้องใช้ในการดำเนินการการวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องโดยเฉพาะเมื่อมีข้อมูลจำนวนมากและมีโมเดลรวมถึงหลักการของเทคนิคการวิเคราะห์ที่ซับซ้อนแตกต่างกันคือ พื้นที่หน่วยความจำของเครื่องหรือของคอมพิวเตอร์ (memory space) สำหรับใช้ในการจัดเก็บข้อมูลหรือการทำงานในการกระบวนการทั้งหมด (Huang et al., 2009; Li et al., 2016)

## ตอนที่ 3 มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก

วิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment Analysis) เป็นการวิเคราะห์อารมณ์ ความรู้สึก ความคิดเห็นหรือเจตคติของบุคคล ซึ่งในบางกรณีพบว่ามีการใช้ในความหมายเดียวกันกับ opinion mining หรือกล่าวได้ว่าเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความเป็นอัตวิสัยของบุคคล (subjectivity) จากข้อมูลที่มีลักษณะเป็นข้อความ (text) ซึ่งการวิเคราะห์นี้จัดเป็นการวิเคราะห์ข้อความประเภทหนึ่ง (text analysis) (Collomb et al., 2014)

การวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึกเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์จำแนกความคิดเห็นออกเป็นขั้วหรือเป็นกลุ่ม เช่น กลุ่มที่มีนัยเชิงบวก (positive) กลุ่มที่มีนัยเชิงลบ (negative) หรือกลุ่มที่มีนัยกลาง ๆ (neutral) (Kharde & Sonawane, 2016) โดยมักพบได้มากในแวดวงของธุรกิจการตลาด เช่น การวิเคราะห์

ความคิดเห็นของลูกค้าที่มีต่อบริการหรือผลิตภัณฑ์ (product reviews) ว่าเป็นความคิดเห็นเชิงบวกหรือความคิดเห็นเชิงลบ (Gunawardena et al., 2016)

### 3.1 ระดับของการวิเคราะห์

การวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment Analysis) สามารถทำวิเคราะห์ได้ในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับเอกสาร (document level) ระดับประโยค (sentence level) และระดับมุมมอง (aspect level) (Katrekar & AVP, 2005; Liu, 2012) กล่าวคือ

1) การวิเคราะห์ในระดับเอกสาร (document level) เป็นการวิเคราะห์ที่พิจารณาภาพรวมความคิดเห็นในเอกสารนั้น ๆ และจำแนกว่าเอกสารดังกล่าวมีนัยของการสื่อความหมายแบบเชิงบวกหรือเชิงลบ โดยการวิเคราะห์ระดับนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า เอกสารแต่ละชุดเป็นการแสดงความเห็นต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งเท่านั้น (Katrekar & AVP, 2005; Liu, 2012)

2) การวิเคราะห์ในระดับประโยค (sentence level) พิจารณาหน่วยการวิเคราะห์เป็นประโยค โดยประเมินว่าแต่ละประโยคสื่อถึงความคิดเห็นที่เป็นเชิงบวก เชิงลบ หรือความคิดเห็นในระดับกลาง ๆ โดยในการวิเคราะห์ระดับนี้มักเกี่ยวข้องกับสองขั้นตอนหลักคือ ขั้นตอนการจำแนกประเภทหรือความเป็นอัตนัยของประโยค (subjectivity classification) เป็นการแบ่งประโยคออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ประโยคประเภทปรนัย (objective sentence) ซึ่งกล่าวถึงข้อมูลในลักษณะของข้อเท็จจริง และประโยคประเภทอัตนัย (subjective sentence) ซึ่งกล่าวถึงความรู้สึกส่วนบุคคล และขั้นตอนการจำแนกความคิดเห็นในประโยคอัตนัยออกเป็นกลุ่ม ได้แก่ ประโยคที่แสดงนัยเชิงบวก และประโยคที่แสดงนัยเชิงลบ

อย่างไรก็ตาม ประโยคอัตนัยอาจประกอบด้วยความคิดเห็นมากกว่าหนึ่งมุมมอง รวมถึงประกอบด้วยอนุประโยค (clauses) ทั้งที่เป็นอนุประโยคแบบอัตนัยและแบบปรนัย อีกทั้ง การจำแนกประโยคประเภทตามกลุ่มความคิดเห็นนั้น อาจจะยังไม่สามารถให้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์เพียงพอในการสรุปว่า ความคิดเห็นเชิงบวกหรือเชิงลบนั้นเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะเฉพาะใดของสิ่งที่กล่าวถึงหรือไม่ เช่น บุคคลชอบหรือไม่ชอบในแง่มุมของอะไร จึงอาจมีการวิเคราะห์ในระดับต่อไปเพิ่มเติม (Katrekar & AVP, 2005; Liu, 2012)

3) การวิเคราะห์ในระดับมุมมอง (aspect level) เป็นการวิเคราะห์ที่พิจารณาไปยังความคิดเห็นโดยตรง โดยยึดแนวคิดที่ว่า ความคิดเห็นประกอบด้วย นัยของความคิดเห็นความรู้สึกเชิงบวกหรือเชิงลบ (sentiment) และ เป้าหมายที่สื่อถึง (target) ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งวัตถุสิ่งของ (entity) หรือ หรือคุณลักษณะหนึ่ง ๆ ของสิ่งนั้น (aspect) ยกตัวอย่างเช่น “ร้านอาหารนี้บริการรวดเร็ว แต่อาหารยังไม่ค่อยอร่อย” ความคิดเห็นนี้มีการสื่อถึงคุณลักษณะ 2 ประการ ได้แก่ การบริการ และรสชาติของอาหาร โดยในด้านของการบริการพบว่า เป็นความคิดเห็นเชิงบวก ในขณะที่ด้านรสชาติของอาหาร

เป็นความคิดเห็นเชิงลบ (Katrekar & AVP, 2005; Liu, 2012) ซึ่งการวิเคราะห์จะมีการสรุปให้มองเห็นภาพรวมของความคิดเห็นที่มีต่อสิ่งของและคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ของสิ่งนั้น

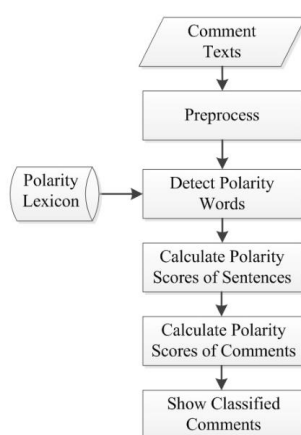
การวิเคราะห์ในระดับนี้ให้ข้อมูลเชิงรายละเอียดเกี่ยวกับความคิดเห็นได้มากขึ้น เนื่องจากการพิจารณาความคิดเห็นแบบไม่มีเป้าหมายจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ในขอบเขตที่จำกัด

### 3.2 เทคนิควิธีการในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึกสามารถทำการวิเคราะห์ผ่านเทคนิควิธีการที่แตกต่างกันได้ เทคนิคที่พบได้มากมีอยู่ 2 วิธีหลักคือ การวิเคราะห์ด้วยวิธีอิงพจนานุกรมเป็นฐาน (lexicon-based approach) และการวิเคราะห์ด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning)

1) เทคนิค lexicon-based approach เป็นการวิเคราะห์ที่ใช้พจนานุกรมคำเกี่ยวกับความคิดเห็น อารมณ์ ความรู้สึก (sentiment lexicon) ซึ่งประกอบไปด้วยรายการของคำศัพท์ วลี และสำนวนที่เกี่ยวข้อง ในการหาความสอดคล้องกับข้อมูลที่มีอยู่เพื่อจำแนกขั้วหรืออัยของคำ (polarity) เช่นคำว่า “amazing” “great” “poor” “expensive” และคำนวณคะแนนคำที่สื่อความคิดเห็นต่าง ๆ (sentiment score) ที่อยู่ใกล้กับคำคุณลักษณะของสิ่งที่กล่าวถึง เพื่อบ่งบอกว่าชุดข้อมูลที่มีอยู่มีค่าที่เป็นความคิดเห็นเชิงบวก หรือเชิงลบอยู่ปริมาณเท่าใด (Ding et al., 2008; Kharde & Sonawane, 2016)

ยกตัวอย่างกระบวนการทำ sentiment analysis เกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสูตรอาหาร โดยอาศัยวิธีการ lexicon-based approach ของ Pugsee and Niyomvanich (2015) ซึ่งประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นในรูปแบบข้อความ การเตรียมข้อมูลก่อนนำเข้าสู่การวิเคราะห์ การสำรวจหาคำเกี่ยวกับความคิดเห็นเพื่อจำแนกขั้วหรืออัยของคำ การคำนวณคะแนนการสื่อความคิดเห็นตามขั้วของคำในระดับประโยค การคำนวณคะแนนการสื่อความคิดเห็นตามขั้วของคำในระดับเอกสาร และการจำแนกเอกสารตามลักษณะของความคิดเห็น ดังภาพ 2.13



ภาพ 2.13 การวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึกด้วยเทคนิค lexicon-based approach

(Pugsee & Niyomvanich, 2015)

2) เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) เป็นการวิเคราะห์ที่อาศัยอัลกอริทึมในการจำแนกความคิดเห็น โดยทั่วไปแล้วมักใช้กับเทคนิคการวิเคราะห์แบบ supervised machine learning หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า supervised classification (Vinodhini & Chandrasekaran, 2012) ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีการกำหนดกฎหรือเงื่อนไขทางภาษา แต่จำเป็นต้องมีการกำหนดลักษณะของข้อมูลเป้าหมายในชุดข้อมูลตัวอย่างไว้ล่วงหน้า (labeled dataset) เพื่อใช้เป็นชุดข้อมูลสำหรับให้เครื่องเรียนรู้ (training set) และมีชุดข้อมูลที่ต้องการทดสอบหรือต้องการวิเคราะห์ โดยการนำอัลกอริทึมที่ได้จากการเรียนรู้มาปรับใช้ (test set) (Kharde & Sonawane, 2016)

กระบวนการโดยทั่วไปในการทำ sentiment analysis ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การเรียนรู้ของเครื่อง กล่าวได้ว่า มีขั้นตอนสำคัญอยู่ 4 ขั้นตอนหลัก คือ 1) การเตรียมข้อมูล (preprocessing) 2) การตัดแยกคุณลักษณะเด่น (aspect term extraction) 3) การเรียนรู้ของเครื่อง (training) และ 4) การทดสอบหรือการจำแนกข้อมูล (classification) (Peng et al., 2017; Kharde & Sonawane, 2016) มีหลักการดังนี้

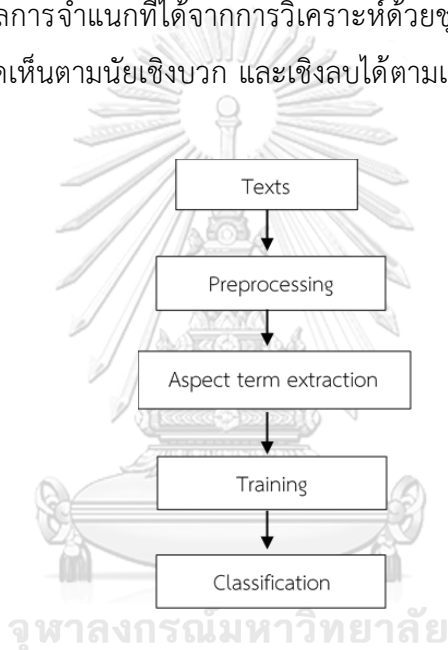
1) การเตรียมข้อมูล (preprocessing) เป็นกระบวนการจัดกระทำข้อมูลที่อยู่ในชุดของข้อมูล (dataset) ให้อยู่ในรูปแบบหรือโครงสร้างที่เหมาะสม พร้อมสำหรับการนำไปวิเคราะห์ อาจทำได้โดยการตัดส่วนประกอบของคำหรือข้อความที่ไม่เกี่ยวข้องหรือไม่ต้องการศึกษาออก เช่น อักขระพิเศษ การเปลี่ยนตัวพิมพ์ใหญ่ให้กลายเป็นตัวพิมพ์เล็ก การตัดประโยคและแยกคำในประโยค การเปลี่ยนตัวย่อเป็นคำที่สมบูรณ์ หรือการตัดคำที่พบได้บ่อยแต่ไม่สื่อความหมายสำคัญ (stop words) (Hemalatha et al., 2013; Kharde & Sonawane, 2016)

2) การตัดแยกคำคุณลักษณะ (aspect term extraction หรือ feature extraction) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการคัดเลือกคำที่แสดงถึงคุณลักษณะ (aspects) ของสิ่งหรือเรื่องที่กำลังศึกษา (opinion target) ซึ่งมีกระบวนการเป็นคำนามหรือนามวลี (Poria et al., 2016) การตัดแยกคำคุณลักษณะสามารถประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์อื่น ๆ เข้าช่วย ยกตัวอย่างคือ การใช้กฎการปรากฏในตำแหน่งใกล้เคียงกับคำแสดงความคิดเห็น เช่น great food หรือการใช้วิธีกำหนดคำคุณลักษณะไว้ล่วงหน้าและค้นหาคำที่เหมือนกันในชุดข้อความ (Katrekar & AVP, 2005) เช่น คำคุณลักษณะของการวิเคราะห์ความคิดเห็นเรื่องร้านอาหาร อาจประกอบด้วยคำว่า การบริการ อาหาร เครื่องมือ เมนู พนักงาน

นอกจากนี้ยังพบการตัดแยกคำออกเป็นประเภทอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อนำไปประกอบการวิเคราะห์จำแนกความคิดเห็น เช่น การตัดคำด้วย n-gram model การตัดแยกตามชนิดของคำ (เช่น คำคุณศัพท์ คำวิเศษณ์คำนาม คำกริยา) การตัดแยกคำที่เป็นสำนวน หรือการตัดแยกคำที่เป็นคำนิเสธ (Peng et al., 2017)

3) การเรียนรู้ของเครื่อง (training) เป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ให้เครื่องเรียนรู้และสร้างอัลกอริทึมหรือโมเดลสำหรับการจำแนกความคิดเห็นตามชุดข้อมูลตัวอย่าง (training set) โดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์ประเภท classification โดยเทคนิคที่พบในการใช้ทำการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment Analysis) เช่น เทคนิค Naïve Bayes (NB) เทคนิค support vector machine (SVM) และเทคนิค maximum entropy (ME) (Peng et al., 2017; Kharde & Sonawane, 2016)

4) การจำแนกข้อมูล (classification) หรือการทดสอบโมเดล (testing) เป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ชุดข้อมูลไม่มีการกำหนดหรือทราบถึงลักษณะของกลุ่มที่จำแนกได้มาก่อน (test set) โดยอัลกอริทึมหรือโมเดลการจำแนกที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยชุดข้อมูลตัวอย่างมาใช้งาน เพื่อให้ได้ผลการจำแนกความคิดเห็นตามนัยเชิงบวก และเชิงลบได้ตามเป้าหมายหรือตรงตามลักษณะของกลุ่มที่ต้องการ



ภาพ 2.14 การวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึกด้วยเทคนิค machine learning

(ปรับจาก Peng et al., 2017; Kharde & Sonawane, 2016)

## ตอนที่ 4 มโนทัศน์เกี่ยวกับตัวแปรวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 4.1 มโนทัศน์เกี่ยวกับความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย (research engagement) เป็นตัวแปรที่พัฒนามาจากตัวแปรความยึดมั่นผูกพัน (engagement) ซึ่งพบว่าถูกนำไปใช้เป็นฐานในการพัฒนาตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในหลายบริบท (สุทธิศาสนต์ ชุ่มวิจารณ์, 2558) โดยเฉพาะตัวแปรความยึดมั่นผูกพันของนักเรียน (student engagement) ที่มีความสำคัญทางการศึกษา เนื่องจากการมีความยึดมั่นในการเรียนสามารถนำไปสู่ผลลัพธ์เชิงบวกต่อการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น (Glanville & Wildhagen, 2007; Kuh et al., 2008) ในทางเดียวกันกับตัวแปรความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย



ที่พบว่ามีความสำคัญในการช่วยส่งเสริมกระบวนการตัดสินใจทางการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาทางวิชาชีพของครู (Borg & Liu, 2013)

### นิยามและองค์ประกอบของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย มักถูกกล่าวถึงในลักษณะของการมีพฤติกรรมหรือการมีส่วนร่วมเกี่ยวกับกิจกรรมทางการวิจัย ซึ่งพบว่ามีระดับของการยึดมั่นผูกพันที่แตกต่างกัน ทั้งในแง่ของความยึดมั่นกับการวิจัย (engagement with research) จากพฤติกรรมการอ่านงานวิจัย หรือความยึดมั่นในการวิจัย (engagement in research) จากพฤติกรรมการทำงานวิจัย (Bagaka's et al., 2015; Borg & Liu, 2013) หรือ การแบ่งระดับความยึดมั่นผูกพันตามลักษณะการใช้งานของผู้ใช้ ตั้งแต่ การเป็นผู้อ่านงานวิจัย การเป็นผู้ใช้งานวิจัย และการเป็นผู้ทำงานวิจัย (Del Mar & Askew, 2004) สอดคล้องกับ สุทธิศานต์ ชุ่มวิจารณ์ (2557) ที่พิจารณาความยึดมั่นผูกพันจากระดับการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการวิจัย 3 ลักษณะ ได้แก่ การอ่านงานวิจัย การนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ และการสร้างหรือผลิตงานวิจัย

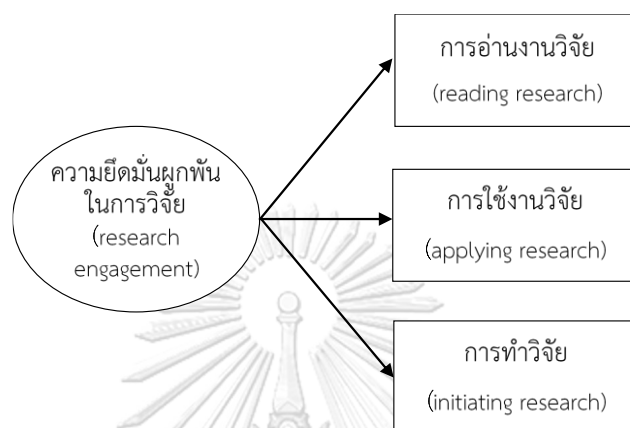
เนื่องจากการศึกษาในอดีตนั้น การระบุโครงสร้างของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยยังมีความไม่แน่นอน การวิจัยครั้งนี้จึงยึดการกำหนดนิยามและองค์ประกอบของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยตามแนวคิด สุทธิศานต์ ชุ่มวิจารณ์ (2557) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือการวัดความยึดมั่นผูกพันของการวิจัยของนักศึกษาระดับปริญญาเอก จากแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับความยึดมั่นผูกพันแนวคิดของตัวแปรและความสัมพันธ์เกี่ยวกับพฤติกรรมทางการวิจัยและการส่งเสริมด้านการวิจัย พร้อมทั้งมีการระบุองค์ประกอบการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยไว้อย่างชัดเจน โดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างและการทดสอบคุณภาพของเครื่องมือด้านความเที่ยงที่มีค่าสูง โดยมีรายละเอียดดังนี้

**ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย (research engagement)** หมายถึง การรับรู้ของผู้เรียนถึงคุณลักษณะของตนเองที่มีการปฏิบัติหรือพฤติกรรมที่จดจ่อในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในระหว่างที่ศึกษาอยู่ ในด้านพฤติกรรมการอ่านงานวิจัย ด้านการนำวิจัยไปใช้ และด้านการทำวิจัย โดยประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่

**1) การอ่านงานวิจัย (reading research)** หมายถึง พฤติกรรมการทำความเข้าใจกับเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในรูปแบบต่าง ๆ ผ่านสื่อต่าง ๆ โดยมีความยึดติดกับการอ่านเป็นเวลานาน มีการอ่านอย่างสม่ำเสมอ และมีความพยายามในการเอาชนะอุปสรรคที่เกิดในการอ่าน

**2) การใช้งานวิจัย (applying research)** หมายถึง พฤติกรรมที่ประยุกต์ความรู้ในด้านการวิจัย ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยและการทำวิจัยด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาตนเองและผู้อื่นในด้านวิชาการ และด้านทักษะการวิจัย รวมถึงการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลการวิจัย และระเบียบวิธีวิทยาการวิจัยต่าง ๆ กับผู้อื่น

3) การทำวิจัย (initiating research) หมายถึง พฤติกรรมที่ได้มีส่วนร่วมในการวิจัย ทั้งการมีส่วนร่วมทางตรง คือการทำวิจัยด้วยตนเอง หรือการมีส่วนร่วมทางอ้อม คือการช่วยเหลือหรือการทำวิจัยร่วมกับผู้อื่น มีความจดจ่ออยู่กับงานวิจัยที่ทำ ทำวิจัยอย่างมุ่งมั่น เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จได้อย่างคล่องและมีคุณภาพดี



ภาพ 2.15 โมเดลการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

#### 4.2 มโนทัศน์เกี่ยวกับเจตคติต่อการวิจัย

การศึกษาเกี่ยวกับเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้พบได้มากในการวิจัยทั้งการศึกษาเนื่องจากคุณลักษณะภายในของผู้เรียนที่มีบทบาทสำคัญและสามารถส่งผลต่อการเรียนรู้ได้ โดยพบว่ามีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน (learning achievement) หรือความสามารถทางการเรียน (learning performance) (Bakar et al., 2010; Ghaith, 2003) โดยเจตคติมีความเกี่ยวข้องกับความตั้งใจ (intention) ซึ่งสะท้อนถึงแรงจูงใจของบุคคล หรือเป็นการวางแผนของบุคคลถึงความพยายามที่จะแสดงพฤติกรรมหนึ่งๆ (Ajzen, 1991) กล่าวได้ว่า การมีเจตคติต่อการเรียนในระดับต่ำหรือการมีเจตคติเชิงลบมีแนวโน้มในการส่งผลต่อการแสดงออกของพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น การหลีกเลี่ยงการเรียนรู้หรือทำกิจกรรมได้ ทำให้ผู้เรียนอาจไม่ได้รับการพัฒนาความรู้หรือทักษะที่สำคัญจำเป็นอย่างเพียงพอ (Ghaith, 2003) ในขณะที่ผู้เรียนมีเจตคติต่อการเรียนในระดับสูงหรือมีเจตคติในทิศทางเชิงบวกก็มีแนวโน้มที่จะมองเห็นคุณค่าและความสำคัญต่อสิ่งนั้น ทำให้มีพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความตั้งใจในการหาโอกาสหรือเข้าร่วม สร้างประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อให้ตนได้พัฒนาความรู้และทักษะที่จำเป็นต่อไป (Hemmings et al., 2011) เช่นเดียวกับการมีเจตคติต่อการวิจัย ซึ่งกล่าวได้ว่าจะมีส่วนช่วยในการส่งเสริมและสร้างแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจและให้ความสำคัญต่อการวิจัย (Mallinckrodt & Gelso, 2002) รวมถึงมีความตั้งใจที่จะศึกษาหาความรู้และพัฒนาตนเองเกี่ยวกับการทำวิจัยที่มีคุณภาพต่อไป

### นิยามและองค์ประกอบของเจตคติต่อการวิจัย

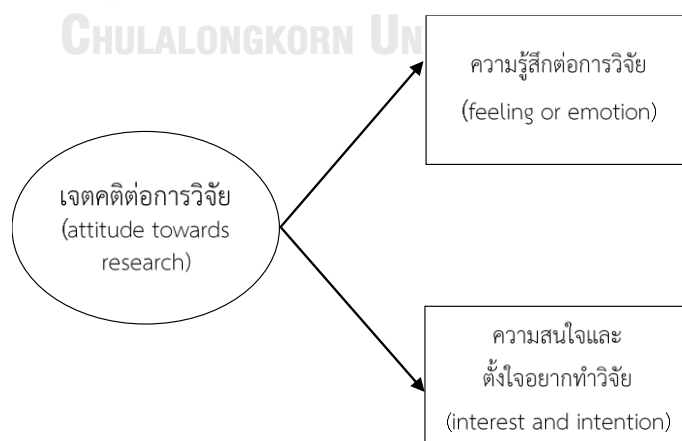
การศึกษาเกี่ยวกับเจตคติต่อการวิจัยพบว่า ถึงแม้งานวิจัยบางส่วนจะมีการแบ่งจำนวนองค์ประกอบที่แตกต่างกันไปแต่ทั้งนี้การให้ความหมายและองค์ประกอบที่ค่อนข้างสอดคล้องและครอบคลุมกัน โดยกล่าวถึงเจตคติต่อการวิจัยในแง่ของการประเมินค่าถึงประโยชน์ ความสำคัญเกี่ยวกับการวิจัย ความรู้สึกที่มีต่อการวิจัย (ทิพวรรณ ภัทรนุสรณ์, 2556; ธนาภา จีวทอง, 2560; ปิยพงษ์ คล้ายคลึง, 2555)

การวิจัยครั้งนี้จึงยึดการกำหนดนิยามและองค์ประกอบของเจตคติต่อการวิจัยตามโมเดลการวัดของ ธนาภา จีวทอง (2560) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือการวัดเจตคติต่อการวิจัยแบบเจตคติต่อการวิจัยแบบร่วมมือ โดยมีการแบ่งองค์ประกอบที่ครอบคลุมความหมายของเจตคติต่อการวิจัย และผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างและการทดสอบคุณภาพของเครื่องมือด้านความเที่ยงที่มีค่าสูง ทั้งนี้การกำหนดนิยามองค์ประกอบในส่วนนี้จะนำเสนออิงตามโมเดลการวัดของต้นฉบับ อย่างไรก็ตามการระบุนิยามจะปรับให้มีความสอดคล้องกับบริบทการศึกษาในครั้งนี้ โดยเป็นเจตคติที่มีต่อการวิจัยในแง่ของการเรียนทั่วไปแทนบริบทของการวิจัยแบบร่วมมือ มีรายละเอียดดังนี้

**เจตคติต่อการวิจัย (attitude towards research)** หมายถึง ความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักศึกษาครุที่มีต่อการวิจัยและการเรียนรู้เกี่ยวกับการวิจัย ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ความรู้สึกต่อการวิจัย หมายถึง การให้คุณค่าและความรู้สึกที่มีต่อการวิจัยและการเรียนรู้เกี่ยวกับการวิจัย

2) ความสนใจและตั้งใจอยากทำวิจัย หมายถึง การมีความสนใจอยากทำวิจัย มีความต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับการวิจัยเพื่อให้เกิดความรู้และพัฒนาทักษะการวิจัยให้ดีขึ้น



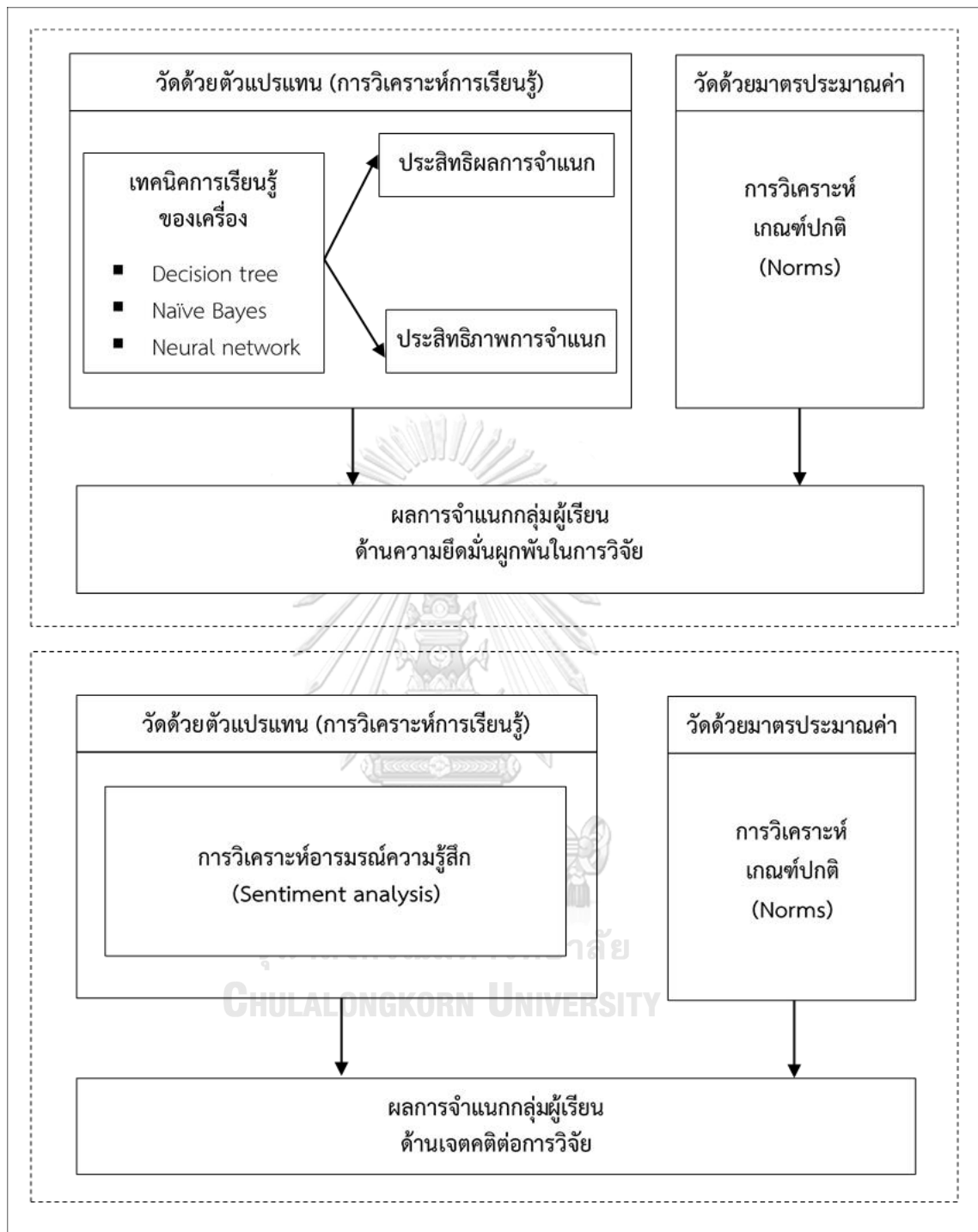
ภาพ 2.16 โมเดลการวัดเจตคติต่อการวิจัย

## ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษาเกี่ยวกับความยึดมั่นผูกพันและเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียนด้วยการวัดจากเครื่องมือแบบสอบถามมาตรฐานค่า เป็นการวัดผ่านข้อคำถามที่สร้างขึ้นตามโครงสร้างเชิงทฤษฎีของตัวแปรได้โดยตรง (ธนาภา จิวทอง, 2560; สุทธิศานต์ ชุ่มวิจารณ์, 2557) ในขณะที่การวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) จะใช้ข้อมูลการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบของผู้เรียนที่ถูกจัดเก็บไว้ในระบบการจัดการเรียนรู้ (log data) เป็นตัวแปรแทนของตัวแปรวิจัยเป้าหมายในการนำมาวิเคราะห์การเรียนรู้ โดยระหว่างกระบวนการวิจัยจะทำให้ได้สารสนเทศเกี่ยวกับตัวแปรแทนที่เหมาะสมต่อไป (Avella et al., 2016; Ferguson, 2012; Scheffel et al., 2014) โดยการศึกษาเพื่อจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้วยการใช้เครื่องมือหรือประเภทของวัดตัวแปรที่แตกต่างกันอาจมีแนวโน้มที่จะให้ผลการจำแนกผู้เรียนที่แตกต่างกันรวมถึงความแตกต่างในประเด็นที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาการจำแนกกลุ่มผู้เรียนตามความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยด้วยการวัด 2 ประเภท ได้แก่ การวัดด้วยตัวแปรแทน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้สามารถกล่าวแทนด้วยการวิเคราะห์การเรียนรู้ และการวัดด้วยข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรฐานค่า ทั้งนี้แต่ละตัวแปรวิจัยมีการใช้วิธีการวิเคราะห์ในส่วนของการวิเคราะห์การเรียนรู้ที่แตกต่างกัน โดยสามารถแสดงวิธีการที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนตามตัวแปรวิจัยหลักแต่ละตัวแปรได้ ดังนี้

การจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยมีการวัดที่แตกต่างกันและมีวิธีการวิเคราะห์เพื่อจำแนกผู้เรียน ประกอบด้วย 1) การวัดด้วยตัวแปรแทนหรือการวิเคราะห์การเรียนรู้ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน 3 เทคนิคในการจำแนกผู้เรียน ได้แก่ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) เนออีฟเบย์ (naive Bayes) และโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) 2) การวัดด้วยมาตรฐานค่า โดยใช้การวิเคราะห์เกณฑ์ปกติ (norms) ในการจำแนกผู้เรียน

สำหรับการจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยมีการวัดที่แตกต่างกันและมีวิธีการวิเคราะห์เพื่อจำแนกผู้เรียน ประกอบด้วย 1) การวัดด้วยตัวแปรแทนหรือการวิเคราะห์การเรียนรู้ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) 2) การวัดด้วยมาตรฐานค่า โดยใช้การวิเคราะห์เกณฑ์ปกติ (norms) ในการจำแนกผู้เรียน โดยกรอบแนวคิดการวิจัยสามารถแสดงได้ ดังภาพ 2.17



ภาพ 2.17 กรอบแนวคิดการวิจัย

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงอธิบาย โดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1. เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิผลของการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย ระหว่างการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง และ การใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย 1.1) เพื่อสำรวจและกำหนดเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าและแบบตัวแปรแทน (proxy variables) เพื่อใช้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ 1.2) เพื่อประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) เนออีฟเบย์ (naïve Bayes) และโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) ในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย และการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) ในการจำแนกเจตคติต่อการวิจัย สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ และ 2. เพื่อวิเคราะห์และเสนอตัวแปรแทนและโมเดลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดำเนินการวิจัย ประชากรและตัวอย่างวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

#### ประชากรและตัวอย่างวิจัย

ประชากร คือ นิสิตนักศึกษาในระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์และศึกษาศาสตร์

ตัวอย่างวิจัย คือ นิสิตนักศึกษาครุ ระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์และศึกษาศาสตร์ ที่กำลังเรียนรายวิชาเกี่ยวกับการวิจัยทางการศึกษา ในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2563 โดยตัวอย่างวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย 2 กลุ่ม ประกอบด้วย ตัวอย่างวิจัยกลุ่ม 1 คือ ตัวอย่างวิจัยในการวิเคราะห์การเรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องจากข้อมูลตัวแปรแทนที่เก็บรวบรวมข้อมูลจากระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ และตัวอย่างวิจัยกลุ่ม 2 คือ ตัวอย่างวิจัยในการศึกษาด้วยข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแบบสอบถามมาตรฐานค่า มีรายละเอียดดังนี้

ตัวอย่างวิจัยกลุ่ม 1 คือ นิสิตนักศึกษาครุ ระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์และศึกษาศาสตร์ ที่กำลังเรียนรายวิชาเกี่ยวกับการวิจัยทางการศึกษา ในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2563 จำนวน 255 คน ( $N_1=255$ ) ได้มาจากการเลือกตัวอย่างแบบก้อนหิมะ (snowball sampling) โดยเริ่มจากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจงจากนิสิตนักศึกษาที่กำลังเรียนรายวิชาเกี่ยวกับการวิจัยทางการศึกษา ในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ หรืออาจารย์ประจำวิชา ในการแนะนำผู้เรียนในตอนเรียนเดียวกันหรือเพื่อนร่วมรายวิชาต่อไป โดยตัวอย่างวิจัยมากจากหลากหลายสาขาวิชาและมหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตาม

หน่วยกิจกรรมออนไลน์ที่ออกแบบในระบบการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้มีข้อจำกัดที่ไม่ได้ออกแบบให้สามารถเก็บข้อมูลและระบุมูลค่าของผู้เรียน เช่น สาขาวิชา รายชื่อมหาวิทยาลัยได้ครบถ้วน

ตัวอย่างวิจัยกลุ่ม 2 คือ นิสิตนักศึกษาครู ระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์และศึกษาศาสตร์ที่กำลังเรียนรายวิชาเกี่ยวกับการวิจัยทางการศึกษา ในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2563 จำนวน 228 คน ( $N_2=228$ ) ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (simple random sampling) ประกอบด้วยเพศหญิงจำนวน 172 คน คิดเป็นร้อยละ 75.4 และเพศชายจำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 24.6 ตัวอย่างวิจัยส่วนใหญ่มีเกรดเฉลี่ยสะสม 3.51-4.00 จำนวน 105 คน คิดเป็นร้อยละ 46.05 รองลงมาคือ 3.01-3.50 จำนวน 93 คน คิดเป็นร้อยละ 40.80 นอกจากนี้ตัวอย่างวิจัยมาจากหลากหลายสาขาวิชา โดยส่วนใหญ่เป็นสาขาวิชาด้านวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 121 คน คิดเป็นร้อยละ 53.07 รองลงมาคือสาขาวิชาด้านมนุษยศาสตร์-สังคมศาสตร์ จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 11.40 สาขาวิชาด้านเทคโนโลยีการศึกษาหรือคอมพิวเตอร์ จำนวน 18 คน ร้อยละ 7.90 และสาขาวิชาด้านจิตวิทยา จำนวน 16 คน ร้อยละ 7.02 โดยตัวอย่างวิจัยส่วนที่เหลือมาจากสาขาวิชาอื่น ๆ รวมกัน

#### ตัวแปรวิจัยและนิยามเชิงปฏิบัติการ

ตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย และเจตคติต่อการวิจัย โดยมีรายละเอียดของนิยามตัวแปรตามการวัดแบบตัวแปรแทน และการวัดเชิงจิตวิทยา ดังนี้

##### นิยามของตัวแปรวิจัยตามการวัดแบบตัวแปรแทน

**ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย (research engagement)** หมายถึง ระดับพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีปฏิสัมพันธ์ต่อระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์เกี่ยวกับการวิจัยทางการศึกษาและการเข้าเรียนรู้และทำกิจกรรมที่กำหนดในระบบ รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์กับส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบทั้งที่เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงการเรียนรู้โดยตรงและทางอ้อม

**เจตคติต่อการวิจัย (attitude towards research)** หมายถึง การแสดงออกถึงเจตคติต่อการวิจัยผ่านการเขียนข้อความในกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนมุมมอง อารมณ์ ความรู้สึกและความคิดเห็นที่มีต่อการวิจัยหรือการเรียนรู้เกี่ยวกับวิจัยทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ

##### นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรวิจัยตามการวัดเชิงจิตวิทยา

**ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย (research engagement)** หมายถึง ระดับการรับรู้ของนักศึกษาครูเกี่ยวกับคุณลักษณะของตนเองที่มีการปฏิบัติหรือพฤติกรรมจดจ่อในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในระหว่างช่วงเวลาการเรียนในรายวิชาวิจัย ไม่ว่าจะการเรียนในชั้นเรียน นอกห้องเรียนหรือในระบบการจัดการเรียนรู้ ทั้งพฤติกรรมกรรมการอ่านงานวิจัย การนำวิจัยไปใช้ และการทำวิจัย โดยวัดจาก 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1) การอ่านงานวิจัย (reading research) หมายถึง ระดับพฤติกรรมที่ผู้เรียนมีต่อการทำความเข้าใจกับเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในรูปแบบต่าง ๆ ผ่านสื่อต่าง ๆ โดยมีความยึดติดกับการอ่านเป็นเวลานาน มีการอ่านอย่างสม่ำเสมอ

2) การใช้งานวิจัย (applying research) หมายถึง ระดับพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีต่อการประยุกต์ความรู้ในด้านการวิจัยที่ได้จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยเพื่อพัฒนาตนเองทั้งในด้านความรู้และด้านทักษะการวิจัย รวมถึงการแลกเปลี่ยนความรู้จากการอ่านงานวิจัย เช่น ผลการวิจัย และระเบียบวิธีวิทยาการวิจัยต่าง ๆ กับผู้อื่น

3) การทำวิจัย (initiating research) หมายถึง ระดับพฤติกรรมของผู้เรียนต่อการที่ได้มีส่วนร่วมในการวิจัย ไม่ว่าจะเป็นการมีส่วนร่วมทางตรง คือการทำวิจัยด้วยตนเอง หรือการมีส่วนร่วมทางอ้อม คือการช่วยเหลือหรือการทำวิจัยร่วมกับผู้อื่น มีความจดจ่ออยู่กับงานวิจัยที่ทำ

**เจตคติต่อการวิจัย (attitude towards research)** หมายถึง ความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักศึกษาครูที่มีต่อการวิจัยและการเรียนรู้เกี่ยวกับการวิจัย โดยวัดจาก 2 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ความรู้สึกต่อการวิจัย หมายถึง การให้คุณค่าและความรู้สึกที่มีต่อการวิจัยและการเรียนรู้เกี่ยวกับการวิจัย

2) ความสนใจและตั้งใจอยากทำวิจัย หมายถึง การมีความสนใจอยากทำวิจัย มีความต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับการวิจัยเพื่อให้เกิดความรู้และพัฒนาทักษะการวิจัยให้ดีขึ้น

### เครื่องมือวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยเครื่องมือวิจัยหรือเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 ส่วน ได้แก่ เครื่องมือวิจัยสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทตัวแปรแทน และเครื่องมือวิจัยประเภทแบบสอบถามมาตรฐานค่า มีรายละเอียดดังนี้

#### 1. เครื่องมือวิจัยสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทตัวแปรแทน

การเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทตัวแปรแทนในครั้งนี้เก็บรวบรวมผ่านระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ที่ออกแบบและสร้างสำหรับการเรียนรู้และทำกิจกรรมในหัวข้อเกี่ยวกับการวิจัย สำหรับระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์และศึกษาศาสตร์ที่กำลังเรียนรายวิชาเกี่ยวกับการวิจัยทางการศึกษา ในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2563 เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้



## 1. การสำรวจรายการตัวแปรแทนที่เป็นไปได้สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์การเรียนรู้ที่ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้อง หรือมีความคล้ายคลึงกับตัวแปรความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย

1.2 รวบรวมและจัดกลุ่มรายการตัวแปรแทนที่พบในเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ บันทึกข้อมูลตามหมวดหมู่ของประเภทตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ที่พบ เช่น ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับส่วนเนื้อหา ส่วนแบบฝึกหัด หรือส่วนที่เป็นกระดานสนทนา โดยข้อมูลจากการสำรวจรายการตัวแปรแทนจะเป็น แนวทางในการตีความตัวแปรแทนที่เกี่ยวข้องที่ได้จากระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์เกี่ยวกับการ วิจัยในครั้งนี้และคัดเลือกตัวแปรแทนที่มีความสมเหตุสมผลในการสะท้อนตัวแปรเป้าหมายเพื่อใช้ในการ วิเคราะห์การเรียนรู้ ตัวอย่างรายการตัวแปรแทนจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แสดงได้ดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 การบันทึกข้อมูลตัวอย่างรายการตัวแปรแทนที่ได้จากการสำรวจ

ประเภทของตัวแปร	ตัวแปรแทน
<b>ตัวแปรแทนในการวัดความยึดมั่นผูกพันของนักเรียน (student engagement)</b>	
<b>ตัวแปรประเภทความถี่ (frequency)</b>	
จำนวนครั้งโดยรวมที่เข้าสู่ระบบ	- login frequency/ LMS visit frequency
จำนวนครั้งการเข้าศึกษาในแต่ละ ส่วนประกอบของบทเรียน	- number of course notifications viewing - number of learning materials viewing - clicking of the play button in a browser for an educational video - number of views of theory pages
จำนวนของชิ้นงานที่ผู้เรียนอัป โหลดหรือทำเสร็จสมบูรณ์	- number of course questionnaires completed by the student - number of reflection notes made by the student - number of assignments completed and uploaded by the student
จำนวนครั้งของกิจกรรมเกี่ยวกับการ มีปฏิสัมพันธ์ทางการเรียน ของนักเรียน	- number of topics posted on discussion forum - number of questions posted on discussion forum - number of posts responded on discussion forum - number of answers posted on discussion forum
จำนวนครั้งของการเข้าทำ แบบทดสอบหรือแบบฝึกหัด	- number of quiz attempts - number of hints called for
<b>ตัวแปรแทนในการวัดเจตคติของผู้เรียน (attitude)</b>	
<b>ตัวแปรประเภทข้อความ (words)</b>	
จำนวนของประเภทคำใน ข้อความ	- number of positive words in sentences - number of negative words in sentences
จำนวนของข้อความแต่ละ ประเภท	- number of positive messages - number of negative messages

### 1.3 การสร้างบทเรียนในระบบการจัดการเรียนรู้ (LMS) สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้

ขั้นนี้เป็นการสร้างบทเรียนในระบบการจัดการเรียนรู้ (LMS) เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรของผู้เรียนที่ได้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบ (log data) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวแปรแทน (proxy variables) ของตัวแปรความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย สำหรับเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์การเรียนรู้ มีขั้นตอนที่เกี่ยวข้องคือ

1) การออกแบบโครงสร้างบทเรียนในระบบการจัดการเรียนรู้ เช่น การกำหนดประเด็นเนื้อหา สื่อกิจกรรม แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ การกำหนดชิ้นงาน หรือการออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับโครงสร้างเนื้อหาและประเด็นหัวข้อสำคัญที่สอดคล้องกับการเรียนในรายวิชาการวิจัยทางการศึกษา เพื่อการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียน ดังตัวอย่างในตาราง 3.2 และภาคผนวก

ตาราง 3.2 ตัวอย่างการออกแบบกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้

หน่วยกิจกรรมหลักที่ 1: การกำหนดปัญหาวิจัย	
หน่วยกิจกรรม 1.1 เรียงร้อยอย่างไรให้เชื่อมโยง	
ลักษณะกิจกรรม	ผู้เรียนพิจารณาที่มาและความสำคัญของปัญหาที่ยกมาจากงานวิจัยหนึ่งและเรียงลำดับการนำเสนอเนื้อหาให้สอดคล้องและเหมาะสม ด้วยการลากและวาง (drag and drop) ลงพื้นที่ที่จัดแบ่งไว้เป็นลำดับ มีการตรวจคำตอบและบอกคะแนนทันทีหลังกดส่ง และผู้เรียนสามารถทำใหม่ได้หลายครั้งจนกว่าจะเรียงลำดับถูกต้องทั้งหมด หรือตามความพอใจ
หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม	นำส่วนของการนำเสนอที่มาจากความสำคัญของปัญหาจากบทความวิจัยให้ผู้เรียนศึกษาและพิจารณาการเขียนในภาพใหญ่ โดยนำมา ๆ มาตัดแบ่งเป็นส่วนย่อยตามย่อหน้าของเนื้อหา และวางตำแหน่งใหม่ในหน้ากิจกรรมแบบสลับและไม่เชื่อมโยงกัน เพื่อให้ผู้เรียนพิจารณาการเขียนแต่ละส่วนและจัดเรียงลำดับการนำเสนอใหม่ให้ออกมาเป็นการนำเสนอที่มาจากความสำคัญของปัญหาที่เหมาะสม
เป้าหมายที่คาดหวัง	เพื่อให้ผู้เรียนมองเห็นภาพรวมของการเขียนที่มาจากความสำคัญของปัญหาในแต่ละส่วนมีการนำเสนอหรือบอกเล่าประเด็นที่เชื่อมต่อกันในแต่ละย่อหน้าเป็นลำดับอย่างสอดคล้อง เป็นเหตุเป็นผลรองรับกัน จนนำไปสู่การนำเสนอข้อเสนอที่จะศึกษาวิจัยในท้ายที่สุด
หน่วยกิจกรรมหลักที่ 2: สมมุติฐานการวิจัย	
หน่วยกิจกรรม 2.3 ชุดแบบทดสอบทบทวนเรื่องสมมุติฐาน	
ลักษณะกิจกรรม	ผู้เรียนทำแบบทดสอบเกี่ยวกับสมมุติฐานการวิจัย โดยพิจารณาคำถามและเลือกตอบตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุด มีการตอบหลายรูปแบบ ได้แก่ การเลือกตอบจากหลายตัวเลือก (multiple choice) การจับคู่ (matching) และการลากและวางลงพื้นที่ที่จัดแบ่งไว้ (drag and drop)
หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม	เป็นกิจกรรมที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบที่มีการถามประเด็นย่อยหลายประเด็นแตกต่างกันไป เพื่อเป็นการให้ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้ทั้งจากการทำกิจกรรมในระบบและการเรียนในห้องเรียน
เป้าหมายที่คาดหวัง	เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับสมมุติฐานในงานวิจัยมากยิ่งขึ้น ได้แก่ ความหมายของ สมมุติฐาน ที่มาของสมมุติฐาน ความสอดคล้องระหว่างสมมุติฐานการวิจัยและข้อมูลสนับสนุน รวมถึงลักษณะของสมมุติฐานแต่ละประเภทตามการแบ่งที่แตกต่างกัน

## 2) การสร้างบทเรียนในระบบการจัดการเรียนรู้ตามโครงสร้างบทเรียนที่ออกแบบไว้

ระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ โดยในการวิจัยครั้งนี้ให้ชื่อว่า หน่วยกิจกรรมออนไลน์การอ่านงานวิจัยเพื่อการเรียนรู้ (reading for learning) ประกอบด้วยหน่วยกิจกรรมในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย คือ 1. การกำหนดปัญหาวิจัย 2. สมมุติฐานในงานวิจัย 3. ตัวแปรวิจัยและกรอบแนวคิดการวิจัย 4. การวิจัยเชิงสำรวจ 5. การวิจัยเชิงทดลอง และกิจกรรมเสริมคือ การแบ่งปันงานวิจัยและการร่วมกันสร้างคลังคำศัพท์เกี่ยวกับการวิจัย ทั้งนี้กิจกรรมในหน่วยการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่เน้นการอ่านตัวอย่างงานวิจัยที่กำหนดให้รวมถึงการนำความรู้จากการเรียนในชั้นเรียนมาใช้ในการตอบคำถามซึ่งจะเป็นแหล่งเรียนรู้ที่สามารถช่วยส่งเสริมและทบทวนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวิจัยและสถิติที่เกี่ยวข้อง รวมถึงฝึกทักษะเกี่ยวกับการอ่านงานวิจัยสำหรับผู้เรียนไปพร้อมกับการเรียนในรายวิชาในชั้นเรียน แสดงตัวอย่างได้ดัง ภาพ 3.1 และภาพ 3.2

ระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ครั้งนี้พัฒนาขึ้นบนเว็บไซต์และฐานข้อมูลบริการระบบอีเลิร์นนิ่ง Moodle โดยลักษณะกิจกรรมส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบอินเทอร์แอคทีฟ (interactive content) ที่ผู้เรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์ได้ต่อบริบบนได้ รวมไปถึงกิจกรรมในรูปแบบที่ให้ผู้เรียนได้สร้างเนื้อหาหรือคำตอบไว้ในกิจกรรม เช่น การแบ่งปันงานวิจัย การบันทึกหรือสร้างคำศัพท์ หรือกระดานสนทนา โดยระบบจะรวบรวมและบันทึกข้อมูลพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีปฏิสัมพันธ์กับระบบในแต่ละครั้งหรือในแต่ละกิจกรรมในรูปแบบของข้อมูล log file หรือ log data ซึ่งการวิจัยครั้งนี้จะนำมาใช้เป็นตัวแปรแทน (proxy variables) ของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

## ตัวอย่างหน่วยกิจกรรมออนไลน์การอ่านงานวิจัยเพื่อการเรียนรู้ (reading for learning)

ยินดีต้อนรับผู้เรียนสู่ระบบออนไลน์เกี่ยวกับการอ่านงานวิจัยเพื่อส่งเสริมความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวิจัย

**Reading For Learning**  
Reading research articles for enhancing learning about research

นิสิตสามารถเข้าทำกิจกรรม เพื่อการฝึกหัดและทบทวน ได้ทุกที่ทุกเวลา และเข้าได้ตามต้องการ โดยไม่จำเป็นต้องเรียงตามลำดับหัวข้อ





- มาแบ่งปันงานวิจัยกันเถอะ
- ร่วมด้วยช่วยกันสร้างคลังคำศัพท์

### 1. การกำหนดปัญหาวิจัย

อ่านงานวิจัยเพื่อหาความเชื่อมโยงระหว่างปัญหาวิจัย ชื่อเรื่อง และวัตถุประสงค์ รวมถึงส่วนประกอบของที่มาและความสำคัญของปัญหา







- MC เรียงร้อยอย่างไรให้เชื่อมโยง
- MC ส่วนประกอบของการเขียนที่มาและความสำคัญของปัญหา
- MC ชื่อเรื่องงานวิจัยออกจะไร่ม่าง
- ปัญหาเหล่านี้ ควรชื่อเรื่องเช่นไร
- ลงทะเบียนเรียนรู้ออนไลน์

**3. ตัวแปรวิจัยและกรอบแนวคิดการวิจัย**

-  ตัวแปรและกรอบแนวคิด 1: การเรียนการสอนคีบอร์ดโดยใช้เกม Music Land ☑
-  ตัวแปรและกรอบแนวคิด 2: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีเหตุผล ☑
-  [Quiz] ตัวแปรวิจัยนาสงสัย ☑
-  สะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง 3 ☑

---

**4. การวิจัยเชิงสำรวจ**

-  งานวิจัย 1: ความเชื่อมั่นและความสำเร็จของสถาบันหนังสือพิมพ์ ☑
-  ↳ ประชากรและการได้มาซึ่งตัวอย่างควรเป็นอย่างไร (งานวิจัย 1) ☑
-  งานวิจัย 2: การสำรวจพฤติกรรมกรรมการสมุหหรี ☑
-  ↳ เสนอแนวทางใหม่ในการได้มาซึ่งตัวอย่าง (งานวิจัย 2) ☑
-  รวมอภิปรายเกี่ยวกับการวิจัยเชิงสำรวจ ☑
-  สะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง 4 ☑

ภาพ 3.1 ตัวอย่างหน้าหลักของระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์การอ่านงานวิจัยเพื่อการเรียนรู้

**ความเป็นมาและความสำคัญ**

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (classroom action research: CAR) เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับครูในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่ได้อยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Phillips & Carr, 2006; สวิมล ว่องวานิช, 2553) การทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนของครูกควรดำเนินควบคู่ไปพร้อมกับการจัดการเรียนรู้ไม่ควรแยกจากกัน แต่ในปัจจุบันครูกมองว่าการวิจัยเป็นหน้าที่ของบุคคลอื่นจะทำวิจัยก็ต่อเมื่อต้องการขอตำแหน่งทางวิชาการเท่านั้น และยังมีมองว่าการทำวิจัยเป็นการเพิ่มภาระงานอีกด้วย (Hemsley-Brown & Sharp, 2004)

ปัญหาที่เกิดขึ้นสะท้อนให้เห็นว่าครูกยังไม่เห็นประโยชน์ที่แท้จริงที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยขาดความตระหนักและยังม่เจตคติที่ดีต่อการวิจัย ถึงแม้ว่าในปัจจุบันหน่วยงานที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นโรงเรียนหรือสำนักงานเขตพื้นที่จะจัดอบรมครูกให้มีความรู้ความสามารถด้านการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนอย่างต่อเนื่อง แต่การอบรมนั้นส่วนใหญ่มักจะเน้นให้ครูกมีความรู้และทักษะเท่านั้นยังขาดการปลูกฝังให้ครูกเกิดความตระหนักและมีเจตคติที่ดีต่อการวิจัย ส่งผลได้จากผลการวิจัยต่าง ๆ ที่สะท้อนว่าถึงความคิดเห็นในแง่ลบของครูกที่มีต่อการทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Bors, 2007) ดังนั้นการส่งเสริมให้ครูกมีความรู้ความสามารถด้านการวิจัยยังไม่เพียงพอที่จะทำให้ครูกใช้การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ ควรส่งเสริมให้ครูกเกิดความตระหนัก มีเจตคติที่ดีต่อการวิจัยและเชื่อมั่นหรือมั่นใจที่จะทำวิจัยควบคู่กันไปด้วย (McSherry, Artley, & Holloran, 2006)

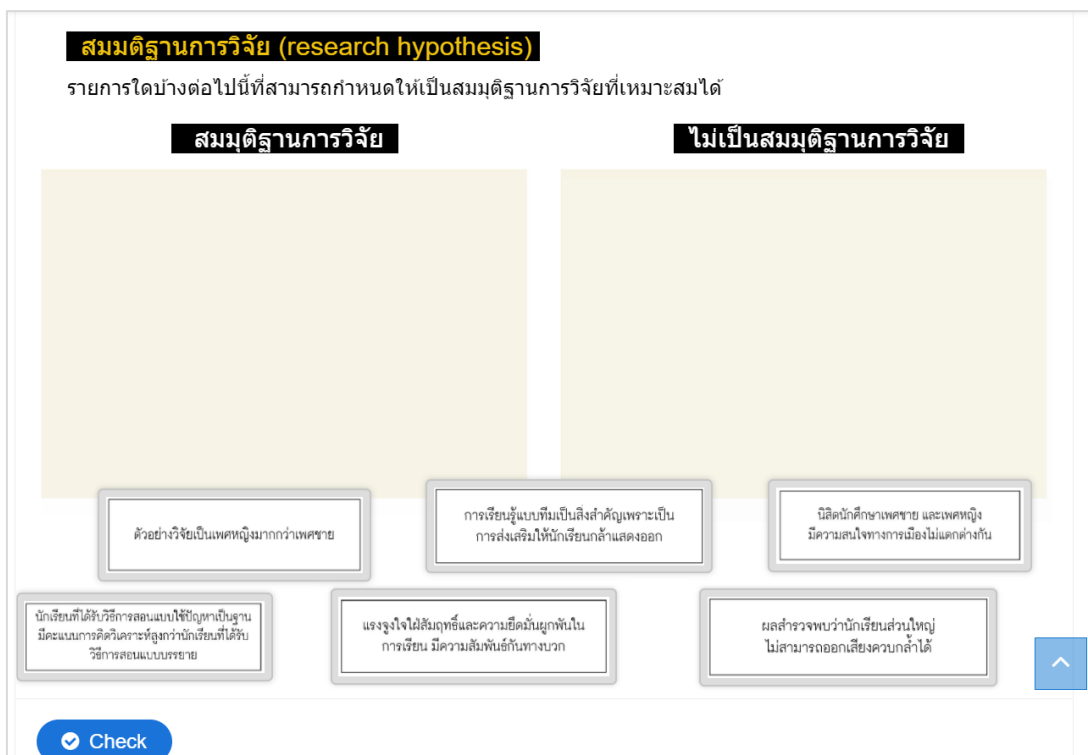
**ลากข้อความและวางให้สอดคล้องกับประเด็นที่หนด**

- 1 ความสำคัญหรือสภาพที่ควรจะเป็น (what should be)
- 2
- 3 สภาพปัจจุบันของปัญหา (what is/ problem situation)
- 4
- 5
- 6

เหตุผลสนับสนุนสภาพปัญหา

Check

◀ 4 / 11 ▶



ภาพ 3.2 ตัวอย่างกิจกรรมภายในหน่วยกิจกรรมออนไลน์การอ่านงานวิจัยเพื่อการเรียนรู้

## 2. เครื่องมือวิจัยประเภทแบบสอบถามมาตรฐานค่า

เครื่องมือวิจัยประเภทแบบสอบถามมาตรฐานค่าในครั้งนี้ เป็นการคัดเลือกเครื่องมือวิจัยที่มีการสร้างและพัฒนามาแล้ว ทั้งนี้ผลการสำรวจและกำหนดเครื่องมือวิจัยหรือเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าเป็นส่วนหนึ่งในวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 1.1 เพื่อสำรวจและกำหนดเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าและแบบตัวแปรแทน (proxy variables) เพื่อใช้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ ดังนั้นส่วนต่อไปนี้จะนำเสนอขั้นตอนการได้มาซึ่งเครื่องมือวิจัย สำหรับผลการใช้เครื่องมือวิจัยในด้านคุณภาพของเครื่องมือจะนำเสนอในบทที่ 4 ต่อไป

1) สำรวจเครื่องมือวัดตัวแปรความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย ที่ปรากฏในเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) พิจารณากระบวนการสร้างเครื่องมือ รวมถึงโมเดลการวัดตัวแปรความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย และนิยามปฏิบัติการที่สามารถนำมาปรับใช้ในบริบทการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้อย่างเหมาะสม

3) เลือกเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าที่จะนำมาใช้เป็นเครื่องมือวิจัยครั้งนี้ โดยพิจารณาตามเกณฑ์คือเป็นเครื่องมือมีคุณภาพเหมาะสมตามเกณฑ์การสร้างเครื่องมือและผ่านการทดลองใช้

และปรับปรุงมาแล้ว โดยจากการคัดเลือกและพิจารณาเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าตามเกณฑ์ที่กำหนด ทำให้ได้เครื่องมือการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่จะนำไปปรับใช้ต่อไปดังตาราง 3.3 คือ

1. เครื่องมือการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย ที่พัฒนาโดย สุทธิศานต์ ชุ่มวิจารณ์ (2557)
2. เครื่องมือการวัดเจตคติต่อการวิจัยแบบร่วมมือ ที่พัฒนาโดย ธนาภา จิวทอง (2560)

ตาราง 3.3 เครื่องมือวิจัยที่คัดสรรจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิยามตัวแปร	องค์ประกอบ	ตัวอย่างข้อคำถาม	คุณภาพเครื่องมือ
<b>ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย</b>	3 องค์ประกอบ คือ		ค่าความเที่ยงของเครื่องมือ = .95
หมายถึง การรับรู้ของนักศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะของตนเองที่มีพฤติกรรมจดจ่อในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในระหว่างที่ศึกษาในระดับปริญญาเอก ทั้งพฤติกรรมการทำงานวิจัย การนำวิจัยไปใช้ และการทำวิจัย	1) การอ่านงานวิจัย (reading research) <u>นิยามองค์ประกอบ:</u> การทำความเข้าใจกับเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในรูปแบบต่าง ๆ ผ่านสื่อต่าง ๆ โดยมีความยึดติดกับการอ่านเป็นเวลานาน มีการอ่านอย่างสม่ำเสมอ และมีความพยายามในการเอาชนะอุปสรรคที่เกิดในการอ่าน	1) การอ่านงานวิจัย - ท่านอ่านงานวิจัยต่อเนื่องเป็นเวลานาน - ท่านจัดสรรเวลาสำหรับค้นคว้าและอ่านงานวิจัยจนเป็นวิถีชีวิตปกติของท่าน	ค่าความเที่ยงรายองค์ประกอบ: 1) การอ่านงานวิจัย = .93
	2) การใช้งานวิจัย (applying research) <u>นิยามองค์ประกอบ:</u> พฤติกรรมที่ประยุกต์ความรู้ในด้านการวิจัย ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยและการทำวิจัยด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาตนเองและผู้อื่นในด้านวิชาการและด้านทักษะการวิจัย รวมถึงการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลการวิจัย และระเบียบวิธีวิทยาการวิจัยต่าง ๆ กับผู้อื่น	2) การใช้งานวิจัย - ท่านชอบเรียนรู้เนื้อหาในสาขาวิชาของตนเองจากงานวิจัย - ท่านนำความรู้จากงานวิจัยมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับคนอื่นเป็นประจำ	2) การใช้งานวิจัย = .93
	3) การทำวิจัย (initiating research) <u>นิยามองค์ประกอบ:</u> พฤติกรรมที่ได้มีส่วนร่วมในการวิจัย ไม่ว่าจะเป็นการมีส่วนร่วมทางตรง คือการทำวิจัยด้วยตนเอง หรือการมีส่วนร่วมทางอ้อม คือการช่วยเหลือหรือการทำวิจัยร่วมกับผู้อื่น มีความจดจ่ออยู่กับงานวิจัยที่ทำ ทำวิจัยอย่างมุ่งมั่น เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จได้อย่างคล่องและมีคุณภาพดี	3) การทำวิจัย - แม้การทำวิจัยจะเป็นเรื่องยากแต่ท่านก็มุ่งมั่นตั้งใจทำให้สำเร็จให้ได้ - ท่านมีความมุ่งมั่นต่อการเขียนรายงานวิจัยให้สำเร็จภายในเวลาที่วางแผนไว้	3) การทำวิจัย = .94

นิยามตัวแปร	องค์ประกอบ	ตัวอย่างข้อความ	คุณภาพเครื่องมือ
<b>เจตคติต่อการวิจัยแบบร่วมมือ</b>  หมายถึง ความคิดเห็นหรือความรู้สึกของครูที่มีต่อการใช้แนวคิดของการทำวิจัยแบบร่วมมือในการปฏิบัติงาน	2 องค์ประกอบ คือ  1) ความรู้สึกต่อการทำวิจัยแบบร่วมมือ <u>นิยามองค์ประกอบ:</u> การเห็นคุณค่าของการวิจัยแบบร่วมมือ และมีความรู้สึกที่ดีต่อการวิจัยแบบร่วมมือ  2) ความสนใจและตั้งใจอยากทำวิจัยแบบร่วมมือ <u>นิยามองค์ประกอบ:</u> ความสนใจอยากทำวิจัยร่วมกับเพื่อน และมีความตั้งใจมุ่งมั่นจะทำให้สำเร็จ ให้ความร่วมมือในกลุ่ม และรับผิดชอบต่อหน้าที่ตนเอง	1) ความรู้สึกต่อการทำวิจัยแบบร่วมมือ - การวิพากษ์หรือสะท้อนคิดของเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม เป็นหนทางที่ทำให้การวิจัยในชั้นเรียนมีคุณภาพยิ่งขึ้น - การร่วมกันวางแผน คิด และลงมือทำวิจัยร่วมกันเป็นกลุ่ม มีโอกาสทำได้นวัตกรรมใหม่ที่มีประสิทธิผลมากกว่าการคิดเพียงคนเดียว  2) ความสนใจและตั้งใจอยากทำวิจัยแบบร่วมมือ - ท่านเชื่อมั่นว่าตนเองสามารถทำวิจัยร่วมมือกับเพื่อนคนอื่นได้ประสบความสำเร็จ - ท่านรู้สึกอยากเข้าร่วมกลุ่มทำวิจัยกับเพื่อนครูเพื่อแก้ปัญหาของนักเรียน	ค่าความเที่ยงของเครื่องมือ = .834  ค่าความเที่ยงรายองค์ประกอบ  1) ความรู้สึกต่อการทำวิจัย = .777  2) ความสนใจและตั้งใจอยากทำวิจัย = .822

4) กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ โดยการปรับจากนิยามองค์ประกอบตามโครงสร้างของตัวแปรในเครื่องมือวิจัยที่คิดสรรมาเพื่อให้สอดคล้องกับขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้ และเพื่อนำไปใช้ร่วมกับการคัดเลือกตัวแปรแทนในลำดับต่อไป ตัวแปรวิจัยในการวิจัยครั้งนี้

5) สร้างแบบสอบถามแบบมาตราประมาณค่าความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย โดยปรับปรุงข้อความจากเครื่องมือวัดที่คิดสรรมา ให้สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการและขอบเขตของการศึกษาในวิจัยครั้งนี้ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งจะนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดแบบตัวแปรแทนในการวิจัยขั้นตอนต่อไป โดยมีตัวอย่างข้อความและโครงสร้างของแบบสอบถามมาตราประมาณค่า ดังตาราง 3.4 และตาราง 3.5 ตามลำดับ

ตาราง 3.4 ตัวอย่างข้อคำถามในแบบสอบถามมาตรฐานค่า

ตัวแปร	แนวข้อคำถาม
ตอนที่ 2 ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย เช่น	
การอ่านงานวิจัย	- ทำนอ่านงานวิจัยที่กำหนดให้ในบทเรียนต่อเนื่องเป็นเวลานาน - ทำนอ่านงานวิจัยที่กำหนดให้ในบทเรียนครบทุกงานวิจัย
การใช้งานวิจัย	- ทำนนำความรู้จากงานวิจัยมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับคนอื่นผ่านกระดานสนทนาเป็นประจำ
การทำวิจัย	- ทำนทำชิ้นงานเกี่ยวกับการวิจัยตามที่มอบหมายให้สำเร็จภายในเวลาที่กำหนด
ตอนที่ 3 เจตคติต่อการวิจัย เช่น	
ความรู้สึกต่อการวิจัย	- การทำวิจัยเป็นเรื่องที่สนุกและท้าทาย - การอ่านงานวิจัยให้ความรู้ที่จะนำไปใช้ได้
ความสนใจและตั้งใจอยากทำวิจัย	- ทำนมีความคิดใหม่ ๆ เกี่ยวกับประเด็นที่ต้องการทำวิจัยในอนาคต - ทำนอยากเรียนรู้เกี่ยวกับการวิจัยหลาย ๆ รูปแบบ

ตาราง 3.5 โครงสร้างจำนวนข้อคำถามของแต่ละตัวแปรในแบบสอบถามมาตรฐานค่า

ตัวแปรวิจัย	องค์ประกอบ	จำนวนข้อคำถาม
ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย	การอ่านงานวิจัย	10
	การใช้งานวิจัย	9
	การทำวิจัย	10
รวม		29
เจตคติต่อการวิจัย	ความรู้สึกต่อการวิจัย	5
	ความสนใจและตั้งใจอยากทำวิจัย	5
รวม		10
รวมทั้งหมด		39

6) การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถาม โดยนำแบบสอบถามการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่ปรับข้อคำถามจากเครื่องมือวัดที่คิดสรรให้อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีวิทยาการวิจัย เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ รวมไปถึงความครอบคลุมของเนื้อหา ความถูกต้องและความชัดเจนของการใช้ภาษาในการสื่อสาร และนำไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่มีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่างวิจัย ก่อนนำไปเก็บข้อมูลจริงกับตัวอย่างวิจัยเป้าหมาย และนำผลการเก็บข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือด้วยความเที่ยง (reliability) และความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) อีกครั้ง โดยผลการตรวจสอบคุณภาพนำเสนอในบทที่ 4 ส่วนของการตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 1.1



## การเก็บและรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูลผ่านระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ซึ่งให้ว่า หน่วยกิจกรรมออนไลน์การอ่านงานวิจัยเพื่อการเรียนรู้ (reading for learning) ในการรวบรวมข้อมูลของตัวแปรพฤติกรรมจริงของผู้เรียนที่มีปฏิสัมพันธ์กับระบบในลักษณะของ log file หรือ log data เพื่อกำหนดเป็นตัวแปรแทน (proxy variables) และใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการวิเคราะห์การเรียนรู้สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามมาตรฐานค่านั้นผู้วิจัยมีการแทรกส่วนการตอบแบบสอบถามในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ อย่างไรก็ตามเนื่องจากผู้เรียนในระบบการจัดการเรียนรู้มีการให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมแตกต่างกันไปซึ่งผู้เรียนสามารถที่จะไม่ทำกิจกรรมครบถ้วนได้ ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลเพียงพอต่อการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้การแจกแบบสอบถามมาตรฐานค่าให้ตัวอย่างวิจัยนอกระบบการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติม โดยมีระยะเวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 2 เดือน

ทั้งนี้ข้อมูลจากระบบการจัดการเรียนรู้การอ่านงานวิจัยเพื่อการเรียนรู้ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรแทน (proxy variables) โดยเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องตั้งแต่การเข้าทำกิจกรรมในระบบครั้งแรกจนถึงครั้งสุดท้ายของผู้เรียนแต่ละคน ทำให้การเข้าใช้ระบบต้องมีการระบุตัวตนของผู้เรียน เช่น ชื่อผู้ใช้ (username) และอีเมล เพื่อให้สามารถระบุ ID และรายการของข้อมูลการทำกิจกรรมในระบบที่สอดคล้องกับผู้ใช้ที่ถูกต้อง โดยตัวแปรแทนที่เก็บข้อมูลจากระบบการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้จะถูกเก็บในลักษณะเชิงปริมาณเท่านั้น ได้แก่ ความถี่หรือจำนวนครั้งของการทำพฤติกรรม โดยไม่ได้นำข้อมูลที่เป็นเชิงคุณภาพของการเรียนรู้ เช่น คะแนนการทำแบบทดสอบ ความถูกต้องของการตอบคำถาม มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล อีกทั้งการวิเคราะห์และรายงานผลการวิจัยจะเป็นการรายงานผลในภาพรวม ไม่ได้รายการข้อมูลเป็นรายบุคคล ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีการเข้าถึงและการพิทักษ์สิทธิตัวอย่างวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

### การเข้าถึงและการพิทักษ์สิทธิตัวอย่างวิจัย

1) ต่อติดอาจารย์ประจำวิชาการวิจัยและสถิติเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของภาคการศึกษาปลายปีการศึกษา 2563 เพื่อขออนุญาตในการขอร่วมมือและเก็บข้อมูลวิจัยกับนิสิตนักศึกษาครูในขณะนั้น รวมถึงติดต่อนิสิตนักศึกษาครูผู้ประสานงานในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ตามการเก็บข้อมูลแบบก้อนหิมะ เพื่อให้ให้นักศึกษาประชาสัมพันธ์ให้ผู้เรียนที่เป็นตัวอย่างวิจัยคนอื่นต่อไป โดยชี้แจงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การวิจัย การดำเนินการวิจัย ลักษณะของระบบการจัดการเรียนรู้และการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแจ้งเพิ่มเติมว่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมจะถูกเก็บเป็นความลับและนำไปใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ข้อมูลจะไม่มีผลกระทบต่อผู้เรียนเป็นรายบุคคลรวมถึงอาจารย์ เนื่องจากผู้วิจัยใช้การรายงานผลการวิจัยของผู้เรียนเป็นภาพรวม และไม่มีผลต่อการเรียนในรายวิชา

2) ผู้วิจัยเข้าขอความร่วมมือกับผู้เรียนที่เป็นตัวอย่างวิจัย โดยให้เอกสารข้อมูลและเอกสารยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย และให้ URL ของระบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยในเอกสารจะมีการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัยให้ตัวอย่างวิจัยทราบ และสอบถามความยินยอมให้ข้อมูลวิจัย พร้อมทั้งกับตัวอย่างวิจัยว่า ผู้วิจัยมีความจำเป็นต้องให้ท่านระบุชื่อผู้ใช้ (username) และอีเมลสำหรับการติดต่อ เพื่อให้สามารถระบุผู้ใช้งาน (ID) และจัดเก็บรายการของชุดข้อมูลการทำกิจกรรมในระบบให้สอดคล้องกับผู้ใช้ที่ถูกต้อง โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งถูกบันทึกไว้ในระบบ โดยจะเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องในลักษณะเชิงปริมาณเท่านั้น ไม่ได้นำข้อมูลที่เป็นเชิงคุณภาพของการเรียนรู้ เช่น คะแนนแบบทดสอบหรือความถูกต้องของคำตอบ มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งนี้ผู้วิจัยจะเก็บรักษาข้อมูลเป็นความลับ โดยจะนำเสนอผลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวตนได้ และหากตัวอย่างวิจัยรู้สึกไม่สบายใจ หรืออึดอัดใจในการทำกิจกรรมหรือตอบคำถามบางคำถาม ตัวอย่างวิจัยมีสิทธิ์ที่จะยุติกระบวนการให้ข้อมูล รวมถึงสามารถถอนตัวออกจากการให้ข้อมูลได้ โดยผู้ให้ข้อมูลจะไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น โดยหากไม่ต้องการให้นำข้อมูลที่ถูกรับบันทึกไว้แล้วในระบบไปใช้ในการวิจัย ตัวอย่างวิจัยสามารถแจ้งความประสงค์ได้ในระบบหรือแจ้งกับผู้วิจัยได้โดยตรงผ่านอีเมล

3) เก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวอย่างวิจัยที่ยินยอมล็อกอินและเข้าทำกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้

#### **เกณฑ์การคัดออก**

เนื่องจากการวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียนในระบบการจัดการเรียนรู้เพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย ดังนั้นผู้วิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ถูกรับบันทึกไว้ในระบบเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ถึงแม้ว่าตัวอย่างวิจัยไม่ได้เข้าทำกิจกรรมครบทุกหน่วย เนื่องจากไม่สามารถทราบได้ว่าเกิดขึ้นจากการที่ตัวอย่างวิจัยถอนตัวระหว่างการดำเนินการ หรือตัวอย่างวิจัยไม่รู้สึกยึดมั่นผูกพันกับการเข้ามาทำกิจกรรมในระบบ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยจะคัดข้อมูลของตัวอย่างวิจัยออกในกรณีที่ตัวอย่างวิจัยต้องการถอนตัวและแสดงความประสงค์ที่ไม่ต้องการให้นำข้อมูลที่ให้ไว้ไปใช้ในการศึกษาต่อ โดยตัวอย่างวิจัยจะไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น

## การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นขั้นตอนที่สอดคล้องกับงานหรือประเภทของการวิเคราะห์หลักที่ใช้ต่อบัณฑิตประสงค์ของการวิจัย มีแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

**วัตถุประสงค์การวิจัย 1.1** เพื่อสำรวจและกำหนดเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าและแบบตัวแปรแทน (proxy variables) เพื่อใช้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือด้านความเที่ยงและความตรงเชิงโครงสร้าง ดังนี้

1. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแบบสอบถามมาตรฐานค่าด้านความเที่ยง (reliability) ด้วยความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (internal consistency) โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บราคแอลฟา (Cronbach's alpha coefficient)

2. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแบบสอบถามมาตรฐานค่าด้านความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลการวัดกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของงานวิจัยครั้งนี้ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis)

**วัตถุประสงค์การวิจัย 1.2** เพื่อประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังนี้

**การวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและสำรวจจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม**

เนื่องจากการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจำเป็นต้องอาศัยชุดข้อมูลที่รู้จักกลุ่มของตัวแปรผลลัพธ์หรือระบุกลุ่มเป้าหมายให้กับตัวอย่างวิจัยที่ต้องการศึกษาการจำแนกมาก่อน ซึ่งในที่นี้กล่าวได้ว่าเป็นการระบุผู้เรียนตามกลุ่มรู้ชุด (known groups) ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการพิจารณาของอาจารย์ผู้สอน ทั้งนี้การเข้าเรียนรู้หรือทำกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ในการวิจัยครั้งนี้ มีหลายปัจจัยที่ผู้สอนอาจไม่สามารถระบุคุณลักษณะหรือกลุ่มที่แน่ชัดของผู้เรียนได้ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน เนื่องด้วยค่อนข้างยากต่อการสังเกตพฤติกรรมเบื้องหลังของผู้เรียนในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ที่ออกแบบให้ผู้เรียนสามารถเข้าเรียนหรือทำกิจกรรมได้อย่างอิสระและไม่จำกัดช่วงเวลา รวมไปถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้เริ่มดำเนินการในระยะแรกของภาคการศึกษาทำให้ผู้เรียนในรายวิชาส่วนใหญ่เป็นผู้เรียนกลุ่มใหม่ซึ่งผู้สอนไม่มีข้อมูลภูมิหลังมาก่อน ทำให้สามารถระบุกลุ่มของผู้เรียนตามระดับความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนที่น้อยมาก ส่งผลให้ระหว่างการดำเนินการวิจัยเกิดข้อจำกัดในการได้ชุดข้อมูลที่มีการระบุกลุ่มของผู้เรียนที่เพียงพอต่อการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อการจำแนกข้อมูล

ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นระหว่างการวิจัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้หลักการเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีการสอนร่วมด้วยโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีเคมีน (k-means) ในการวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในอดีตที่พบว่ามีการใช้การเรียนรู้แบบไม่มีการสอนด้วยการวิเคราะห์จัดกลุ่มข้อมูลร่วมกับการเรียนรู้แบบมีการสอนด้วยการวิเคราะห์จำแนกข้อมูล (Barrientos & Sainz, 2012; Yasami & Mozaffari, 2010) จึงทำให้การวิจัยครั้งนี้มีลักษณะเป็นการใช้หลักการเรียนรู้ของเครื่องแบบกึ่งมีการสอน (semi-supervised learning) ซึ่งเป็นผลจากการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการดำเนินงาน ไม่ใช่กระบวนการดำเนินการวิจัยที่ออกแบบไว้ตั้งแต่แรกเริ่ม

กล่าวได้ว่า การศึกษาครั้งนี้มีการวิเคราะห์ด้วยหลักการเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีการสอนร่วมด้วยโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีเคมีน (k-means) เพื่อจัดกลุ่มและระบุกลุ่มให้กับผู้เรียนก่อน (cluster and label) เพื่อนำไปวิเคราะห์เพื่อศึกษาการจำแนกกลุ่มและเพื่อวัตถุประสงค์วิจัยหลักต่อไป ซึ่งมีลักษณะเป็นการเรียนรู้ของเครื่องแบบกึ่งมีการสอน (semi-supervised learning) ที่เป็นการดำเนินการด้วยขั้นตอนการวิเคราะห์ตามแนวคิดการเรียนรู้ของเครื่องแบบกึ่งมีการสอนแบบดั้งเดิม ด้วยการแยกการวิเคราะห์การจัดกลุ่มและการจำแนกกลุ่ม ไม่ได้เป็นการใช้เทคนิคขั้นสูงของวิธีการวิเคราะห์แบบกึ่งมีการสอนโดยเฉพาะ

การวิเคราะห์การจัดกลุ่มครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ผ่านฟังก์ชัน kmeans ในโปรแกรม R โดยมีแนวทางการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์เพื่อสำรวจจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม (optimal number of clusters) ในเบื้องต้น ด้วยการพิจารณาจากผลการวิเคราะห์วิธีซิลูเอท (silhouette method) ซึ่งจะค้นหาการแบ่งกลุ่มที่ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างกลุ่มมากที่สุด พิจารณาจากกราฟ ณ จุดที่มีค่า average silhouette width สูงสุด

2. การวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มข้อมูล หรือในที่นี้หมายถึงกลุ่มของผู้เรียนตามจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมจากผลการวิเคราะห์วิธีซิลูเอท โดยพิจารณาเปรียบเทียบจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม 2 รูปแบบที่มีค่าใกล้เคียงกัน โดยพิจารณาจากค่าความแปรปรวนของพฤติกรรมกรรมมีปฏิสัมพันธ์ในระบบการจัดการเรียนรู้ของผู้เรียนภายในกลุ่มโดยรวม (total within-cluster sum of squares) และความสามารถของการแบ่งกลุ่มในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลในชุดข้อมูล (total variance explained)

3. ใช้ผลการจัดกลุ่มด้วยวิธีเคมีน (K-means) ในการระบุกลุ่มที่ผู้เรียนแต่ละคนสังกัดหรือเป็นสมาชิก โดยแบ่งการวิเคราะห์ตามการแบ่งกลุ่มผู้เรียนที่แตกต่างกันตามจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม 2 รูปแบบ

ข้อมูลส่วนนี้จะป็นชุดข้อมูลสำหรับการนำไปใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้เพื่อจำแนกผู้เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการสอนทั้ง 3 เทคนิค ได้แก่ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) เทคนิคเนอ็ฟเบย์ (naïve Bayes) และเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) เพื่อตอบวัตถุประสงค์วิจัยหลัก ในขั้นตอนต่อไป

### การวิเคราะห์การเรียนรู้เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง

การวิเคราะห์การเรียนรู้เพื่อจำแนกผู้เรียนในส่วนนี้ใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการสอน 3 เทคนิค เพื่อหาโมเดลการจำแนกที่เหมาะสมในแต่ละเทคนิค โดยใช้ชุดข้อมูลที่มีการระบุตัวแปรผลลัพธ์หรือกลุ่มของผู้เรียนซึ่งได้ในขั้นตอนการวิเคราะห์การจัดกลุ่มด้วยวิธีเคมีน (K-means) โดยแต่ละเทคนิคมีการวิเคราะห์กล่าวได้คือ

1. เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R ผ่าน library ในชื่อ rpart และใช้ฟังก์ชัน rpart ในการวิเคราะห์และสร้างต้นไม้ตัดสินใจ ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่มีลักษณะเป็นต้นไม้ตัดสินใจประเภท CART

2. เทคนิคเนอ็ฟเบย์ (naïve Bayes) ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R ผ่าน library ในชื่อ caret และใช้วิธีการ nb ในการวิเคราะห์

3. เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R ผ่าน library ในชื่อ nnet และใช้ฟังก์ชัน nnet ในการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่มีลักษณะเป็นโครงข่ายประสาทเทียมประเภทการทำงานด้วยทิศทางไปข้างหน้า (feed-forward networks)

การวิเคราะห์การเรียนรู้เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยการเรียนรู้ของเครื่องในส่วนนี้ มีขั้นตอนคือ

1. การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวอย่างวิจัยในด้านตัวแปรแทนจากระบบการจัดการเรียน โดยนำเสนอด้วยค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่ ( $N$ ) ร้อยละ (%) รวมถึงค่าเฉลี่ย ( $M$ )

2. การวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน โดยการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง ประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังนี้

1) เตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ (preprocessing) โดยใช้ข้อมูลที่ดึงมาจากการบันทึกของระบบการจัดการเรียนรู้ (log data) และจัดกระทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรแทน (proxy variables) ของผู้เรียนแต่ละคนเพื่อใช้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

2) แบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดข้อมูลสำหรับการฝึก (training set) และชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบ (testing set) ระบุกลุ่มของข้อมูลที่ต้องการจำแนกตามผลการจัดกลุ่มด้วยวิธีเคมีน (k-means)

3) ทำการวิเคราะห์เพื่อจำแนกกลุ่มของผู้เรียนตามระดับความยึดมั่นผูกพันและเจตคติต่อการวิจัย ในแต่ละเทคนิค ด้วยการระบุค่าพารามิเตอร์สำหรับโมเดลการวิเคราะห์ที่ให้โมเดลการจำแนกที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของแต่ละเทคนิค โดยพิจารณาค่าบ่งบอกประสิทธิผลของโมเดล ได้แก่ ความแม่นยำ (accuracy) ค่าความไว (sensitivity) และค่าความจำเพาะ (specificity)

4) การวิเคราะห์ตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียนในแต่ละเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง ผ่านการวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปร (variable importance evaluation) โดยคัดเลือกตัวแปรแทน 15 ลำดับแรกจากค่าคะแนนความสำคัญของตัวแปร (importance score) ที่ใช้ในการจำแนกผู้เรียนแต่ละกลุ่มออกจากกัน

3. การเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยระหว่างการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน ได้แก่ เทคนิคการเรียนรู้ของเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) เทคนิคเนออีฟเบย์ (naïve Bayes) และเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) เพื่อหาเทคนิคที่เหมาะสมที่สุด ประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังนี้

1) สรุปผลโมเดลการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มที่มีประสิทธิผลสูงสุดของแต่ละเทคนิคการวิเคราะห์ที่ได้จากการวิเคราะห์ในการวิจัยขั้นก่อนหน้า

2) เปรียบเทียบประสิทธิผลของโมเดลการจำแนกระหว่างโมเดลที่มีประสิทธิผลสูงสุดของแต่ละเทคนิค โดยพิจารณาค่าบ่งบอกประสิทธิผลของโมเดล ได้แก่ ความแม่นยำ (accuracy) ค่าความไว (sensitivity) และค่าความจำเพาะ (specificity)

3) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการจำแนกระหว่างการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดลในประเด็นเกี่ยวกับ จำนวนตัวแปร (features) ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ (computational time) การรายงานผล (report) และพื้นที่หน่วยความจำในการวิเคราะห์ (space complexity)

## การวิเคราะห์การเรียนรู้เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ส่วนนี้ใช้การเรียนรู้ของเครื่องด้วยการทำเหมืองข้อมูลร่วมกับ การวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลที่เป็นข้อความ (text) ของผู้เรียนที่โพสต์ไว้ในระบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งการ วิจัยครั้งนี้จะออกแบบให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดเห็นหรือความรู้สึกของตนที่มีการการวิจัยหรือการ เรียนวิจัยในแต่ละหน่วยกิจกรรมหลักในระบบการจัดการเรียนรู้ โดยรวบรวมทุกข้อความของผู้เรียน เป็น 1 เอกสาร ดังนั้นการวิเคราะห์ขั้นตอนนี้จำนวนเอกสารหรือข้อความจะเท่ากับจำนวนผู้เรียน

2. เตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ (preprocessing) เช่น การตัดคำหรือสัญลักษณ์ที่ไม่ เกี่ยวข้องหรือไม่สื่อความหมายถึงมุมมอง อารมณ์ ความรู้สึก ความคิดเห็นของผู้เรียน

3. การตัดแบ่งคำในข้อความ โดยใช้การการแบ่งคำหรือหน่วยคำในประโยคในลักษณะตาม จำนวนหน่วย (n-gram) โดยใช้การแบ่งคำ 3 รูปแบบ ได้แก่  $n = 1$ ,  $n = 2$  และ  $n = 3$  เพื่อให้ได้คำ หรือหน่วยคำที่สื่อความหมายอย่างเหมาะสมและครอบคลุมคำที่เป็นไปได้ และรวมคำที่แบ่งได้ตาม การแบ่งคำแบบรูปแบบต่าง ๆ เป็นข้อมูลของผู้เรียนแต่ละคน

4. สร้างพจนานุกรมของคำหรือหน่วยคำภาษาไทยที่แสดงถึงมุมมอง อารมณ์ ความรู้สึก ความคิดเห็น (sentiment words) โดยครอบคลุมการแบ่งคำแบบต่าง ๆ รวมถึงคำที่สื่อความหมาย ซึ่งถ้าแยกจากกันจะให้ความหมายตรงข้าม เช่น “ไม่ซับซ้อน” นอกจากนี้เป็นการรวบรวมที่คำหรือ หน่วยคำมีความหมายไม่ซ้ำซ้อนกันระหว่างการแบ่งคำแบบต่าง ๆ เช่น “สามารถเรียนรู้ได้” และ “เรียนรู้ได้” จะใช้การเลือกหน่วยคำที่เล็กที่สุดเพื่อเพิ่มในพจนานุกรม นั่นคือ “เรียนรู้ได้”

5. กำหนดคะแนนอารมณ์ความรู้สึก (sentiment score) ให้กับคำในพจนานุกรม โดยแบ่ง ตามขั้วของคำหรือนัยที่สื่อความหมาย ได้แก่ คำที่เป็นขั้วลบหรือมีนัยเชิงลบให้คะแนน -1 และคำที่เป็น ขั้วบวกหรือมีนัยเชิงบวกให้คะแนน 1

6. จำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยด้วยการคำนวณคะแนนอารมณ์ความรู้สึก (sentiment score) จากข้อความหรือเอกสารของผู้เรียนแต่ละคน โดยกลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการ วิจัยเชิงลบ (negative) คือผู้เรียนที่มีคำนวณคะแนนอารมณ์ความรู้สึกโดยรวมเป็นลบ และกลุ่ม ผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวก (positive) คือผู้เรียนที่มีคำนวณคะแนนอารมณ์ความรู้สึก โดยรวมเป็นบวก สำหรับผู้เรียนที่มีคะแนนอารมณ์ความรู้สึกโดยรวมหักล้างกันเป็นศูนย์คือกลุ่มผู้เรียน ที่มีเจตคติต่อการวิจัยเป็นกลาง (neutral)

การวิเคราะห์และจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในงานวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย ด้วยข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรฐานค่า และการเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน

1. การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวอย่างวิจัยและระดับของตัวแปรวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ( $M$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $SD$ ) สัมประสิทธิ์การกระจาย ( $CV$ ) ความเบ้ ( $Sk$ ) และความโด่ง ( $Ku$ )

2. การจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในงานวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยด้วยการวิเคราะห์เกณฑ์ปกติ โดยในครั้งนี้นำวิธีการหาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ (percentile rank) และคะแนนที่ปกติ (normalized T-score) ผ่านพิจารณาจากคะแนนดิบของตัวแปรวิจัยในภาพรวม

3. การเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นต่อการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย ระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน ได้แก่ การวิเคราะห์ด้วยข้อมูลประเภทตัวแปรแทน (proxy variables) ซึ่งได้จากการเก็บรวบรวมผ่านระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ และการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลการรายงานตนเองซึ่งเก็บรวบรวมผ่านแบบสอบถามมาตรฐานค่า โดยนำเสนอเกี่ยวกับความเหมือนและความแตกต่างในประเด็นที่เกี่ยวข้อง

**วัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 2. เพื่อวิเคราะห์และเสนอตัวแปรแทนเพื่อการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้**

ตัวแปรแทนเพื่อการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

1. รวบรวมรายการตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนก 15 ลำดับแรกที่ได้จากการวิเคราะห์การจำแนกผู้เรียนด้วยการเรียนรู้ของเครื่องเทคนิคต่าง ๆ และคัดเลือกรายการตัวแปรที่ซ้ำซ้อนกันออก

2. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มผู้เรียนตามรายการตัวแปรแทน

3. คัดเลือกและนำเสนอตัวแปรแทนที่พบว่าสามารถจำแนกกลุ่มของผู้เรียนเป็นกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยของระดับตัวแปรนั้น ๆ แตกต่างกันได้จริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตัวแปรแทนเพื่อการจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัย

1. พิจารณาความถี่ของการปรากฏข้อความหรือหน่วยคำในเอกสาร

2. นำเสนอรายการตัวแปรแทนที่มีบทบาทสำคัญซึ่งสามารถใช้ในการจำแนกเจตคติต่อการวิจัยในเบื้องต้นได้เหมาะสมด้วยการเสนอค่าที่มีความถี่ของการปรากฏในการวิเคราะห์มากกว่าหรือเท่ากับมัธยฐานขึ้นไป โดยแยกตามค่าที่มีนัยเชิงบวกและค่าที่มีนัยเชิงลบ



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงอธิบาย โดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1. เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิผลของการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย ระหว่างการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง และการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย 1.1) เพื่อสำรวจและกำหนดเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าและแบบตัวแปรแทน (proxy variables) เพื่อใช้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ 1.2) เพื่อประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) เนออีฟเบย์ (naïve Bayes) และโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) ในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย และการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) ในการจำแนกเจตคติต่อการวิจัย สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ และ 2. เพื่อวิเคราะห์และเสนอตัวแปรแทนและโมเดลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยจึงแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 6 ตอน ดังนี้

#### ตอนที่ 1 เครื่องมือวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยและตัวแปรแทน

ตอนที่ 1.1 ผลการกำหนดเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าเพื่อวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย

ตอนที่ 1.2 การกำหนดตัวแปรแทนเพื่อใช้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย

#### ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยระหว่างการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน

ตอนที่ 2.1 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวอย่างวิจัยในด้านตัวแปรแทนจากระบบการจัดการเรียนรู้

ตอนที่ 2.2 การวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและสำรวจจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม

ตอนที่ 2.3 การวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน

ตอนที่ 2.4 การเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยระหว่างการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน

**ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์การจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยด้วยการวิเคราะห์ความรู้สึก**

ตอนที่ 3.1 การวิเคราะห์เพื่อจำแนกเจตคติต่อการวิจัยด้วยการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก

**ตอนที่ 4 การวิเคราะห์และจำแนกผู้เรียนด้วยข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรฐานค่าและการเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน**

ตอนที่ 4.1 การวิเคราะห์เพื่อจำแนกความยึดมั่นและเจตคติต่อการวิจัยด้วยข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรฐานค่า

ตอนที่ 4.2 การเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นต่อการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน

**ตอนที่ 5 ผลการระบุตัวแปรแทนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้**

ตอนที่ 5.1 ผลการระบุตัวแปรแทนเพื่อการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

ตอนที่ 5.2 ผลการระบุตัวแปรแทนเพื่อการจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัย

**ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์เพิ่มเติมจากวัตถุประสงค์การวิจัยหลัก**

ตอนที่ 6.1 การเปรียบเทียบผลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยจากการวิเคราะห์การเรียนรู้และการจำแนกด้วยวิธีการดั้งเดิม

ตอนที่ 6.2 ความสัมพันธ์ของผลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยในการวิเคราะห์การเรียนรู้

ตอนที่ 6.3 ความสัมพันธ์ของระดับความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและระดับเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียนที่ได้จากแบบสอบถามมาตรฐานค่า

ตอนที่ 6.4 สรุปผลการวิเคราะห์การเรียนรู้ด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียน

ในการนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์แทนความหมายเพื่อความสะดวกในการอ่านผลการวิเคราะห์และการแปลผล ดังนี้

#### สัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติ

<i>M</i>	หมายถึง	ค่าเฉลี่ย
<i>SD</i>	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
<i>CV</i>	หมายถึง	สัมประสิทธิ์การกระจาย
<i>Sk</i>	หมายถึง	ความเบ้
<i>Ku</i>	หมายถึง	ความโด่ง

#### สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปรวิจัยในโมเดลการวัดเชิงจิตวิทยา

ENGA	หมายถึง	ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย
READ	หมายถึง	การอ่านงานวิจัย
APPLY	หมายถึง	การใช้งานวิจัย
INITIA	หมายถึง	การทำวิจัย
ATTDE	หมายถึง	เจตคติต่อการวิจัย
EMOTN	หมายถึง	ความรู้สึต่อการวิจัย
INTER	หมายถึง	ความสนใจและตั้งใจอยากทำวิจัย

#### สัญลักษณ์ตัวแปรแทนของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

BDG.LIST.VIEW	การกดเข้ารายการของเหรียญรางวัล
COM.CREATE	การคอมเมนต์ต่อคำตอบผู้อื่นในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ
C.ACT.COMPLETE	การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์
C.MODU.VIEW	การกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ
C.SEARCH	การค้นหายทเรียนในหน้าหลักของเว็บไซต์
C.USER.RP.VIEW	การกดดูรายงานการทำกิจกรรมในบทเรียน
C.VIEW	การกดเข้าหน้าหลักของหน่วยกิจกรรมออนไลน์
DISS.CREATE	การสร้างหัวข้อหรือกระทู้ในกระดานสนทนา
DISS.DELETE	การลบหัวข้อหรือกระทู้ในกระดานสนทนา
DISS.SUB.CREATE	การกดติดตามกิจกรรมในกระทู้สนทนา
DISS.SUB.DELETE	การยกเลิกการกดติดตามกิจกรรมในกระทู้สนทนา

### สัญลักษณ์ตัวแปรแทนของความยืดหยุ่นผูกพันในการวิจัย

DISS.VIEW	การกดเข้าดูกระทู้สนทนา
ENTRY.CREATE	การสร้างโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันข้อมูล
ENTRY.UPDATE	การแก้ไขโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันข้อมูล
ENTRY.VIEW	การกดเข้าดูโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันข้อมูล
GRD.OVERV.RP.VIEW	การกดเข้าดูรายงานคะแนนในภาพรวมของระบบ
GRD.USER.RP.VIEW	การกดเข้าดูรายงานคะแนนของผู้ใช้
INT.CON.PRE.COMPLTE	การทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์
INT.CON.PRE.PROGR	การดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ
INT.CON.QUES.ANS	การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ
INT.CON.QIZ.COMPLTE	การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์
INT.CON.ATTMP.SUBMIT	การกดส่งคำตอบในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ
POST.CREATE	การสร้างโพสภายในกระทู้สนทนา
POST.DELETE	การลบโพสภายในกระทู้สนทนา
POST.UPDATE	การแก้ไขโพสภายในกระทู้สนทนา
QIZ.ATTMP.RVIEW	การเข้าดูการตอบคำถามภาพรวมของตนในชุดแบบทดสอบ
QIZ.ATTMP.START	การกดเพื่อเริ่มตอบคำถามในชุดแบบทดสอบ
QIZ.ATTMP.SUBMIT	การกดเพื่อส่งคำตอบในชุดแบบทดสอบ
QIZ.ATTMP.SUM.VIEW	การเข้าสู่สรุปการทำกิจกรรมในชุดแบบทดสอบ
QIZ.ATTMP.VIEW	การเข้าดูการตอบคำถามของตนในชุดแบบทดสอบ
REC.CREATE	การสร้างโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ
REC.DELETE	การลบโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ
REC.UPDATE	การแก้ไขโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ
RESPND.SUBMIT	การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง
SOME.CONT.POST	การสร้างโพสโดยรวมในกระดานสนทนา
SUBSCRIP.CREATE	การกดติดตามกิจกรรมในกระดานสนทนา
TAG.ADD.ITEM	การเพิ่มคำเพื่อจัดหมวดหมู่ให้โพสในกิจกรรมแบ่งปันข้อมูล
USER.LIST.VIEW	การเข้าดูรายชื่อผู้เรียนในบทเรียน
USER.PFILE.VIEW	การเข้าดูโปรไฟล์ของผู้เรียน
USER.RP.VIEW	การเข้าดูรายงานภาพรวมของผู้เรียนในบทเรียน

## ตอนที่ 1 เครื่องมือวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยและตัวแปรแทน

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ในตอนต้นที่ 2 เป็นผลการวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 1.1) เพื่อสำรวจและกำหนดเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าและแบบตัวแปรแทน (proxy variables) เพื่อใช้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ สามารถแสดงได้ดังนี้

### ตอนที่ 1.1 ผลการกำหนดเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าเพื่อวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย

จากผลการดำเนินการในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย ผู้วิจัยได้คัดเลือกเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าที่มีความเหมาะสมตามเกณฑ์การสร้างเครื่องมือและพัฒนาเครื่องมือ รวมถึงผ่านการทดลองใช้มาแล้ว โดยเครื่องมือที่คัดเลือกมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1. เครื่องมือการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย ที่พัฒนาโดย สุทธิศานต์ ชุ่มวิจารณ์ (2557) ซึ่งมีค่าความเที่ยงของเครื่องมือทั้งฉบับเท่ากับ .95 และความเที่ยงรายองค์ประกอบระหว่าง .93-.94 และ 2. เครื่องมือการวัดเจตคติต่อการวิจัยแบบร่วมมือ ที่พัฒนาโดย ธนาภา จิวทอง (2560) ซึ่งมีค่าความเที่ยงของเครื่องมือทั้งฉบับเท่ากับ .834 และความเที่ยงรายองค์ประกอบระหว่าง .777-.822 โดยปรับปรุงข้อคำถามจากเครื่องมือวัดที่คัดสรรมาให้สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการและขอบเขตของการศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย และมีการทดลองใช้อีกครั้งก่อนนำไปเก็บข้อมูลจริง

#### ผลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือแบบสอบถามมาตรฐานค่า

##### 1) การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือด้านความเที่ยง (reliability)

จากการปรับปรุงข้อคำถามให้สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการและขอบเขตการศึกษาของการวิจัยและนำแบบสอบถามมาตรฐานค่าไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่ตัวอย่างวิจัย โดยเป็นนักศึกษาที่กำลังเรียนรายวิชาเกี่ยวกับการวิจัยในภาคการศึกษาต้น จำนวน 61 และตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือด้านความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (internal consistency) โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ครอนบราคแอลฟา (Cronbach's alpha coefficient) ผลการวิเคราะห์พบว่า เครื่องมือวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยมีค่าความเที่ยงเท่ากับ .937 โดยมีค่าความเที่ยงรายองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .843-.874 สำหรับเครื่องมือวัดเจตคติต่อการวิจัยพบว่ามีค่าความเที่ยงเท่ากับ .858 โดยมีค่าความเที่ยงรายองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .771-.826 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เมื่อนำแบบสอบถามมาตรฐานค่าไปใช้ในการเก็บข้อมูลจริงกับตัวอย่างวิจัยจำนวน 228 คน พบว่า เครื่องมือวิจัยที่ใช้วัดแต่ละตัวแปรมีความเที่ยงทั้งฉบับเพิ่มขึ้น โดยเครื่องมือวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยมีความเที่ยงเท่ากับ .951 โดยมีค่าความเที่ยงรายองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .877-.899 สำหรับเครื่องมือวัดเจตคติต่อการวิจัยพบว่ามีค่าความเที่ยงเท่ากับ .904 โดยมีค่าความเที่ยงรายองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .816-.855 ดังแสดงในตาราง 4.1

**ตาราง 4.1** การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแบบสอบถามมาตรฐานค่าด้านความเที่ยง

เครื่องมือวิจัย	จำนวนข้อ	ค่าความเที่ยง	
		ทดลองใช้ (N=61)	เก็บข้อมูลจริง (N=228)
ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย (ENGA)	29	.937	.951
การอ่านงานวิจัย (READ)	10	.859	.899
การใช้งานวิจัย (APPLY)	9	.843	.877
การทำวิจัย (INITIA)	10	.874	.896
เจตคติต่อการวิจัย (ATTDE)	10	.858	.904
ความรู้สึกต่อการวิจัย (EMOTN)	5	.826	.855
ความสนใจและตั้งใจอยากทำวิจัย (INTER)	5	.771	.816

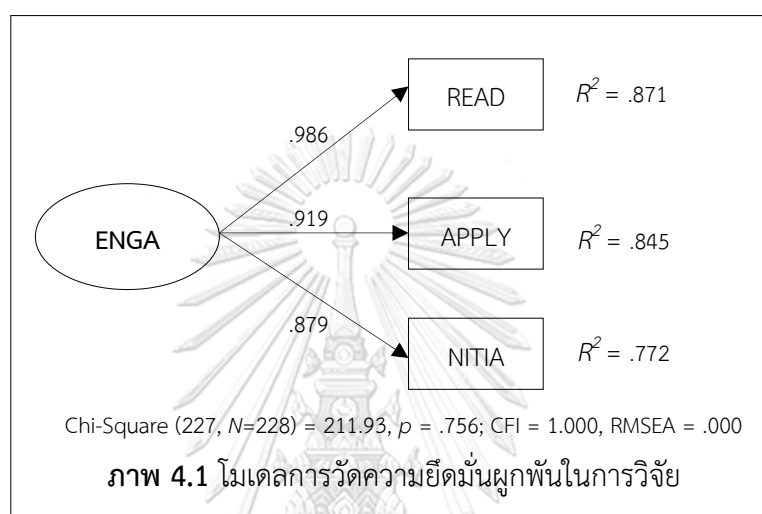
## 2) การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity)

การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยเพื่อตรวจสอบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เก็บรวบรวมในงานวิจัยครั้งนี้หรือไม่ ผลการวิเคราะห์พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Chi-Square (227, N=228) = 211.93,  $p = .756$ ; CFI = 1.000, RMSEA = .000) โดยพิจารณาจากค่าไค-สแควร์ (Chi-square) ที่มีความน่าจะเป็นที่มากกว่า .05 ค่าดัชนี CFI ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 และค่าดัชนี RMSEA ที่ควรมีค่าเข้าใกล้ 0 นอกจากนี้พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีค่าเป็นบวก ขนาดตั้งแต่ .879 ถึง .986 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกองค์ประกอบรวมทั้งมีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยประมาณร้อยละ 77.2 ถึง 87.1 รายละเอียดดังตาราง 4.2 และภาพ 4.1

สำหรับผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดเจตคติต่อการวิจัยพบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Chi-Square (25, N=228) = 17.655,  $p = .857$ ; CFI = 1.000, RMSEA = .000) โดยพิจารณาจากค่าไค-สแควร์ (Chi-square) ที่มีความน่าจะเป็นที่มากกว่า .05 ค่าดัชนี CFI ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 และค่าดัชนี RMSEA ที่ควรมีค่าเข้าใกล้ 0 นอกจากนี้พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีค่าเป็นบวก ขนาดตั้งแต่ .939 ถึง .992 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกตัว รวมทั้งมีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบเจตคติต่อการวิจัยประมาณร้อยละ 88.2 ถึง 98.4 รายละเอียดดังตาราง 4.3 และภาพ 4.2

ตาราง 4.2 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

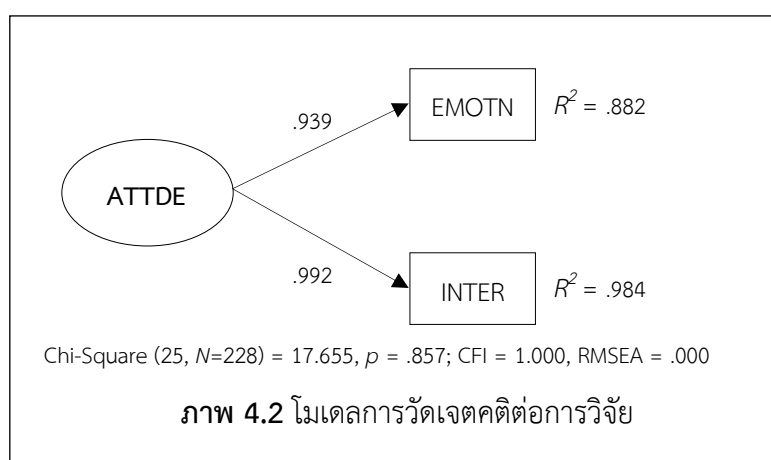
ตัวแปร	$\beta$	SE	t	$R^2$
<b>ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย (ENGA)</b>				
การอ่านงานวิจัย (READ)	.986	.0004	65.060	.871
การใช้งานวิจัย (APPLY)	.919	.017	53.654	.845
การทำวิจัย (INITIA)	.879	.043	20.296	.772
ดัชนีวัดความสอดคล้อง	Chi-Square (227, N=228) = 211.93, $p = .756$ ; CFI = 1.000, RMSEA = .000			



ภาพ 4.1 โมเดลการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

ตาราง 4.3 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของเจตคติต่อการวิจัย

ตัวแปร	$\beta$	SE	t	$R^2$
<b>เจตคติต่อการวิจัย (ATTDE)</b>				
ความรู้สึกรักต่อการวิจัย (EMOTN)	.939	.033	28.772	.882
ความสนใจและตั้งใจอยากทำวิจัย (INTER)	.992	.002	74.712	.984
ดัชนีวัดความสอดคล้อง	Chi-Square (25, N=228) = 17.655, $p = .857$ ; CFI = 1.000, RMSEA = .000			



ภาพ 4.2 โมเดลการวัดเจตคติต่อการวิจัย

## ตอนที่ 1.2 การกำหนดตัวแปรแทนเพื่อใช้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย

การกำหนดตัวแปรแทนเพื่อใช้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยในส่วนนี้จะถูกนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องและการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึกต่อไป มีรายละเอียดดังนี้

### ตัวแปรแทนสำหรับการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

ตัวแปรแทนสำหรับการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในครั้งนี้ได้จากการเก็บรวบรวมจากข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ (log data) ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรหรือพฤติกรรมที่เกิดจากการกระทำของผู้เกี่ยวข้อง เช่น ระบบ ผู้ดูแลระบบ ครูผู้สอน และผู้เรียน การวิจัยครั้งนี้คัดเลือกเฉพาะตัวแปรแทนที่เป็นตัวแปรของผู้เรียน ซึ่งได้จากการปฏิบัติหรือการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบผ่านตัวผู้เรียนเอง โดยรวบรวมตัวแปรที่เป็นของผู้เรียนทุกตัวแปรที่บันทึกได้จากระบบการจัดการเรียนรู้เพื่อที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อระบุตัวแปรแทนที่เหมาะสมต่อไป ตัวแปรแทนของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยที่รวบรวมได้ในครั้งนี้มีจำนวนทั้งหมด 40 ตัวแปร ยกตัวอย่างได้คือ การกดเข้าหน้าหลักของหน่วยกิจกรรมออนไลน์ การสร้างหัวข้อหรือกระทู้ในกระดานสนทนา การลบหัวข้อหรือกระทู้ในกระดานสนทนา การดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ และการตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ เป็นต้น โดยรายละเอียดของรายการตัวแปรแทนทั้งหมดแสดงไว้ในสัญลักษณ์ที่ชี้แทนตัวแปรในส่วนต้นของบทที่ 4 และภาคผนวก

### ตัวแปรแทนสำหรับการวัดเจตคติต่อการวิจัย

ตัวแปรแทนสำหรับการวัดเจตคติต่อการวิจัยในครั้งนี้มีลักษณะเป็นคำหรือข้อความที่แสดงถึงอารมณ์ ความรู้สึก หรือความคิดเห็นของผู้สื่อสาร โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มคำที่มีนัยเชิงบวก และกลุ่มคำที่มีนัยเชิงลบ โดยรวบรวมคำหรือข้อความที่เกี่ยวข้องภายในขอบเขตที่ศึกษาที่เป็นไปได้ให้ได้มากที่สุด การคัดเลือกคำที่แสดงถึงอารมณ์ ความรู้สึก หรือความคิดเห็นในครั้งนี้ส่วนหนึ่งมาจากการคัดเลือกคำที่เกี่ยวข้องกับบริบททางการศึกษาจากคลังข้อมูลสำหรับอารมณ์ความรู้สึกในภาษาไทยที่รวบรวมไว้ในเว็บไซต์ <https://github.com/PyThaiNLP/lexicon-thai/> โดยวรรณพงษ์ ภัททิย์ไพบุลย์ ซึ่งเป็นหนึ่งในผู้พัฒนาโครงการและแพ็คเกจสำหรับการประมวลผลข้อความและการวิเคราะห์ทางภาษาที่เรียกว่า PyThaiNLP รวมไปถึงการคัดเลือกคำที่ได้จากการวิเคราะห์การตัดคำของข้อมูลข้อความของงานวิจัยครั้งนี้และสำรวจข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้ โดยรวบรวมคำที่สื่อความหมายอารมณ์ความรู้สึกหรือความคิดเห็นและเพิ่มในรายการตัวแปรแทนที่เป็นไปได้ ผลการรวบรวมพบว่าได้จำนวนคำหรือข้อความทั้งหมด 309 ข้อความ โดยแบ่งเป็นคำที่มีเชิงบวกจำนวน 204 คำ และคำที่มีความหมายเชิงลบจำนวน 105 คำ ซึ่งในส่วนนี้ขอเสนอตัวอย่างคำจากสองนัยดังตาราง 4.4



ตาราง 4.4 ตัวอย่างคำที่แสดงถึงอารมณ์ความรู้สึกหรือความคิดเห็นในเชิงบวกและเชิงลบ

คำที่มียัยเชิงบวก		คำที่มียัยเชิงลบ	
สำคัญ	เข้าใจได้	สับสน	ไม่สนุก
มีคุณค่า	เสริมทักษะ	ลำบาก	ไม่รู้เรื่อง
น่าสนใจ	ได้ค้นหา	ยาก	ไม่ชอบ
สนุก	อยากทำ	ปวดหัว	ไม่เข้าใจ
ทำได้	มั่นใจ	ทำได้ยาก	เข้าใจยาก
คุ้มค่า	น่าเรียน	ซับซ้อน	เหนื่อย
ง่าย	ทึ่งเท	จำกัด	เบื่อ
ไม่ยาก	ทำได้ดี	ง	เครียด
ได้ฝึก	ทำหาย	คลุมเครือ	ไม่ง่าย

## ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย ระหว่างการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน

การนำเสนอผลการวิเคราะห์การวิเคราะห์ในตอนต้นที่ 3 เป็นผลการวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 1.2 เพื่อประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) เนออีฟเบย์ (naïve Bayes) และโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) ในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย และการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) ในการจำแนกเจตคติต่อการวิจัย สำหรับวิเคราะห์การเรียนรู้ สามารถแสดงได้ดังนี้

### ตอนที่ 2.1 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวอย่างวิจัยในด้านตัวแปรแทนจากระบบการจัดการเรียนรู้

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนต้นที่ 2.1 เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวอย่างวิจัยและระดับตัวแปรในภาพรวมของตัวอย่างวิจัย โดยนำเสนอด้วยค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่ ( $N$ ) ร้อยละ (%) รวมถึงค่าเฉลี่ย ( $M$ ) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### ค่าสถิติพื้นฐานของตัวอย่างวิจัยและตัวแปรแทนจากระบบการจัดการเรียนรู้

ตัวอย่างวิจัยหรือผู้เรียนที่เข้าทำกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ครั้งนี้มีทั้งสิ้น 255 คน เป็นผู้เรียนที่กำลังเรียนรายวิชาเกี่ยวกับการวิจัยทางการศึกษา ในภาคการศึกษาปลายปีการศึกษา 2563 โดยมาจากหลากหลายสาขาวิชาและมหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตามหน่วยกิจกรรมออนไลน์ที่ออกแบบในระบบการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้มีข้อจำกัดที่ไม่ได้ออกแบบให้สามารถเก็บข้อมูลภูมิหลังของผู้เรียนได้ครบถ้วน

ระบบการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบไปด้วยหน่วยกิจกรรมการเรียนรู้หลักจำนวน 5 หน่วยตามหัวข้อเกี่ยวกับการวิจัยและหน่วยกิจกรรมเสริมเกี่ยวกับการแบ่งปันข้อมูลความรู้ภายใต้หน่วยหลักประกอบด้วยหน่วยกิจกรรมย่อยรวมกันทั้งหมดจำนวน 27 หัวข้อ โดยเมื่อพิจารณา

ข้อมูลที่ได้จากบันทึกของระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ (log data) เกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนที่ทำกับระบบในหน่วยกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งมีหน่วยเป็นจำนวนครั้ง พบว่า หน่วยกิจกรรมหลักที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ด้วยมากที่สุดคือ หน่วยที่ 5: การวิจัยเชิงทดลอง โดยมีปฏิสัมพันธ์หรือการทำพฤติกรรมเกิดขึ้นทั้งหมดจำนวน 32,987 ครั้ง หรือคิดเป็นร้อยละ 27.84 ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในระบบทั้งหมด รองลงมาคือ หน่วยที่ 1: การกำหนดปัญหาวิจัย มีปฏิสัมพันธ์หรือการทำพฤติกรรมเกิดขึ้นทั้งหมดจำนวน 28,736 ครั้ง หรือคิดเป็นร้อยละ 24.25 และหน่วยที่ 2: สมมุติฐานในงานวิจัย มีปฏิสัมพันธ์หรือการทำพฤติกรรมเกิดขึ้นทั้งหมดจำนวน 19,611 ครั้ง หรือคิดเป็นร้อยละ 16.55 ตามลำดับ

กล่าวได้ว่าหน่วยกิจกรรมที่ผู้เรียนมักเข้าไปมีปฏิสัมพันธ์หรือมีส่วนร่วมในกิจกรรมในลำดับต้นเป็นหน่วยกิจกรรมหลักที่เป็นหัวข้อเกี่ยวกับการวิจัยโดยตรง และมีการแบ่งเป็นหน่วยกิจกรรมย่อยภายในอย่างหลากหลาย มีลักษณะเป็นกิจกรรมที่มีการตอบคำถามโดยมีกรอบของตัวเลือกให้ หรือเป็นการเขียนข้อความสั้น ซึ่งสามารถหาคำตอบได้จากตัวอย่างงานวิจัยที่กำหนดให้ในแต่ละกิจกรรมสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว มีคะแนนและเฉลยแสดงผลลัพธ์ภายหลังการตอบ ง่ายต่อการทำซ้ำ ทบทวนได้จำนวนหลายรอบ ในขณะที่หน่วยกิจกรรมหลักที่เป็นหน่วยเสริมมีจำนวนของปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งมีลักษณะกิจกรรมให้ผู้เรียนสามารถเข้าไปแบ่งปันคำตอบโดยแบ่งปันงานวิจัยที่คิดว่ามีประโยชน์หรือน่าสนใจรวมถึงแบ่งปันคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนั้น นอกจากนี้เมื่อพิจารณาหน่วยกิจกรรมย่อยในแต่ละหน่วยหลักพบว่า หน่วยกิจกรรมย่อยการสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองที่พบว่าเป็นหน่วยกิจกรรมย่อยที่ผู้เรียนเข้าไปมีปฏิสัมพันธ์น้อยที่สุดในทุกหน่วยกิจกรรมหลัก เช่นเดียวกับหน่วยกิจกรรมย่อยประเภทรวมอภิปรายเกี่ยวกับการวิจัยประเภทต่าง ๆ ที่มีจำนวนปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้นน้อย โดยการเกิดปฏิสัมพันธ์ในส่วนของระบบที่เป็นหน่วยกิจกรรมย่อยภายใต้หน่วยกิจกรรมหลักแต่ละหน่วยสามารถแสดงได้ดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 การมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนกับระบบการจัดการเรียนรู้ในหน่วยกิจกรรมหลักและย่อย

หน่วยกิจกรรมหลักและหน่วยกิจกรรมย่อย	จำนวนปฏิสัมพันธ์		ลำดับ
	ครั้ง	%	
หน่วยที่ 1: การกำหนดปัญหาวิจัย	28,736	24.25	2
1.1 เรียงร้อยอย่างไรให้เชื่อมโยง	2,264	7.88	4
1.2 ส่วนประกอบของการเขียนที่มาและความสำคัญของปัญหา	15,934	55.45	1
1.3 ชื่อเรื่องงานวิจัยบอกอะไรบ้าง	6,664	23.19	2
1.4 ปัญหาเช่นนี้ ควรมีชื่อเรื่องเช่นไร	2,985	10.39	3
1.5 สะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง 1	889	3.09	5

หน่วยกิจกรรมหลักและหน่วยกิจกรรมย่อย	จำนวนปฏิสัมพันธ์		ลำดับ
	ครั้ง	%	
<b>หน่วยที่ 2: สมมุติฐานในงานวิจัย</b>	<b>19,611</b>	<b>16.55</b>	<b>3</b>
2.1 สมมุติฐานการวิจัยควรเป็นอย่างไร	1,781	9.08	3
2.2 ทิศทางของสมมุติฐานการวิจัย	1,491	7.60	4
2.3 สมมุติฐานในงานวิจัยบอกอะไร	11,120	56.70	1
2.4 [Quiz] ทบทวนเรื่องสมมุติฐาน	4,414	22.51	2
2.5 สะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง 2	805	4.10	5
<b>หน่วยที่ 3: ตัวแปรวิจัยและกรอบแนวคิดการวิจัย</b>	<b>7,344</b>	<b>6.20</b>	<b>6</b>
3.1 ตัวแปรและกรอบแนวคิด 1: การเรียนการสอนด้วยบอร์ดโดยใช้เกม	2,027	27.60	2
3.2 ตัวแปรและกรอบแนวคิด 2: ผลสัมฤทธิ์และการคิดอย่างมีเหตุผล	1,387	18.89	3
3.3 [Quiz] ตัวแปรวิจัยน่าสงสัย	3,191	43.45	1
3.4 สะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง 3	739	10.06	4
<b>หน่วยที่ 4: การวิจัยเชิงสำรวจ</b>	<b>18,183</b>	<b>15.35</b>	<b>4</b>
4.1 งานวิจัย 1: ความเชื่อมั่นและความสำเร็จของสภาพหนังสือพิมพ์	7,187	39.53	1
4.2 ↳ ประชากรและการได้มาซึ่งตัวอย่างควรเป็นอย่างไร (งานวิจัย 1)	1,383	7.61	4
4.3 งานวิจัย 2: การสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่	4,116	22.64	2
4.4 ↳ เสนอแนวทางใหม่ในการได้มาซึ่งตัวอย่าง (งานวิจัย 2)	1,253	6.89	5
4.5 ร่วมอภิปรายเกี่ยวกับการวิจัยเชิงสำรวจ	3,447	18.96	3
4.6 สะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง 4	797	4.38	6
<b>หน่วยที่ 5: การวิจัยเชิงทดลอง</b>	<b>32,987</b>	<b>27.84</b>	<b>1</b>
5.1 งานวิจัย 1: รูปแบบการสอนมโนทัศน์เพื่อพัฒนาคุณธรรมจริยธรรม	12,889	39.07	1
5.2 งานวิจัย 2: ทักษะการสะท้อนคิดและผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์	9,494	28.78	2
5.3 งานวิจัย 3: การบริหารจัดการหลักสูตรเพื่อส่งเสริมการทำวิจัยของครู	8,272	25.08	3
5.4 ร่วมอภิปรายเกี่ยวกับการวิจัยเชิงทดลอง	1,601	4.85	4
5.5 สะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง 5	731	2.22	5
<b>หน่วยเสริม: แบ่งปันงานวิจัยและคำศัพท์</b>	<b>2,088</b>	<b>1.76</b>	<b>7</b>
มาแบ่งปันงานวิจัยกันเถอะ	1,233	59.05	1
ร่วมด้วยช่วยกันสร้างคลังคำศัพท์	855	40.95	2
<b>หน้ากิจกรรมบทเรียนออนไลน์และระบบหลัก</b>	<b>9,542</b>	<b>8.05</b>	<b>5</b>
<b>รวม</b>	<b>118,491</b>	<b>100</b>	

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่ได้จากบันทึกของระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ (log data) ซึ่งเป็นข้อมูลพฤติกรรมทั้งหมดของผู้เรียนที่มีปฏิสัมพันธ์ต่อระบบ โดยการกำหนดตัวแปรแทนในครั้งนี้เป็น การกำหนดจากประเภทหรือรูปแบบของพฤติกรรมหรือการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบเป็นหลัก ซึ่งแต่ละ ตัวแปรแทนเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องจากหน่วยกิจกรรมทุกส่วนรวมกัน ทั้งนี้ เนื่องจากในแต่ละหน่วยกิจกรรมย่อยจะประกอบด้วยพฤติกรรมที่สามารถเกิดขึ้นได้แตกต่างกัน ทำให้ ในกรณีถ้าแบ่งเป็นการทำพฤติกรรมเป็นหน่วยย่อยตามแต่ละหน่วยกิจกรรมย่อยที่มีอยู่ทั้งหมดแล้วนั้น พบว่าความถี่ที่ได้ของผู้เรียนเป็นช่วงที่ไม่แตกต่างกันมากมีความแปรปรวนหรือการกระจายน้อย จึง อาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ในส่วนของการจำแนกผู้เรียนที่อาจไม่แสดงผลของพฤติกรรมที่มีบทบาทสำคัญ ในการจำแนกผู้เรียนได้ชัดเจน สอดคล้องกับการใช้ตัวแปรแทนที่เป็นพฤติกรรมหรือเป็นปฏิสัมพันธ์ รวมที่พบว่าผู้เรียนมีการทำพฤติกรรมต่าง ๆ ค่อนข้างแตกต่างกัน อีกทั้งยังเหมาะต่อการนำไป ประยุกต์ใช้หรือเป็นแนวทางในการศึกษาตัวแปรแทนในการวิจัยครั้งต่อไปเนื่องจากลักษณะของ พฤติกรรมที่เป็นตัวแปรแทนมีความทั่วไป สามารถนำไปปรับใช้ได้บริบทอื่นได้เหมาะสมและกว้างขวาง กว่า ดังนั้นเมื่อพิจารณาข้อมูลพฤติกรรมหลักทั้งหมดของผู้เรียนที่มีปฏิสัมพันธ์ต่อระบบพบว่า มี จำนวนทั้งหมด 40 พฤติกรรม ซึ่งการวิจัยครั้งนี้กำหนดให้เป็นตัวแปรแทน (proxy variables) ของ ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย และใช้ตัวแปรแทนทุกตัวในการเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์ เพื่อการสำรวจหาตัวแปรแทนที่เหมาะสมสำหรับการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย เนื่องจากตัว แปรมีจำนวนมาก ดังนั้นผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้จะนำเสนอตัวแปรที่พบว่าในภาพรวมผู้เรียนมี ความถี่ของการปฏิบัติพฤติกรรมในระดับสูงที่สุด 10 ลำดับแรก ซึ่งในที่นี้มีหน่วยการวัดเป็นความถี่ หรือจำนวนครั้ง

ผลการวิเคราะห์พบว่าตัวแปรแทนที่มีการทำพฤติกรรมเฉลี่ยสูงที่สุดคือ การตอบคำถามใน กิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.QUES.ANS) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 124.49 ครั้ง ( $SD=61.07$ ) รองลงมาคือ การดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.PRE.PROGR) มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 90.29 ครั้ง ( $SD=61.14$ ) การกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ (C.MODU.VIEW) มี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.91 ครั้ง ( $SD=33.82$ ) และการตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟเสร็จ สมบูรณ์ (INT.CON.QIZ.COMPLTE) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.16 ครั้ง ( $SD=19.18$ ) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาการกระจายของข้อมูลของ 10 ตัวแปรแรกพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (CV) มีค่าอยู่ระหว่าง 94.08 ถึง 296.73 โดยการทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อเสร็จสมบูรณ์ (C.ACT.COMPLETE) มีการกระจายมากที่สุด รองลงมาได้แก่ การตอบคำถามในกิจกรรมแบบ อินเตอร์แอคทีฟเสร็จสมบูรณ์ (INT.CON.QIZ.COMPLTE) และการกดส่งคำตอบในกิจกรรมแบบ อินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.ATTMP.SUBMIT) นอกจากนี้พบว่าตัวแปรแทนส่วนใหญ่มีการแจกแจง แบบเบ้ขวา ( $Sk$ ) แสดงว่าผู้เรียนส่วนใหญ่พฤติกรรมในแต่ละตัวแปรที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ยกเว้นตัวแปร

การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟเสร็จสมบูรณ์ (INT.CON.QIZ.COMPLTE) และการทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อเสร็จสมบูรณ์ (C.ACT.COMPLETE) ที่มีการกระจายแบบเบ้ซ้าย (-Sk) นอกจากนี้พบว่า ตัวแปรแทนมีการแจกแจงในลักษณะเป็นโค้งสูงกว่าโค้งปกติ ( $Ku$ ) แสดงว่าข้อมูลในแต่ละตัวแปรมีการกระจายแบบเกาะกลุ่มกัน

กล่าวได้ว่าตัวแปรแทนที่มีการทำพฤติกรรมเฉลี่ยสูงที่สุดส่วนใหญ่เป็นพฤติกรรมที่มีลักษณะเป็นพฤติกรรมประเภทการดำเนินการทำกิจกรรม (progress) และความพยายามในการเข้าทำกิจกรรมต่าง ๆ (attempt) โดยมีมาจากการมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมในรูปแบบอินเตอร์แอคทีฟ รวมไปถึงพบพฤติกรรมที่มีลักษณะเป็นพฤติกรรมประเภทการมีส่วนร่วมโดยรวมในระบบ (attendance) เช่น การกดเข้าหน้าหลักของระบบหรือหน่วยกิจกรรมย่อย ตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนกิจกรรมที่ทำครบ (task completion) แสดงได้ดังตาราง 5.6

**ตาราง 4.6** ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรแทนที่มีการทำพฤติกรรมสูงสุด 10 ลำดับแรก ( $N=228$ )

ตัวแปรแทน	Min	Max	$M$	$SD$	$Sk$	$Ku$	$CV$ (%)
การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.QUES.ANS)	0	337	124.49	61.07	0.13	0.34	203.85
การดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.PRE.PROGR)	0	384	90.29	61.14	1.73	4.61	147.68
การกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ (C.MODU.VIEW)	1	195	66.91	33.82	0.52	1.00	197.83
การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟเสร็จสมบูรณ์ (INT.CON.QIZ.COMPLTE)	0	107	42.16	19.18	-0.12	0.87	219.78
การกดเข้าหน้าหลักของระบบกิจกรรมออนไลน์ (C.VIEW)	1	104	36.60	22.05	0.59	0.24	166.01
การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์ (C.ACT.COMPLETE)	1	56	29.01	9.78	-1.40	1.76	296.73
การกดส่งคำตอบในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.ATTMP.SUBMIT)	0	61	18.21	8.29	0.82	4.46	219.67
การกดเข้าดูการตอบคำถามของตนเองในชุดแบบทดสอบ (QIZ.ATTMP.VIEW)	0	52	12.11	7.40	1.19	3.65	163.53
การทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์ (INT.CON.PRE.COMPLTE)	0	51	11.50	6.28	1.52	7.50	182.98
การกดเข้าดูกระทู้สนทนา (DISS.VIEW)	0	32	5.59	5.94	1.47	2.76	94.08

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาข้อมูลเพิ่มเติมของตัวแปรแทนที่มีการทำพฤติกรรมสูงสุด 10 ลำดับแรกข้างต้นเกี่ยวกับความเกี่ยวข้องกับหน่วยกิจกรรมย่อยภายในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ครั้งนี้ เพื่อให้เห็นภาพถึงลักษณะหรือหัวข้อที่ผู้เรียนมักมีปฏิสัมพันธ์มากที่สุดตามพฤติกรรมที่เป็นตัวแปรแทน ทั้งนี้เนื่องจากมีจำนวนหน่วยกิจกรรมย่อยเป็นจำนวนมากถึงทั้งหมด 27 หน่วยกิจกรรม ในส่วน

นี่จึงนำเสนอหน่วยกิจกรรมที่มีความถี่หรือการมีปฏิสัมพันธ์มากที่สุด 5 ลำดับแรกในแต่ละตัวแปร โดยสามารถยกตัวอย่างให้เห็นได้ว่า ตัวแปรแทนการตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟ (INT.CON.QUES.ANS) มาจากการมีปฏิสัมพันธ์จากหน่วยกิจกรรมย่อยที่ 2.3 1.2 และหน่วยกิจกรรมหลักที่ 5 ได้แก่ 5.1-5.3 เป็นลำดับต้น โดยมีความถี่ของการเกิดพฤติกรรมตอบคำถามในกิจกรรมดังกล่าวที่ค่อนข้างไล่ระดับใกล้เคียงกัน สำหรับตัวแปรแทนการดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟ (INT.CON.PRE.PROGR) พบว่าผู้เรียนเข้าดำเนินการทำกิจกรรมซึ่งเป็นอินเตอร์แอกทีฟในหน่วยกิจกรรมย่อยที่ 1.2 มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 25.71 และหน่วยกิจกรรมย่อยที่ 5.1 คิดเป็นร้อยละ 18.82 ตามลำดับ ในส่วนของตัวแปรแทนการกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ (C.MODU.VIEW) พบว่า หัวข้อย่อยที่ผู้เรียนกดเข้าดูจำนวนมากที่สุดคือ 1.4 ปัญหาเช่นนี้ ควรมีชื่อเรื่องเช่นไร คิดเป็นร้อยละ 12.86 รองลงมาคือหัวข้อ 3.1 ตัวแปรและกรอบแนวคิด 1: การเรียนการสอนคีย์บอร์ดโดยใช้เกม คิดเป็นร้อยละ 9.39 และสำหรับตัวแปรแทนการตอบคำถามกิจกรรมอินเตอร์แอกทีฟเสร็จสมบูรณ์ (INT.CON.QIZ.COMPLTE) พบว่า ผู้เรียนมีการตอบคำถามในหน่วยกิจกรรมอย่างเสร็จสมบูรณ์ในหน่วยกิจกรรมย่อยที่ 1.2 ส่วนประกอบของการเขียนที่มาและความสำคัญของปัญหา มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 22.81 รองลงมาคือหน่วยกิจกรรมย่อยที่ 5.1 2.3 5.3 และ 5.2 ตามลำดับโดยมีความถี่ของการเกิดพฤติกรรมตอบคำถามในกิจกรรมดังกล่าวที่ค่อนข้างไล่ระดับใกล้เคียงกัน

จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าตัวแปรแทนบางส่วนที่มีความเชื่อมโยงกันหรืออยู่ภายใต้กัน โดยต้องทำพฤติกรรมหนึ่งถึงจะเกิดพฤติกรรมหนึ่งต่อได้ ยกตัวอย่างเช่น ผู้เรียนต้องมีการดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟ (INT.CON.PRE.PROGR) ก่อนถึงจะสามารถมีข้อมูลของการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟสมบูรณ์ (INT.CON.PRE.COMPLTE) หรือต้องมีการตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟ (INT.CON.QUES.ANS) จึงจะสามารถมีข้อมูลของการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟสมบูรณ์ (INT.CON.PRE.COMPLTE) ได้ ซึ่งพบว่าหน่วยกิจกรรมย่อยที่มีปฏิสัมพันธ์สูงสุดในแต่ละพฤติกรรมหรือตัวแปรแทนที่เชื่อมโยงกันมักมีลำดับที่ไม่สอดคล้องกันได้ ข้อมูลส่วนนี้แสดงให้เห็นว่าแม้ผู้เรียนจะมีการดำเนินการทำกิจกรรมหนึ่งในความถี่สูง แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าผู้เรียนจะดำเนินการทำกิจกรรมแต่ละครั้งอย่างครบสมบูรณ์ รวมไปถึงตัวแปรแทนที่เป็นพฤติกรรมการมีส่วนร่วมโดยรวมในระบบ (attendance) แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีการกดเข้าดูหรือเยี่ยมชมหน่วยกิจกรรมย่อยในแต่ละหัวข้อ (C.MODU.VIEW) และกดเข้าหน้าหลักของบทเรียน (C.VIEW) เป็นจำนวนมากกว่าตัวแปรแทนบางรายการที่เป็นพฤติกรรมการทำกิจกรรม ส่วนนี้จึงกล่าวได้ว่าในการกดเข้าบทเรียนหรือหน่วยกิจกรรมแต่ละครั้งผู้เรียนอาจมีการเข้าทำกิจกรรมในบางกิจกรรมหรือไม่เข้าทำกิจกรรมเลยก็เป็นไปได้ สำหรับรายละเอียดของหน่วยกิจกรรมย่อย 5 ลำดับตามรายการตัวแปรแทนที่มีการทำพฤติกรรมสูงสุด 10 ลำดับแรกสามารถแสดงเพิ่มเติมได้ดังตาราง 4.7

ตาราง 4.7 หน่วยกิจกรรมย่อยตามรายการตัวแปรแทนที่มีการทำพฤติกรรมสูงสุด

ตัวแปรแทนและหน่วยกิจกรรมย่อย	จำนวนปฏิสัมพันธ์	
	ครั้ง	%
<b>การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.QUES.ANS)</b>	<b>31,822</b>	
2.3 สมมุติฐานในงานวิจัยบอกอะไร	5,742	18.04
1.2 ส่วนประกอบของการเขียนที่มาและความสำคัญของปัญหา	5,687	17.87
5.1 งานวิจัย 1: รูปแบบการสอนมโนทัศน์เพื่อพัฒนาคุณธรรมจริยธรรม	4,889	15.36
5.2 งานวิจัย 2: ทักษะการสะท้อนคิดและผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์	3,876	12.18
5.3 งานวิจัย 3: การบริหารจัดการหลักสูตรเพื่อส่งเสริมการทำวิจัยของครู	3,186	10.01
<b>การดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.PRE.PROGR)</b>	<b>23,064</b>	
1.2 ส่วนประกอบของการเขียนที่มาและความสำคัญของปัญหา	5,929	25.71
5.1 งานวิจัย 1: รูปแบบการสอนมโนทัศน์เพื่อพัฒนาคุณธรรมจริยธรรม	4,340	18.82
5.2 งานวิจัย 2: ทักษะการสะท้อนคิดและผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์	2,779	12.05
1.3 ชื่อเรื่องงานวิจัยบอกอะไรบ้าง	2,397	10.39
4.1 งานวิจัย 1: ความเชื่อมั่นและความสำเร็จของสภาพหนังสือพิมพ์	2,286	9.91
<b>การกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ (C.MODU.VIEW)</b>	<b>16,771</b>	
1.4 ปัญหาเช่นนี้ ควรมีชื่อเรื่องเช่นไร	2,156	12.86
3.1 ตัวแปรและกรอบแนวคิด 1: การเรียนการสอนคีย์บอร์ดโดยใช้เกม	1,575	9.39
4.5 ร่วมอภิปรายเกี่ยวกับการวิจัยเชิงสำรวจ	1,036	6.18
3.2 ตัวแปรและกรอบแนวคิด 2: ผลสัมฤทธิ์และการคิดอย่างมีเหตุผล	969	5.78
4.2 ↳ ประชากรและการได้มาซึ่งตัวอย่างควรเป็นอย่างไร (งานวิจัย 1)	925	5.52
<b>การตอบคำถามกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟเสร็จสมบูรณ์ (INT.CON.QIZ.COMPLTE)</b>	<b>10,772</b>	
1.2 ส่วนประกอบของการเขียนที่มาและความสำคัญของปัญหา	2,457	22.81
5.1 งานวิจัย 1: รูปแบบการสอนมโนทัศน์เพื่อพัฒนาคุณธรรมจริยธรรม	2,091	19.41
2.3 สมมุติฐานในงานวิจัยบอกอะไร	1,876	17.42
5.3 การบริหารจัดการหลักสูตรเพื่อส่งเสริมการทำวิจัยของครู	1,710	15.87
5.2 งานวิจัย 2: ทักษะการสะท้อนคิดและผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์	1,564	14.52
<b>การกดเข้าหน้าหลักของระบบกิจกรรมออนไลน์ (C.VIEW)</b>	<b>9,376</b>	
Course: Reading For Learning [RFL]	9,376	100.00
<b>การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์ (C.ACT.COMPLETE)</b>	<b>7,312</b>	
1.2 ส่วนประกอบของการเขียนที่มาและความสำคัญของปัญหา	522	7.14
1.4 ปัญหาเช่นนี้ ควรมีชื่อเรื่องเช่นไร	475	6.50
1.1 เรียงร้อยอย่างไรให้เชื่อมโยง	436	5.96
2.1 สมมุติฐานการวิจัยควรเป็นอย่างไร	384	5.25

ตัวแปรแทนและหน่วยกิจกรรมย่อย	จำนวนปฏิสัมพันธ์	
	ครั้ง	%
2.3 สมมุติฐานในงานวิจัยบอกอะไร	307	4.20
<b>การกดส่งคำตอบในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.ATTMP.SUBMIT)</b>	<b>4,664</b>	
1.1 เรียงร้อยอย่างไรให้เชื่อมโยง	633	13.57
2.1 สมมุติฐานการวิจัยควรเป็นอย่างไร	543	11.64
2.2 ทิศทางของสมมุติฐานการวิจัย	464	9.95
4.1 ความเชื่อมั่นและความสำเร็จของสภาพหนังสือพิมพ์	457	9.80
5.1 งานวิจัย 1: รูปแบบการสอนมโนทัศน์เพื่อพัฒนาคุณธรรมจริยธรรม	437	9.37
<b>การกดเข้าดูการตอบคำถามของตนเองในชุดแบบทดสอบ(QIZ.ATTMP.VIEW)</b>	<b>3,087</b>	
2.4 [Quiz] ทบทวนเรื่องสมมุติฐาน	1988	64.40
3.3 [Quiz] ตัวแปรวิจัยน่าสงสัย	1099	35.60
<b>การทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์ (INT.CON.PRE.COMPLTE)</b>	<b>2,937</b>	
4.1 งานวิจัย 1: ความเชื่อมั่นและความสำเร็จของสภาพหนังสือพิมพ์	448	15.25
5.1 งานวิจัย 1: รูปแบบการสอนมโนทัศน์เพื่อพัฒนาคุณธรรมจริยธรรม	423	14.40
1.2 ส่วนประกอบของการเขียนที่มาและความสำคัญของปัญหา	408	13.89
2.3 สมมุติฐานในงานวิจัยบอกอะไร	392	13.35
1.3 ชื่อเรื่องงานวิจัยบอกอะไรบ้าง	370	12.60
<b>การกดเข้าดูกระทู้สนทนา (DISS.VIEW)</b>	<b>1,389</b>	
4.5 ร่วมอภิปรายเกี่ยวกับการวิจัยเชิงสำรวจ	1,005	72.35
5.4 ร่วมอภิปรายเกี่ยวกับการวิจัยเชิงทดลอง	384	27.65

## ตอนที่ 2.2 การวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและสำรวจจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม

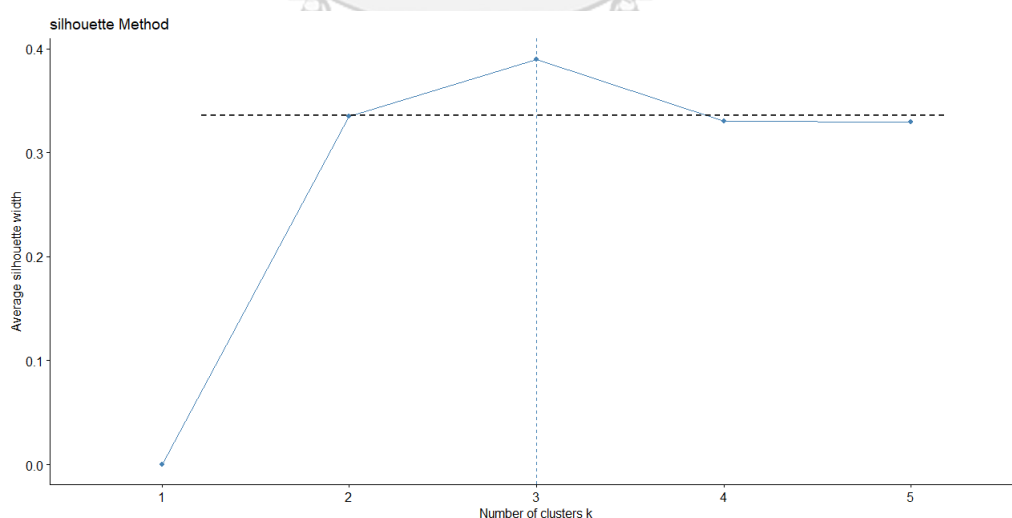
เนื่องจากการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจำเป็นต้องอาศัยชุดข้อมูลที่รู้กลุ่มของตัวแปรผลลัพธ์หรือระบุกลุ่มเป้าหมายให้กับตัวอย่างวิจัยที่ต้องการศึกษา การจำแนกมาก่อน ทั้งนี้เนื่องด้วยการเข้าเรียนรู้หรือทำกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ มีหลายปัจจัยที่ผู้สอนอาจไม่สามารถระบุคุณลักษณะหรือกลุ่มที่แน่ชัดของผู้เรียนได้ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน ส่งผลให้เกิดข้อจำกัดในการได้ชุดข้อมูลที่มีการระบุกลุ่มของผู้เรียนที่เพียงพอต่อการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อการจำแนกข้อมูล ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงประยุกต์ใช้หลักการเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีการสอนร่วมด้วย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีเคมีน (k-means) เพื่อจัดกลุ่มและระบุกลุ่มให้กับผู้เรียนก่อน (cluster and label) เพื่อนำไปวิเคราะห์เพื่อศึกษาการจำแนกกลุ่มและเพื่อวัตถุประสงค์วิจัยหลักต่อไป ซึ่งทำให้การวิจัยครั้งนี้มีลักษณะการวิเคราะห์เป็นการเรียนรู้ของเครื่องแบบกึ่งมีการสอน (semi-supervised



learning) ที่เป็นการดำเนินการด้วยขั้นตอนการวิเคราะห์ตามแนวคิดการเรียนรู้ของเครื่องแบบกึ่งมีการสอนแบบดั้งเดิม ด้วยการแยกการวิเคราะห์การจัดกลุ่มและการจำแนกกลุ่ม ไม่ได้เป็นการใช้เทคนิคขั้นสูงของวิธีการวิเคราะห์แบบกึ่งมีการสอนโดยเฉพาะ โดยผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มแสดงได้ดังต่อไปนี้

### ผลการสำรวจจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมในขั้นต้น

การวิเคราะห์เพื่อสำรวจจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม (optimal number of clusters) ในเบื้องต้นและเพื่อจัดกลุ่มข้อมูลหรือจัดกลุ่มของผู้เรียนด้วยการเรียนรู้ของเครื่องวิธี K-means เมื่อพิจารณาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมด้วยวิธีซิลูเอท (silhouette method) ซึ่งจะค้นหาการแบ่งกลุ่มที่ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างกลุ่มมากที่สุด พิจารณาจากกราฟ ณ จุดที่มีค่า average silhouette width สูงสุด จากการกำหนดให้จำนวนกลุ่มสูงสุดเท่ากับ 5 ( $k_{max} = 5$ ) พบว่า จำนวนกลุ่มที่เหมาะสมคือ 3 กลุ่ม อย่างไรก็ตาม จำนวนกลุ่มที่เหมาะสมลำดับต่อมาคือ 2 กลุ่ม ดังภาพ 4.3 ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จะใช้การแบ่งกลุ่มผู้เรียน 2 รูปแบบ ได้แก่ การแบ่งผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่มและการแบ่งผู้เรียนออกเป็น 3 กลุ่ม สำหรับการนำไปวิเคราะห์ต่อในขั้นการวิเคราะห์การจำแนกผู้เรียนเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกระหว่างการแบ่งผู้เรียนด้วยจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกันเพื่อหาความเหมาะสมต่อไป



ภาพ 4.3 จำนวนกลุ่มที่เหมาะสม เมื่อกำหนด  $k_{max} = 5$

การแบ่งผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่ม พบว่ามีค่าความแปรปรวนของพฤติกรรมการณ์ปฏิบัติสัมพันธ์ในระบบการจัดการเรียนรู้ภายในกลุ่มโดยรวม (total within-cluster sum of squares) เท่ากับ 1476,223 เมื่อพิจารณารายกลุ่มพบว่า กลุ่มที่ 2 มีความแปรปรวนภายในกลุ่มน้อยกว่า นอกจากนี้การแบ่งกลุ่มครั้งนี้สามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลคิดเป็นร้อยละ 40.7 โดยสามารถจัดผู้เรียนกลุ่มผู้เรียนได้คือ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยผู้เรียนจำนวน 128 คน และกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยผู้เรียนจำนวน 127 คน ในขณะที่การแบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็น 3 กลุ่ม พบว่ามีค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มโดยรวมเท่ากับ 1,006,267 เมื่อพิจารณารายกลุ่มพบว่า กลุ่มที่ 3 มีความแปรปรวนภายในกลุ่มน้อยที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่ 1 นอกจากนี้การแบ่งกลุ่มสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลคิดเป็นร้อยละ 59.6 ซึ่งสามารถจัดผู้เรียนกลุ่มผู้เรียนได้คือ กลุ่มที่ 1 จำนวน 161 คน กลุ่มที่ 2 จำนวน 52 คน และกลุ่มที่ 3 จำนวน 42 คน กล่าวได้ว่าการจัดข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่มทำให้มีค่าความแตกต่างภายในโดยรวมกลุ่มน้อยกว่า และสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ดีกว่าการจัดข้อมูลเป็น 2 กลุ่ม นอกจากนี้ เนื่องจากการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีการ k-means ให้การกำหนดกลุ่มเป็นตัวเลข ดังนั้นเพื่อระบุลักษณะของผู้เรียนแต่ละกลุ่มจึงพิจารณาคุณลักษณะข้อมูลภายในกลุ่ม โดยใช้ค่าเฉลี่ยตัวแปรของแต่ละกลุ่ม (cluster means) พบว่า การแบ่งผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มและ 3 สามารถระบุคุณลักษณะของกลุ่มได้ตามระดับพฤติกรรมการณ์ปฏิบัติสัมพันธ์กับระบบ โดยการแบ่งผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มนั้น กล่าวได้ว่าผู้เรียนกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีความความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับสูง ขณะที่ผู้เรียนกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีความความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับต่ำ สำหรับการแบ่งผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มสามารถระบุได้ว่า ผู้เรียนกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีความความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับสูง กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีความความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับปานกลาง และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีความความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับต่ำ ดังตาราง 4.8

ตาราง 4.8 การจัดกลุ่มผู้เรียนด้วยวิธีเคมีน (k-means) ด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน

กลุ่ม	ขนาดของกลุ่ม (คน)	ระดับความยึด มั่นผูกพัน	Within cluster sum of squares	Total within- cluster sum of squares	Total variance explained
<b>จำนวนกลุ่มเท่ากับ 2 (k=2)</b>					
Cluster 1	128	สูง	986,299.0	1,476,223	40.7%
Cluster 2	127	ต่ำ	489,923.8		
<b>จำนวนกลุ่มเท่ากับ 3 (k=3)</b>					
Cluster 1	161	ปานกลาง	435,886.81	1,006,267	59.6%
Cluster 2	52	สูง	489,294.77		
Cluster 3	42	ต่ำ	81,085.67		

## ตอนที่ 2.3 การวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์การเรียนรู้โดยนำเสนอผลโมเดลการจำแนกผู้เรียนกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน 3 เทคนิค ได้แก่ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) เทคนิคเนอิวเบย์ (naïve Bayes) และเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) ซึ่งการวิเคราะห์ขั้นตอนนี้ใช้ผลการจัดกลุ่มด้วยวิธีเคมีนในการระบุกลุ่มที่ผู้เรียนแต่ละคนสังกัดหรือเป็นสมาชิก โดยแบ่งการวิเคราะห์ตามการแบ่งกลุ่มผู้เรียนที่แตกต่างกัน ได้แก่ การจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม และการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่ม มีรายละเอียดดังนี้

### 2.3.1 การจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

#### ประสิทธิภาพของโมเดลจำแนก

การจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) ในครั้งนี้เป็นผลการวิเคราะห์จากโมเดลการจำแนกที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้โมเดลการจำแนกที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ผลการวิเคราะห์กล่าวได้ดังนี้ การจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม พบว่าโมเดลการจำแนกมีประสิทธิภาพในการจำแนกผู้เรียนด้วยความแม่นยำ (accuracy) เท่ากับร้อยละ 85.5 โดยสามารถจำแนกผู้เรียนในกลุ่ม 1 ได้ถูกต้องร้อยละ 42.11 และจำแนกผู้เรียนในกลุ่ม 2 ได้ถูกต้องร้อยละ 43.42 ในขณะที่การจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มแบบ 3 กลุ่ม พบว่าโมเดลการจำแนกมีประสิทธิภาพในการจำแนกผู้เรียนด้วยความแม่นยำ (accuracy) เท่ากับร้อยละ 88 โดยสามารถจำแนกผู้เรียนในกลุ่ม 1 ได้ถูกต้องร้อยละ 61.33 และจำแนกผู้เรียนในกลุ่ม 2 และ 3 ได้ถูกต้องร้อยละ 12 และ 14.67 ตามลำดับ ซึ่งมีความแม่นยำกว่าการจำแนกผู้เรียนแบบ 2 กลุ่มคิดเป็นร้อยละ 2.5

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกด้านความไว (sensitivity) และความจำเพาะ (specificity) พบว่าการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มสามารถจำแนกกลุ่มอ้างอิงที่ต้องการทดสอบ (true positive) และกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มอ้างอิง (true negative) ได้ถูกต้องใกล้เคียงกัน นั่นคือสามารถจำแนกเกี่ยวกับการเป็นผู้เรียนในกลุ่มนั้นหรือการไม่ใช่ผู้เรียนในกลุ่มนั้นได้แม่นยำทั้งสำหรับผู้เรียนกลุ่ม 1 และผู้เรียนกลุ่ม 2

ในขณะที่การจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มพบว่า ค่าความไวของการจำแนกแต่ละกลุ่ม (class) ส่วนใหญ่มีค่าสูง อย่างไรก็ตามค่าความไวในการจำแนกผู้เรียนในกลุ่มที่ 2 มีค่าที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นมา หมายถึง ยังมีการจำแนกผู้เรียนที่อยู่ในกลุ่ม 2 ได้อย่างแม่นยำในสัดส่วนต่ำ เช่นเดียวกับค่าความจำเพาะที่กลุ่มที่ 1 มีค่าค่อนข้างต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ ซึ่งยังไม่สามารถจำแนกคนที่ไม่ใช่ผู้เรียนกลุ่ม 1 ได้ดี กล่าวได้ว่า การจำแนกผู้เรียนแบบ 3 กลุ่มด้วยด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจยังมีจุดอ่อนในการจำแนกกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพเท่ากับกลุ่มอื่น ๆ แสดงได้ดังตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

ประสิทธิผล การจำแนก	การจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน								
	2 กลุ่ม				3 กลุ่ม				
Confusion matrix	Actual				Actual				
	1      2				1      2      3				
	Prediction	1	42.11%	6.58%	Prediction	1	61.33%	8%	1.33%
		2	7.89%	43.42%		2	2.67%	12%	0%
3			3	0%		0%	14.67%		
Accuracy	.855				.88				
Sensitivity	.8421				Class 1	Class 2	Class 3		
					.9583	.6342	.9167		
Specificity	.8684				Class 1	Class 2	Class 3		
					.7419	.9661	1.0000		

#### ตัวอย่างการอ่านและตีความการจำแนกกลุ่มจากแผนภาพต้นไม้ตัดสินใจ

เนื่องจากการวิเคราะห์การจำแนกข้อมูลด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจจะให้การรายงานผลการจำแนกผ่านแผนภาพต้นไม้ ซึ่งแสดงถึงเงื่อนไขหรือกฎ (rules) ของการจำแนกข้อมูลหรือตัวอย่างวิจัยในแต่ละกลุ่ม ตามการพิจารณาจากตัวแปรคุณลักษณะที่มีบทบาทสำคัญในการจำแนกและค่าหรือเกณฑ์คะแนนของตัวแปรคุณลักษณะนั้น ๆ ที่จะใช้ในการพิจารณาตัดสินใจแบ่งข้อมูลหรือตัวอย่างวิจัยออกเป็นกลุ่มที่แตกต่างกัน โดยในส่วนนี้จะแสดงตัวอย่างการอ่านและตีความการจำแนกกลุ่มจากแผนภาพต้นไม้ตัดสินใจอย่างง่าย เพื่อช่วยสร้างความเข้าใจและเป็นแนวทางให้กับผู้อ่านงานวิจัยในการนำไปใช้สำหรับการอ่านผลการวิจัยทั้งในงานวิจัยครั้งนี้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป

ตัวอย่างแผนภาพต้นไม้ตัดสินใจที่น่าเสนอต่อไปนี้เป็นผลการวิจัยของ Kabra and Bichkar (2011) ในการจำแนกนักศึกษาศึกษาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในประเทศอินเดีย เป็นการจำแนกนักศึกษาด้านความสามารถทางการเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้เรียนที่ไม่ผ่านการเลื่อนชั้นปี (FAIL) และผู้เรียนที่ผ่านการเลื่อนชั้นปีเพื่อเรียนในชั้นปีต่อไป (Promoted) การวิจัยนี้พิจารณาตัวแปรคุณลักษณะ (attributes) ที่จะใช้ในการจำแนกผู้เรียนจากตัวแปรเกี่ยวกับผลการเรียนในอดีตที่ยื่นเข้าสมัครมหาวิทยาลัย (past performance data) ผลการวิจัยพบตัวแปรคุณลักษณะที่มีบทบาทสำคัญในการจำแนกผู้เรียนซึ่งแสดงบนแผนภาพต้นไม้ตัดสินใจ ประกอบด้วย 1) HSCCET หมายถึง คะแนนแอดมิชชัน 2) SSCBoard หมายถึง หลักสูตรการเรียนในมัธยม ได้แก่ State (หลักสูตรของรัฐ) หรือ CBSE (หลักสูตรในระบบ CBSE) 3) HSCPCM หมายถึง คะแนนสอบกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์จากคะแนนแอดมิชชัน 4) SSCSci หมายถึง คะแนนสอบวิชาวิทยาศาสตร์ในมัธยมปลาย แสดงได้ดังภาพ 4.4

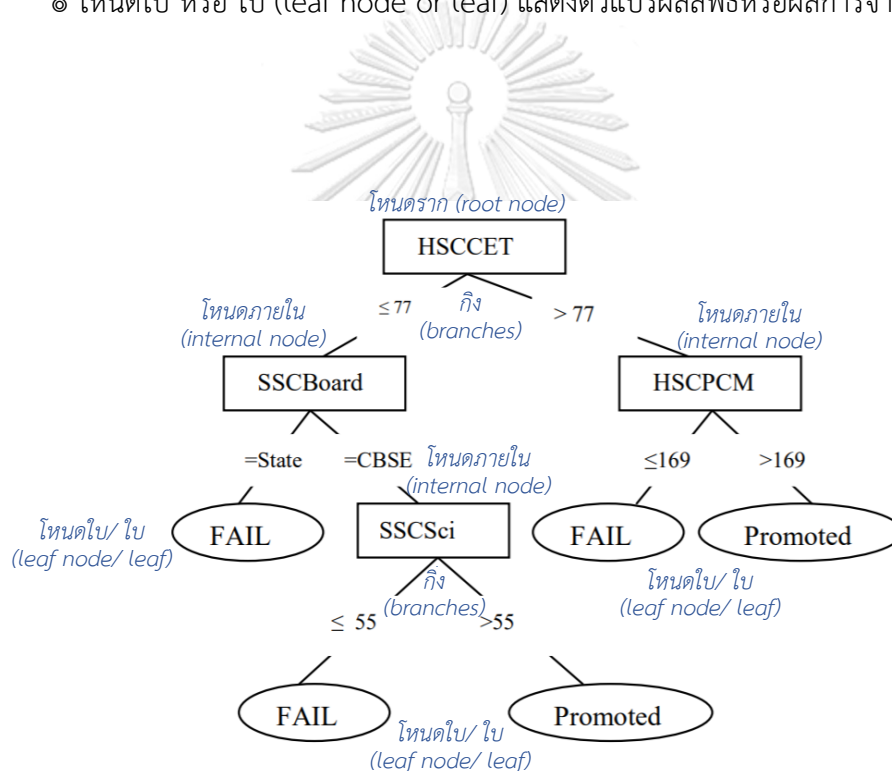
ส่วนประกอบของต้นไม้ตัดสินใจ โดยแสดงได้ดังภาพ 4.4 สามารถอธิบายได้ดังนี้

๑ โหนดราก (root node) และโหนดภายใน (internal node) แสดงตัวแปรคุณลักษณะที่ใช้ในการจำแนกผู้เรียน โดยโหนดราก คือตัวแปรคุณลักษณะที่มีความสามารถในการจำแนกดีที่สุด

๒ กิ่ง (branches) แสดงเส้นทางในการตัดสินใจการอ่านผลในลำดับต่อไป โดยจะมีค่าหรือเกณฑ์คะแนนของตัวแปรคุณลักษณะที่เป็นจุดกำเนิดของกิ่งในการพิจารณา

เช่น ตัวแปร HSCCET (คะแนนแอดมิชชัน) มีเกณฑ์คะแนนหรือคะแนนจุดตัดคือ 77 คะแนน ดังนั้น ถ้าผู้เรียนมีคะแนน HSCCET น้อยกว่าหรือเท่ากับ 77 คะแนน ให้พิจารณาอ่านเส้นทางกิ่งฝั่งซ้ายต่อ หรือถ้าผู้เรียนมีคะแนนมากกว่า 77 คะแนน ให้พิจารณาอ่านเส้นทางกิ่งฝั่งขวาต่อ

๓ โหนดใบ หรือ ใบ (leaf node or leaf) แสดงตัวแปรผลลัพธ์หรือผลการจำแนกกลุ่ม



ภาพ 4.4 ต้นไม้ตัดสินใจการจำแนกนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์  
ด้านความสามารถทางการเรียน (Kabra & Bichkar, 2011)

### การอ่านผลการจำแนกนักศึกษาศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ด้านความสามารถทางการเรียน

ผลการวิจัยการจำแนกนักศึกษาศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ด้านความสามารถทางการเรียน โดย Kabra and Bichkar (2011) ที่แสดงได้ในแผนภาพต้นไม้ตัดสินใจดังภาพ 4.4 นั้น พบว่า การจำแนกผู้เรียน เป็น 2 กลุ่มในงานวิจัยนี้มีเงื่อนไขหรือกฎการจำแนกทั้งหมด 5 เส้นทางหรือ 5 เงื่อนไขหลัก

เมื่อพิจารณาตัวแปรคุณลักษณะที่สามารถจำแนกได้ดีที่สุด ณ ตำแหน่งโหนดแรก พบว่าตัวแปรคุณลักษณะที่ต้องพิจารณาในลำดับแรกคือ ตัวแปร HSCCET (คะแนนแอดมิชชัน) ซึ่งมีเกณฑ์ของคะแนนจุดตัดเท่ากับ 77 คะแนน นำมาสู่แนวทางการตัดสินใจจำแนกผู้เรียน ได้ดังนี้

**เงื่อนไขที่ 1:** ถ้าผู้เรียนมีคะแนน HSCCET (คะแนนแอดมิชชัน) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 77 คะแนน ให้ใช้เส้นทางกิ่งฝั่งซ้ายในการอ่าน ซึ่งจะนำไปสู่การพิจารณาตัวแปรคุณลักษณะตัวต่อไป คือ SSCBoard (หลักสูตรการเรียนในมัธยม) โดยหากผู้เรียนจบมาจากหลักสูตร State พบว่าสามารถสรุปผลการจำแนกผู้เรียนได้เลย เนื่องจากกิ่งดังกล่าวนำมาสู่โหนดใบหรือใบ (leaf node or leaf) ซึ่งผลพบว่า สามารถจำแนกผู้เรียนได้เป็น กลุ่มผู้เรียนที่ไม่ผ่านการเลื่อนชั้นปี (FAIL)

ทั้งนี้ในเงื่อนไขหรือเส้นทางอื่น ๆ สามารถใช้การอ่านผลตามแนวทางที่อธิบายเป็นตัวอย่างในเงื่อนไขที่ 1 ได้ โดยสามารถสรุปเงื่อนไขการจำแนกที่เหลือ ได้ดังนี้

**เงื่อนไขที่ 2:** ถ้าผู้เรียนมีคะแนน HSCCET (คะแนนแอดมิชชัน) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 77 คะแนน และจบจากหลักสูตร SSCBoard ที่เป็นหลักสูตรในระบบ CBSE และเมื่อพิจารณาต่อแล้วพบว่าผู้เรียนมีคะแนน SSCSci (คะแนนสอบวิชาวิทยาศาสตร์ในมัธยมปลาย) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 55 คะแนน จะจำแนกผู้เรียนกลุ่มนี้เป็นกลุ่มผู้เรียนที่ไม่ผ่านการเลื่อนชั้นปี (FAIL)

**เงื่อนไขที่ 3:** ถ้าผู้เรียนมีคะแนน HSCCET (คะแนนแอดมิชชัน) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 77 คะแนน และจบจากหลักสูตร SSCBoard ที่เป็นหลักสูตรในระบบ CBSE และเมื่อพิจารณาต่อแล้วพบว่าผู้เรียนมีคะแนน SSCSci (คะแนนสอบวิชาวิทยาศาสตร์ในมัธยมปลาย) มากกว่า 55 คะแนน จะจำแนกผู้เรียนกลุ่มนี้เป็นกลุ่มผู้เรียนที่ผ่านการเลื่อนชั้นปีเพื่อเรียนในชั้นปีต่อไป (Promoted)

**เงื่อนไขที่ 4:** ถ้าผู้เรียนมีคะแนน HSCCET (คะแนนแอดมิชชัน) มากกว่า 77 คะแนน และพิจารณาต่อแล้วพบว่า มีคะแนน HSCPCM (คะแนนสอบกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 169 คะแนน จะจำแนกผู้เรียนกลุ่มนี้เป็นกลุ่มผู้เรียนที่ไม่ผ่านการเลื่อนชั้นปี (FAIL)

**เงื่อนไขที่ 5:** ถ้าผู้เรียนมีคะแนน HSCCET (คะแนนแอดมิชชัน) มากกว่า 77 คะแนน และพิจารณาต่อแล้วพบว่า มีคะแนน HSCPCM (คะแนนสอบกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์) มากกว่า 169 คะแนน จะจำแนกผู้เรียนกลุ่มนี้เป็นกลุ่มผู้เรียนที่ผ่านการเลื่อนชั้นปีเพื่อเรียนในชั้นปีต่อไป (Promoted)

### ต้นไม้ตัดสินใจของการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

จากการอ่านและตีความผลการจำแนกกลุ่มผู้เรียนในแผนภาพต้นไม้ตัดสินใจที่ได้ยกตัวอย่างในข้างต้น ผลการวิจัยการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในครั้งนี้ ใช้แนวทางการอ่านและตีความผลในลักษณะเช่นเดียวกัน โดยมีส่วนประกอบของต้นไม้ ดังนี้

๑ โหนดราก (root node) และโหนดภายใน (internal node) แสดงตัวแปรแทนที่ใช้ในการจำแนกผู้เรียน ในที่นี้จะแสดงพร้อมกับตัวเลขซึ่งเป็นคะแนนจุดตัด (cut score) ของตัวแปรแทนนั้น ๆ โดยมีหน่วยคะแนนเป็นจำนวนครั้ง

๑ กิ่ง (branches) แสดงเส้นทางการตัดสินใจการอ่านผลในลำดับต่อไป โดยพิจารณาจากเกณฑ์คะแนนจุดตัดของตัวแปรแทนที่เป็นจุดกำเนิดของกิ่ง โดยหากมีคะแนนสอดคล้องตามเกณฑ์คะแนนจุดตัด (yes) ให้พิจารณาอ่านเส้นทางของกิ่งฝั่งซ้าย และหากมีคะแนนไม่สอดคล้องตามเกณฑ์คะแนนจุดตัด (no) ให้พิจารณาอ่านเส้นทางของกิ่งฝั่งขวา

๑ โหนดใบ หรือ ใบ (leaf node or leaf) แสดงตัวแปรผลลัพธ์หรือผลการจำแนกกลุ่ม ซึ่งแสดงเป็นตัวเลข 1 และ 2 หรือ 3 โดยหมายถึง ผู้เรียนกลุ่ม 1 ผู้เรียนกลุ่ม 2 หรือ ผู้เรียนกลุ่ม 3 นอกจากนี้จำนวนเปอร์เซ็นต์ (%) ในโหนดใบแต่ละใบ แสดงร้อยละของผู้เรียนในกลุ่มที่เป็นผลจากการจำแนกตามเงื่อนไขการจำแนกเส้นทางนั้น ๆ ซึ่งเมื่อรวมค่าร้อยละในทุกโหนดใบเข้าด้วยกันจะมีค่าเท่ากับ 100

### ต้นไม้ตัดสินใจของการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยแบบ 2 กลุ่ม

เมื่อพิจารณาแผนภาพต้นไม้ตัดสินใจของการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยที่เป็นผลจากการวิเคราะห์ครั้งนี้พบว่า การจำแนกผู้เรียนแบบ 2 กลุ่มและ 3 กลุ่มมีตัวแปรที่เป็นโหนดราก (root node) เป็นตัวแปรที่สอดคล้องกันคือ การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.QUES.ANS) นอกจากนี้พบเงื่อนไขในการแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มจำนวน 9 เงื่อนไขหรือ 9 เส้นทางเช่นเดียวกัน

สำหรับการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม แสดงแนวทางการอ่านผลได้คือ

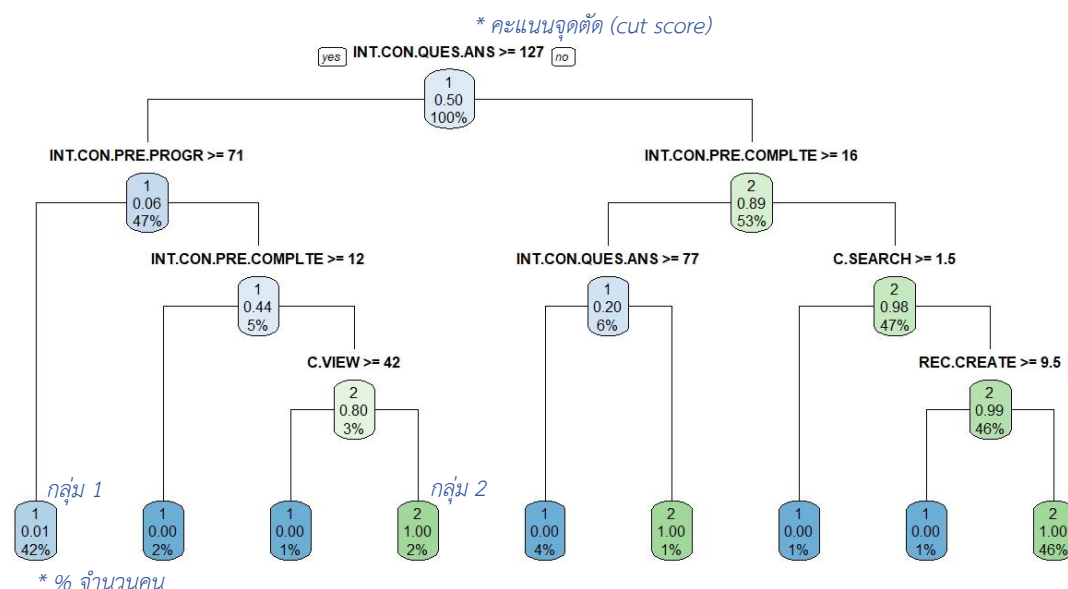
ถ้าผู้เรียนมีการตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.QUES.ANS) มากกว่าหรือเท่ากับ 127 ครั้งสอดคล้องตามเกณฑ์คะแนนจุดตัด ให้ใช้เส้นทางของกิ่งฝั่งซ้ายในการพิจารณาตัวแปรแทนลำดับต่อไป ซึ่งพบว่านำไปสู่ตัวแปรแทนการดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.PRE.PROGR) และหากผู้เรียนมีจำนวนพฤติกรรมไม่สอดคล้องตามเกณฑ์คะแนนจุดตัด โดยมีการดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟน้อยกว่า 71 ครั้ง ให้ใช้การอ่านด้วยกิ่งขวาในลำดับต่อไป ซึ่งนำมาสู่การพิจารณาตัวแปรแทนการดำเนินการทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์ (C.ACT.COMPLETE) ที่หากผู้เรียนมีพฤติกรรมน้อยกว่า 12 ครั้ง ให้พิจารณาตัวแปรแทนการกวดูรายงานการดำเนินการทำกิจกรรมในบทเรียน (C.USER.RP.VIEW) ต่อ โดยในกรณีนี้ หากผู้เรียนมีการกวดูรายงานการดำเนินการทำกิจกรรมในบทเรียนสอดคล้องตามเกณฑ์คะแนนจุดตัด นั่นคือ ทำพฤติกรรมมากกว่าหรือเท่ากับ 42 ครั้ง จะจำแนกผู้เรียนเป็นผู้เรียนกลุ่ม 1 โดยพบว่าจำนวนผู้เรียนกลุ่ม 1 ที่เป็นผลจากการจำแนกตามเงื่อนไขเดียวกันนี้มีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 1 (1%) ของผู้เรียนทั้งหมด แต่หากพบว่าผู้เรียนมีการกวดูรายงานการดำเนินการทำกิจกรรมในบทเรียนน้อยกว่า 42 ครั้ง ผู้เรียนจะถูกจำแนกเป็นผู้เรียนกลุ่ม 2 โดยพบว่าจำนวนผู้เรียนกลุ่ม 2 ที่เป็นผลจากการจำแนกตามเงื่อนไขเดียวกันนี้มีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 2 (2%) ของผู้เรียนทั้งหมด

### เงื่อนไขการจำแนกที่พบสัดส่วนผู้เรียนมากที่สุด

ทั้งนี้ เนื่องจากมีจำนวนเงื่อนไขหรือเส้นทางจำนวนมาก รวมถึงต้นไม้มันมีความลึกหลายระดับ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอเงื่อนไขการจำแนกที่พบว่าสามารถจำแนกผู้เรียนเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด ในแต่ละกลุ่มต่าง ๆ ดังนี้

1. เงื่อนไขที่พบว่ามีจำนวนผู้เรียนในกลุ่มที่ 1 เป็นสัดส่วนมากที่สุด ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 42 ของผู้เรียนทั้งหมด คือ การที่ผู้เรียนมีการตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.QUES.ANS) มากกว่าหรือเท่ากับ 127 ครั้ง และมีการดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.PRE.PROGR) มากกว่าหรือเท่ากับ 27 ครั้ง

2. เงื่อนไขที่พบว่ามีจำนวนผู้เรียนในกลุ่มที่ 2 เป็นสัดส่วนมากที่สุด ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 46 ของผู้เรียนทั้งหมด คือ การที่ผู้เรียนมีการตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.QUES.ANS) น้อยกว่า 127 ครั้ง มีการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์ (INT.CON.PRE.COMPLTE) น้อยกว่า 16 ครั้ง มีการค้นหาค้นหาบทเรียนในหน้าหลักของเว็บไซต์ (C.SEARCH) น้อยกว่า 1.5 ครั้ง และมีการสร้างโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ (REC.CREATE) น้อยกว่า 9.5 ครั้ง ดังภาพ 4.5



ภาพ 4.5 ต้นไม้ตัดสินใจของการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยแบบ 2 กลุ่ม



### ต้นไม้ตัดสินใจของการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยแบบ 3 กลุ่ม

สำหรับการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่ม แสดงแนวทางการอ่านผลได้คือ

ถ้าผู้เรียนมีการตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟ (INT.CON.QUES.ANS) มากกว่าหรือเท่ากับ 72 ครั้งสอดคล้องตามเกณฑ์คะแนนจุดตัด ให้ใช้เส้นทางของกิ่งฝั่งซ้ายในการพิจารณาตัวแปรแทนลำดับต่อไป ซึ่งพบว่านำไปสู่ตัวแปรแทนการดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟ (INT.CON.PRE.PROGR) ที่มีเกณฑ์คะแนนจุดตัดคือ การมีจำนวนครั้งน้อยกว่า 115 ครั้ง โดยหากผู้เรียนมีจำนวนพฤติกรรมที่ไม่สอดคล้องตามเกณฑ์ นั้นหมายถึงผู้เรียนมีการดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟมากกว่าหรือเท่ากับ 115 ครั้ง ให้ใช้เส้นทางของกิ่งฝั่งขวาต่อ ซึ่งนำมาสู่การพิจารณาตัวแปรแทนตัวเดิมคือ การดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟ (INT.CON.PRE.PROGR) แต่มีจุดตัดคะแนนที่เปลี่ยนไป โดยหากผู้เรียนมีพฤติกรรมดังกล่าวเป็นไปตามเกณฑ์คือ น้อยกว่า 145 ครั้งให้อ่านผลต่อในกิ่งฝั่งซ้ายคือ การตอบคำถามกิจกรรมอินเตอร์แอกทีฟสมบูรณ์ (INT.CON.QIZ.COMPLTE) ในกรณีนี้ หากผู้เรียนมีพฤติกรรมเป็นไปตามเกณฑ์คะแนนจุดตัดคือ มีพฤติกรรมน้อยกว่า 48 ครั้ง ผู้เรียนจะถูกจำแนกเป็นผู้เรียนกลุ่ม 1 โดยพบว่าจำนวนผู้เรียนกลุ่ม 1 ที่เป็นผลจากการจำแนกตามเงื่อนไขเดียวกันนี้มีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 2 (2%) ของผู้เรียนทั้งหมด

อาจกล่าวถึงลักษณะพฤติกรรมของผู้เรียนในเงื่อนไขนี้ได้ว่า เป็นผู้เรียนที่มีการตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟ (INT.CON.QUES.ANS) มากกว่าหรือเท่ากับ 72 ครั้ง มีการดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟ (INT.CON.PRE.PROGR) อยู่ระหว่าง 115-139 ครั้ง และมีการตอบคำถามกิจกรรมอินเตอร์แอกทีฟสมบูรณ์ (INT.CON.QIZ.COMPLTE) น้อยกว่า 48 ครั้ง นั่นเอง

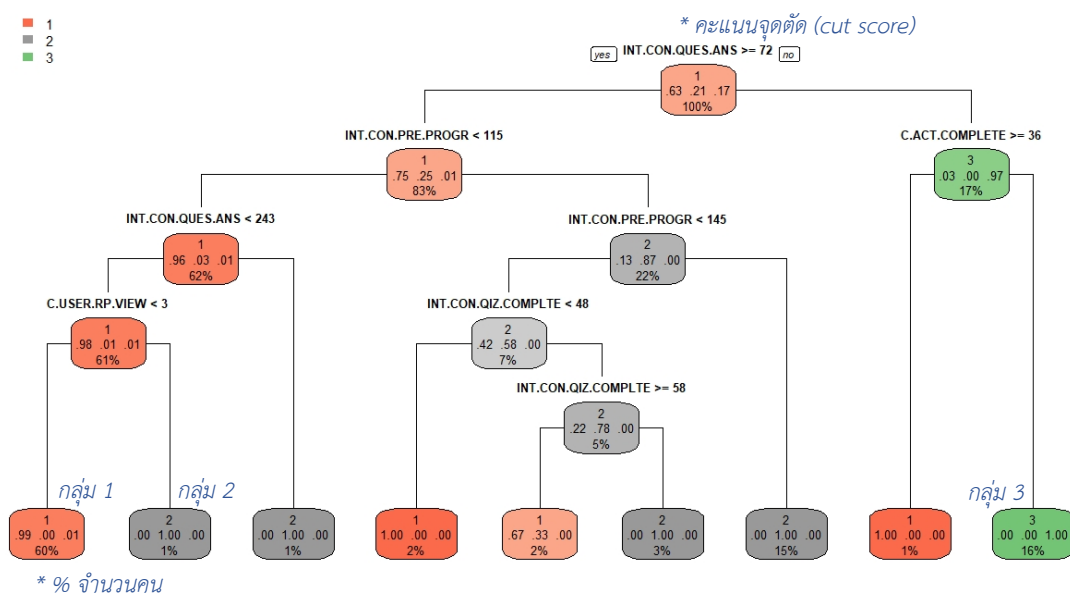
### เงื่อนไขการจำแนกที่พบสัดส่วนผู้เรียนมากที่สุด

เนื่องจากมีจำนวนเงื่อนไขหรือเส้นทางจำนวนมาก รวมถึงต้นไม้มันมีความลึกหลายระดับ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอเงื่อนไขการจำแนกที่พบว่าสามารถจำแนกผู้เรียนเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด ในแต่ละกลุ่มต่าง ๆ ดังนี้

1. เงื่อนไขที่พบว่ามีจำนวนผู้เรียนในกลุ่มที่ 1 เป็นสัดส่วนมากที่สุดซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60 ของผู้เรียนทั้งหมด คือ การที่ผู้เรียนมีการตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟ (INT.CON.QUES.ANS) มากกว่าหรือเท่ากับ 72 ครั้ง มีการดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟ (INT.CON.PRE.PROGR) น้อยกว่า 115 ครั้ง มีการตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอกทีฟ (INT.CON.QUES.ANS) น้อยกว่า 243 ครั้ง และมีการกดดูรายงานการทำกิจกรรมในบทเรียน (C.USER.RP.VIEW) น้อยกว่า 3 ครั้ง

2. สำหรับเงื่อนไขที่พบว่ามีจำนวนผู้เรียนในกลุ่มที่ 2 เป็นสัดส่วนมากที่สุดซึ่งคิดเป็นร้อยละ 15 ของผู้เรียนทั้งหมด คือ การที่ผู้เรียนมีการตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.QUES.ANS) มากกว่าหรือเท่ากับ 72 ครั้ง มีการดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.PRE.PROGR) มากกว่าหรือเท่ากับ 115 ครั้ง และมากกว่าหรือเท่ากับ 145 ครั้ง หรือกล่าวได้ว่า มีการดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟมากกว่า 145 ครั้งขึ้นไป

3. ในส่วนของเงื่อนไขที่พบว่ามีจำนวนผู้เรียนในกลุ่มที่ 3 เป็นสัดส่วนมากที่สุดซึ่งคิดเป็นร้อยละ 16 ของผู้เรียนทั้งหมด คือ การที่ผู้เรียนมีการตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.QUES.ANS) น้อยกว่า 72 ครั้ง และมีการทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์ (C.ACT.COMPLETE) น้อยกว่า 36 ครั้ง ดังภาพ 4.6



ภาพ 4.6 ต้นไม้ตัดสินใจของการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยแบบ 3 กลุ่ม

### ตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน

เมื่อพิจารณาตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกผ่านการวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปร (variable importance evaluation) โดยคัดเลือกตัวแปรแทน 15 ลำดับแรกจากค่าคะแนนความสำคัญของตัวแปร (importance score) ที่ใช้ในการจำแนกผู้เรียนแต่ละกลุ่มออกจากกัน ผลการวิเคราะห์พบว่า การแบ่งกลุ่มแบบ 2 และ 3 กลุ่ม ตัวแปรที่มีความสำคัญส่วนใหญ่เป็นรายการที่เหมือนกัน 8 ตัวแปร โดยตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนก 7 ตัวแรกมีรายการที่เหมือนกัน อย่างไรก็ตามลำดับความสำคัญของตัวแปรในการจำแนกผู้เรียนแตกต่างกัน โดยเป็นกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมแบบอินเทอร์แอกทีฟ ได้แก่ การตอบคำถามในกิจกรรม (INT.CON.QUES.ANS) การดำเนินการทำกิจกรรม (INT.CON.PRE.PROGR) การตอบคำถามในกิจกรรม (INT.CON.QIZ.COMPLTE) การทำกิจกรรมสมบูรณ์ (INT.CON.PRE.COMPLTE) และการกดส่งคำตอบในกิจกรรม (INT.CON.ATTMP.SUBMIT) และกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการกดเข้าดูหน้าหลักของบทเรียน ได้แก่ หน้าหลักของหน่วยกิจกรรม (C.VIEW) หน้าของหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ (C.MODU.VIEW) โดยการกดเข้าดูหน้าของหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อมีความสำคัญลำดับต้นในการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มร่วมกับตัวแปรเกี่ยวกับกิจกรรมแบบอินเทอร์แอกทีฟ ขณะที่การจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มนั้นตัวแปรที่มีความสำคัญลำดับต้นพบว่าเป็นตัวแปรเกี่ยวกับกิจกรรมแบบอินเทอร์แอกทีฟทั้งหมดห้าลำดับแรก

จากข้อมูลข้างต้นทำให้เห็นว่าตัวแปรแทนที่มีความสำคัญส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นพฤติกรรมประเภทการดำเนินการทำกิจกรรม (progress) และความพยายามในการเข้าทำกิจกรรมต่าง ๆ (attempt) รวมถึงความพยายามทำงานเสร็จสมบูรณ์ และมักมีบทบาทสำคัญในการจำแนกในลำดับต้น ในขณะที่พบว่าตัวแปรแทนประเภทจำนวนชิ้นงานหรือภาระงานที่ส่ง (activity completion) รวมถึงจำนวนครั้งในการเข้าสู่หน้าหลักของหน่วยกิจกรรมหรือการกดดูหน่วยกิจกรรมย่อยต่าง ๆ (attendance) สามารถใช้จำแนกผู้เรียนได้ อย่างไรก็ตามผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ไม่ใช่ตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียนในลำดับต้น แสดงได้ดังตาราง 4.10

ตาราง 4.10 รายการตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน 15 ลำดับแรก

การจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน			
2 กลุ่ม		3 กลุ่ม	
	Importance		Importance
INT.CON.QUES.ANS <sup>a</sup>	71.27	INT.CON.PRE.PROGR <sup>b</sup>	79.55
(การตอบคำถามในกิจกรรมอินเทอร์เน็ต)		(การดำเนินการทำกิจกรรมอินเทอร์เน็ต)	
INT.CON.PRE.PROGR <sup>b</sup>	64.78	INT.CON.ATTMP.SUBMIT <sup>e</sup>	52.16
(การดำเนินการทำกิจกรรมอินเทอร์เน็ต)		(การกดส่งคำตอบในกิจกรรมอินเทอร์เน็ต)	
INT.CON.QIZ.COMPLTE <sup>c</sup>	60.44	C.MODU.VIEW <sup>g</sup>	47.84
(การตอบคำถามกิจกรรมอินเทอร์เน็ตที่สมบูรณ์)		(การกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ)	
INT.CON.PRE.COMPLTE <sup>d</sup>	51.47	INT.CON.QUES.ANS <sup>a</sup>	43.55
(การทำกิจกรรมแบบอินเทอร์เน็ตที่สมบูรณ์)		(การตอบคำถามในกิจกรรมอินเทอร์เน็ต)	
INT.CON.ATTMP.SUBMIT <sup>e</sup>	41.40	INT.CON.QIZ.COMPLTE <sup>c</sup>	41.69
(การกดส่งคำตอบในกิจกรรมอินเทอร์เน็ต)		(การตอบคำถามกิจกรรมอินเทอร์เน็ตที่สมบูรณ์)	
C.VIEW <sup>f</sup>	13.76	INT.CON.PRE.COMPLTE <sup>d</sup>	24.20
(การกดเข้าหน้าหลักของหน่วยกิจกรรมออนไลน์)		(การทำกิจกรรมแบบอินเทอร์เน็ตที่สมบูรณ์)	
C.MODU.VIEW <sup>g</sup>	11.54	C.VIEW <sup>f</sup>	22.49
(การกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ)		(การกดเข้าหน้าหลักของหน่วยกิจกรรมออนไลน์)	
REC.CREATE	3.90	C.ACT.COMPLETE	6.82
(การสร้างโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ)		(การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์)	
C.SEARCH	1.93	C.USER.RP.VIEW	5.22
(การค้นหาคำตอบในหน้าหลักของเว็บไซต์)		(การกดดูรายงานการทำกิจกรรมในบทเรียน)	
POST.CREATE	1.79	DISS.SUB.CREATE <sup>h</sup>	4.02
(การสร้างโพสภายในกระตุสนทนา)		(การกดติดตามกิจกรรมในกระตุสนทนา)	
DISS.VIEW	1.60	QIZ.ATTMP.RVIEW	2.92
(การกดเข้าดูกระตุสนทนา)		(การเข้าดูการตอบคำถามภาพรวมในชุดแบบทดสอบ)	
DISS.SUB.CREATE <sup>h</sup>	1.42	DISS.SUB.DELETE	1.93
(การกดติดตามกิจกรรมในกระตุสนทนา)		(การยกเลิกการกดติดตามกิจกรรมในกระตุสนทนา)	
QIZ.ATTMP.VIEW	0.93	QIZ.ATTMP.SUBMIT	1.56
(การเข้าดูการตอบคำถามในชุดแบบทดสอบ)		(การกดเพื่อส่งคำตอบในชุดแบบทดสอบ)	

หมายเหตุ ตัวห้อย (subscript) หมายถึง รายการตัวแปรแทนที่เหมือนกันระหว่างการจำแนกผู้เรียน 2 แบบ

### 2.3.2 การจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคเนอ์ฟเบย์

#### ประสิทธิภาพของโมเดลจำแนก

การจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคเนอ์ฟเบย์ (naïve Bayes) ในครั้งนี้เป็นผลการวิเคราะห์จากโมเดลการจำแนกที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้โมเดลการจำแนกที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ผลการวิเคราะห์กล่าวได้ดังนี้ การจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม พบว่าโมเดลการจำแนกมีประสิทธิภาพในการจำแนกผู้เรียนด้วยความแม่นยำ (accuracy) เท่ากับร้อยละ 84.2 โดยสามารถจำแนกผู้เรียนในกลุ่ม 1 ได้ถูกต้องร้อยละ 47.37% และจำแนกผู้เรียนกลุ่ม 2 ได้ถูกต้องร้อยละ 36.84 ในขณะที่การจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มแบบ 3 กลุ่ม พบว่าโมเดลการจำแนกมีประสิทธิภาพในการจำแนกผู้เรียนด้วยความแม่นยำ (accuracy) เท่ากับร้อยละ 80 โดยสามารถจำแนกผู้เรียนในกลุ่ม 1 ได้ถูกต้องร้อยละ 56 และจำแนกผู้เรียนกลุ่ม 2 และ 3 ได้ถูกต้องร้อยละ 13.33 และ 10.67 ตามลำดับ ซึ่งมีความแม่นยำน้อยกว่าการจำแนกผู้เรียนแบบ 2 กลุ่มคิดเป็นร้อยละ 4.2

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกด้านความไว (sensitivity) พบว่าการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มมีค่าความไวสูงกว่า นั่นคือสามารถจำแนกกลุ่มอ้างอิงที่ต้องการทดสอบ (true positive) ได้ถูกต้องมากกว่า ในขณะที่พบว่าการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มมีประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกด้านความจำเพาะ (specificity) ในภาพรวมที่สูงกว่าการจำแนกแบบ 2 กลุ่ม อย่างไรก็ตาม ค่าความจำเพาะของการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มนั้นพบว่าไม่มีหนึ่งกลุ่มคือ ผู้เรียนกลุ่ม 1 (class 1) ที่มีค่าความจำเพาะต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ สูง นั่นคือการจำแนกแบบ 3 กลุ่ม มีสามารถในการจำแนกผู้เรียนที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มอ้างอิงได้แม่นยำกว่าการจำแนกเป็น 2 กลุ่ม แต่ยังมีจุดอ่อนในการจำแนกเกี่ยวกับการที่ผู้เรียนไม่ใช่ผู้เรียนกลุ่ม 1 ได้อย่างแม่นยำต่ำ แสดงได้ดังตาราง 4.11

**ตาราง 4.11** ประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้วยเทคนิคเนอพีเบย์

ประสิทธิผล การจำแนก	การจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน								
	2 กลุ่ม				3 กลุ่ม				
Confusion matrix	Actual				Actual				
			1	2			1	2	3
	Prediction	1	47.37%	14.47%	Prediction	1	56%	10.67%	5.33%
2		1.32%	36.84%	2		4%	13.33%	0%	
				3		0%	0%	10.67%	
Accuracy	.842				.80				
Sensitivity	.9730				Class 1 .933	Class 2 .556	Class 3 .667		
Specificity	.7179				Class 1 .6000	Class 2 .9474	Class 3 1.0000		

### ตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน

เมื่อพิจารณาตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกผ่านการวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปร (variable importance evaluation) โดยคัดเลือกตัวแปรแทน 15 ลำดับแรกจากค่าคะแนนความสำคัญของตัวแปร (importance score) ที่ใช้ในการจำแนกผู้เรียนแต่ละกลุ่มออกจากกัน ผลการวิเคราะห์พบว่า การจำแนกกลุ่มผู้เรียนแบบ 2 และ 3 กลุ่มนั้นตัวแปรที่มีความสำคัญมีรายการเดียวกันทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ลำดับความสำคัญของตัวแปรแตกต่างกัน โดยตัวแปรที่มีความสำคัญ 5 ลำดับแรกในการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 และ 3 กลุ่มพบว่าเป็นกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟ นั่นคือ การดำเนินการทำกิจกรรม (INT.CON.PRE.PROGR) การทำกิจกรรมสมบูรณ์ (INT.CON.PRE.COMPLTE) การตอบคำถามในกิจกรรม (INT.CON.QUES.ANS) การตอบคำถามในกิจกรรมสมบูรณ์ (INT.CON.QIZ.COMPLTE) การกดส่งคำตอบในกิจกรรม (INT.CON.ATTMP.

SUBMIT) ลำดับต่อมาเป็นตัวแปรเกี่ยวกับการกดหน้าหลัก ได้แก่ หน้าหลักของหน่วยกิจกรรม (C.VIEW) หน้าของหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ (C.MODU.VIEW) รวมถึงพบว่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการมีปฏิสัมพันธ์กับชุดแบบทดสอบเป็นอีกกลุ่มตัวแปรที่มีความสำคัญ ได้แก่ การเข้าดูการตอบคำถามของตน (QIZ.ATTMP.VIEW) การเข้าดูสรุปการทำกิจกรรม (QIZ.ATTMP.SUM.VIEW) การกดเพื่อเริ่มตอบคำถาม (QIZ.ATTMP.START) การเข้าดูการตอบคำถามภาพรวมของตน (QIZ.ATTMP.RVIEW) การกดเพื่อส่งคำตอบ (QIZ.ATTMP.SUBMIT) นอกจากนี้เป็นตัวแปรการทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์ (C.ACT.COMPLETE) การสร้างโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ (REC.CREATE) และการเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง (RESPND.SUBMIT)

จากข้อมูลรายการตัวแปรแทนที่มีความสำคัญกล่าวได้ว่า ตัวแปรแทนที่มีความสำคัญส่วนใหญ่และมีความสำคัญในลำดับต้น ยังคงเป็นตัวแปรแทนประเภทพฤติกรรมการดำเนินการทำกิจกรรม (progress) และความพยายามในการเข้าทำกิจกรรมต่าง ๆ (attempt) รวมถึงความพยายามทำงานเสร็จสมบูรณ์ โดยเป็นพฤติกรรมที่มาจากปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟ และชุดแบบทดสอบ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาลักษณะของพฤติกรรม กล่าวได้ว่า พฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการตอบคำถามสามารถจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มได้ดี ขณะที่พฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการทำกิจกรรมภายในชุดกิจกรรมสามารถจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มได้ดี รวมไปถึงพบตัวแปรแทนเกี่ยวกับการเขียนหรือสร้างคำตอบด้วยตนเองที่สามารถใช้ในการจำแนกผู้เรียนได้ โดยมาจากการสร้างโพสในกิจกรรมแบ่งปันคำตอบ และการเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง แสดงได้ดังตาราง 4.12

ตาราง 4.12 รายการตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน 15 ลำดับแรก

การจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน					
2 กลุ่ม (k=2)		3 กลุ่ม (k=3)			
	Importance	X1	X2	X3	
INT.CON.QUES.ANS <sup>a</sup> (การตอบคำถามกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟ)	100	INT.CON.PRE.PROGR <sup>c</sup> (การดำเนินการทำกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟ)	96.41	100	100
INT.CON.QIZ.COMPLTE <sup>b</sup> (การตอบคำถามอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์)	97.14	INT.CON.ATTMP.SUBMIT <sup>e</sup> (การกดส่งคำตอบกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟ)	98.51	100	100
INT.CON.PRE.PROGR <sup>c</sup> (การดำเนินการทำกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟ)	92.15	INT.CON.PRE.COMPLTE <sup>d</sup> (การทำกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์)	93.79	99.9	99.9
INT.CON.PRE.COMPLTE <sup>d</sup> (การทำกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์)	87.04	INT.CON.QUES.ANS <sup>a</sup> (การตอบคำถามกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟ)	99.63	99.8	99.8
INT.CON.ATTMP.SUBMIT <sup>e</sup> (การกดส่งคำตอบกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟ)	81.75	INT.CON.QIZ.COMPLTE <sup>b</sup> (การตอบคำถามอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์)	98.65	99.71	99.71
C.MODU.VIEW <sup>f</sup> (การกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมแต่ละหัวข้อ)	76.17	C.VIEW <sup>g</sup> (การกดเข้าหน้าหลักหน่วยกิจกรรม)	88.59	99.41	99.41

การจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน				
2 กลุ่ม (k=2)		3 กลุ่ม (k=3)		
C.VIEW <sup>s</sup> (การกดเข้าหน้าหลักหน่วยกิจกรรม)	74.79	C.MODU.VIEW <sup>f</sup> (การกดเข้าคู่มือกิจกรรมแต่ละหัวข้อ)	92.13	98.24 98.24
QIZ.ATTMP.VIEW <sup>h</sup> (การเข้าดูการตอบคำถามในชุดแบบสอบ)	64.7	QIZ.ATTMP.VIEW <sup>h</sup> (การเข้าดูการตอบคำถามในชุดแบบสอบ)	85.63	94.61 94.61
C.ACT.COMPLETE <sup>j</sup> (การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์)	62.67	C.ACT.COMPLETE <sup>j</sup> (การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์)	85.43	93.43 93.43
QIZ.ATTMP.SUM.VIEW <sup>k</sup> (การเข้าสู่สรุปการทำกิจกรรมชุดแบบสอบ)	55.3	QIZ.ATTMP.SUM.VIEW <sup>k</sup> (การเข้าสู่สรุปการทำกิจกรรมชุดแบบสอบ)	83.45	90.29 90.29
QIZ.ATTMP.START <sup>m</sup> (การกดเพื่อเริ่มตอบคำถามในชุดแบบสอบ)	54.68	REC.CREATE <sup>q</sup> (การสร้างโพสในกิจกรรมแบ่งปันคำตอบ)	79.97	87.06 87.06
QIZ.ATTMP.RVIEW <sup>n</sup> (การดูการตอบภาพรวมตนในชุดแบบสอบ)	54.07	RESPND.SUBMIT <sup>s</sup> (การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตน)	81.75	86.27 86.27
QIZ.ATTMP.SUBMIT <sup>p</sup> (การกดเพื่อส่งคำตอบในชุดแบบทดสอบ)	51.21	QIZ.ATTMP.START <sup>m</sup> (การกดเพื่อเริ่มตอบคำถามในชุดแบบสอบ)	81.38	85.29 85.29
REC.CREATE <sup>q</sup> (การสร้างโพสในกิจกรรมแบ่งปันคำตอบ)	42.78	QIZ.ATTMP.SUBMIT <sup>p</sup> (การกดเพื่อส่งคำตอบในชุดแบบทดสอบ)	79.6	83.33 83.33
RESPND.SUBMIT <sup>s</sup> (การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตน)	35.38	QIZ.ATTMP.RVIEW <sup>n</sup> (การดูการตอบภาพรวมตนในชุดแบบสอบ)	79.25	82.55 82.55

หมายเหตุ ตัวห้อย (subscript) หมายถึง รายการตัวแปรแทนที่เหมือนกันระหว่างการจำแนกผู้เรียน 2 แบบ

### 2.3.3 การจำแนกผู้เรียนด้านความยืดหยุ่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม

การจำแนกผู้เรียนด้านความยืดหยุ่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) ในครั้งนี้เป็นผลการวิเคราะห์จากโมเดลการจำแนกที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้โมเดลการจำแนกที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และไม่ได้ใช้ตัวแปรแทนทั้งหมดโดยเป็นการใช้รายการตัวแปรแทนที่พบว่ามีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียนซึ่งคัดเลือกจากผลการวิเคราะห์ต้นไม้ตัดสินใจและเนอ์ฟเบย์ ทั้งนี้เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมมีขนาดที่พอเหมาะต่อการวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์ที่กล่าวได้ดังนี้ การจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม พบว่าโมเดลการจำแนกมีประสิทธิภาพในการจำแนกผู้เรียนด้วยความแม่นยำ (accuracy) เท่ากับร้อยละ 86.8 โดยสามารถจำแนกผู้เรียนในกลุ่ม 1 ได้ถูกต้องร้อยละ 44.74 และจำแนกผู้เรียนกลุ่ม 2 ได้ถูกต้องร้อยละ 42.11 ในขณะที่การจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มแบบ 3 กลุ่ม พบว่าโมเดลการจำแนกมีประสิทธิภาพในการจำแนกผู้เรียนด้วยความแม่นยำ (accuracy) เท่ากับร้อยละ 85.3 โดยสามารถจำแนกผู้เรียนในกลุ่ม 1 ได้ถูกต้องร้อยละ 56 และจำแนกผู้เรียนกลุ่ม 2 และ 3 ได้ถูกต้องร้อยละ 16 และ 13.33 ตามลำดับ ซึ่งมีความแม่นยำน้อยกว่าการจำแนกผู้เรียนแบบ 2 กลุ่มคิดเป็นร้อยละ 1.5

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกด้านความไว (sensitivity) พบว่าการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มมีค่าความไวสูงกว่าการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มในภาพรวม นั่นคือสามารถจำแนกกลุ่มอ้างอิงที่ต้องการทดสอบ (true positive) ได้ถูกต้องมากกว่า ในขณะที่พบว่าการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มมีประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกด้านความจำเพาะ (specificity) ในภาพรวมที่สูงกว่าการจำแนกแบบ 2 กลุ่ม อย่างไรก็ตามค่าความจำเพาะของการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มนั้นพบว่ามีหนึ่งกลุ่มคือ ผู้เรียนกลุ่ม 1 (class 1) ที่มีค่าความจำเพาะต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ สูง นั่นคือการจำแนกแบบ 3 กลุ่ม มีสามารถในการจำแนกผู้เรียนที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มอ้างอิงได้แม่นยำกว่าการจำแนกเป็น 2 กลุ่ม แต่ยังมีจุดอ่อนในการจำแนกเกี่ยวกับการที่ผู้เรียนไม่ใช่ผู้เรียนกลุ่ม 1 ได้อย่างแม่นยำต่ำ แสดงได้ดังตาราง 4.13

ตาราง 4.13 ประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม

ประสิทธิผล การจำแนก	การจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน								
	2 กลุ่ม				3 กลุ่ม				
Confusion matrix					Actual				
			1		2				
	Prediction	1	44.74%	9.21%	Prediction	1	56%	8%	2.67%
		2	3.95%	42.11%		2	4%	16%	0%
		3	0%	0%	13.33%				
Accuracy	.868				.853				
Sensitivity	.919				Class 1	Class 2	Class 3		
					.933	.667	.833		
Specificity	.820				Class 1	Class 2	Class 3		
					.733	.947	1.000		

### ตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน

เมื่อพิจารณาตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกผ่านการวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปร (variable importance evaluation) โดยคัดเลือกตัวแปรแทน 15 ลำดับแรกจากค่าคะแนนความสำคัญของตัวแปร (importance score) ที่ใช้ในการจำแนกผู้เรียนแต่ละกลุ่มออกจากกัน ผลการวิเคราะห์พบว่า การจำแนกผู้เรียนแบบ 2 และ 3 กลุ่มนั้น ตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกส่วนใหญ่เป็นรายการที่เหมือนกัน 14 ตัวแปรจาก 15 ซึ่งพบว่าตัวแปรที่มีความสำคัญลำดับต้นในการจำแนกผู้เรียนแบบ 2 และ 3 กลุ่ม คือ การกดส่งคำตอบในกิจกรรมแบบอินเทอร์แอคทีฟ (INT.CON.ATTMP.SUBMIT) การสร้างโพสต์ภายในกระดานสนทนา (POST.CREATE) การทำกิจกรรม



แบบอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์ (INT.CON.PRE.COMPLTE) การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์ (C.ACT.COMPLETE) นอกจากนี้พบว่าตัวแปรที่มีความสำคัญที่สุดในการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มคือ การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง (RESPND.SUBMIT) ในขณะที่ตัวแปรที่มีความสำคัญที่สุดในการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มคือ การเข้าสู่สรุปการทำกิจกรรมในชุดแบบทดสอบ (QIZ.ATTMP.SUM.VIEW) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่พบในรายการตัวแปรที่มีความสำคัญ 15 ตัวแรกในการจำแนกผู้เรียนแบบ 2 กลุ่ม

จากข้อมูลตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียนระหว่าง 2 กลุ่มและ 3 กลุ่ม ด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมพบว่า รายการตัวแปรแทนมีลำดับความสำคัญค่อนข้างแตกต่างกัน และประเภทตัวแปรแทนที่คล้ายกันไม่เกาะกลุ่มเรียงลำดับกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ ตัวแปรมาจากการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบในส่วนที่หลากหลาย เช่น กิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ ปฏิสัมพันธ์กับกระตุ้สนทนา ชุดแบบทดสอบ การสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง การกดเข้าหน้าหลัก หรือการกดดูข้อมูลรายงานในระบบ อย่างไรก็ตามพบว่า ตัวแปรแทนประเภทการเขียนหรือสร้างคำตอบด้วยตนเองที่มาจาก การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเองและการสร้างโพสในกิจกรรมแบ่งปันคำตอบ เป็นตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียนในรายการลำดับต้น ซึ่งแตกต่างจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอื่นที่ตัวแปรประเภทนี้มีลำดับความสำคัญในตำแหน่งท้ายตาราง แสดงได้ดังตาราง 4.14

**ตาราง 4.14** รายการตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน 15 ลำดับแรก

การจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน			
2 กลุ่ม		3 กลุ่ม	
	Importance		Importance
RESPND.SUBMIT <sup>a</sup>	10.78	QIZ.ATTMP.SUM.VIEW	10.53
(การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง)		(การเข้าสู่สรุปการทำกิจกรรมในชุดแบบสอบ)	
INT.CON.ATTMP.SUBMIT <sup>b</sup>	9.07	POST.CREATE <sup>c</sup>	9.37
(การกดส่งคำตอบในกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟ)		(การสร้างโพสภายในกระตุ้สนทนา)	
POST.CREATE <sup>c</sup>	6.73	INT.CON.ATTMP.SUBMIT <sup>b</sup>	9.10
(การสร้างโพสภายในกระตุ้สนทนา)		(การกดส่งคำตอบในกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟ)	
INT.CON.PRE.COMPLTE <sup>d</sup>	6.50	C.ACT.COMPLETE <sup>f</sup>	7.62
(การทำกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์)		(การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์)	
QIZ.ATTMP.SUBMIT <sup>e</sup>	6.40	INT.CON.PRE.COMPLTE <sup>d</sup>	7.40
(การกดเพื่อส่งคำตอบในชุดแบบทดสอบ)		(การทำกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์)	
C.ACT.COMPLETE <sup>f</sup>	5.64	DISS.SUB.CREATE <sup>h</sup>	5.92
(การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์)		(การกดติดตามกิจกรรมในกระตุ้สนทนา)	
C.USER.RP.VIEW <sup>g</sup>	5.62	RESPND.SUBMIT <sup>a</sup>	5.87
(การกดดูรายงานการทำกิจกรรมในบทเรียน)		(การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง)	
REC.CREATE <sup>h</sup>	5.55	DISS.VIEW <sup>p</sup>	5.32
(การสร้างโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ)		(การกดเข้าดูกระตุ้สนทนา)	

การจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มที่ต่างกัน			
2 กลุ่ม		3 กลุ่ม	
QIZ.ATTMP.RVIEW <sup>j</sup> (การเข้าดูการตอบภาพรวมตนในชุดแบบสอบ)	5.37	QIZ.ATTMP.RVIEW <sup>j</sup> (การเข้าดูการตอบภาพรวมตนในชุดแบบสอบ)	4.98
DISS.SUB.CREATE <sup>k</sup> (การกดติดตามกิจกรรมในกระทุสนทนา)	4.81	QIZ.ATTMP.START <sup>n</sup> (การกดเพื่อเริ่มตอบคำถามในชุดแบบสอบ)	4.80
DISS.SUB.DELETE <sup>m</sup> (การยกเลิกการกดติดตามในกระทุสนทนา)	4.81	QIZ.ATTMP.VIEW (การเข้าดูการตอบคำถามตนในชุดแบบสอบ)	4.51
QIZ.ATTMP.START <sup>n</sup> (การกดเพื่อเริ่มตอบคำถามในชุดแบบสอบ)	4.08	C.USER.RP.VIEW <sup>s</sup> (การกดดูรายงานการทำกิจกรรมในบทเรียน)	4.29
C.VIEW (การกดเข้าหน้าหลักของหน่วยกิจกรรม)	3.99	QIZ.ATTMP.SUBMIT <sup>e</sup> (การกดเพื่อส่งคำตอบในชุดแบบทดสอบ)	4.00
DISS.VIEW <sup>p</sup> (การกดเข้าดูกระทุสนทนา)	3.88	REC.CREATE <sup>h</sup> (การสร้างโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ)	3.76
INT.CON.QIZ.COMPLTE (การตอบคำถามในอินเตอร์แอกทีฟสมบูรณ)	3.74	DISS.SUB.DELETE <sup>m</sup> (การยกเลิกการกดติดตามในกระทุสนทนา)	2.99

หมายเหตุ ตัวห้อย (subscript) หมายถึง รายการตัวแปรแทนที่เหมือนกันระหว่างการจำแนกผู้เรียน 2 แบบ

#### ตอนที่ 2.4 การเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยระหว่างการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่ต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มและ 3 กลุ่ม ระหว่างการการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่ต่างกันพบว่า เมื่อจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยเป็น 2 กลุ่ม ประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกด้านความแม่นยำ (accuracy) มีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยการจำแนกด้วยโครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำสูงที่สุด รองลงมาคือเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ และเทคนิคเนอรัลเน็ตตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าความไว (sensitivity) และความจำเพาะ (specificity) ของการจำแนกพบว่า เทคนิคเนอรัลเน็ตมีค่าความไวสูงที่สุดซึ่งสามารถจำแนกกลุ่มอ้างอิงที่ต้องการทดสอบ (true positive) ได้ถูกต้องมากกว่า อย่างไรก็ตามมีค่าความจำเพาะที่ค่อนข้างต่ำและแตกต่างจากค่าความไว ในขณะที่เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมีค่าความไวและความจำเพาะที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน สำหรับเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมพบว่าสามารถให้ค่าความไวและความจำเพาะที่สูงอีกทั้งไม่แตกต่างกันมาก กล่าวได้ว่ามีอัตราการจำแนกผู้เรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายและกลุ่มที่ไม่ใช่เป้าหมายได้ถูกต้องได้ดี ด้วยเหตุนี้จึงกล่าวได้ว่า การจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยเป็น 2 กลุ่มสามารถทำได้ดีเมื่อใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม เนื่องจากมีความแม่นยำสูงที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกกลุ่มผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่มได้อย่างใกล้เคียงกัน เช่น ผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันสูง และผู้เรียนที่ไม่ใช่คนที่มีความยึดมั่นผูกพันสูง (ผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันต่ำ) นั่นเอง ดังตาราง 4.15

ตาราง 4.15 ประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกเมื่อจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม

เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง	ประสิทธิภาพของโมเดลจำแนก		
	Accuracy	Sensitivity	Specificity
ต้นไม้ตัดสินใจ	.855	.8421	.8684
เนอิว์เอบ์	.842	.9730	.7179
โครงข่ายประสาทเทียม	.868	.919	.820

สำหรับการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยเป็น เป็น 3 กลุ่มพบว่า ประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกด้านความแม่นยำ (accuracy) มีค่าที่แตกต่างกัน โดยการจำแนกด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมีความแม่นยำสูงที่สุด รองลงมาคือโครงข่ายประสาทเทียม และเทคนิคเนอิว์เอบ์ตามลำดับ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพด้านความไว (sensitivity) และความจำเพาะ (specificity) ของการจำแนกพบว่า ในแต่ละเทคนิคนั้นมีความสามารถในจำแนกผู้เรียนบางกลุ่ม (class) ได้ถูกต้องด้วยค่าที่ค่อนข้างต่ำจากกลุ่มอื่น ๆ โดยในภาพรวมพบว่าการจำแนกด้วยเทคนิคเนอิว์เอบ์มีประสิทธิภาพด้านความไวและความจำเพาะต่ำที่สุดในขณะที่เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจและโครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพด้านดังกล่าวในภาพรวมที่สูง ซึ่งพบว่าเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมีความไวที่สูงกว่า ขณะที่เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าความจำเพาะที่สูงกว่า ด้วยเหตุนี้จึงกล่าวได้ว่า การจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยเป็น 3 กลุ่มสามารถทำได้ดีด้วยเทคนิคต้นไม้ เนื่องจากมีความแม่นยำในการจำแนกสูง แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจอาจเหมาะสมกับการจำแนกที่ต้องการเน้นการระบุผู้เรียน 2 กลุ่มจาก 3 กลุ่มเนื่องจากพบว่ามียกหนึ่งกลุ่มที่ค่าความไวและความจำเพาะต่ำ ในกรณีนี้คือผู้เรียนกลุ่มที่ 2 (class 2) ซึ่งเป็นกลุ่มผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันสูง แสดงได้ดังตาราง 4.16

ตาราง 4.16 ประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกเมื่อจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่ม

เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง	ประสิทธิภาพของโมเดลจำแนก						
	Accuracy	Sensitivity			Specificity		
ต้นไม้ตัดสินใจ	.88	Class 1	Class 2	Class 3	Class 1	Class 2	Class 3
		.9583	.6342	.9167	.9583	.6342	.9167
เนอิว์เอบ์	.80	Class 1	Class 2	Class 3	Class 1	Class 2	Class 3
		.933	.556	.667	.6000	.9474	1.0000
โครงข่ายประสาทเทียม	.853	Class 1	Class 2	Class 3	Class 1	Class 2	Class 3
		.933	.667	.833	.733	.947	1.000

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกระหว่างการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่น ผูกพันในการวิจัยเป็น 2 กลุ่มและ 3 กลุ่มด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกันได้แก่ ต้นไม้ตัดสินใจ เนอิว์เน็ต และโครงข่ายประสาทเทียมในครั้งนี้นพบว่า การจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มมีความเหมาะสมกว่า เนื่องจากมีประสิทธิผลของโมเดลการจำแนกโดยรวมที่มีความเหมาะสมกว่า ด้วยความแม่นยำที่สูง อีกทั้งมีค่าความไวและความจำเพาะที่สูงและเป็นค่าที่ไม่แตกต่างกันมากในการจำแนกผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม

#### การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกระหว่างเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกันใน 4 ประเด็นหลัก โดยกล่าวได้ดังนี้

1) ประเด็นจำนวนตัวแปรหรือตัวแปรคุณลักษณะ (features) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่มีความไม่แตกต่างระหว่างเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจและเทคนิคเนอิว์เน็ต โดยใช้จำนวนตัวแปรแทนที่มีทั้งหมดในการวิเคราะห์ ในขณะที่การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมในครั้งนี้นี้ใช้การนำเข้าตัวแปรแทนเฉพาะรายการที่พบว่ามีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน โดยใช้ผลจากการวิเคราะห์ที่ได้จากเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจและเทคนิคเนอิว์เน็ต ทั้งนี้มีความเกี่ยวข้องกับประเด็นที่ 2

2) ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ (computational time) โดยในที่นี่พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาที่ใช้ในการดำเนินการของฟังก์ชันการสร้างโมเดลการจำแนกในแต่ละเทคนิค พบว่าเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจและเทคนิคเนอิว์เน็ตสามารถดำเนินการคำนวณการวิเคราะห์ได้รวดเร็ว ใช้ระยะเวลาน้อยแม้จะใช้จำนวนตัวแปรแทนทั้งหมดในการวิเคราะห์ ขณะที่เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมใช้ระยะเวลานานกว่า จึงเป็นเหตุให้การวิเคราะห์ครั้งนี้คัดเลือกเฉพาะรายการตัวแปรที่สำคัญในการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตามระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ในครั้งนี้นี้ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยห่างกันเป็นวินาทีเท่านั้น ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงสามารถใช้งานได้ไม่แตกต่างกัน

3) ประเด็นการรายงานผล (report) พบว่า เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมีการให้การรายงานผลในรูปแบบของแผนภาพต้นไม้ มีการแสดงตัวแปรคุณลักษณะที่ควรพิจารณาในการจำแนกเป็นลำดับขั้น ซึ่งแสดงเงื่อนไขและเกณฑ์ในการพิจารณาตัวแปรเป็นตัวเลขอย่างชัดเจน พร้อมแสดงสัดส่วนของตัวอย่างวิจัยในแต่ละกลุ่มที่ได้จากการจำแนกในแต่ละเงื่อนไข ทำให้ง่ายต่อการต่ออ่านทำความเข้าใจและตีความหมาย ในขณะที่เทคนิคเนอิว์เน็ตไม่มีการแสดงการรายงานผลเป็นแผนภาพ จึงต้องอาศัยการวิเคราะห์เพื่อตีความเพิ่มเติม เช่นเดียวกับเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมที่ถึงแม้จะมีการรายงานผลเป็นแผนภาพ โดยมีลักษณะเป็นโครงข่ายของประสาท อย่างไรก็ตามพบว่ายากต่อการตีความเนื่องจากมีโครงสร้างซับซ้อนและไม่แสดงผลเชิงตัวเลขที่ชัดเจน และไม่ให้สารสนเทศเกี่ยวกับแนวทางการจำแนกกลุ่มผู้เรียน

4) พื้นที่หน่วยความจำในการวิเคราะห์ (space complexity) โดยในที่นี้พิจารณาหน่วยความจำที่ใช้ในกระบวนการสร้างโมเดลการจำแนกและการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลจำแนก พบว่าทั้งสามเทคนิคใช้พื้นที่ไม่แตกต่างกัน โดยสามารถดำเนินการวิเคราะห์ได้อย่างครบถ้วนตอนทุกเทคนิค รายละเอียดดังตาราง 4.17

ตาราง 4.17 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกระหว่างเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน

ประเด็น	เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง		
	ต้นไม้ตัดสินใจ	เนอรัลเน็ต	โครงข่ายประสาทเทียม
จำนวนตัวแปร (features)	ใช้ตัวแปรทั้งหมด	ใช้ตัวแปรทั้งหมด	คัดเลือกตัวแปรที่สำคัญ
ระยะเวลาเฉลี่ยในการวิเคราะห์ฟังก์ชันการสร้างโมเดลจำแนก (computational time)	0.114677 secs	0.2343159 secs	5.630556 secs
การรายงานผล (report)	แผนภาพต้นไม้ - ระบุตัวแปร คุณลักษณะสำคัญ - แสดงเกณฑ์การจำแนก - แสดงสัดส่วนตัวอย่างวิจัยในกลุ่ม	ไม่แสดงผลภาพ	แผนภาพโครงข่ายประสาท - แสดงตัวแปร คุณลักษณะทุกตัวในโมเดล - แสดงเส้นเชื่อมระหว่างใยประสาทด้วยความเข้มแตกต่างกัน - ไม่แสดงผลแนวทางการจำแนก เช่น ตัวเลขหรือเกณฑ์การจำแนก หรือตัวแปรสำคัญ
พื้นที่หน่วยความจำในการวิเคราะห์เพื่อสร้างและทดสอบโมเดลจำแนก (space complexity)	272.81 Mb	276.03 Mb	281.34 Mb

เนื่องจากประสิทธิภาพของการจำแนกผู้เรียนด้วยเทคนิคการเรียนรู้ที่แตกต่างกันในงานวิจัยครั้งนี้พบว่าในภาพรวมมีความใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันมากในทางปฏิบัติ เนื่องจากการวิเคราะห์ครั้งนี้มีจำนวนข้อมูลในปริมาณที่ไม่มากหรือซับซ้อนจนเกินไป จึงสามารถดำเนินการวิเคราะห์และได้ผลลัพธ์จากแต่ละเทคนิคที่เพียงพอต่อการตอบวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนั้นการวิเคราะห์เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในการวิจัยครั้งนี้จึงเน้นการพิจารณาจากคุณภาพด้านประสิทธิภาพของโมเดลจำแนกมากกว่า

### ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์การจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยด้วยการวิเคราะห์ความรู้สึก

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ในตอนต้นที่ 3 เป็นผลการวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 1.2 โดยเกี่ยวกับการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องในการวิเคราะห์และจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัย สามารถแสดงได้ดังนี้

#### ตอนที่ 3.1 การจำแนกเจตคติต่อการวิจัยด้วยการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก

การวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นกรวิเคราะห์ข้อมูลข้อความ (text) ของผู้เรียนที่โพสต์ไว้ในระบบการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับสะท้อนความคิดเห็นหรือความรู้สึกของตนที่มีต่อการวิจัยหรือการเรียนวิจัย และนำมาวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องด้วยการทำเหมืองข้อความ (text mining) ร่วมกับการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) ผลการวิเคราะห์มีดังนี้

#### ข้อมูลพื้นฐานของแหล่งข้อมูลในการวิเคราะห์

ผู้เรียนที่มีส่วนร่วมในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ครั้งนี้มีทั้งหมด 255 คน ( $N=255$ ) อย่างไรก็ตามพบว่าไม่ใช่ผู้เรียนทุกคนที่มีปฏิสัมพันธ์หรือทำกิจกรรมกับทุกส่วนของระบบ จากการรวบรวมข้อมูลข้อความของผู้เรียนพบว่ามีข้อความจำนวนทั้งหมด 1,025 ข้อความ เมื่อสำรวจและคัดเลือกข้อความที่ไม่เกี่ยวข้องออกและจัดการข้อมูลโดยรวมข้อความของผู้เรียนแต่ละคนเป็น 1 เอกสาร (document) ทำให้มีข้อความหรือเอกสารที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ทั้งหมด 224 ข้อความ หรือกล่าวได้ว่าเป็นข้อมูลของผู้เรียน 224 คน ( $n=224$ )

เมื่อสำรวจคำที่พบได้มากที่สุด ข้อมูลของการวิเคราะห์ครั้งนี้ (common words) โดยใช้ในการตัดคำ 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) การตัดแบบหนึ่งหน่วยคำ ( $n\text{-gram} = 1$ ) พบคำที่มีความถี่มากที่สุดคือ “เป็น” “ได้” “เข้าใจ” “ความ” “มี” “ยาก” 2) การตัดคำแบบสองหน่วยคำ ( $n\text{-gram} = 2$ ) พบคำที่มีความถี่มากที่สุดคือ “มีความ” “เรียนรู้” “ความรู้” “น่าสนใจ” “ทำความเข้าใจ” “เข้าใจได้” 3) การตัดคำแบบสามหน่วยคำ ( $n\text{-gram} = 3$ ) พบคำที่มีความถี่มากที่สุดคือ “ได้เรียนรู้” “เข้าใจได้ง่าย” “ได้ความรู้” “มีความเข้าใจ” “ความน่าสนใจ แสดงได้ดังตาราง 4.18

ตาราง 4.18 คำหรือหน่วยคำที่พบได้มากที่สุด (common words)

การตัดแบบหนึ่งหน่วยคำ		การตัดแบบสองหน่วยคำ		การตัดแบบสามหน่วยคำ	
คำ	ความถี่	คำ	ความถี่	คำ	ความถี่
เป็น	565	มีความ	147	ได้เรียนรู้	48
ได้	560	เรียนรู้	118	เข้าใจได้ง่าย	34
เข้าใจ	543	ความรู้	108	ได้ความรู้	29
ความ	398	น่าสนใจ	98	มีความเข้าใจ	28
มี	370	ทำความเข้าใจ	89	ความน่าสนใจ	27
ยาก	368	เข้าใจได้	72	มีความน่า	26
ู้	333	ความเข้าใจ	65	สามารถเข้าใจได้	23
เรียน	274	ได้เรียน	55	ความรู้เพิ่ม	17
ไม่	258	ได้ง่าย	46	ได้ฝึกคิด	16
คิด	208	ไม่เข้าใจ	41	มีความยาก	14

### การวิเคราะห์เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยด้วยการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก

การวิเคราะห์ข้อความเพื่อจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) โดยการคำนวณคะแนนอารมณ์ความรู้สึก (sentiment score) ของแต่ละเอกสารหรือข้อความของผู้เรียนตามความสอดคล้องของคำที่พบในเอกสารและคำในคลังคำความรู้สึก (sentiment words) ซึ่งคำที่มีความหมายเชิงลบมีคะแนน -1 และคำที่มีความหมายเชิงบวกมีคะแนน 1 และจำแนกกลุ่มของเจตคติ โดยคะแนนรวมของเอกสารเป็นลบจัดเป็นเจตคติเชิงลบ คะแนนรวมเป็นบวกจัดเป็นเจตคติเชิงบวก และหากรวมกันเป็นศูนย์จัดเป็นเจตคติเป็นกลาง ผลการวิเคราะห์พบว่า จากเอกสารทั้งหมด 224 ข้อความซึ่งเป็นของผู้เรียนจำนวน 224 คนนั้นสามารถจำแนกเป็นกลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวก ประกอบด้วยผู้เรียนจำนวน 192 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 85.71 โดยเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด และกลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบ จำนวน 27 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 12.05 และกลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเป็นกลาง จำนวน 5 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 2.23 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนอารมณ์ความรู้สึกพบว่า กลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวกมีคะแนนรวมของเอกสารหรือข้อความอยู่ระหว่าง 1 ถึง 28 คะแนน โดยคำที่แสดงนัยเชิงบวกที่พบได้มากที่สุด เช่น “เข้าใจ” “ง่าย” “สนใจ” “สนุก” “น่าสนใจ” “ดี” “ประโยชน์” “ไม่ยาก” “ได้เรียน” “ทำได้” ตามลำดับ สำหรับกลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบมีคะแนนรวมของเอกสารหรือข้อความอยู่ระหว่าง -1 ถึง -10 คะแนน โดยคำที่แสดงนัยเชิงลบที่พบได้มากที่สุด เช่น “ยาก” “สับสน” “ไม่เข้าใจ” “งง” “เข้าใจยาก” “ซับซ้อน” “ใช้เวลา” “เข้าใจได้ยาก” “ไม่ได้” “ไม่สามารถ” ดังตาราง 4.19 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาคำที่ปรากฏมากที่สุด 50 คำแรกในการวิเคราะห์ครั้งนี้โดยแบ่งเป็นสัดส่วนตามนัยของคำพบว่า คำส่วนใหญ่เป็นคำที่มีความหมายเชิงบวกจำนวน 33 คำ ซึ่งมีสัดส่วนที่ค่อนข้างแตกต่างจากคำที่มียุทธหรือความหมายเชิงลบซึ่งมีจำนวน 17 คำ ดังภาพ 4.7

ตาราง 4.19 การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัย

เจตคติต่อการวิจัย	จำนวน (คน) (n=224)	ร้อยละ	ช่วงคะแนน		คำที่พบได้มากที่สุด 10 ลำดับแรก			
			Min	Max	คำ	ความถี่	คำ	ความถี่
เจตคติเชิงบวก	192	85.71	1	28	เข้าใจ	181	ดี	59
					ง่าย	74	ประโยชน์	38
					สนใจ	72	ไม่ยาก	34
					สนุก	70	ได้เรียน	33
					น่าสนใจ	63	ทำได้	31
เจตคติเชิงลบ	27	12.05	-1	-10	ยาก	151	ซับซ้อน	18
					สับสน	68	ใช้เวลา	18
					ไม่เข้าใจ	33	เข้าใจได้ยาก	7
					งง	22	ไม่ได้	7
					เข้าใจยาก	19	ไม่สามารถ	6
เจตคติเป็นกลาง	5	2.23	0	0	-	-	-	-





ผู้เรียนที่ให้ข้อมูลในหน่วยกิจกรรมดังกล่าว สำหรับหน่วยกิจกรรมที่พบสัดส่วนของผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวกน้อยที่สุดคือ หน่วยที่ 4: การวิจัยเชิงสำรวจ คิดเป็นร้อยละ 62.42 ของผู้เรียนที่ให้ข้อมูลในหน่วยกิจกรรมดังกล่าว นอกจากนี้เมื่อพิจารณาหน่วยคำหรือคำที่ปรากฏเป็นความถี่สูงสุดในแต่ละการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตามเนื่องจากมีคำจำนวนมาก ในส่วนนี้จึงขอเสนอคำที่พบได้มากที่สุด 5 ลำดับแรกซึ่งพบว่า มีความสอดคล้องกับคำที่พบได้มากที่สุดในการวิเคราะห์เจตคติต่อการวิจัยในรูปแบบภาพรวม รวมถึงคำส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกันระหว่างหน่วยกิจกรรมแต่ละหน่วย โดยคำที่พบในทุกหน่วยกิจกรรมใน 5 ลำดับแรก คือคำว่า “เข้าใจ” และ “สนุก” กล่าวได้ว่าทุกหน่วยกิจกรรมสามารถช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเพิ่มขึ้นและมีความสุขในการเรียนรู้หรือทำกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัย และในหน่วยกิจกรรมที่ 2 และ 3 พบคำที่แตกต่างจากหน่วยอื่นคือ หน่วยที่ 2 : สมมุติฐานในงานวิจัย เป็นหน่วยที่ผู้เรียนสามารถ “ทำได้” ดีกว่าหน่วยอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องจากเป็นหน่วยกิจกรรมที่ผู้เรียนส่วนใหญ่เห็นพ้องกันว่า “ง่าย” และ “ไม่ยาก” สำหรับหน่วยที่ 3 ตัวแปรวิจัยและกรอบแนวคิดการวิจัย เป็นหน่วยที่มีลักษณะเด่นที่ทำให้ผู้เรียนได้ “ฝึกคิด” ในขณะที่หน่วยอื่น ๆ มีลักษณะที่ค่อนข้างคล้ายคลึงกัน แสดงได้ดังตาราง 4.20

**ตาราง 4.20** การจำแนกเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวกแยกตามการสะท้อนความรู้สึกในแต่ละหน่วย

กลุ่มเจตคติ		หน่วยที่ 1 (n=201)	หน่วยที่ 2 (n=194)	หน่วยที่ 3 (n=184)	หน่วยที่ 4 (n=173)	หน่วยที่ 5 (n=186)
เจตคติ เชิงบวก	จำนวน	140	138	128	108	142
	ร้อยละ	69.65	71.13	69.57	62.42	76.34
	ช่วง คะแนน	1 ถึง 13	1 ถึง 8	1 ถึง 10	1 ถึง 6	1 ถึง 7
	คำที่พบได้ มากที่สุด 5 ลำดับ แรก	คำ ความถี่ เข้าใจ 97 สนุก 30 สนใจ 25 ดี 24 น่าสนใจ 21	คำ ความถี่ เข้าใจ 111 ง่าย 41 ไม่ยาก 24 สนุก 19 ทำได้ 17	คำ ความถี่ เข้าใจ 83 สนุก 29 ดี 26 สนใจ 18 ฝึกคิด 17	คำ ความถี่ เข้าใจ 75 สนุก 27 สนใจ 18 ง่าย 15 น่าสนใจ 14	คำ ความถี่ เข้าใจ 89 สนใจ 39 สนุก 36 น่าสนใจ 35 ง่าย 18

เมื่อพิจารณาผลการจำแนกกลุ่มของเจตคติต่อการวิจัยที่เป็นเจตคติเชิงลบ กล่าวได้ว่า หน่วยที่ 4: การวิจัยเชิงสำรวจ มีสัดส่วนของผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 18.50 ของผู้เรียนที่ให้ข้อมูลในหน่วยกิจกรรมดังกล่าว โดยมีช่วงคะแนนความรู้สึกระหว่าง -1 ถึง -2 คะแนน รองลงมาคือ หน่วยที่ 1: การกำหนดปัญหาวิจัย และหน่วยที่ 3 ตัวแปรวิจัยและกรอบแนวคิดการวิจัย โดยมีสัดส่วนของผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบ คิดเป็นร้อยละ 17.41 และ 17.39 ตามลำดับ สำหรับหน่วยกิจกรรมที่พบสัดส่วนของผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบน้อยที่สุดคือ หน่วยที่ 5: การวิจัยเชิงทดลอง คิดเป็นร้อยละ 12.90 ของผู้เรียนที่ให้ข้อมูลในหน่วยกิจกรรมดังกล่าว

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาหน่วยคำหรือคำที่ปรากฏเป็นความถี่สูงสุดในแต่ละการวิเคราะห์มากที่สุด 5 ลำดับแรกพบว่า มีความสอดคล้องกับคำที่พบได้มากที่สุดในการวิเคราะห์เจตคติต่อการวิจัยในรูปแบบภาพรวม รวมถึงคำส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกันระหว่างหน่วยกิจกรรมแต่ละหน่วย โดยคำที่พบในทุกหน่วยกิจกรรมใน 5 ลำดับแรก คือคำว่า “ยาก” “สับสน” “ไม่เข้าใจ” และ “เข้าใจยาก” กล่าวได้ว่าในทุกหน่วยกิจกรรมนั้น ผู้เรียนกลุ่มนี้เห็นพ้องกันว่าวิจัยหรือกิจกรรมในแต่ละหน่วยยังเป็นเรื่องที่ยากหรือเข้าใจยาก น่าสับสน อีกทั้งยังไม่เข้าใจเนื้อหาได้ดี และในหน่วยกิจกรรมที่ 5 พบคำที่แตกต่างจากหน่วยอื่นคือคำว่า “ใช้เวลา” ทั้งนี้อาจเนื่องจากเป็นหน่วยที่มีหน่วยกิจกรรมย่อยจำนวนมากและมีเนื้อหาหรือประเด็นที่ต้องอาศัยระยะเวลาในการเรียนรู้ แสดงได้ดังตาราง 4.21

**ตาราง 4.21** การจำแนกเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบแยกตามการสะท้อนความรู้สึกในแต่ละหน่วย

กลุ่มเจตคติ		หน่วยที่ 1 (n=201)	หน่วยที่ 2 (n=194)	หน่วยที่ 3 (n=184)	หน่วยที่ 4 (n=173)	หน่วยที่ 5 (n=186)
เจตคติ เชิงลบ	จำนวน	35	29	32	32	24
	ร้อยละ	17.41	14.95	17.39	18.50	12.90
	ช่วง คะแนน	-1 ถึง -7	-1 ถึง -6	-1 ถึง -3	-1 ถึง -2	-1 ถึง -2
	คำ ความถี่	คำ ความถี่	คำ ความถี่	คำ ความถี่	คำ ความถี่	คำ ความถี่
	ค่าที่พบได้ มากที่สุด 5 ลำดับ แรก	ยาก 96 สับสน 16 ไม่เข้าใจ 13 ซับซ้อน 12 เข้าใจยาก 9	ยาก 71 สับสน 16 ไม่เข้าใจ 8 งง 6 เข้าใจยาก 5	ยาก 56 สับสน 24 ไม่เข้าใจ 10 เข้าใจยาก 5 ซับซ้อน 4	ยาก 57 สับสน 12 งง 6 เข้าใจยาก 4 ไม่เข้าใจ 3	ยาก 57 สับสน 10 ใช้เวลา 7 ไม่เข้าใจ 5 เข้าใจยาก 4

สำหรับผู้เรียนที่ถูกจำแนกว่าเป็นกลุ่มที่มีเจตคติต่อการวิจัยแบบเป็นกลาง ซึ่งเกิดจากการรวมคะแนนความรู้สึกที่หักล้างกันเป็นศูนย์ พบว่าเมื่อแยกวิเคราะห์เป็นหน่วยการเรียนรู้ทำให้พบผู้เรียนที่มีคะแนนความรู้สึกหักล้างกันเป็นศูนย์จำนวนมาก โดยมีสัดส่วนระหว่างร้อยละ 10.75 ถึง 19.08 ในขณะที่การวิเคราะห์เจตคติแบบเป็นภาพรวมทั้งหมดของผู้เรียนพบกลุ่มที่มีเจตคติเป็นกลางเพียงร้อยละ 2.23 ของผู้เรียนทั้งหมด หน่วยกิจกรรมที่พบว่าผู้เรียนที่มีเจตคติเป็นกลางมากที่สุดคือหน่วยที่ 4: การวิจัยเชิงสำรวจ คิดเป็นร้อยละ 19.08 ของผู้เรียนที่ให้ข้อมูลในหน่วยกิจกรรมดังกล่าว สำหรับหน่วยกิจกรรมที่มีผู้เรียนที่มีเจตคติเป็นกลางน้อยที่สุดคือ หน่วยที่ 5: การวิจัยเชิงทดลอง คิดเป็นร้อยละ 10.75 ของผู้เรียนที่ให้ข้อมูลในหน่วยกิจกรรมดังกล่าว แสดงได้ดังตาราง 4.22

**ตาราง 4.22** การจำแนกเจตคติต่อการวิจัยที่เป็นกลางแยกตามการสะท้อนความรู้สึกในแต่ละหน่วย

กลุ่มเจตคติ		หน่วยที่ 1 (n=201)	หน่วยที่ 2 (n=194)	หน่วยที่ 3 (n=184)	หน่วยที่ 4 (n=173)	หน่วยที่ 5 (n=186)
เจตคติ เป็นกลาง	จำนวน	26	27	24	33	20
	ร้อยละ	12.94	13.92	13.04	19.08	10.75

### ตัวอย่างข้อความต้นฉบับที่แสดงถึงเจตคติต่อการวิจัยในภาพรวมของผู้เรียน

เมื่อพิจารณาผลการจัดกลุ่มเจตคติระหว่างการวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องกับข้อความในเอกสารของผู้เรียนบางส่วน ซึ่งในส่วนนี้เป็นข้อความที่แสดงถึงเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียนที่มีต่อวิจัย การเรียนรู้หรือการทำกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัยทั้งหมดซึ่งได้จากการแสดงความคิดเห็นไว้ในแต่ละหน่วยกิจกรรม โดยพิจารณาผู้เรียนที่มีคะแนนอารมณ์ความรู้สึกสูงสุดของกลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวกและเชิงลบพบว่าข้อความในเอกสารต้นฉบับมีใจความโดยรวมของทิศทางเจตคติต่อการวิจัยที่สอดคล้องกันกับการจำแนกด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง ดังตัวอย่างที่ยกมาต่อไปนี้

#### ผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวก

“วิจัยเป็นเรื่องที่ยาก ต้องอาศัยความรู้และความเข้าใจเป็นอย่างดี แต่ถ้าลองฝึกฝน อ่านงานวิจัยเยอะ ๆ ก็คิดว่าน่าจะสามารถทำได้ง่ายขึ้น และเข้าใจในวิจัยมากขึ้น, วิจัยอาจจะยากแต่ก็ไม่เกินความสามารถ สามารถทำได้ถ้าศึกษา อ่านเอกสารวิจัย เยอะ ๆ สามารถเข้าใจและทำได้, เข้าใจมากขึ้น น่าเรียนมากครับ, เมื่อได้เรียนรู้ที่เยอะขึ้น รู้สึกว่าวิจัยสามารถเข้าถึงได้ง่าย สามารถเข้าใจได้, เรียนวิจัยสนุกดีครับ อาจจะยากไปนิดนึงหรือต้องทำความเข้าใจมากขึ้น แต่ก็สามารถฝึกทักษะกระบวนการได้หลายอย่างมาก”

(ผู้เรียนหมายเลข 187, ทำกิจกรรมครบทุกหน่วยย่อย)

“วิจัยเป็นเรื่องสนุก ยิ่งได้อ่านได้ปฏิบัติยิ่งรู้ว่ามီးไรน่าสนใจ สำหรับเรื่องการกำหนดปัญหาที่คิดว่าเป็นสนุก เพราะเหมือนได้อ่านหรือสร้างเรื่องราวที่เชื่อมโยงกันแบบมีเหตุผล, วิจัยเป็นเรื่องสนุก น่าเชื่อถือ ยิ่งได้อ่านยิ่งรู้ว่ามီးไรน่าสนใจ สำหรับเรื่องสมมุติฐานการวิจัย คิดว่าเป็นเรื่องที่ไม่ยากเกินไป สามารถเข้าใจได้ง่ายและทำได้, วิจัยเป็นเรื่องสนุก สำหรับเรื่องเชิงสำรวจคิดว่าเป็นเรื่องที่ไม่ยากเกินไป สามารถเข้าใจได้ง่าย และทำได้, การวิจัยเชิงทดลองยากนิดหน่อยแต่ลองทำแบบฝึกแล้วสามารถทำได้ เข้าใจมากขึ้น”

(ผู้เรียนหมายเลข 52, ทำกิจกรรมครบทุกหน่วยย่อย)

“ทำให้การเรียนวิจัยสนุกขึ้นเยอะเลยคะ รู้สึกทึ่งอยากทำให้ถูกและการได้ทำจนถูกแล้วรู้เฉลยทำให้เข้าใจมากขึ้นคะ, วิจัยเป็นเรื่องง่ายที่จะเข้าใจ ดีคะ, ดีมากคะ เข้าใจง่าย, ดีคะ ทำให้เข้าใจมากขึ้น”

(ผู้เรียนหมายเลข 30, ทำกิจกรรมไม่ครบทุกหน่วยย่อย)

“การทำวิจัยเป็นเรื่องสนุก เราได้ฝึกการคิดอยู่ตลอดเวลา, สมมติฐานการวิจัยเป็นเรื่องที่ง่าย, วิจัยเชิงสำรวจน่าสนใจ ทำท้ายผู้วิจัย”

(ผู้เรียนหมายเลข 201, ทำกิจกรรมไม่ครบทุกหน่วยย่อย)

### ผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบ

“หัวข้อการวิจัยมีความยากมาก มีความซับซ้อนทำให้งง, งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ซับซ้อนแล้วถึงงานวิจัยยากพอสมควร, วิจัยมีความยากปานกลาง แต่ก็พยายามทำอย่างสุดความสามารถ, วิจัยเป็นเรื่องที่ยากที่จะเข้าใจ สำหรับเรื่องการวิจัยเชิงสำรวจก็คิดว่าเป็นเรื่องยาก เรื่องการสุ่มตัวอย่างอาจต้องทบทวนบ่อย ๆ เพราะคิดว่าเป็นหัวข้อที่ยาก, วิจัยเข้าใจได้ยากตอนนี้ก็ยังไม่ค่อยเข้าใจในสิ่งที่ผู้ทำวิจัยต้องการจะสื่อ”

(ผู้เรียนหมายเลข 35, ทำกิจกรรมครบทุกหน่วยย่อย)

“วิชาวิจัยเป็นวิชาที่มีเนื้อหาเยอะมาก ทำให้จับประเด็นได้ยาก อีกทั้งศัพท์หรือคำนิยามของเนื้อหาวิชาวิจัยค่อนข้างเฉพาะทำให้วิเคราะห์หรือตีความยาก, สมมติฐานเป็นเรื่องที่ไม่ยากและไม่ง่าย บางครั้งก็เกิดความสับสนเล็กน้อย, เรื่องตัวแปรวิจัยและกรอบแนวคิดรู้สึกว่ายากค่อนข้างไม่เข้าใจ สับสนว่าเป็นตัวแปรชนิดไหน, เป็นเรื่องที่สามารถสังเกตได้ง่ายว่าเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ, วิจัยการทดลองเป็นเรื่องที่เข้าใจง่ายสามารถแยกแยะได้”

(ผู้เรียนหมายเลข 29, ทำกิจกรรมครบทุกหน่วยย่อย)

“วิจัยเป็นเรื่องที่ยากมากที่จะเข้าใจ ตอนนี้ฉันก็ยังไม่ค่อยเข้าใจ ในหลายๆเรื่อง, วิชาวิจัยเป็นเรื่องที่ทำให้ความเข้าใจยาก การตั้งสมมติฐาน ตัวแปรต่างๆ ยังกาย, บางอันยังมีข้อสงสัย ยากที่จะเข้าใจ, เป็นวิจัยที่เข้าใจยาก ต้องอ่านหลายรอบ ทำความเข้าใจยาก, เป็นวิจัยที่ยาก และตอนนี้ยังไม่ค่อยเข้าใจสักเท่าไร”

(ผู้เรียนหมายเลข 174, ทำกิจกรรมไม่ครบทุกหน่วยย่อย)

“วิจัยเป็นเรื่องที่ยาก เข้าใจยาก ไม่สนุก ค่อนข้างซับซ้อน, วิจัยเป็นเรื่องที่ยากที่จะเข้าใจ ตอนนี้ก็ยังไม่ค่อยรู้เรื่อง วิจัยเป็นเรื่องที่ไม่สนุก, ยังไงวิจัยก็เป็นเรื่องที่ยากอยู่ดี, ยังไงวิจัยก็ยากที่จะเข้าใจอยู่ดี, วิจัยเป็นเรื่องที่เข้าใจยาก บางขั้นตอนก็ไม่เข้าใจเลย”

(ผู้เรียนหมายเลข 98, ทำกิจกรรมไม่ครบทุกหน่วยย่อย)

#### ตอนที่ 4 การวิเคราะห์และจำแนกผู้เรียนด้วยข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรฐานค่า และการเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ในตอนต้นที่ 4 เป็นการนำเสนอการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในงานวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยด้วยข้อมูลที่เก็บรวบรวมด้วยแบบสอบถามมาตรฐานค่า 5 ระดับ และผลการเปรียบเทียบการจำแนกผู้เรียนระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 1) ในส่วนของการเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน มีผลการวิจัยดังต่อไปนี้

##### ตอนที่ 4.1 การวิเคราะห์เพื่อจำแนกความยึดมั่นและเจตคติต่อการวิจัยด้วยข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรฐานค่า

###### ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวอย่างวิจัย

ตัวอย่างวิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามมาตรฐานค่าครั้งนี้ ประกอบด้วยตัวอย่างวิจัยจำนวน 228 คน ประกอบด้วยเพศหญิงจำนวน 172 คน คิดเป็นร้อยละ 75.4 และเพศชายจำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 24.6 ตัวอย่างวิจัยส่วนใหญ่มีเกรดเฉลี่ยสะสม 3.51-4.00 จำนวน 105 คน คิดเป็นร้อยละ 46.05 รองลงมาคือ 3.01-3.50 จำนวน 93 คน คิดเป็นร้อยละ 40.80 นอกจากนี้ตัวอย่างวิจัยมาจากหลากหลายสาขาวิชา โดยส่วนใหญ่เป็นสาขาวิชาด้านวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 121 คน คิดเป็นร้อยละ 53.07 รองลงมาคือสาขาวิชาด้านมนุษยศาสตร์-สังคมศาสตร์ จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 11.40 สาขาวิชาด้านเทคโนโลยีการศึกษาหรือคอมพิวเตอร์ จำนวน 18 คน ร้อยละ 7.90 และสาขาวิชาด้านจิตวิทยา จำนวน 16 คน ร้อยละ 7.02 นอกจากนั้นเป็นสาขาวิชาอื่น ๆ รวมกัน

เมื่อพิจารณาระดับของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยของตัวอย่างวิจัยด้วยข้อมูลค่าเฉลี่ยตัวแปรของผู้เรียนในเชิงภาพรวมพบว่า ผู้เรียนมีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 ( $M=3.50$ ,  $SD=.64$ ) เมื่อพิจารณาในรายด้านพบว่า ในภาพรวมผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยด้านการทำวิจัยสูงสุด ( $M=3.74$ ,  $SD=.75$ ) รองลงมาคือด้านการใช้งานวิจัย ( $M=3.64$ ,  $SD=.69$ ) และการอ่านงานวิจัย ( $M=3.12$ ,  $SD=.67$ ) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการกระจายพบว่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $SD$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง .67 ถึง .75 และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ( $CV$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง 17.91 ถึง 24.04 โดยด้านการอ่านงานวิจัยมีการกระจายของข้อมูลมากที่สุด แสดงว่าผู้เรียนมีการอ่านงานวิจัยที่มีค่าแตกต่างกันสูงกว่าด้านอื่น ข้อมูลของตัวแปรความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในภาพรวมมีการแจกแจงแบบเบ้ซ้ายเล็กน้อย ( $Sk = -.23$ ) แสดงว่าตัวอย่างวิจัยส่วนใหญ่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยที่สูงกว่าค่าเฉลี่ย นอกจากนี้ ข้อมูลส่วนใหญ่มีการแจกแจงในลักษณะเป็นโค้งสูงมากกว่าปกติ ( $Ku = .76$ ) แสดงว่าข้อมูลค่าเฉลี่ยของตัวอย่างวิจัยมี

การกระจายแบบเกาะกลุ่มกัน สำหรับตัวแปรเจตคติต่อการวิจัยพบว่า ในภาพรวมผู้เรียนมีเจตคติต่อการวิจัยในระดับสูง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 ( $M=4.06, SD=.59$ ) เมื่อพิจารณาในรายด้านพบว่า ผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านในระดับสูงและมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยด้านความรู้สึกต่อการวิจัย สูงที่สุด ( $M=4.08, SD=.63$ ) รองลงมาคือด้านความสนใจและตั้งใจอยากทำวิจัย ( $M=4.03, SD=.63$ ) เมื่อพิจารณาการกระจายพบว่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $SD$ ) มีค่าเท่ากับ .63 ในทั้งสองด้าน และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ( $CV$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง 15.44 ถึง 15.63 โดยด้านความสนใจและตั้งใจอยากทำวิจัยมีการกระจายของข้อมูลมากกว่าเล็กน้อย แสดงว่าผู้เรียนมีความสนใจและตั้งใจอยากทำวิจัยที่มีค่าแตกต่างกันสูงกว่าด้านความรู้สึกต่อการวิจัย ข้อมูลของตัวแปรเจตคติต่อการวิจัยในภาพรวมมีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย ( $Sk = -.48$ ) แสดงว่าตัวอย่างวิจัยส่วนใหญ่มีเจตคติต่อการวิจัยที่สูงกว่าค่าเฉลี่ย นอกจากนี้ข้อมูลส่วนใหญ่มีการแจกแจงในลักษณะเป็นโค้งต่ำกว่าปกติเล็กน้อย ( $Ku = -.04$ ) แสดงว่าข้อมูลคะแนนของตัวอย่างวิจัยมีการกระจายที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับการกระจายแบบปกติ ดังตาราง 4.23

ตาราง 4.23 ค่าสถิติพื้นฐานของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย ( $N=228$ )

ตัวแปร	$M$	$SD$	$Sk$	$Ku$	$CV$ (%)
ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย (ENGA)	3.50	.64	-.23	.76	18.29
การอ่านงานวิจัย (READ)	3.12	.75	.11	.13	24.04
การใช้งานวิจัย (APPLY)	3.64	.69	-.32	.16	18.96
การทำวิจัย (INITIA)	3.74	.67	-.72	1.30	17.91
เจตคติต่อการวิจัย (ATTDE)	4.06	.59	-.48	-.04	14.53
ความรู้สึกต่อการวิจัย (EMOTN)	4.08	.63	-.69	.63	15.44
ความสนใจและตั้งใจอยากทำวิจัย (INTER)	4.03	.63	-.23	-.49	15.63

#### การจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในงานวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยด้วยการวิเคราะห์เกณฑ์ปกติ

การการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในงานวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยด้วยข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรฐานค่าของการวิจัยครั้งนี้ ใช้การจำแนกด้วยการคำนวณคะแนนของระดับตัวแปรและเปรียบเทียบคะแนนของผู้เรียนภายในกลุ่มของตัวอย่างวิจัยด้วยการวิเคราะห์เกณฑ์ปกติ โดยในครั้งนี้ใช้วิธีการหาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ (percentile rank) และคะแนนที่ปกติ (normalized T-score) (เมษา นวลศรี และคณะ, 2560) ผ่านพิจารณาจากคะแนนดิบของตัวแปรวิจัยในภาพรวม ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวอย่างวิจัยที่ตอบแบบสอบถามในการวิจัยครั้งนี้มีคะแนนดิบของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยตั้งแต่ 41 คะแนนถึง 145 คะแนน เมื่อแปลงคะแนนดิบเป็นเกณฑ์ปกติพบว่า มีช่วง

เปอร์เซ็นต์ไทล์ตั้งแต่  $P_{0.44}$  ถึง  $P_{99.56}$  โดยคิดเป็นช่วงคะแนนที่เท่ากับ  $T_{17.55}$  ถึง  $T_{73.42}$  สำหรับเกณฑ์ปกติของตัวแปรเจตคติต่อการวิจัยพบว่า ตัวอย่างวิจัยมีคะแนนดิบตั้งแต่ 19 คะแนนถึง 50 คะแนน คิดเป็นช่วงเปอร์เซ็นต์ไทล์ตั้งแต่  $P_{0.44}$  ถึง  $P_{97.15}$  และเป็นช่วงคะแนนที่เท่ากับ  $T_{13.57}$  ถึง  $T_{65.97}$  ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์และคะแนนที่ตามคะแนนดิบของตัวอย่างวิจัยแสดงได้ดังตาราง 4.24 และตาราง 4.25

ตาราง 4.24 เปอร์เซนต์ไทล์ คะแนนที่มาตรฐานของคะแนนความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย คะแนนเต็ม 145 (N=228)								
คะแนนดิบ	เปอร์เซ็นต์ ไทล์	คะแนนที่	คะแนนดิบ	เปอร์เซ็นต์ ไทล์	คะแนนที่	คะแนนดิบ	เปอร์เซ็นต์ ไทล์	คะแนนที่
145	99.56	73.42	113	76.75	56.23	87	17.76	42.26
144	98.68	72.89	112	75	55.69	85	15.79	41.19
143	98.25	72.35	111	72.59	55.16	84	14.47	40.65
142	97.81	71.81	110	69.52	54.62	82	13.38	39.58
141	97.37	71.27	109	66.89	54.08	81	12.5	39.04
140	96.93	70.74	108	65.35	53.55	80	11.4	38.5
139	96.27	70.2	107	62.94	53.01	79	10.53	37.97
138	95.61	69.66	106	59.87	52.47	78	9.87	37.43
137	95.18	69.12	105	57.68	51.93	77	9.21	36.89
135	94.74	68.05	104	55.48	51.4	76	8.77	36.36
130	94.3	65.36	103	53.29	50.86	75	8.11	35.82
129	93.86	64.83	102	51.54	50.32	74	7.46	35.28
127	93.42	63.75	101	48.9	49.79	73	6.8	34.74
126	92.76	63.22	100	45.39	49.25	72	6.14	34.21
125	91.89	62.68	99	42.32	48.71	70	5.7	33.13
124	91.01	62.14	98	40.13	48.17	69	5.26	32.6
123	90.13	61.6	97	38.38	47.64	66	4.39	30.98
122	89.04	61.07	96	35.75	47.1	65	3.29	30.45
121	87.72	60.53	95	33.33	46.56	64	2.63	29.91
120	86.62	59.99	94	32.02	46.03	57	2.19	26.15
118	85.53	58.92	93	29.39	45.49	50	1.75	22.39
117	84.65	58.38	92	26.54	44.95	47	1.1	20.78
116	82.68	57.84	90	24.34	43.88	41	0.44	17.55
115	79.61	57.31	89	21.93	43.34			
114	77.85	56.77	88	19.96	42.8			

ตาราง 4.25 เปอร์เซ็นไทล์ คะแนนที่มาตรฐานของคะแนนเจตคติต่อการวิจัย

เจตคติต่อการวิจัย คะแนนเต็ม 50 (N=228)								
คะแนนดิบ	เปอร์เซ็นต์ ไทล์	คะแนนที่	คะแนนดิบ	เปอร์เซ็นต์ ไทล์	คะแนนที่	คะแนนดิบ	เปอร์เซ็นต์ ไทล์	คะแนนที่
50	97.15	65.97	41	53.07	50.76	32	10.96	35.54
49	93.2	64.28	40	44.96	49.07	31	10.09	33.85
48	89.69	62.59	39	35.75	47.38	30	6.14	32.16
47	85.09	60.9	38	30.04	45.69	29	2.41	30.47
46	80.92	59.21	37	25	43.99	28	1.75	28.78
45	74.78	57.52	36	21.27	42.3	27	1.32	27.09
44	68.42	55.83	35	17.98	40.61	26	0.88	25.4
43	62.94	54.14	34	14.25	38.92	19	0.44	13.57
42	57.46	52.45	33	11.84	37.23			

การจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยครั้งนี้ใช้การพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์เป็นหลักในการแบ่งช่วงคะแนนและการแปลความหมาย โดยแบ่งค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ออกเป็น 4 ระดับหรือ 4 ช่วงคะแนน โดยใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ 25, เปอร์เซ็นต์ไทล์ 50 และ เปอร์เซ็นต์ไทล์ 75 ในการพิจารณา มีช่วงคะแนนและการแปลความหมาย ดังนี้ 1) เปอร์เซ็นต์ไทล์ 75.00 ขึ้นไป หมายถึง มีค่าของตัวแปรอยู่ในระดับสูง 2) เปอร์เซ็นต์ไทล์ 50.00 ถึงเปอร์เซ็นต์ไทล์ 74.99 หมายถึง มีค่าของตัวแปรอยู่ในระดับค่อนข้างสูง 3) เปอร์เซ็นต์ไทล์ 25.00 ถึงเปอร์เซ็นต์ไทล์ 49.99 หมายถึง มีค่าของตัวแปรอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ และ 4) ) เปอร์เซ็นต์ไทล์น้อยกว่า 25.00 หมายถึง มีค่าของตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ (Clark-Carter, 2005; เมษา นวลศรี และคณะ, 2560)

ผลการจำแนกผู้เรียนตามเกณฑ์ปกติพบว่า ตัวอย่างวิจัยที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับสูงมีจำนวนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 26.32 รองลงมาคือกลุ่มที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 25.44 โดยมีจำนวนใกล้เคียงกับกลุ่มที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับค่อนข้างต่ำ ซึ่งมีร้อยละ 25 ในขณะที่ตัวอย่างวิจัยที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับค่อนข้างสูงมีจำนวนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 23.25 สำหรับตัวแปรเจตคติต่อการวิจัยพบว่า ตัวอย่างวิจัยส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีเจตคติต่อการวิจัยในระดับค่อนข้างต่ำ คิดเป็นร้อยละ 28.51 รองลงมาคือกลุ่มที่มีเจตคติต่อการวิจัยในระดับค่อนข้างสูง คิดเป็นร้อยละ 27.63 และกลุ่มที่มีเจตคติต่อการวิจัยในระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 22.37 โดยกลุ่มที่มีเจตคติต่อการวิจัยในระดับสูงมีจำนวนของตัวอย่างวิจัยน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 21.49 แสดงได้ดังตาราง 4.26



**ตาราง 4.26** การแปลความหมายของคะแนนและการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย และเจตคติต่อการวิจัย

เปอร์เซ็นต์ไทล์	คะแนนดิบ	คะแนนที่	การแปลผล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
<b>ความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย</b>					
1) P <sub>75</sub> ขึ้นไป	112 ขึ้นไป	55.69 ขึ้นไป	มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับสูง	60	26.32
2) P <sub>50.00</sub> – P <sub>74.99</sub>	102-111	50.32-55.16	มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับค่อนข้างสูง	53	23.25
3) P <sub>25.00</sub> – P <sub>49.99</sub>	92-101	44.95-49.79	มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับค่อนข้างต่ำ	57	25.00
4) น้อยกว่า P <sub>25.00</sub>	น้อยกว่า 92	น้อยกว่า 43.88	มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับต่ำ	58	25.44
<b>เจตคติต่อการวิจัย</b>					
1) P <sub>75</sub> ขึ้นไป	46 ขึ้นไป	59.21 ขึ้นไป	มีเจตคติต่อการวิจัยในระดับสูง	49	21.49
2) P <sub>50.00</sub> – P <sub>74.99</sub>	41-45	50.76-57.52	มีเจตคติต่อการวิจัยในระดับค่อนข้างสูง	63	27.63
3) P <sub>25.00</sub> – P <sub>49.99</sub>	37-40	43.99-44.96	มีเจตคติต่อการวิจัยในระดับค่อนข้างต่ำ	65	28.51
4) น้อยกว่า P <sub>25.00</sub>	น้อยกว่า 37	น้อยกว่า 43.99	มีเจตคติต่อการวิจัยในระดับต่ำ	51	22.37

#### ตอนที่ 4.2 การเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นต่อการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ส่วนนี้นำเสนอการเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นต่อการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยระหว่างการวิเคราะห์สองรูปแบบในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ การวิเคราะห์ด้วยข้อมูลประเภทตัวแปรแทน (proxy variables) ซึ่งได้จากการเก็บรวบรวมผ่านระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ และการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลการรายงานตนเองซึ่งเก็บรวบรวมผ่านแบบสอบถามมาตรฐานค่า โดยนำเสนอเกี่ยวกับความเหมือนและความแตกต่างในประเด็นที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1. ลักษณะข้อมูล
2. การมีข้อมูลสูญหาย
3. อัตราการตอบกลับหรือความครบถ้วนของข้อมูล
4. การออกแบบการเก็บข้อมูลและระยะเวลาการเก็บรวบรวม
5. การวัดตัวแปร
6. การจัดการข้อมูล
7. แนวทางการจำแนกผู้เรียน
8. ระยะเวลาการวิเคราะห์เพื่อจำแนกผู้เรียน
9. คุณภาพของการวิเคราะห์
10. การนำไปใช้ในการจำแนกผู้เรียน

ทั้งนี้การเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นต่อการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกันในครั้งนี้ ไม่ใช่การตัดสินว่าการวัดด้วยตัวแปรแทนหรือการวัดแบบมาตรประมาณค่าว่าวิธีใดเป็นวิธีการที่ดีกว่ากัน แต่เป็นนำเสนอการเปรียบเทียบในเชิงทฤษฎีหรือเชิงวิธีวิทยา เนื่องจากทั้งสองแนวคิดมีหลักการการวัดที่แตกต่างกัน โดยสามารถแสดงการเปรียบเทียบประเด็นต่าง ๆ ได้ดังข้อมูลในตาราง 4.27

ตาราง 4.27 การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน

ประเด็น	ตัวแปรแทนจากระบบ ฯ	แบบสอบถามมาตรประมาณค่า
1. ลักษณะข้อมูล	1) ข้อมูลเชิงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงจากการปฏิบัติของผู้เรียนในระบบ 2) ไม่มีสเกลระดับพฤติกรรมจำกัด ไม่มีค่าสูงสุด 3) เป็นข้อมูลของพฤติกรรมในขอบเขตเดียวกัน ทั้งช่วงเวลาและกิจกรรมที่ทำ	1) ข้อมูลการรายงานตนเอง เป็นการประเมินระดับพฤติกรรมของตนเองตามข้อคำถามที่กำหนด 2) มีสเกลระดับพฤติกรรมจำกัดตามมาตรที่กำหนด 3) ความเข้มในแต่ละระดับคะแนนรวมถึงจุดอ้างอิงของผู้ตอบแต่ละคน อาจไม่เท่ากัน
2. ข้อมูลสูญหาย	1) ไม่มีข้อมูลสูญหาย เนื่องจากข้อมูลทุกการมีปฏิสัมพันธ์ถูกบันทึกอัตโนมัติด้วยระบบ	1) กรณีแบบสอบถามออนไลน์ ไม่มีข้อมูลสูญหาย สามารถออกแบบให้ผู้ตอบให้ข้อมูลในทุกข้อคำถาม
3. อัตราการตอบกลับหรือความครบถ้วนของข้อมูล	1) อาจไม่ได้มีข้อมูลของผู้เรียนทุกคนครบทุกตัวแปรหรือทุกพฤติกรรม ขึ้นอยู่กับการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้เรียนบางคนไม่ได้มีส่วนร่วมในทุกกิจกรรมหรือมีปฏิสัมพันธ์กับทุกส่วนในระบบ 2) อัตราการตอบกลับหรือการเข้าร่วมต่ำ เนื่องจากมีกระบวนการที่เกี่ยวข้องหลายขั้นตอน เช่น การลงทะเบียนผู้ใช้ในบทเรียน มีจำนวนกิจกรรมจำนวนมาก	1) ทุกข้อคำถามมีข้อมูลของผู้ตอบ 2) อัตราการตอบกลับสูงกว่า เนื่องจากกระบวนการตอบทำได้ง่าย คือ อ่านข้อคำถามและประเมินตนเอง มีข้อคำถามจำนวนพอดี ไม่จำเป็นต้องลงทะเบียนที่ซับซ้อนก่อนให้ข้อมูล

ประเด็น	ตัวแปรแทนจากระบบ ฯ	แบบสอบถามมาตรฐานค่า
4. การออกแบบ การเก็บข้อมูล และ ระยะเวลาการเก็บ รวบรวม	<p>1) เน้นการออกแบบและสร้าง บทเรียนหรือกิจกรรมการเรียนรู้ให้ สอดคล้องกับขอบเขตเนื้อหาของ รายวิชา และเป็นกิจกรรมในรูปแบบ ที่หลากหลาย ดึงดูดผู้เรียน</p> <p>2) ใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล เนื่องจากมีจำนวนกิจกรรมการเรียนรู้ หลากหลาย และต้องอาศัยการอ่าน การฝึกหัด การทำความเข้าใจ รวมถึงการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ งานในระบบ</p>	<p>1) อาศัยระยะเวลาการสร้าง เครื่องมือที่น้อยกว่า มีกรอบ โครงสร้างของการสร้างที่ชัดเจน สามารถสร้างข้อคำถามล่อได้ตาม นิยามของตัวแปรที่กำหนด</p> <p>2) สามารถเก็บข้อมูลได้ในระยะเวลา สั้น เนื่องจากสะดวกต่อการตอบและ เป็นรูปแบบที่คุ้นชิน อีกทั้งอาศัย ระยะเวลาไม่นานในการทำจนครบ สมบูรณ์ทุกข้อคำถาม</p>
5. การวัดตัวแปร	<p>1) ใช้ข้อมูลที่เก็บบันทึกและสามารถ ให้ได้จากระบบ เป็นพฤติกรรมของ ผู้เรียนที่เกิดจากการมีส่วนร่วมหรือมี ปฏิสัมพันธ์กับระบบ และกำหนด เป็นตัวแปรแทนเพื่อศึกษาหรือ สะท้อนตัวแปรเป้าหมายต่อไป</p>	<p>1) สร้างข้อคำถามอิงตามโมเดลการ วัด มีองค์ประกอบที่ชัดเจน มีนิยาม เชิงทฤษฎีเป็นฐาน ทำให้มีกรอบการ วัดที่ชัดเจนตั้งแต่ต้น และวัดระดับตัว แปรอิงตามโครงสร้างของโมเดลการ วัด</p>
6. การจัดการ ข้อมูล	<p>1) ข้อมูลที่ได้จากระบบ มีแนวโน้ม เป็นข้อมูลที่มีปริมาณมาก และอยู่ใน โครงสร้างที่ไม่เป็นระบบ หนึ่งข้อมูล แทนการแสดงพฤติกรรมใด ๆ ของ ผู้เรียนหนึ่งครั้ง จึงจำเป็นต้องจัดการ ข้อมูลให้เป็นระบบก่อนการนำไป วิเคราะห์</p>	<p>1) ข้อมูลที่ได้มีแนวโน้มอยู่ในรูปแบบ ที่มีโครงสร้างพร้อมสำหรับนำไปใช้ ในการวิเคราะห์ เนื่องจากหนึ่งข้อ คำถามของแต่ละผู้ตอบเป็นการ ประเมินหรือให้คะแนนการปฏิบัติ ตามรายการนั้นในภาพรวมแล้ว</p>
7. แนวทางการ จำแนกผู้เรียน	<p>1) แบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุดสำหรับการ วิเคราะห์त्मหลักการการเรียนรู้ของ เครื่อง ดังนั้นปริมาณของข้อมูลเป็น สิ่งที่ควรคำนึงถึง เพื่อให้มีความ</p>	<p>1) ใช้ชุดข้อมูลชุดเดียวในการจำแนก ผู้เรียน โดยไม่มีการแบ่งข้อมูลในการ วิเคราะห์</p> <p>2) ใช้การวิเคราะห์เกณฑ์ปกติ (norm) ด้วยการคำนวณคะแนนเปอร์เซ็นต์</p>

ประเด็น	ตัวแปรแทนจากระบบ ฯ	แบบสอบถามมาตรฐานค่า
	<p>เพียงพอในการพัฒนาโมเดลการจำแนก</p> <p>2) สัดส่วนของผู้เรียนในแต่ละกลุ่มอาจสมดุลหรือไม่สมดุลกันได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลของผู้เรียนแต่ละคน</p> <p>3) จำแนกผู้เรียนด้วยการทำนายกลุ่มของผู้เรียนตามความสอดคล้องหรือความสัมพันธ์ของข้อมูลกับโมเดลการจำแนกที่ได้จากการวิเคราะห์รูปแบบของตัวแปรคุณลักษณะกับตัวแปรผลลัพธ์หรือกลุ่มของผู้เรียนที่ระบุในชุดข้อมูล</p> <p>4) สามารถใช้โมเดลการจำแนกในการทำนายเพื่อจำแนกกลุ่มผู้เรียนกับข้อมูลชุดใหม่ได้</p>	<p>ไทล์ และคะแนนที่ปกติ เปรียบเทียบระดับคะแนนภายในตัวอย่างวิจัยทั้งหมด และจำแนกกลุ่มตามช่วงของเกณฑ์ปกติที่ได้</p> <p>3) สัดส่วนของผู้เรียนในแต่ละกลุ่มที่ได้จากการจำแนก มีแนวโน้มที่สมดุลกัน</p> <p>4) เกณฑ์ปกติที่ใช้ในการจำแนกแต่ละครั้งไม่สามารถใช้กับการจำแนกข้อมูลชุดใหม่ของตัวอย่างวิจัยอื่นได้</p>
8. ระยะเวลาการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจำแนกผู้เรียน	1) กรณีมีข้อมูลขนาดใหญ่ รวมถึงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่เป็นค่ามาก ในบางเทคนิคการวิเคราะห์อาจใช้ระยะเวลานานในการประมวลผลข้อมูล	1) โครงสร้างของกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลไม่ซับซ้อน สามารถวิเคราะห์ด้วยระยะเวลาสั้นกว่า แต่หากมีข้อมูลจำนวนมากอาจใช้เวลานานขึ้นได้เช่นกัน
9. การตรวจสอบคุณภาพการวิเคราะห์	1) พิจารณาคุณภาพการจำแนกได้ในส่วนของค่าประสิทธิของโมเดลการจำแนก เช่น ความแม่นยำ ความไว ความจำเพาะ	1) คุณภาพการจำแนกขึ้นอยู่กับคุณภาพของการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มาจากเครื่องมือที่มีคุณภาพ เช่น มีค่าความเที่ยงเหมาะสม มีความตรงเชิงโครงสร้าง
10. การนำไปใช้ในการจำแนกผู้เรียน	1) เหมาะกับการจำแนกผู้เรียนในบริบทการเรียนรู้ออนไลน์ซึ่งผู้สอนไม่	1) เหมาะกับการจำแนกผู้เรียนในบริบทที่ไม่มีการเก็บข้อมูลเชิงพฤติกรรมที่ผู้เรียนปฏิบัติจริง

ประเด็น	ตัวแปรแทนจากระบบ ฯ	แบบสอบถามมาตรฐานค่า
	<p>สามารถสังเกตหรือรวบรวมข้อมูลเชิงพฤติกรรมของผู้เรียนได้โดยตรง</p> <p>2) เหมาะกับการจำแนกผู้เรียนที่ทราบกลุ่มของผู้เรียนมาก่อน (labeled data)</p> <p>3) ต้องการศึกษาลักษณะหรือรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน</p> <p>4) ต้องการสร้างโมเดลการจำแนกเพื่อนำไปจำแนกหรือทำนายกลุ่มของผู้เรียนกลุ่มใหม่</p>	<p>2) เหมาะกับการจำแนกผู้เรียนที่ไม่ทราบกลุ่มของผู้เรียนมาก่อน</p> <p>3) ต้องการเปรียบเทียบคะแนนแบบอิงกลุ่ม</p> <p>4) ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลมีจำกัด</p> <p>5) ไม่คุ้นเคยกับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง</p>

#### ตอนที่ 5 ผลการระบุตัวแปรแทนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ในตอนต้นที่ 5 เป็นผลการวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 2) เพื่อวิเคราะห์และเสนอตัวแปรแทนเพื่อการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

##### ตอนที่ 5.1 ผลการระบุตัวแปรแทนเพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

การคัดเลือกตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในงานวิจัยครั้งนี้ นำเสนอตัวแปรแทนที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มและ 3 กลุ่ม จากตัวแปรแทนจำนวน 40 ตัวแปร โดยพิจารณาจากการรวบรวมรายการตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนก 15 ลำดับแรกที่ได้จากการวิเคราะห์การจำแนกผู้เรียนด้วยการเรียนรู้ของเครื่องเทคนิคต่าง ๆ และนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มผู้เรียน จากนั้นคัดเลือกตัวแปรแทนที่พบว่าสามารถจำแนกกลุ่มของผู้เรียนเป็นกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยของระดับตัวแปรนั้น ๆ แตกต่างกันได้จริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการคัดเลือกกล่าวได้ดังนี้

การจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยเป็น 2 กลุ่มพบว่า รายการตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกที่รวบรวมจากผลการเรียนรู้ของเครื่องมีทั้งหมด 21 รายการที่ไม่ซ้ำกัน และเมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรแทนรายการต่าง ๆ ระหว่างผู้เรียนกลุ่มที่ 1 และผู้เรียนกลุ่มที่ 2 ที่เป็นอิสระจากกัน (independent samples t-test) ผลการวิเคราะห์พบว่า มีเพียงตัวแปรแทนหนึ่งตัวที่ค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มผู้เรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $t(253) = .730, p = .466$ ) นั่นคือตัวแปรการสร้างโพสภายในกระทู้สนทนา

(POST.CREATE) ด้วยเหตุนี้จึงกล่าวได้ว่า ตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการใช้เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยเป็น 2 กลุ่ม มีจำนวน 20 ตัวแปร ซึ่งเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ การมีปฏิสัมพันธ์กับหน้าหลักของบทเรียน หัวข้อย่อยกิจกรรมและรายงานของผู้ใช้ การมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมชุดแบบทดสอบ การมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมกระดานสนทนา การสร้างโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง รวมถึงการทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์ โดยรายการตัวแปรแทนสามารถแสดงได้ดังตาราง 4.28

**ตาราง 4.28** ตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย 2 กลุ่ม

ตัวแปรแทน	ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม	ตัวแปรแทน	ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม
INT.CON.QUES.ANS	✓	DISS.SUB.CREATE	✓
INT.CON.PRE.PROGR	✓	QIZ.ATTMP.VIEW	✓
INT.CON.QIZ.COMPLTE	✓	C.ACT.COMPLETE	✓
INT.CON.PRE.COMPLTE	✓	QIZ.ATTMP.SUM.VIEW	✓
INT.CON.ATTMP.SUBMIT	✓	QIZ.ATTMP.START	✓
C.VIEW	✓	QIZ.ATTMP.RVIEW	✓
C.MODU.VIEW	✓	QIZ.ATTMP.SUBMIT	✓
REC.CREATE	✓	RESPND.SUBMIT	✓
C.SEARCH	✓	C.USER.RP.VIEW	✓
POST.CREATE	✗	DISS.SUB.DELETE	✓
DISS.VIEW	✓		

หมายเหตุ สัญลักษณ์ ✓ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตัวแปรระหว่างกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

✗ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตัวแปรระหว่างกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

### จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยเป็น 3 กลุ่มพบว่า รายการตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกที่รวบรวมจากผลการเรียนรู้ของเครื่องมือทั้งหมด 20 รายการที่ไม่ซ้ำกัน และเมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรแทนรายการต่าง ๆ ระหว่างผู้เรียนกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ (multiple comparisons) ผลการวิเคราะห์พบว่า มีตัวแปรแทน 5 รายการที่ค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยส่วนใหญ่พบว่าเป็นค่าเฉลี่ยระหว่างผู้เรียนกลุ่มที่ 1 และ 2 ที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งในที่นี้คือผู้เรียนกลุ่มที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยปานกลาง และกลุ่มที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยสูง ตามลำดับ ได้แก่ตัวแปร การกตติตามกิจกรรมในกระทุสนทนา (DISS.SUB.CREATE) การยกเลิกการกตติตามกิจกรรมในกระทุสนทนา (DISS.SUB.DELETE) การสร้างโพสภายในกระทุสนทนา (POST.CREATE) การกตเข้าดูกระทุสนทนา (DISS.VIEW)

นอกจากนี้พบว่าตัวแปรการกวดูรายงานการทำกิจกรรมในบทเรียน (C.USER.RP.VIEW) นั้นผู้เรียนทั้ง 3 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยของตัวแปรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ด้วยเหตุนี้จึงกล่าวได้ว่า ตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการใช้เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยเป็น 3 กลุ่ม มีจำนวน 15 ตัวแปร ซึ่งเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ การมีปฏิสัมพันธ์กับหน้าหลักของบทเรียนและหัวข้อย่อยกิจกรรม การมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมชุดแบบทดสอบ การสร้างโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง รวมถึงการทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์ ดังตาราง 4.29

ตาราง 4.29 ตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย 3 กลุ่ม

ตัวแปรแทน	ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม			ตัวแปรแทน	ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม		
	1 และ 2	1 และ 3	2 และ 3		1 และ 2	1 และ 3	2 และ 3
INT.CON.PRE.PROGR	✓	✓	✓	QIZ.ATTMP.RVIEW	✓	✓	✓
INT.CON.ATTMP.SUBMIT	✓	✓	✓	DISS.SUB.DELETE	✗	✓	✓
C.MODU.VIEW	✓	✓	✓	QIZ.ATTMP.SUBMIT	✓	✓	✓
INT.CON.QUES.ANS	✓	✓	✓	QIZ.ATTMP.VIEW	✓	✓	✓
INT.CON.QIZ.COMPLTE	✓	✓	✓	QIZ.ATTMP.SUM.VIEW	✓	✓	✓
INT.CON.PRE.COMPLTE	✓	✓	✓	REC.CREATE	✓	✓	✓
C.VIEW	✓	✓	✓	RESPND.SUBMIT	✓	✓	✓
C.ACT.COMPLETE	✓	✓	✓	QIZ.ATTMP.START	✓	✓	✓
C.USER.RP.VIEW	✗	✗	✗	POST.CREATE	✗	✓	✓
DISS.SUB.CREATE	✗	✓	✓	DISS.VIEW	✗	✓	✓

หมายเหตุ สัญลักษณ์ ✓ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตัวแปรระหว่างกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

✗ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตัวแปรระหว่างกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

### CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากรายการตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยเป็น 2 กลุ่มและ 3 กลุ่มพบว่าตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มครอบคลุมรายการตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มทั้ง 15 ตัวแปร และมีตัวแปรแทนที่สามารถใช้ในการจำแนกผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมจำนวนมากกว่า 5 ตัวแปร คือ การค้นหาบทเรียนในหน้าหลักของเว็บไซต์ (C.SEARCH) การกวดูรายงานการทำกิจกรรมในบทเรียน (C.USER.RP.VIEW) และตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการมีปฏิสัมพันธ์กับกระตู่สนทนา ได้แก่ การกวดูติดตามกิจกรรมในกระตู่สนทนา (DISS.SUB.CREATE) การยกเลิกการกวดูติดตามกิจกรรมในกระตู่สนทนา (DISS.SUB.DELETE) และการกวดูกระตู่สนทนา (DISS.VIEW) โดยการสรุปรายการตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยตามจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกันและชื่อของตัวแปรสามารถแสดงได้ดังตาราง 4.30

ตาราง 4.30 สรุปรายการตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนตามจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน

ตัวแปรแทนที่เหมาะสม	จำนวนกลุ่ม		ตัวแปรแทนที่เหมาะสม	จำนวนกลุ่ม	
	2	3		2	3
INT.CON.QUES.ANS (การตอบคำถามในกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟ)	✓	✓	DISS.SUB.CREATE (การกดติดตามกิจกรรมในกระทัสนทนา)	✓	✗
INT.CON.PRE.PROGR (การดำเนินการทำกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟ)	✓	✓	QIZ.ATTMP.VIEW (การดูการตอบคำถามตนในชุดแบบสอบ)	✓	✓
INT.CON.QIZ.COMPLTE (การตอบคำถามในอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์)	✓	✓	C.ACT.COMPLETE (การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์)	✓	✓
INT.CON.PRE.COMPLTE (การทำกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์)	✓	✓	QIZ.ATTMP.SUM.VIEW (การเข้าสู่สรุปการทำกิจกรรมชุดแบบสอบ)	✓	✓
INT.CON.ATTMP.SUBMIT (การกดส่งคำตอบกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟ)	✓	✓	QIZ.ATTMP.START (การกดเพื่อเริ่มตอบคำถามในชุดแบบสอบ)	✓	✓
C.VIEW (การกดเข้าหน้าหลักของหน่วยกิจกรรม)	✓	✓	QIZ.ATTMP.RVIEW (การดูการตอบภาพรวมตนในชุดแบบสอบ)	✓	✓
C.MODU.VIEW (การกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ)	✓	✓	QIZ.ATTMP.SUBMIT (การกดเพื่อส่งคำตอบในชุดแบบทดสอบ)	✓	✓
REC.CREATE (การสร้างโพสในกิจกรรมแบ่งปันคำตอบ)	✓	✓	RESPND.SUBMIT (การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้)	✓	✓
C.SEARCH (การค้นหบทเรียนในหน้าหลักของเว็บไซต์)	✓	✗	C.USER.RP.VIEW (การดูรายงานการทำกิจกรรมในบทเรียน)	✓	✗
DISS.VIEW (การกดเข้าดูกระทัสนทนา)	✓	✗	DISS.SUB.DELETE (การยกเลิกติดตามกิจกรรมกระทัสนทนา)	✓	✗

หมายเหตุ สัญลักษณ์ ✓ หมายถึง ตัวแปรสามารถจำแนกผู้เรียนเป็นกลุ่มที่แตกต่างกันตามจำนวนกลุ่มที่กำหนด

✗ หมายถึง ตัวแปรไม่สามารถจำแนกผู้เรียนเป็นกลุ่มที่แตกต่างกันตามจำนวนกลุ่มที่กำหนด

## ตอนที่ 5.2 ผลการระบุตัวแปรแทนเพื่อการจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัย

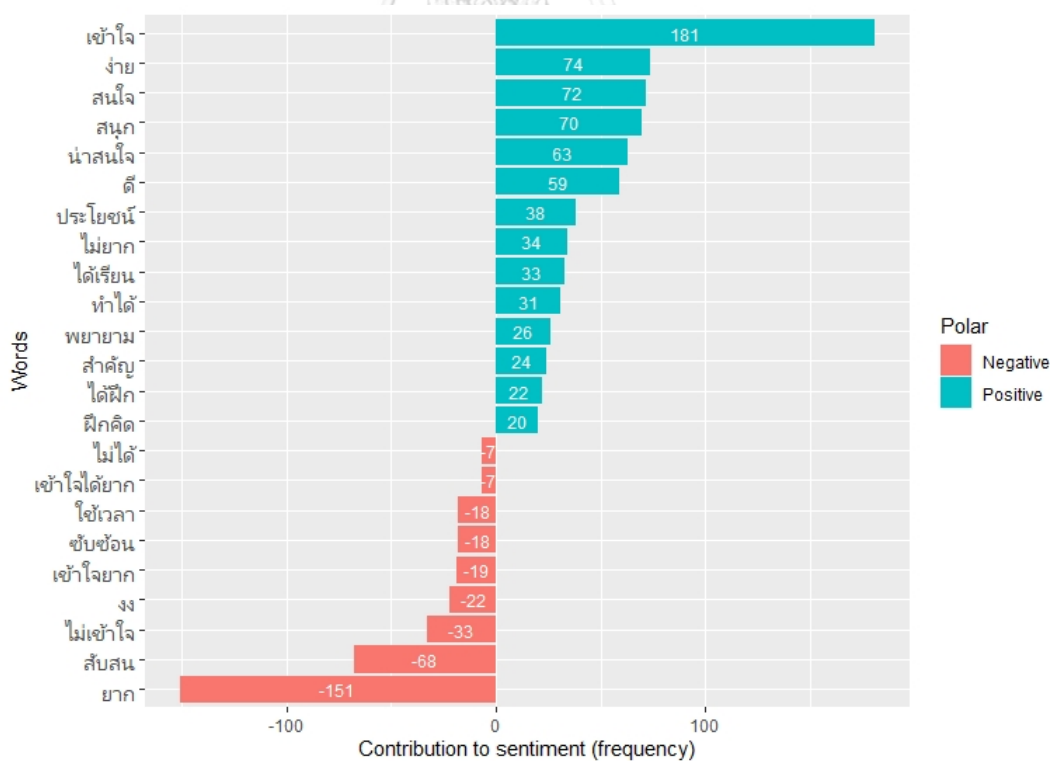
การคัดเลือกตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยนำเสนอตัวแปรแทนที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกผู้เรียน 2 กลุ่มตามทิศทางของเจตคติต่อการวิจัย ได้แก่ เจตคติต่อการวิจัยเชิงบวก และเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบ โดยตัวแปรแทนในตอนนี 6.2 นี้เป็นข้อมูลที่อยู่รูปแบบของข้อความ (text) หรือหน่วยคำ ซึ่งเป็นผลจากการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) ซึ่งพบว่า ข้อความที่แสดงถึงเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวกมีทั้งหมด 153 ข้อความ เมื่อพิจารณาความถี่ของการปรากฏข้อความพบว่า มีข้อความที่ปรากฏด้วยความถี่ระหว่าง 1 ครั้งถึง 181 ครั้ง สำหรับข้อความที่แสดงถึงเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบมีทั้งหมด 60 ข้อความ เมื่อพิจารณาความถี่ของการปรากฏข้อความพบว่า มีข้อความที่ปรากฏด้วยความถี่ระหว่าง 1 ครั้งถึง 151 ครั้ง อย่างไรก็ตามความถี่ของคำที่ปรากฏภายในแต่ละกลุ่มของเจตคติก่อนข้างมีช่วงที่แตกต่างกันมาก ดังนั้นในการนำเสนอตัวแปรแทนครั้งนี้จึงใช้การนำเสนอรายการตัวแปรแทนที่มีบทบาทสำคัญซึ่งสามารถใช้ในการจำแนกเจตคติต่อการวิจัยในเบื้องต้นได้เหมาะสมด้วยการเสนอคำที่มีความถี่ของการปรากฏในการวิเคราะห์มากกว่าหรือเท่ากับมัธยฐานขึ้นไป โดยข้อความเชิงบวกพบว่าความถี่ที่ปรากฏมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 20 ครั้ง ในขณะที่ข้อความเชิงลบพบว่าความถี่ที่ปรากฏมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 7 ครั้ง ช่วงพิสัยความถี่ของคำหรือหน่วยคำที่ปรากฏในเอกสาร แสดงดังตาราง 4.31



ตาราง 4.31 ช่วงพิสัยความถี่ของคำหรือหน่วยคำที่ปรากฏในเอกสาร

ตัวแปรแทน	จำนวนคำที่พบ	ความถี่ต่ำสุด	ความถี่สูงสุด	ค่ามัธยฐาน
ข้อความเชิงบวก	153	1	181	20
ข้อความเชิงลบ	60	1	151	7

เมื่อพิจารณาข้อความหรือหน่วยคำที่มีความถี่ของการปรากฏมากกว่าค่ากลาง ทำให้สามารถกำหนดตัวแปรแทนของเจตคติต่อการวิจัยได้คือ 1) ตัวแปรแทนสำหรับการจำแนกเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวก ประกอบด้วยข้อความดังนี้ “เข้าใจ” “ง่าย” “สนใจ” “สนุก” “น่าสนใจ” “ดี” “ประโยชน์” “ไม่ยาก” “ได้เรียน” “ทำได้” “พยายาม” “สำคัญ” “ได้ฝึก” “ฝึกคิด” และ 2) ตัวแปรแทนสำหรับการจำแนกเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบ ประกอบด้วยข้อความดังนี้ “ยาก” “สับสน” “ไม่เข้าใจ” “งง” “เข้าใจยาก” “ซับซ้อน” “ใช้เวลา” “เข้าใจได้ยาก” “ไม่ได้” โดยหน่วยคำที่ปรากฏในการวิเคราะห์มากกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานหรือค่ากลางขึ้นไปพร้อมจำนวนความถี่ของคำ แสดงได้ดังภาพ 4.8 อย่างไรก็ตามเพื่อการวิเคราะห์และจำแนกเจตคติต่อการวิจัยจากข้อความของผู้เรียนได้อย่างครบถ้วนควรพิจารณาจากคำที่เป็นไปได้ที่มีอยู่ทั้งหมด



ภาพ 4.8 ตัวแปรแทนที่เหมาะสมและความถี่ที่ปรากฏในเอกสาร



ทั้งนี้สามารถสรุปเกี่ยวกับประเภทของตัวแปรแทนที่พบว่ามีความเหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนด้านความยืดหยุ่นผู้ค้นพบในการวิจัยได้คือ ตัวแปรแทนประเภทการดำเนินการทำกิจกรรม (progress) และความพยายามในการเข้าทำกิจกรรมในส่วนต่าง ๆ (attempt) โดยตัวแปรส่วนใหญ่ที่กล่าวข้างต้นได้มาจากกิจกรรมที่เป็นรูปแบบอินเตอร์แอคทีฟและชุดแบบสอบ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว มีกรอบของคำตอบให้เลือก มีคะแนนและเฉลยแสดงผลลัพธ์ภายหลังการตอบ ง่ายต่อการทำซ้ำทบทวนได้จำนวนหลายรอบ และตัวแปรแทนบางส่วนมาจากกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนคิดและสร้างหรือเขียนคำตอบด้วยตนเอง โดยอาจแบ่งได้เป็น

1) ตัวแปรหรือพฤติกรรมเกี่ยวกับการตอบคำถามแบบมีตัวเลือก ทั้งในรูปแบบของการตอบคำถามฝึกหัดทบทวนและการทำชุดแบบทดสอบ โดยพิจารณาเกี่ยวกับจำนวนครั้งของการตอบ การตอบจนครบสมบูรณ์ และการกดส่งคำตอบ รวมไปถึงการดูรายงานการตอบคำถามตน เช่น ตัวเลือกที่เลือกตอบ ผลการตอบ หรือการดูสรุปการทำกิจกรรมชุดแบบสอบในภาพรวมของตน

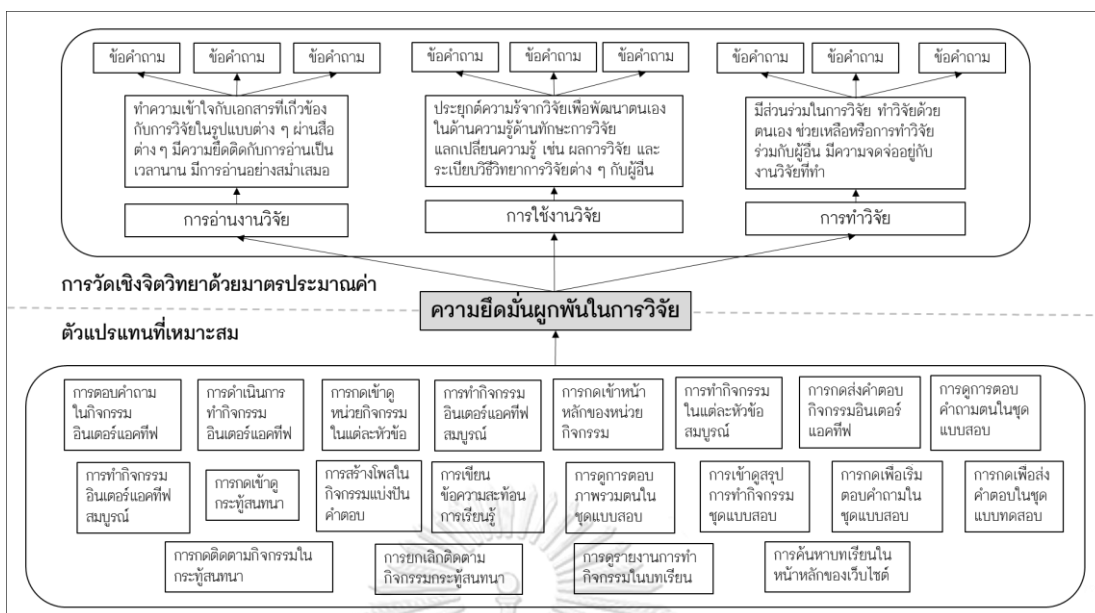
2) ตัวแปรหรือพฤติกรรมเกี่ยวกับการเข้าทำกิจกรรมซึ่งเป็นชุดกิจกรรมที่มีหลายหน้า โดยอาจพิจารณาจากการเข้าหรือกดเริ่มดำเนินการทำชุดกิจกรรมและการทำจนครบสมบูรณ์ทุกหน้าในชุดกิจกรรม

3) ตัวแปรหรือพฤติกรรมเกี่ยวกับกระดานการสนทนา โดยพิจารณาการกดเข้าดูกระทู้สนทนา การกดติดตามและยกเลิกการติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหวในกระทู้

4) ตัวแปรหรือพฤติกรรมเกี่ยวกับกิจกรรมแบ่งปันคำตอบและการสะท้อนตนเอง กล่าวได้คือการสร้างโพสในกิจกรรมแบ่งปันคำตอบ และการเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้

นอกจากนี้พบว่าตัวแปรส่วนหนึ่งเป็นพฤติกรรมประเภทการมีส่วนร่วมโดยรวมในระบบ (attendance) และตัวแปรเกี่ยวกับจำนวนกิจกรรมที่ทำครบ (task completion) นั่นคือ

5) ตัวแปรหรือพฤติกรรมเกี่ยวกับการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบในภาพรวม ได้แก่ การกดเข้าหน้าหลักของหน่วยกิจกรรม การกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมย่อยในแต่ละหัวข้อ การค้นหาทเรียนในหน้าหลักของเว็บไซต์ การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์ และการดูรายงานการทำกิจกรรมในบทเรียน



ภาพ 4.9 การวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยประเภทการวัดที่แตกต่างกัน

### การวัดเจตคติต่อการวิจัย

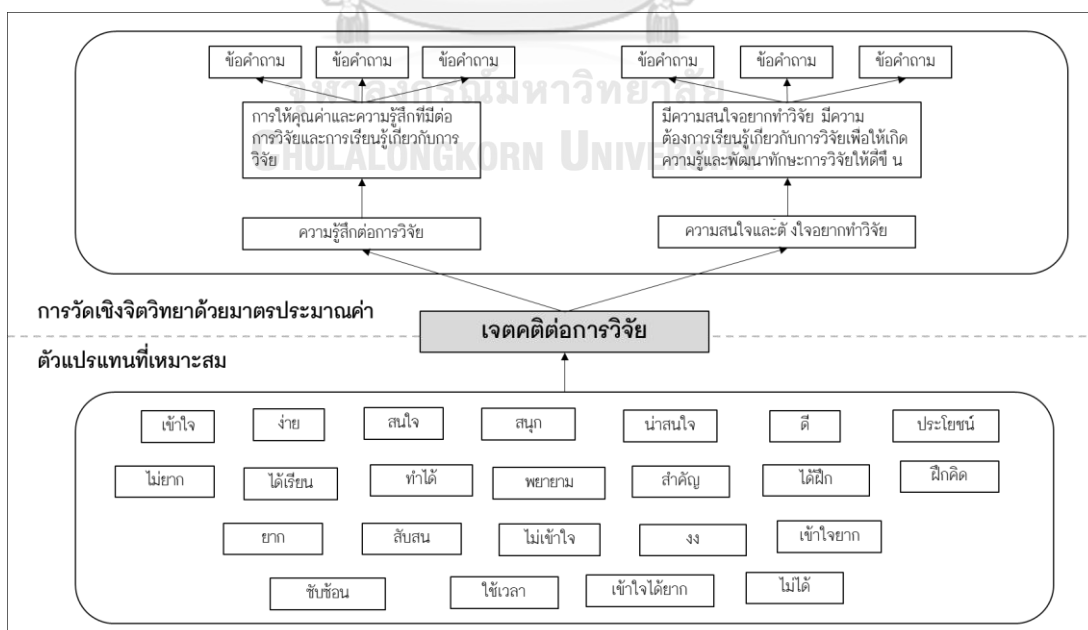
การวัดตัวแปรเจตคติต่อการวิจัยตามแนวคิดเชิงจิตวิทยาด้วยแบบสอบถามมาตรฐานค่า ใช้การวัดผ่านตัวบ่งชี้หรือข้อคำถาม โดยมีโมเดลการวัดที่ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบเป็นกรอบในการสร้างเครื่องมือ โดยสร้างข้อคำถามให้เหมาะสมและครอบคลุมนิยามที่ได้จากการศึกษานิยามเชิงทฤษฎีของตัวแปรและของแต่ละองค์ประกอบแล้วถอดเป็นนิยามเชิงปฏิบัติ การวัดเจตคติต่อการวิจัยในเชิงจิตวิทยาในครั้งนี้ วัดผ่านความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักศึกษาครูและการให้คุณค่ามีต่อการวิจัยและการเรียนรู้เกี่ยวกับการวิจัย มีความสนใจอยากทำวิจัย ต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับการวิจัย เพื่อให้เกิดความรู้และพัฒนาทักษะการวิจัยให้ดีขึ้น

ในขณะที่การวัดด้วยตัวแปรแทนของเจตคติต่อการวิจัย ใช้ข้อมูลการแสดงออกถึงเจตคติต่อการวิจัยผ่านการเขียนข้อความในกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนมุมมอง อารมณ์ ความรู้สึกและความคิดเห็นที่มีต่อการวิจัยหรือการเรียนรู้เกี่ยวกับวิจัยทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ โดยจัดกระทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของคำหรือหน่วยคำที่สะท้อนถึงอารมณ์ ความรู้สึก หรือมุมมอง ความคิดเห็นของผู้สื่อสาร และกำหนดเป็นตัวแปรแทนในการวัดเจตคติต่อการวิจัยสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ทั้งหมด 213 หน่วยคำหรือข้อความ ประกอบด้วย ข้อความที่แสดงถึงเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวก 153 ข้อความ ข้อความที่แสดงถึงเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบมีทั้งหมด 60 ข้อความ โดยกระบวนการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทำหน้าที่ช่วยพิสูจน์และทำให้ได้สารสนเทศที่แสดงหลักฐานสนับสนุนถึงตัวแปรแทนที่มีบทบาทสำคัญและมีความเหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนผู้เรียนตามกลุ่มเจตคติแตกต่างได้อย่างพอเพียง จำนวน 23 หน่วยคำหรือข้อความ โดยเป็นข้อความเชิงบวก 14 ข้อความและข้อความเชิงลบ 9 ข้อความ ดังรายการที่แสดงในผลการวิจัยตอน 5.2 หรือดั่งสรุปในแผนภาพ 4.10

ทั้งนี้สามารถสรุปเกี่ยวกับตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการสะท้อนเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียนตามประเภทความหมายของคำหรือหน่วยคำ ดังนี้

- 1) คำหรือหน่วยคำเกี่ยวกับความยากง่ายของหัวข้อหรือกิจกรรม เช่น ง่าย ไม่ยาก เข้าใจยาก เข้าใจได้ยาก
- 2) การรับรู้เกี่ยวกับความสามารถ ความเข้าใจของผู้เรียนต่อหัวข้อหรือกิจกรรม เช่น ไม่เข้าใจ ไม่ได้ เข้าใจ งง ทำได้
- 3) การแสดงถึงมุมมองต่อลักษณะของหัวข้อหรือกิจกรรม เช่น การมองเห็นประโยชน์และคุณค่า การให้ความสำคัญ คิดว่าเป็นสิ่งดี ทำท่าย น่าสนใจ หรือการมองว่าเป็นสิ่งที่ซับซ้อนยากและใช้เวลา
- 4) การแสดงถึงความรู้สึกขณะการเรียนรู้หรือทำกิจกรรม เช่น สนุก สนใจ น่าเบื่อ เครียด สับสน
- 5) การรับรู้ถึงการพัฒนาตนเองในทักษะหรือแง่มุมต่าง ๆ ที่ได้จากการเรียนรู้หรือกิจกรรม เช่น ได้ฝึกฝน ฝึกทักษะ ฝึกคิด

ทั้งนี้ตัวแปรแทนที่เหมาะสมของเจตคติต่อการวิจัยซึ่งเป็นผลจากการวิเคราะห์และคัดเลือกมานี้ เป็นรายการที่พบการปรากฏในเอกสารที่รวบรวมจากการสื่อสารของผู้เรียนเป็นสัดส่วนสูงและมีความสำคัญในลำดับต้นในการจำแนกกลุ่มเจตคติของผู้เรียน อย่างไรก็ตามเพื่อการวิเคราะห์และจำแนกเจตคติต่อการวิจัยจากข้อความของผู้เรียนได้อย่างครบถ้วนควรพิจารณาจากคำหรือตัวแปรแทนที่เป็นไปได้ที่มีอยู่ทั้งหมด ทั้งที่มีการปรากฏในเอกสารด้วยความถี่สูงหรือความถี่จำนวนน้อย



ภาพ 4.10 การวัดเจตคติต่อการวิจัยด้วยประเภทการวัดที่แตกต่างกัน

## ตอนที่ 6.2 การเปรียบเทียบผลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยจากการวิเคราะห์การเรียนรู้และการจำแนกด้วยวิธีการดั้งเดิม

การจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยหรือในการเรียนทั่วไปด้วยแนวทางดั้งเดิมที่พบได้มากที่สุดคือ การจำแนกความยึดมั่นผูกพันด้วยจำนวนของภาระงานหรือชิ้นงานโดยภาพรวมที่ส่งโดยผู้เรียนที่มีการส่งชิ้นงานที่หมายครบถ้วนสมบูรณ์มักจะถูกจำแนกเป็นผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันในการสูง ดังนั้นในการวิเคราะห์ตอนนี้จึงเป็นการเปรียบเทียบจำนวนของหน่วยกิจกรรมในระบบฯ ที่ผู้เรียนทำครบสมบูรณ์ซึ่งในที่นี่มีทั้งหมด 27 กิจกรรมกับการจำแนกผู้เรียนด้วยตัวแปรแทนซึ่งเป็นพฤติกรรมการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนกับทุกส่วนในระบบ ฯ

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกิจกรรมที่ทำครบกับผลการจำแนกกลุ่มของผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยจากการวิเคราะห์การเรียนรู้พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนกิจกรรมที่ทำครบเป็นส่วนหนึ่งของตัวแปรแทนที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง อย่างไรก็ตามไม่ใช่ตัวแปรที่มีความสำคัญอันดับต้น ทั้งนี้เมื่อคัดเลือกเฉพาะผู้เรียนที่มีการทำหน่วยกิจกรรมครบทั้ง 27 กิจกรรมในการพิจารณาเปรียบเทียบ เนื่องจากหากใช้การจำแนกตามแนวทางดั้งเดิมผู้เรียนกลุ่มนี้จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มผู้เรียนที่มีความยึดมั่นสูงอย่างชัดเจน โดยเมื่อจำแนกผู้เรียนกลุ่มดังกล่าวจากการวิเคราะห์การเรียนรู้พบว่า ในกรณีการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มนั้นผู้เรียนที่ทำหน่วยกิจกรรมครบทุกส่วนถูกจัดอยู่ในทั้งกลุ่มที่มีความยึดมั่นผูกพันสูงและต่ำ โดยมีสัดส่วนที่ไม่แตกต่างกันมาก โดยเป็นผู้ที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยสูง (Class 1) จำนวน 94 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 62.67 และเป็นผู้ที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยต่ำ (Class 2) จำนวน 56 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 37.33 ดังตาราง 4.26 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับกรณีการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่ม โดยพบว่าผู้เรียนที่ทำหน่วยกิจกรรมครบทุกส่วนจัดอยู่ในกลุ่มความยึดมั่นผูกพันปานกลาง (Class 1) เป็นส่วนใหญ่ จำนวน 108 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 72 และจัดอยู่ในกลุ่มความยึดมั่นผูกพันสูง (Class 2) เพียง 36 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 24 ดังตาราง 4.32-4.33

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การพิจารณาเพียงจำนวนของภาระงานหรือชิ้นงานโดยภาพรวมที่ส่งครบนั้นอาจไม่เพียงพอต่อการจำแนกผู้เรียนตามระดับความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยหรือในการเรียน ทั้งนี้การพิจารณาพฤติกรรมของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับการมีปฏิสัมพันธ์กับแหล่งเรียนรู้หรือพฤติกรรมเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนร่วมด้วยจะสามารถทำให้จำแนกผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมมากขึ้น

ตาราง 4.32 การจำแนกจากการวิเคราะห์การเรียนรู้แบบ 2 กลุ่มและการจำแนกด้วยวิธีการดั้งเดิม

การจำแนกด้วยวิธีการดั้งเดิม	ผลการจำแนกจากการวิเคราะห์การเรียนรู้	
	Class 1 (ความยึดมั่นผูกพันสูง)	Class 2 (ความยึดมั่นผูกพันต่ำ)
ความยึดมั่นผูกพันสูง (ทำครบทุกหน่วยกิจกรรม)	94	56

ตาราง 4.33 การจำแนกจากการวิเคราะห์การเรียนรู้แบบ 3 กลุ่มและการจำแนกด้วยวิธีการดั้งเดิม

การจำแนกด้วยวิธีการ ดั้งเดิม	ผลการจำแนกจากการวิเคราะห์การเรียนรู้		
	Class 1 (ความยึดมั่นผูกพันปานกลาง)	Class 2 (ความยึดมั่นผูกพันสูง)	Class 3 (ความยึดมั่นผูกพันต่ำ)
ความยึดมั่นผูกพันสูง (ทำครบทุกหน่วยกิจกรรม)	108	36	6

### ตอนที่ 6.3 ความสัมพันธ์ของผลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยในการวิเคราะห์การเรียนรู้

การวิเคราะห์ส่วนนี้เป็นการนำผลการจำแนกผู้เรียนในการวิเคราะห์การเรียนรู้ซึ่งใช้ข้อมูลประเภทตัวแปรแทนที่ได้จากระบบการจัดการเรียนรู้และนำไปจำแนกผู้เรียนด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งประกอบด้วยผลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย และการจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัย ในที่นี้เป็นผลของผู้เรียนจำนวน 221 ซึ่งมีข้อมูลการจำแนกในทั้งสองตัวแปร ( $n=221$ ) โดยนำผลการจำแนกของผู้เรียนทั้งสองด้านในการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ด้วยการทดสอบความเป็นอิสระโดยใช้แบบทดสอบไคสแควร์ (chi-square test) โดยผลการวิเคราะห์กล่าวได้ดังนี้

1) การทดสอบความเป็นอิสระระหว่างผลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยแบบ 2 กลุ่มและผลการจำแนกเจตคติต่อการวิจัยพบว่า ผลการจำแนกผู้เรียนทั้งสองด้านมีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (chi-square (2,  $N = 221$ ) = 0.590,  $p = .745$ ) เช่นเดียวกับผลการทดสอบในส่วนต่อไป โดย 2) การทดสอบความเป็นอิสระระหว่างผลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยแบบ 3 กลุ่มและผลการจำแนกเจตคติต่อการวิจัยพบว่า ผลการจำแนกผู้เรียนทั้งสองด้านมีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (chi-square (4,  $N = 221$ ) = 3.988,  $p = .408$ ) โดยแสดงตารางการถ่วงได้ดังตาราง 4.34 และ 4.35 ตามลำดับ

ตาราง 4.34 ตารางการถ่วงผลการจำแนกความยึดมั่นผูกพันฯ 2 กลุ่มและเจตคติต่อการวิจัย

ความยึดมั่นผูกพัน ต่อการวิจัย	เจตคติต่อการวิจัย			รวม
	เชิงบวก	เป็นกลาง	เชิงลบ	
ระดับสูง (class 1)	107	3	15	125
ระดับต่ำ (class 2)	84	1	11	96
<b>รวม</b>	191	4	26	221
chi-square (2, N = 221) = 0.590, p = .745				

ตาราง 4.35 ตารางการถ่วงผลการจำแนกความยึดมั่นผูกพันฯ 3 กลุ่มและเจตคติต่อการวิจัย

ความยึดมั่นผูกพัน ต่อการวิจัย	เจตคติต่อการวิจัย			รวม
	เชิงบวก	เป็นกลาง	เชิงลบ	
ระดับปานกลาง (class 1)	133	1	17	151
ระดับสูง (class 2)	42	2	7	51
ระดับต่ำ (class 3)	16	1	2	19
<b>รวม</b>	191	4	26	221
chi-square (4, N = 221) = 3.988, p = .408				

#### ตอนที่ 6.4 ความสัมพันธ์ของระดับความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและระดับเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียนที่ได้จากแบบสอบถามมาตรประมาณค่า

การวิเคราะห์ส่วนนี้เป็นการนำข้อมูลของตัวแปรความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่ได้จากการเก็บรวบรวมด้วยแบบสอบถามมาตรประมาณค่าของตัวอย่างวิจัยจำนวน 228 คน โดยพบว่าลักษณะข้อมูลของตัวแปรทั้งสองนี้เป็นข้อมูลประเภทเดียวกันและมีการวิเคราะห์หรือรวมคะแนนตัวแปรแบบเดียวกัน เนื่องจากการจำแนกกลุ่มผู้เรียนจากแบบสอบถามมาตรประมาณค่าให้ช่วงของเกณฑ์ในการจำแนกและจำนวนผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม โดยการระบุกลุ่มของตัวแปรทั้งสองให้กับผู้เรียนแต่ละคนนั้นต้องใช้การพิจารณาและระบุนายบุคคล ไม่ได้ระบุให้อย่างอัตโนมัติ และเนื่องจากจำนวนตัวอย่างมีจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมประกอบในเบื้องต้น การวิเคราะห์เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างระดับความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและระดับเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียนในส่วนนี้จึงใช้การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน โดยผลการวิเคราะห์พบว่า ระดับความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและระดับเจตคติต่อการวิจัยมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $r(226) = .596$ ,  $p < .01$ )



### ตอนที่ 6.5 สรุปผลการวิเคราะห์การเรียนรู้ด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียน

ผลการวิเคราะห์ส่วนนี้นำเสนอการสรุปผลเกี่ยวกับการวิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียนผ่านการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียนด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง โดยใช้ผลจากการวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์การวิจัยหลัก เพื่อให้เห็นภาพรวมของการเรียนรู้ของผู้เรียนในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ครั้งนี้ กล่าวได้คือ

#### การวิเคราะห์การเรียนรู้ด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย

การสรุปผลการวิเคราะห์การเรียนรู้ด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยของผู้เรียนครั้งนี้ นำเสนอผลที่ได้จากการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม เนื่องจากพบว่าเป็นการจำแนกกลุ่มที่มีประสิทธิภาพของโมเดลการจำแนกที่เหมาะสมกว่า โดยสามารถจำแนกกลุ่มผู้เรียนได้คือ กลุ่มที่ 1 ผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยสูง ประกอบด้วยผู้เรียนจำนวน 128 คน และกลุ่มที่ 2 ผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยต่ำ ประกอบด้วยผู้เรียนจำนวน 127 คน

ลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียนที่แสดงการจำแนกผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่ม จะใช้ผลการวิเคราะห์จากเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจในการสรุปผล เนื่องจากเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่สามารถให้ข้อมูลที่เอื้อต่อการตีความ โดยแสดงเงื่อนไขและเกณฑ์คะแนนเบื้องหลังที่ใช้ในการจำแนกผู้เรียนแต่ละกลุ่ม ทั้งนี้เป็นการจำแนกผู้เรียนจากตัวแปรแทนที่ต้นไม้ตัดสินใจพบว่าสามารถใช้จำแนกได้ดี แสดงได้ดังตาราง 4.36 และ 4.37

ตาราง 4.36 เงื่อนไขการจำแนกกลุ่มผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยสูง

เงื่อนไขการจำแนกกลุ่มผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยสูง				จำนวน (คน)
ตัวแปรแทน 1 (ครั้ง)	ตัวแปรแทน 2 (ครั้ง)	ตัวแปรแทน 3 (ครั้ง)	ตัวแปรแทน 4 (ครั้ง)	
INT.CON.QUES.ANS $\geq$ 27	INT.CON.PRE.PROGR $\geq$ 71			42%
INT.CON.QUES.ANS $<$ 27	INT.CON.PRE.COMPLTE $\geq$ 16	INT.CON.QUES.ANS $\geq$ 77		4%
INT.CON.QUES.ANS $\geq$ 27	INT.CON.PRE.PROGR $<$ 71	INT.CON.PRE.COMPLTE $\geq$ 12		2%
INT.CON.QUES.ANS $\geq$ 27	INT.CON.PRE.PROGR $<$ 71	INT.CON.PRE.COMPLTE $<$ 12	C.VIEW $\geq$ 42	1%
INT.CON.QUES.ANS $<$ 27	INT.CON.PRE.COMPLTE $<$ 16	C.SEARCH $\geq$ 1.5		1%
INT.CON.QUES.ANS $<$ 27	INT.CON.PRE.COMPLTE $<$ 16	C.SEARCH $<$ 1.5	REC.CREATE $\geq$ 9.5	1%

ตาราง 4.37 เงื่อนไขการจำแนกกลุ่มผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยต่ำ

เงื่อนไขการจำแนกกลุ่มผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยต่ำ				จำนวน (คน)
ตัวแปรแทน 1 (ครั้ง)	ตัวแปรแทน 2 (ครั้ง)	ตัวแปรแทน 3 (ครั้ง)	ตัวแปรแทน 4 (ครั้ง)	
INT.CON.QUES.ANS $<$ 27	INT.CON.PRE.COMPLTE $<$ 16	C.SEARCH $<$ 1.5	REC.CREATE $<$ 9.5	46%
INT.CON.QUES.ANS $\geq$ 27	INT.CON.PRE.PROGR $<$ 71	INT.CON.PRE.COMPLTE $<$ 12	C.VIEW $<$ 42	2%
INT.CON.QUES.ANS $<$ 27	INT.CON.PRE.COMPLTE $\geq$ 16	INT.CON.QUES.ANS $<$ 77		1%

อย่างไรก็ตามเงื่อนไขข้างต้นเป็นการพิจารณาจำแนกกลุ่มผู้เรียนเบื้องต้นจากตัวแปรแทนหลักที่พบว่ามีความสัมพันธ์กันและสามารถแสดงเป็นกฎของการจำแนกได้ ทั้งนี้ยังมีตัวแปรแทนอื่น ๆ ที่พบว่ามีสำคัญในการจำแนกผู้เรียนและสามารถจำแนกผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม โดยผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่มมีระดับของตัวแปรแตกต่างกันจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยผลการเสนอตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม โดยในส่วนนี้จะนำเสนอข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของตัวแปรแทนตามรายการตัวแปรแทนที่เหมาะสม เพื่อให้เห็นภาพรวมของระดับพฤติกรรมของผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม ทั้งนี้แสดงรายการตัวแปรแทนลำดับตามค่าเฉลี่ยของตัวแปร อย่างไรก็ตามลำดับดังกล่าวไม่ใช่ลำดับความสำคัญของตัวแปรแทนในการจำแนกผู้เรียน เนื่องจากลำดับความสำคัญของตัวแปรแทนจะแตกต่างกันไปตามเทคนิคในการวิเคราะห์

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของตัวแปรพบว่า ผู้เรียนในระบบการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้มีลักษณะการเรียนรู้ที่มักมาจากการมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมในรูปแบบอินเตอร์แอคทีฟ โดยเฉพาะการตอบคำถามในกิจกรรม (INT.CON.QUES.ANS) การดำเนินการเรียนรู้และทำกิจกรรมในชุดกิจกรรม (INT.CON.PRE.PROGR) และการตอบคำถามจนครบสมบูรณ์ (INT.CON.QIZ.COMPLTE) นอกจากนี้พบว่าผู้เรียนมักทำกิจกรรมประเภทชุดแบบทดสอบ (QIZ) โดยมีปฏิสัมพันธ์ที่หลากหลายเช่นกัน อย่างไรก็ตามพบว่า ผู้เรียนมีการกดเข้าดูหรือเยี่ยมชมหน่วยกิจกรรมย่อยในแต่ละหัวข้อ (C.MODU.VIEW) และกดเข้าหน้าหลักของบทเรียน (C.VIEW) เป็นจำนวนมากกว่าตัวแปรแทนบางรายการที่เป็นพฤติกรรมการทำงาน ส่วนนี้จึงกล่าวได้ว่าในการกดเข้าบทเรียนหรือหน่วยกิจกรรมแต่ละครั้งผู้เรียนอาจมีการเข้าทำกิจกรรมในบางกิจกรรมหรือไม่เข้าทำกิจกรรมเลยก็เป็นไปได้ และในกิจกรรมกระดานสนทนาที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนกันนั้นพบว่า ผู้เรียนมีการกดเข้าดูกระทู้สนทนา (DISS.VIEW) แต่ยังไม่มีการร่วมสร้างกระทู้หรือสร้างโพสแสดงความคิดเห็น อย่างไรก็ตามพบว่า ผู้เรียนบางส่วนให้ความร่วมมือในสร้างโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ (REC.CREATE) และการเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง (RESPND.SUBMIT) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ไม่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้เรียนคนอื่น ดังตาราง 4.38

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งหมดจากข้อมูลค่าสถิติพื้นฐานการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนกับระบบการจัดการเรียนรู้ตามหน่วยกิจกรรมหลักและย่อยในผลการวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 2 ที่พบว่า หน่วยกิจกรรมหลักที่เป็นหน่วยเสริม: แบ่งปันงานวิจัยและคำศัพท์ ซึ่งมีลักษณะกิจกรรมให้ผู้เรียนสามารถเข้าไปแบ่งปันคำตอบโดยแบ่งปันงานวิจัยที่คิดว่ามีประโยชน์หรือน่าสนใจรวมถึงแบ่งปันคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนั้น เป็นหน่วยกิจกรรมหลักที่มีจำนวนของปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้นน้อยที่สุด รวมไปถึงหน่วยกิจกรรมย่อยการสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองที่พบว่าเป็นหน่วยกิจกรรมย่อยที่ผู้เรียนเข้าไปมีปฏิสัมพันธ์น้อยที่สุดในทุกหน่วยกิจกรรมหลัก เช่นเดียวกับหน่วยกิจกรรมย่อยประเภทร่วมอภิปรายเกี่ยวกับการวิจัยประเภทต่าง ๆ ที่มีจำนวนปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้นน้อย

ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนในภาพรวมไม่ชอบลักษณะของกิจกรรมที่ต้องลงมือปฏิบัติผ่านการสร้างชิ้นงานที่อาศัยกระบวนการในการคิดและเขียนเป็นคำตอบของตนเอง สอดคล้องกับจำนวนปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นมากที่สุดมักอยู่ในหน่วยกิจกรรมย่อยที่มีลักษณะเป็นการตอบคำถามโดยมีกรอบของตัวเลือกให้ หรือเป็นการเขียนข้อความสั้น ซึ่งสามารถหาคำตอบได้จากตัวอย่างงานวิจัยที่กำหนดให้ในแต่ละกิจกรรม โดยเป็นกิจกรรมที่สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว มีคะแนนและเฉลยแสดงผลลัพธ์ภายหลังการตอบ ง่ายต่อการทำซ้ำทบทวนได้จำนวนหลายรอบ

ทั้งนี้พบว่าหน่วยกิจกรรมทุกรูปแบบ ซึ่งแม้บางกิจกรรมอาจมีจำนวนปฏิสัมพันธ์โดยรวมน้อย แต่ก็สามารถให้ตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการใช้จำแนกกลุ่มผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันต่อการวิจัยที่แตกต่างกันได้

ตาราง 4.38 ค่าเฉลี่ยตัวแปรของกลุ่มผู้เรียนตามรายการตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียน

ตัวแปรแทน	ค่าเฉลี่ย		ตัวแปรแทน	ค่าเฉลี่ย	
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2		กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
INT.CON.QUES.ANS (การตอบคำถามในกิจกรรมอินเทอร์เน็ต)	167.99	80.64	REC.CREATE (การสร้างไฟล์ในกิจกรรมแบ่งปันคำตอบ)	6.24	4.22
INT.CON.PRE.PROGR (การดำเนินการทำกิจกรรมอินเทอร์เน็ต)	125.9	54.41	RESPND.SUBMIT (การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้)	5.2	3.71
C.MODU.VIEW (การกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ)	86.39	47.28	QIZ.ATTMP.RVIEW (การดูการตอบภาพรวมตนในชุดแบบสอบ)	4.02	2.16
INT.CON.PRE.COMPLTE (การทำกิจกรรมอินเทอร์เน็ตที่สมบูรณ์)	55.02	29.2	QIZ.ATTMP.SUM.VIEW (การเข้าดูสรุปการทำกิจกรรมชุดแบบสอบ)	3.66	2.24
C.VIEW (การกดเข้าหน้าหลักของหน่วยกิจกรรม)	49.38	23.72	QIZ.ATTMP.START (การกดเพื่อเริ่มตอบคำถามในชุดแบบสอบ)	3.2	2.03
C.ACT.COMPLETE (การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์)	33.59	24.39	QIZ.ATTMP.SUBMIT (การกดเพื่อส่งคำตอบในชุดแบบทดสอบ)	3.05	1.96
INT.CON.ATTMP.SUBMIT (การกดส่งคำตอบกิจกรรมอินเทอร์เน็ต)	22.99	13.39	DISS.SUB.CREATE (การกดติดตามกิจกรรมในกระทู้สนทนา)	2.43	1.58
QIZ.ATTMP.VIEW (การดูการตอบคำถามตนในชุดแบบสอบ)	15.31	8.87	DISS.SUB.DELETE (การยกเลิกติดตามกิจกรรมกระทู้สนทนา)	0.58	0.25
INT.CON.PRE.COMPLTE (การทำกิจกรรมอินเทอร์เน็ตที่สมบูรณ์)	15.09	7.88	C.USER.RP.VIEW (การดูรายงานการทำกิจกรรมในบทเรียน)	0.23	0.02
DISS.VIEW (การกดเข้าดูกระทู้สนทนา)	6.9	4.27	C.SEARCH (การค้นหาคำเรียนในหน้าหลักของเว็บไซต์)	0.06	0.01

### การวิเคราะห์การเรียนรู้ด้านเจตคติต่อการวิจัย

การสรุปผลการวิเคราะห์การเรียนรู้ด้านเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียนด้วยตัวแปรแทนประเภทข้อความที่ผู้เรียนให้ไว้ในระบบการเรียนรู้พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวก จำนวน 192 คน กลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบ จำนวน 27 คน และกลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเป็นกลาง จำนวน 5 คน

เมื่อพิจารณาคำหรือหน่วยคำที่ปรากฏในข้อความเอกสารด้วยความถี่จำนวนมากพบว่า ผู้เรียนที่มีเจตคติเชิงบวกมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการวิจัยและการเรียนวิจัย อาจกล่าวได้คือ การเรียนวิจัยนั้นเป็นเรื่องที่เข้าใจได้ ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น ผู้เรียนคิดเห็นว่าวิจัยเป็นเรื่องสนุก น่าสนใจ ทำหาย เป็นหัวข้อที่ดี มีความสำคัญ จำเป็นและมีประโยชน์ ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้ และพยายามทำความเข้าใจต่อไป อีกทั้งวิจัยเป็นเรื่องที่เรียนแล้วสนุก ไม่ยากจนเกินไป ผู้เรียนสามารถทำได้ และทำให้ได้เรียนรู้หลากหลาย เช่น ได้คิดวิเคราะห์ ทบทวนความรู้ ได้ฝึกฝน ฝึกทักษะ ฝึกคิด เป็นต้น

สำหรับกลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติเชิงลบมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการวิจัยและการเรียนวิจัย โดยอาจกล่าวได้คือ ผู้เรียนมีความคิดเห็นว่าวิจัยหรือการเรียนวิจัยเป็นเรื่องที่ยาก ไม่ง่ายและไม่สนุก อีกทั้งทำความเข้าใจได้ยาก ซ้ำซ้อน และใช้เวลานานในการเรียนรู้ ผู้เรียนยังมีความงงและสับสน คิดว่าตนเองยังมีความบกพร่องและอ่อนอยู่ ขณะเรียนเกิดความไม่มั่นใจ ทำกิจกรรมไม่ได้และยังมีความสงสัย รวมถึงยังไม่สามารถเรียนรู้ได้ดี

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง “การวิเคราะห์การเรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อส่งเสริมความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยของนักศึกษาครู” มีวัตถุประสงค์คือ 1. เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิผลของการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย ระหว่างการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง และการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย 1.1) เพื่อสำรวจและกำหนดเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าและแบบตัวแปรแทน (proxy variables) เพื่อใช้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ 1.2) เพื่อประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) เนออีฟเบย์ (naïve Bayes) และโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) ในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย และการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) ในการจำแนกเจตคติต่อการวิจัย สำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ และ 2. เพื่อวิเคราะห์และเสนอตัวแปรแทนและโมเดลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ มีการดำเนินการวิจัย 4 ตอนหลักที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย โดยแต่ละตอนมีรายละเอียดดังนี้

**ตอน 1** การสำรวจและกำหนดเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าและแบบตัวแปรแทน (proxy variables) โดยศึกษาเครื่องมือวัดตัวแปรความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่ปรากฏในเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและคัดเลือกเครื่องมือวิจัยที่คุณภาพเหมาะสมตามเกณฑ์การสร้างเครื่องมือ จากนั้นปรับปรุงข้อคำถามจากเครื่องมือวัดที่คัดสรรให้สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการและขอบเขตของการศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ในด้านของตัวแปรแทนใช้การสำรวจรายการตัวแปรแทนจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเรียนรู้เพื่อให้ทราบถึงลักษณะและประเภทของตัวแปรแทนที่เป็นไปได้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย จากนั้นออกแบบและพัฒนาระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์และสำรวจรายการตัวแปรแทนที่สามารถให้ได้จากระบบ ฯ และคัดเลือกรายการตัวแปรแทนที่เป็นพฤติกรรมของผู้เรียน

**ตอน 2** การประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยสำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้ ในประเด็นความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย มีจำนวนผู้เรียนในการวิเคราะห์ครั้งนี้ 255 คน ( $N=255$ ) ใช้การจัดกลุ่มและระบุกลุ่มให้กับผู้เรียนด้วยวิธีการเคมีน (k-means) ก่อนนำไปวิเคราะห์เพื่อศึกษาการจำแนกกลุ่ม จากนั้นพัฒนาโมเดลการจำแนกผู้เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน ได้แก่ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

(decision tree) เนออีฟเบย์ (naïve Bayes) และโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) และพิจารณาประสิทธิภาพของการจำแนก ได้แก่ ความแม่นยำ (accuracy) ความไว (sensitivity) และความจำเพาะ (specificity) สำหรับการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลประเภทข้อความ (text) ที่รวบรวมได้จากกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ โดยมีข้อความหรือเอกสารที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ทั้งหมด 224 ข้อความ หรือผู้เรียน 224 คน ( $n=224$ ) และใช้การวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องผ่านการทำเหมืองข้อมูล (text mining) และการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) ตามทิศทางนัยความหมายของคำ คือ ความหมายเชิงบวกและความหมายเชิงลบ

**ตอน 3** การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยด้วยข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรฐานค่า ในการวิเคราะห์ส่วนนี้มีตัวอย่างวิจัยทั้งหมด 228 คน ( $N=228$ ) วิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมืออีกครั้งด้วยการวิเคราะห์ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในและความตรงเชิงโครงสร้าง วิเคราะห์เพื่อจำแนกผู้เรียนด้วยการวิเคราะห์เกณฑ์ปกติ โดยในครั้งนี้ใช้วิธีการหาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ (percentile rank) และคะแนนที่ปกติ (normalized T-score) จากนั้นจำแนกกลุ่มผู้เรียนตามช่วงคะแนนที่กำหนดเป็นเกณฑ์ในการจำแนก

**ตอน 4** การเสนอตัวแปรแทนและโมเดลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ โดยใช้ผลการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนก (variable importance evaluation) ร่วมกับการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละตัวแปรระหว่างกลุ่มผู้เรียนที่เป็นอิสระจากกัน (independent samples t-test) กรณีจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) กรณีจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่ม สำหรับตัวแปรแทนในการจำแนกเจตคติต่อการวิจัยใช้ผลจากการวิเคราะห์ความถี่ของคำที่ปรากฏภายในแต่ละกลุ่มของเจตคติต่อการวิจัย โดยเสนอตัวแปรแทนจากข้อความหรือคำที่มีการปรากฏมากกว่าค่ากลางขึ้นไป

### สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้เป็น 6 ตอนที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์การวิจัย ได้แก่ ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวอย่างวิจัยในด้านตัวแปรแทนจากระบบการจัดการเรียนรู้ ตอนที่ 2 การกำหนดเครื่องมือวัดแบบมาตรฐานค่าและแบบตัวแปรแทนเพื่อใช้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย ระหว่างการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์การจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง ตอนที่ 5

การวิเคราะห์และจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในงานวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยด้วยข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรฐานค่า และตอนที่ 6 ผลการระบุตัวแปรแทนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ ดังนี้

### **ตอนที่ 1 เครื่องมือวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยและตัวแปรแทน**

#### **1.1 คุณภาพเครื่องมือด้านความเที่ยง**

1) เครื่องมือวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยเป็นแบบมาตรฐานค่าที่ปรับปรุงจากเครื่องมือที่พัฒนาโดย สุทธิศานต์ ชุ่มวิจารณ์ (2557) ค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ .95 และความเที่ยงรายองค์ประกอบระหว่าง .93-.94 ผลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือจากการทดลองใช้พบว่า เครื่องมือวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยมีค่าความเที่ยงเท่ากับ .937 ค่าความเที่ยงรายองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .843-.874 คุณภาพของเครื่องมือจากการใช้จริงมีค่าเที่ยงเท่ากับ .951 ค่าความเที่ยงรายองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .877-.899

2) เครื่องมือการวัดเจตคติต่อการวิจัยแบบร่วมมือเป็นแบบมาตรฐานค่า ปรับปรุงจากเครื่องมือที่พัฒนาโดย ธนาภา จิวทอง (2560) ค่าความเที่ยงของเครื่องมือทั้งฉบับเท่ากับ .834 และความเที่ยงรายองค์ประกอบระหว่าง .777-.822 ผลการตรวจสอบคุณภาพจากการทดลองใช้มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .858 ค่าความเที่ยงรายองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .771-.826 คุณภาพของเครื่องมือจากการใช้จริงมีค่าความเที่ยงเท่ากับ .904 โดยมีค่าความเที่ยงรายองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .816-.855

#### **1.2 คุณภาพเครื่องมือด้านความตรงเชิงโครงสร้าง**

1) ความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีค่าเป็นบวก ขนาดตั้งแต่ .879 ถึง .986 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกองค์ประกอบ รวมทั้งมีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยประมาณร้อยละ 77.2 ถึง 87.1

2) ความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดเจตคติต่อการวิจัย พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีค่าเป็นบวก ขนาดตั้งแต่ .939 ถึง .992 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกตัว รวมทั้งมีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบเจตคติต่อการวิจัยประมาณร้อยละ 88.2 ถึง 98.4

#### **1.2 ตัวแปรแทนเพื่อใช้ในการวัดความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย**

ตัวแปรแทนสำหรับการวัดความยึดมั่นผูกพันเก็บรวบรวมจากข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ (log data) ประกอบด้วยตัวแปรซึ่งเกิดจากการปฏิบัติ (การทำกิจกรรมการเรียนรู้) ของผู้เรียนจำนวน 40 ตัวแปร

ตัวแปรแทนสำหรับการเจตคติต่อการวิจัยมีลักษณะเป็นคำหรือข้อความที่แสดงถึงอารมณ์ความรู้สึก หรือความคิดเห็นของผู้สื่อสาร ผลการรวบรวมพบว่าได้จำนวนคำหรือข้อความทั้งหมด 309 ข้อความ โดยแบ่งเป็นคำที่มีเชิงบวกจำนวน 204 คำ และคำที่มีความหมายเชิงลบจำนวน 105 คำ ซึ่งนำไปใช้ในส่วนของการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึกเพื่อจำแนกกลุ่มเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียนในส่วนต่อไป

## ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย ระหว่างการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน

### 2.1 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวอย่างวิจัย

ข้อมูลจากตัวแปรแทนในระบบการจัดการเรียนรู้พบว่า โดยภาพรวม ผู้เรียนความถี่ของการปฏิบัติพฤติกรรมในระดับสูงที่สุด โดยมีหน่วยการวัดเป็นความถี่หรือจำนวนครั้ง คือ การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเทอร์แอกทีฟ (INT.CON.QUES.ANS) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 124.49 ครั้ง ( $SD=61.07$ ) รองลงมาคือ การดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเทอร์แอกทีฟ (INT.CON.PRE.PROGR) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.29 ครั้ง ( $SD=61.14$ )

การกระจายของข้อมูลพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (CV) มีค่าอยู่ระหว่าง 94.08 ถึง 296.73 โดยการทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อเสร็จสมบูรณ์ (C.ACT.COMPLETE) มีการกระจายมากที่สุด รองลงมาได้แก่ การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเทอร์แอกทีฟเสร็จสมบูรณ์ (INT.CON.QIZ.COMPLTE)

ตัวแปรแทนส่วนใหญ่มีการแจกแจงแบบเบ้ขวา ( $Sk$ ) แสดงว่าผู้เรียนส่วนใหญ่พฤติกรรมในแต่ละตัวแปรที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ยกเว้นตัวแปรการตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเทอร์แอกทีฟเสร็จสมบูรณ์ (INT.CON.QIZ.COMPLTE) และการทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อเสร็จสมบูรณ์ (C.ACT.COMPLETE) ที่มีการกระจายแบบเบ้ซ้าย ( $-Sk$ ) นอกจากนี้พบว่า ตัวแปรแทนมีการแจกแจงในลักษณะเป็นโค้งสูงกว่าโค้งปกติ ( $Ku$ ) แสดงว่าข้อมูลในแต่ละตัวแปรมีการกระจายแบบเกาะกลุ่มกัน

### 2.2 การวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและสำรวจจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์จัดกลุ่มวิธีเคมีน (k-means)

ผลการวิจัยพบว่าจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมคือ 3 กลุ่มและ 2 กลุ่มตามลำดับ การจัดกลุ่มผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่ม มีค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มเท่ากับ 1476223 และการแบ่งกลุ่มครั้งนี้สามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลคิดเป็นร้อยละ 40.7 การจัดผู้เรียนออกเป็น 3 กลุ่มมีค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มโดยรวมเท่ากับ 1006267 และการแบ่งกลุ่มสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลคิดเป็นร้อยละ 59.6

ลักษณะของผู้เรียนแต่ละกลุ่มโดยใช้ค่าเฉลี่ยตัวแปรของแต่ละกลุ่ม (cluster means) พบว่าการแบ่งผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มและ 3 สามารถระบุคุณลักษณะของกลุ่มได้ตามระดับพฤติกรรมการมี



ปฏิสัมพันธ์กับระบบ โดยการแบ่งผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มนั้น กล่าวได้ว่าผู้เรียนกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีความความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับสูง กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีความความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับต่ำ สำหรับการแบ่งผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มสามารถระบุได้ว่า ผู้เรียนกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีความความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับสูง กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีความความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับปานกลาง และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีความความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับต่ำ

### 2.3 การวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน

ผลการวิจัยพบว่า ผลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยได้เป็น 2 กลุ่มสามารถทำได้ดีเมื่อใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม เนื่องจากมีความแม่นยำสูงที่สุด โดยสามารถจำแนกกลุ่มผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่มได้อย่างใกล้เคียงกัน เช่น ผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันสูง และผู้เรียนที่ไม่ใช่คนที่มีความยึดมั่นผูกพันสูง (ผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันต่ำ)

สำหรับผลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยได้เป็น 3 กลุ่มสามารถทำได้ดีด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ เนื่องจากมีความแม่นยำในการจำแนกสูง แต่อย่างไรก็ตาม เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจอาจเหมาะสมกับการจำแนกที่ต้องการเน้นการระบุผู้เรียน 2 กลุ่มจาก 3 กลุ่ม เนื่องจากพบว่า มีหนึ่งกลุ่มที่ค่าความไวและความจำเพาะต่ำ ในกรณีนี้คือผู้เรียนกลุ่มที่ 2 (class 2) ซึ่งเป็นกลุ่มผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันสูง

### ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์การจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยด้วยการวิเคราะห์ความรู้สึก

ผลการวิเคราะห์พบว่า จากเอกสารทั้งหมด 224 ข้อความซึ่งเป็นของผู้เรียนจำนวน 224 คน นั้นสามารถจำแนกเป็นกลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวก ประกอบด้วยผู้เรียนจำนวน 192 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 85.71 โดยเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด และกลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบ จำนวน 27 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 12.05 และกลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเป็นกลาง จำนวน 5 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 2.23 ตามลำดับ

คำที่แสดงนัยเชิงบวกที่พบได้มากที่สุด เช่น “เข้าใจ” “ง่าย” “สนใจ” “สนุก” เป็นต้น และคำที่แสดงนัยเชิงลบที่พบได้มากที่สุด เช่น “ยาก” “สับสน” “ไม่เข้าใจ” “งง” “เข้าใจยาก” “ซับซ้อน” เป็นต้น

เมื่อพิจารณาคำที่ปรากฏมากที่สุด 50 คำแรกในการวิเคราะห์ตามสัดส่วนของนัยของคำพบว่า คำส่วนใหญ่เป็นคำที่มีนัยหรือความหมายเชิงบวกจำนวน 33 คำ ซึ่งมีสัดส่วนที่ค่อนข้างแตกต่างจากคำที่มีนัยหรือความหมายเชิงลบซึ่งมีจำนวน 17 คำ

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์และจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในงานวิจัยและเจตคติต่อการวิจัย ด้วยข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรฐานค่า และการเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน

#### 4.1 การจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในงานวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยด้วยการวิเคราะห์เกณฑ์ปกติ

ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวอย่างวิจัยที่ตอบแบบสอบถามในการวิจัยครั้งนี้มีคะแนนดิบของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยตั้งแต่ 41 คะแนนถึง 145 คะแนน คิดเป็นช่วงเปอร์เซ็นต์ไทล์ตั้งแต่  $P_{0.44}$  ถึง  $P_{99.56}$  และคะแนนที่เท่ากับ  $T_{17.55}$  ถึง  $T_{73.42}$  สำหรับเกณฑ์ปกติของตัวแปรเจตคติต่อการวิจัยพบว่า ตัวอย่างวิจัยมีคะแนนดิบตั้งแต่ 19 คะแนนถึง 50 คะแนน คิดเป็นช่วงเปอร์เซ็นต์ไทล์ตั้งแต่  $P_{0.44}$  ถึง  $P_{97.15}$  และเป็นช่วงคะแนนที่เท่ากับ  $T_{13.57}$  ถึง  $T_{65.97}$

เมื่อจำแนกผู้เรียนตามเกณฑ์ปกติพบว่า ตัวอย่างวิจัยที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับสูงมีจำนวนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 26.32 รองลงมาคือกลุ่มที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 25.44 และกลุ่มที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับค่อนข้างต่ำ ซึ่งมีร้อยละ 25 ในขณะที่กลุ่มที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับค่อนข้างสูงมีจำนวนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 23.25

สำหรับตัวแปรเจตคติต่อการวิจัยพบว่า ตัวอย่างวิจัยส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีเจตคติต่อการวิจัยในระดับค่อนข้างต่ำ คิดเป็นร้อยละ 28.51 รองลงมาคือกลุ่มที่มีเจตคติต่อการวิจัยในระดับค่อนข้างสูง คิดเป็นร้อยละ 27.63 และกลุ่มที่มีเจตคติต่อการวิจัยในระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 22.37 โดยกลุ่มที่มีเจตคติต่อการวิจัยในระดับสูงมีจำนวนของตัวอย่างวิจัยน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 21.49

4.2 การเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นต่อการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยสามารถสรุปความความเหมือนและความแตกต่างในประเด็นที่เกี่ยวข้องได้ดังตาราง 5.1

ตาราง 5.1 สรุปการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระหว่างการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรที่แตกต่างกัน

ประเด็น	ตัวแปรแทนจากระบบ ฯ	แบบสอบถามมาตรฐานค่า
1. ลักษณะข้อมูล	1) ข้อมูลเชิงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงจากการปฏิบัติของผู้เรียนในระบบ 2) ไม่มีสเกลระดับพฤติกรรมจำกัด ไม่มีค่าสูงสุด 3) เป็นข้อมูลของพฤติกรรมในขอบเขตเดียวกัน ทั้งช่วงเวลาและกิจกรรมที่ทำ	1) ข้อมูลเป็นการประเมินระดับพฤติกรรมของตนตามข้อคำถามที่กำหนด 2) มีสเกลระดับพฤติกรรมจำกัดตามมาตรฐานที่กำหนด 3) ความเข้มในแต่ละระดับคะแนนและจุดอ้างอิงของผู้ตอบอาจไม่เท่ากัน
2. ข้อมูลสูญหาย	1) ไม่มีข้อมูลสูญหาย เนื่องจากข้อมูลทุกการมีปฏิสัมพันธ์ถูกบันทึกอัตโนมัติด้วยระบบ	1) กรณีแบบสอบถามออนไลน์ ไม่มีข้อมูลสูญหาย สามารถออกแบบให้ผู้ตอบให้ข้อมูลในทุกข้อคำถาม

ประเด็น	ตัวแปรแทนจากระบบ ฯ	แบบสอบถามมาตรฐานค่า
3. อัตราการตอบกลับหรือความครบถ้วนของข้อมูล	1) อาจไม่ได้มีข้อมูลของผู้เรียนทุกคนครบทุกตัวแปรหรือทุกพฤติกรรม ขึ้นอยู่กับการเรียนรู้ของผู้เรียน 2) อัตราการตอบกลับหรือการเข้าร่วมต่ำ เพราะมีกระบวนการที่เกี่ยวข้องหลายขั้นตอน	1) ทุกข้อคำถามมีข้อมูลของผู้ตอบ 2) อัตราการตอบกลับสูงกว่า เนื่องจากกระบวนการตอบทำได้ง่ายและคุ้นเคย
4. การออกแบบการเก็บข้อมูล และระยะเวลาการเก็บรวบรวม	1) เน้นการสร้างกิจกรรมให้สอดคล้องกับขอบเขตเนื้อหาของรายวิชา และมีรูปแบบที่หลากหลาย ดึงดูดผู้เรียน 2) ใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล เนื่องจากมีจำนวนกิจกรรมการเรียนรู้หลากหลาย และการทำความเข้าใจกับการใช้งานในระบบ	1) อาศัยระยะเวลาสร้างเครื่องมือที่น้อยกว่า มีกรอบของการสร้างที่ชัดเจน 2) สามารถเก็บข้อมูลได้ในระยะเวลาสั้น เนื่องจากสะดวกต่อการตอบและเป็นรูปแบบที่คุ้นชิน อาศัยระยะเวลาไม่นานในการทำจนครบทุกข้อคำถาม
5. การวัดตัวแปร	1) ใช้ข้อมูลที่เป็นพฤติกรรมของผู้เรียนที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบ และกำหนดเป็นตัวแปรแทนเพื่อศึกษาหรือสะท้อนตัวแปรเป้าหมายต่อไป	1) สร้างข้อคำถามอิงตามโมเดลการวัด ทำให้มีกรอบการวัดที่ชัดเจนตั้งแต่ต้น และวัดระดับตัวแปรอิงตามโครงสร้างของโมเดลการวัด
6. การจัดการข้อมูล	1) ข้อมูลที่ได้จากระบบ มีแนวโน้มเป็นข้อมูลที่มีปริมาณมาก และอยู่ในโครงสร้างที่ไม่เป็นระบบ จำเป็นต้องจัดการข้อมูลให้เป็นระบบก่อนการนำไปวิเคราะห์	1) ข้อมูลที่ได้มีแนวโน้มอยู่ในรูปแบบที่มีโครงสร้างพร้อมสำหรับนำไปใช้ในการวิเคราะห์
7. แนวทางการจำแนกผู้เรียน	1) แบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุดสำหรับการวิเคราะห์ตามหลักการการเรียนรู้ของเครื่อง 2) สัดส่วนของผู้เรียนในแต่ละกลุ่มอาจสมดุลหรือไม่สมดุลกันได้ 3) จำแนกผู้เรียนด้วยการทำนายกลุ่มของผู้เรียนตามความสัมพันธ์ของข้อมูลกับโมเดลการจำแนก 4) สามารถใช้โมเดลการจำแนกในการทำนายเพื่อจำแนกกลุ่มผู้เรียนกับข้อมูลชุดใหม่ได้	1) ใช้ชุดข้อมูลชุดเดียวในการจำแนกผู้เรียน 2) ใช้การวิเคราะห์เกณฑ์ปกติ (norm) เปรียบเทียบระดับคะแนนภายในตัวอย่างวิจัยทั้งหมด และจำแนกกลุ่มตามช่วงของเกณฑ์ปกติที่ได้ 3) สัดส่วนของผู้เรียนในแต่ละกลุ่มที่ได้จากการจำแนก มีแนวโน้มที่สมดุลกัน 4) เกณฑ์ปกติที่ใช้ในการจำแนกแต่ละครั้งไม่สามารถใช้กับการจำแนกข้อมูลชุดใหม่ของตัวอย่างวิจัยอื่น
8. ระยะเวลาการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจำแนกผู้เรียน	1) กรณีมีข้อมูลขนาดใหญ่ รวมถึงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่เป็นค่ามาก ในบางเทคนิคการวิเคราะห์อาจใช้เวลานานในการประมวลผลข้อมูล	1) โครงสร้างของกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลไม่ซับซ้อน สามารถวิเคราะห์ด้วยระยะเวลาสั้นกว่า แต่หากมีข้อมูลจำนวนมากอาจใช้เวลานานขึ้นได้เช่นกัน
9. การตรวจสอบคุณภาพการวิเคราะห์	1) พิจารณาคุณภาพการจำแนกได้ในส่วนของค่าประสิทธิของโมเดลการจำแนก	1) คุณภาพการจำแนกขึ้นอยู่กับคุณภาพของการเก็บรวบรวมที่ มูลที่ มาจากเครื่องมือที่มีคุณภาพ

## ตอนที่ 5 ผลการระบุตัวแปรแทนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้

5.1 ผลการระบุตัวแปรแทนเพื่อการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยกล่าวได้ว่า ตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการใช้เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยเป็น 2 กลุ่ม มีจำนวน 20 ตัวแปร ซึ่งเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ การมีปฏิสัมพันธ์กับหน้าหลักของบทเรียน หัวข้อย่อยกิจกรรมและรายงานของผู้ใช้ การมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมชุดแบบทดสอบ การมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมกระดานสนทนา การสร้างโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง รวมถึงการทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์

5.2 สำหรับตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการใช้เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยเป็น 3 กลุ่ม มีจำนวน 15 ตัวแปร ซึ่งเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ การมีปฏิสัมพันธ์กับหน้าหลักของบทเรียนและหัวข้อย่อยกิจกรรม การมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมชุดแบบทดสอบ การสร้างโพสในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง รวมถึงการทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์

5.3 ผลการระบุตัวแปรแทนเพื่อการจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัย โดยเมื่อพิจารณาข้อความหรือหน่วยคำที่มีความถี่ของการปรากฏมากกว่าค่ากลาง ทำให้สามารถกำหนดตัวแปรแทนของเจตคติต่อการวิจัยได้ดังนี้

1) ตัวแปรแทนสำหรับการจำแนกเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวก ประกอบด้วยข้อความดังนี้ “เข้าใจ” “ง่าย” “สนใจ” “สนุก” “น่าสนใจ” “ดี” “ประโยชน์” “ไม่ยาก” “ได้เรียน” “ทำได้” “พยายาม” “สำคัญ” “ได้ฝึก” “ฝึกคิด”

2) ตัวแปรแทนสำหรับการจำแนกเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบ ประกอบด้วยข้อความดังนี้ “ยาก” “สับสน” “ไม่เข้าใจ” “งง” “เข้าใจยาก” “ซับซ้อน” “ใช้เวลา” “เข้าใจได้ยาก” “ไม่ได้” โดยหน่วยคำที่ปรากฏในการวิเคราะห์มากกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานหรือค่ากลางขึ้นไปพร้อมจำนวนความถี่ของคำ

## อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้ พบประเด็นและข้อสังเกตที่น่าสนใจ สามารถนำมาอภิปรายผลการวิจัย แบ่งได้เป็น 12 ประเด็น มีรายละเอียดดังนี้

### 1) การแก้ปัญหาการระบุกลุ่มให้กับผู้เรียนเนื่องจากไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับกลุ่มผู้จัด

การจำแนกข้อมูลด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (classification) เป็นการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการสอน จึงมีความจำเป็นต้องอาศัยชุดข้อมูลที่รู้ค่าของตัวแปรผลลัพธ์หรือมีการกำหนดและระบุกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการจำแนกให้กับตัวอย่างวิจัยมาก่อน (Agrawal et al., 2018; Károly et al., 2018) ซึ่งเป็นคุณลักษณะเป้าหมายที่ต้องการศึกษา ในที่นี้อาจกล่าวได้ว่าเป็น ผู้เรียนกลุ่มผู้จัด (known groups) โดยควรมีการกำหนดจำนวนกลุ่มและระบุคุณลักษณะเป้าหมายที่ต้องการจำแนกไว้เป็นกรอบหลักของการวิเคราะห์ รวมถึงระบุกลุ่มผู้จัดให้กับผู้เรียนแต่ละคน ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการพิจารณาของอาจารย์ผู้สอน อย่างไรก็ตาม การศึกษาการจำแนกกลุ่มของผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนจากการเข้าเรียนรู้หรือทำกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ ซึ่งพบว่ามีหลายปัจจัยที่ผู้สอนไม่อาจสามารถระบุคุณลักษณะหรือกลุ่มที่แน่ชัดของผู้เรียนได้ครอบคลุมผู้เรียนทุกคน เนื่องจากค่อนข้างยากต่อการสังเกตพฤติกรรมเบื้องหลังของผู้เรียนในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ที่ออกแบบให้ผู้เรียนสามารถเข้าเรียนหรือทำกิจกรรมได้อย่างอิสระและไม่จำกัดช่วงเวลา จึงส่งผลให้เกิดข้อจำกัดในการได้ชุดข้อมูลที่มีการระบุกลุ่มของผู้เรียนที่เพียงพอต่อการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อการจำแนกข้อมูล ดังนั้นการศึกษานี้จึงแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการระบุกลุ่มที่ต้องการจำแนกและระบุกลุ่มให้กับผู้เรียนในชุดข้อมูลด้วยการประยุกต์ใช้หลักการเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีการสอนร่วมในการวิเคราะห์ โดยการใช้การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (clustering) ด้วยวิธีเคมีน (k-means) เพื่อจัดกลุ่มและหาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมพร้อมทั้งระบุกลุ่มของผู้เรียนตามลักษณะข้อมูลของการมีปฏิสัมพันธ์ในระบบก่อนสร้างเป็นชุดข้อมูลสำหรับนำไปศึกษาการจำแนกผู้เรียน จึงทำให้การวิจัยครั้งนี้มีลักษณะเป็นการใช้แนวคิดของหลักการเรียนรู้ของเครื่องแบบกึ่งมีการสอน (semi-supervised learning) อย่างไรก็ตามเป็นการดำเนินการด้วยขั้นตอนการวิเคราะห์ตามแนวคิดการเรียนรู้ของเครื่องแบบกึ่งมีการสอนแบบดั้งเดิม ด้วยการแยกการวิเคราะห์การจัดกลุ่มและการจำแนกกลุ่ม (Hinton & Salakhutdinov, 2006; Rasmus et al., 2015) ไม่ได้เป็นการใช้เทคนิคขั้นสูงของวิธีการวิเคราะห์แบบกึ่งมีการสอนโดยเฉพาะ ซึ่งพบว่าการประยุกต์การเรียนรู้แบบไม่มีการสอนด้วยการวิเคราะห์จัดกลุ่มข้อมูลร่วมกับการเรียนรู้แบบมีการสอนด้วยการวิเคราะห์จำแนกข้อมูลนั้นสามารถพบได้ในงานวิจัยในอดีตเช่นกัน (Barrientos & Sainz, 2012; Yasami & Mozaffari, 2010) อย่างไรก็ตามการศึกษาการจำแนกกลุ่มผู้เรียนที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวเป็นการกำหนดกลุ่มที่ได้จากการพิจารณาด้วยข้อมูลที่มีอยู่เป็นหลัก (data driven) ลักษณะกลุ่มของผู้เรียนจึงขึ้นอยู่กับ

ลักษณะของข้อมูลในขณะนั้นเป็นหลัก ด้วยเหตุนี้จึงอาจทำให้ในบางกรณีไม่ได้ลักษณะของกลุ่มตามกรอบที่ตั้งเป้าหมายแน่ชัดไว้ก่อนดำเนินการวิจัย

## 2) ผลการจัดกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยวิธีเคมีน (k-means)

เมื่อกำหนดให้จำนวนกลุ่มสูงสุดที่เป็นไปได้คือ 5 กลุ่ม ( $k \max = 5$ ) พบว่า จำนวนกลุ่มที่เหมาะสมในการจัดข้อมูลพฤติกรรมของผู้เรียนจากการมีปฏิสัมพันธ์ในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์เกี่ยวกับการวิจัยคือ 3 กลุ่ม และ 2 กลุ่มตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การจัดกลุ่มหรือแบ่งจำนวนกลุ่มที่สามารถจัดข้อมูลที่มีลักษณะหรือรูปแบบคล้ายกันไว้ในกลุ่มเดียวกันและทำให้มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มได้อย่างเหมาะสมนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นการแบ่งกลุ่มของข้อมูลออกเป็นจำนวนหลายกลุ่มเสมอไป แต่ควรเป็นการแบ่งกลุ่มอย่างเหมาะสมเพื่อให้ได้สารสนเทศของข้อมูลที่เพียงพอ และสามารถตีความได้อย่างมีความหมาย (Dinh et al., 2019) โดยจำนวนกลุ่มที่พบว่าสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลที่มีอยู่ในชุดข้อมูลได้ดีกว่าคือ 3 กลุ่ม โดยสามารถอธิบายได้ร้อยละ 59.6 ซึ่งกล่าวได้ว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ หากแต่ยังไม่สูงมากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่ตัวอย่างวิจัยเป็นผู้เรียนที่มีพื้นหลังทางการเรียนที่คล้ายคลึงกันและมีขอบเขตของการเก็บข้อมูลด้วยกิจกรรมเดียวกันและกิจกรรมมีโครงสร้างที่จำกัด จึงทำให้ระหว่างกลุ่มยังมีลักษณะข้อมูลที่ซับซ้อนหรือมีลักษณะร่วมกันอยู่ ไม่สามารถจัดกลุ่มที่แบ่งแยกจากกันในทุกประเด็นหรือทุกมิติได้อย่างชัดเจน

นอกจากนี้การระบุคุณลักษณะของกลุ่มผู้เรียนจากผลการวิเคราะห์เคมีน (k-means) โดยใช้ค่าเฉลี่ยตัวแปรของแต่ละกลุ่ม (cluster means) ที่สามารถกำหนดผู้เรียนได้ตามระดับของพฤติกรรมหรือกล่าวได้ว่าระดับของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย ได้แก่ ผู้เรียนกลุ่มที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยในระดับสูง ระดับกลาง และระดับต่ำ เนื่องจากรูปแบบของข้อมูลจากการแบ่งกลุ่มผู้เรียนทั้ง 2 แบบมีระดับตัวแปรแต่ละตัวในรูปแบบหรือทิศทางที่เป็นไปในทางเดียวกัน ไม่มีกลุ่มใดที่มีลักษณะของตัวแปรที่โดดเด่นเป็นคุณลักษณะของกลุ่ม ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากธรรมชาติของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมที่ออกแบบซึ่งตัวแปรบางประเภทต้องอาศัยหรือมีความเกี่ยวข้องกับตัวแปรกิจกรรมก่อนหน้าจึงจะเกิดขึ้นได้ จึงทำให้มีแนวโน้มที่จะเกิดพฤติกรรมน้อยกว่า เช่น ตัวแปรเกี่ยวกับการทำกิจกรรมเสร็จสมบูรณ์ต้องอาศัยการดำเนินกิจกรรมย่อยจนครบ อย่างเช่นการตอบคำถามทุกข้อในชุดกิจกรรมนั้น ๆ เป็นต้น อย่างไรก็ตามระหว่างการทำพฤติกรรมเดียวกัน ผู้เรียนอาจมีระดับการปฏิบัติหรือการมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมนั้นๆ มากน้อยแตกต่างกัน เช่น ผู้เรียนบางส่วนอาจทำกิจกรรมหนึ่ง ๆ เพียงแค่ครั้งเดียว ในขณะที่บางส่วนมีการทำกิจกรรมซ้ำ ๆ เพื่อทบทวนหรือเรียนรู้จนเกิดความเข้าใจ เป็นต้น จึงอาจเป็นสาเหตุให้สามารถแบ่งผู้เรียนได้ตามระดับความมากน้อยของพฤติกรรมในระบบนั่นเอง

### 3) การเปรียบเทียบประสิทธิผลของโมเดลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยระหว่างเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน

ผลการวิจัยพบประเด็นที่น่าสังเกตว่า ทั้งการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มและ 3 กลุ่มนั้น เทคนิคเนอิวเบย์ (naïve Bayes) มีแนวโน้มในการให้ประสิทธิภาพด้านความแม่นยำ (accuracy) ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคอื่นในการวิเคราะห์ครั้งนี้ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าข้อมูลตัวแปรแทนที่ใช้ในการวิเคราะห์การจำแนกผู้เรียนครั้งนี้เหมาะสมกับเทคนิคนาอิวเบย์น้อยที่สุด ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากเทคนิคเนอิวเบย์สามารถทำงานได้ดีกับข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่เป็นตัวแปรแบ่งกลุ่ม (categorical data) มากกว่า (Frank et al., 2000) สอดคล้องกับข้อมูลของตัวแปรแทนที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ที่เป็นตัวแปรประเภทตัวแปรต่อเนื่องทั้งหมด ทำให้ในการวิเคราะห์ชุดข้อมูลฝึกฝนที่ประกอบด้วยตัวแปรเชิงตัวเลขหรือตัวแปรต่อเนื่องอาจได้ผลการจำแนกประเภทของข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนสูงกว่ากรณีชุดข้อมูลประกอบด้วยตัวแปรแบ่งกลุ่มทั้งหมด ทว่าในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ที่นำมาปรับใช้เพื่อลดจุดอ่อนข้อนี้ได้ (Taheri & Mammadov, 2013; Vembandasamy et al., 2015) อีกทั้งเนื่องจากข้อตกลงของนาอิวเบย์เกี่ยวกับการเป็นอิสระระหว่างกันของตัวแปรที่เชื่อว่าค่าของตัวแปรคุณลักษณะตัวหนึ่งไม่ขึ้นอยู่กับตัวแปรคุณลักษณะตัวอื่น (Hussain et al., 2018)

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลตัวแปรแทนในการวิจัยครั้งนี้พบว่า มีตัวแปรแทนบางรายการที่หรือไม่เป็นอิสระจากกันซึ่งมีความเกี่ยวข้องกันอย่างชัดเจน โดยต้องทำพฤติกรรมหนึ่งถึงจะทำพฤติกรรมหนึ่งต่อได้ เช่น ผู้เรียนต้องมีการดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ (INT.CON.PRE.PROGR) ก่อนถึงจะสามารถมีข้อมูลของการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์ (INT.CON.PRE.COMPLTE) ได้ ซึ่งไม่สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นจึงอาจส่งผลให้ในบางกรณีสามารถเกิดการประมาณค่าความน่าจะเป็นที่ไม่ถูกต้องได้นั่นเอง (El Naqa et al., 2015; Ray, 2019)

### 4) การเปรียบเทียบประสิทธิผลของโมเดลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยระหว่างเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน

ผลการวิจัยพบว่า เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจและเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมสามารถให้ความแม่นยำในการจำแนกผู้เรียนได้ดีและอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน โดยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) จำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มได้แม่นยำกว่าการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่ม ขณะที่เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) สามารถจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มได้แม่นยำกว่าการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม ทั้งนี้อาจกล่าวได้คือ เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมสามารถทำงานได้ดีกว่ากับชุดข้อมูลการจำแนกที่มีความสมดุล (balanced data) ในขณะที่จะมีความสามารถต่ำลงได้ในกรณีที่เป็นข้อมูลที่ไม่สมดุล (imbalanced data) โดยโครงข่ายประสาทมีแนวโน้มที่จะเรียนรู้เกี่ยวกับกลุ่มข้อมูลที่เป็นข้อมูลส่วนน้อย (minority class) ได้ไม่ดีเพียงพอและอาจเกิดการมองข้ามกลุ่มข้อมูลกลุ่มนี้ไป

(Murphey et al., 2004; Ou & Murphey, 2007) นอกจากนี้ยังส่งผลให้อัตราการลู่เข้า (rate of convergence) ของค่าการคำนวณความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์มีค่าต่ำได้ เนื่องจากกลุ่มหลักมีจำนวนข้อมูลสูงกว่ามากและโครงข่ายอาจมีการตอบสนองต่อการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของกลุ่มข้อมูลส่วนน้อยได้ช้ากว่า (Anand et al., 1995; Ou & Murphey, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่ใช้ในการจำแนกครั้งนี้ที่การจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มมีความสมดุลของจำนวนผู้เรียนระหว่างกลุ่มประกอบด้วยผู้เรียนจำนวน 128 และ 127 คน แต่การแบ่งผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มในครั้งนี้มีสัดส่วนของจำนวนผู้เรียนในแต่ละกลุ่มที่ค่อนข้างแตกต่างกันมาก คือประกอบไปด้วยผู้เรียนจำนวน 161 52 และ 42 คนตามลำดับ

สำหรับกรณีการจำแนกด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจที่สามารถจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มได้แม่นยำกว่าการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม แม้ประเด็นเกี่ยวกับความไม่สมดุลของข้อมูลพบว่ามีแนวโน้มที่ส่งผลต่อความสามารถในการจำแนกได้เช่นกัน (He & Garcia, 2009; Sun et al., 2009) ทั้งนี้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมีหลักการการจำแนกที่แบ่งส่วนของข้อมูล (partition) ตามคุณลักษณะให้เป็นกลุ่มที่เล็กลงเรื่อย ๆ จากระดับบนสู่ระดับล่าง โดยเริ่มจากการพิจารณาข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่ จนถึงการจำแนกเป็นหน่วยเล็กที่สุด (Hussain et al., 2018; Vens et al., 2008) จึงกล่าวได้ว่าข้อมูลทุกข้อมูลมีส่วนในการสร้างต้นไม้ ทำให้การจำแนกผู้เรียนด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกันในครั้งนี้อาจให้ประสิทธิภาพที่สูงอย่างใกล้เคียงกัน แต่การที่การจำแนกเป็น 3 กลุ่มในการวิเคราะห์ครั้งนี้ให้ค่าความแม่นยำสูงกว่า ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า เมื่อพิจารณาเมทริกซ์คอนฟิวชัน (confusion matrix) พบว่า สัดส่วนของการจำแนกผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้ถูกต้องตรงกับกลุ่มที่แท้จริงในกลุ่มที่ 1 มีสัดส่วนที่ค่อนข้างสูงมากและแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ นั่นคือสามารถจำแนกได้ถูกต้องร้อยละ 61.33 ในขณะที่กลุ่มที่ 2 และ 3 สามารถจำแนกได้ถูกต้องเพียงร้อยละ 12 และ 14.67 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนคนที่ เป็นสมาชิกในกลุ่มที่ 1 มีจำนวนมากหรือจัดเป็นกลุ่มหลัก (majority class) จึงทำให้โอกาสในการทำนายหรือจำแนกได้ถูกต้องมีสูงมากตามไป เป็นเหตุผลให้ผลรวมของความแม่นยำมีค่าสูง เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับกรณีการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มซึ่งแต่ละกลุ่มมีสัดส่วนของจำนวนสมาชิกเท่ากันทำให้การจำแนกผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้ถูกต้องตรงกับกลุ่มที่แท้จริงมีค่าใกล้เคียงกันคือร้อยละ 43.11 และ 42.42 หากแต่เมื่อรวมกันแล้วเป็นค่าที่น้อยกว่าความแม่นยำของการจำแนกเป็น 3 กลุ่มในภาพรวม นั่นเอง

##### 5) ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกระหว่างการจำแนกผู้เรียนด้านความยืดหยุ่นผูกพันในการวิจัยเป็น 2 กลุ่มและ 3 กลุ่มด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่แตกต่างกัน

เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่ศึกษาในการวิจัยนี้ ได้แก่ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) เนออีฟเบย์ (naïve Bayes) และโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) ในครั้งนี้พบว่า ในการวิเคราะห์ครั้งนี้การจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มมีความเหมาะสมกว่า แม้ผลการจัดกลุ่มข้อมูลด้วย



เคมีนในเบื้องต้นให้ข้อเสนอว่าการจัดกลุ่มผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มให้ความแตกต่างระหว่างกลุ่มมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดลการจำแนกโดยภาพรวมที่มีความเหมาะสมกว่า ด้วยความแม่นยำที่สูง อีกทั้งมีค่าความไวและความจำเพาะที่สูงและเป็นค่าที่ไม่แตกต่างกันมากในการจำแนกผู้เรียนกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ซึ่งเหมาะสมในกรณีที่ให้ความสำคัญกับผู้เรียนทุกกลุ่ม

ในขณะที่การจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มพบว่าสามารถให้ความแม่นยำในการจำแนกที่สูงเช่นกัน อย่างไรก็ตามพบจุดอ่อนในประเด็นของประสิทธิภาพด้านความไวและความจำเพาะซึ่งพบว่าในแต่ละเทคนิคนั้นมีความสามารถในการจำแนกผู้เรียนบางกลุ่ม (class) ด้วยความไวและความจำเพาะด้วยค่าที่ค่อนข้างต่ำจากกลุ่มอื่น ๆ เสมอ ทั้งนี้การมีความไวและความจำเพาะที่ค่อนข้างแตกต่างกันระหว่างกลุ่มนั้น อาจเกิดเนื่องด้วยเหตุผลในประเด็นของความสมดุลของข้อมูล (Afzal, 2013; Banerjee et al., 2018) การวิจัยครั้งนี้ การจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่มมีจำนวนตัวอย่างวิจัยในแต่ละกลุ่มมีสัดส่วนที่ไม่สมดุลกันสูง (imbalanced data) โดยการมีข้อมูลที่ไม่สมดุลนั้นพบว่า สามารถมีประสิทธิผลด้านความแม่นยำในภาพรวมที่สูงได้รวมถึงมีความถูกต้องสูงในการจำแนกกลุ่มได้ตรงกับความจริงในกลุ่มที่มีจำนวนตัวอย่างวิจัยสัดส่วนมาก แต่มักมีแนวโน้มที่จะมีค่าความไวและความจำเพาะที่ต่ำมากในกลุ่มที่มีตัวอย่างวิจัยจำนวนน้อย (Jeong et al., 2020) ทำให้การจำแนกครั้งนั้นมีประสิทธิผลที่เอื้อต่อการจำแนกผู้เรียนเพียงแค่บางกลุ่มมากกว่าอีกกลุ่ม ทั้งนี้ อาจใช้ได้กับกรณีที่ต้องการความแม่นยำในการจำแนกกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งที่เป็นเป้าหมายหลักสำคัญ เช่น กรณีการวินิจฉัยโรคของผู้ป่วยที่มักให้ความสำคัญกับการจำแนกกลุ่มที่ป่วยเป็นโรคนั้นจริงได้อย่างแม่นยำมากกว่ากลุ่มที่อาการปกติ ขณะที่ข้อจำกัดในวงการศึกษาคือควรให้ความสำคัญกับผู้เรียนทุกกลุ่มเท่ากัน เพื่อให้ได้รับการส่งเสริมและพัฒนาให้มีศักยภาพที่เพิ่มขึ้นไปพร้อม ๆ กันในทุกกลุ่ม

#### 6) ผลการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยข้อมูลพฤติกรรมของผู้เรียนจากการมีปฏิสัมพันธ์ในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์เกี่ยวกับการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่าตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียนออกเป็นกลุ่มทั้ง 2 และ 3 กลุ่มทั้งในเทคนิคเดียวกันและต่างเทคนิคในภาพรวมมีความสอดคล้องกัน แม้จะมีลำดับความสำคัญของตัวแปรในการจำแนกผู้เรียนแตกต่างกัน โดยเฉพาะผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) และเนออีฟเบย์ (naïve Bayes) ที่ให้ผลสอดคล้องกันเกี่ยวกับตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียนเป็นลำดับต้นจากตัวแปรแทนทั้งหมด ซึ่งพบว่าตัวแปรแทนรายการลำดับต้นล้วนเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมแบบอินเทอร์แอคทีฟ (interactive content) และยังพบตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเข้าดูหน้าหลักของหน่วยกิจกรรมและหัวข้อย่อยของกิจกรรม และจำนวนกิจกรรมที่ทำเสร็จ นอกจากนี้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเนออีฟเบย์และโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) ให้สารสนเทศที่สอดคล้องกันเพิ่มเติมถึงตัวแปรแทนที่มากกว่าส่วนเนื้อหาหรือ

กิจกรรมเดียวกันที่พบว่ามีความสำคัญคือ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการมีปฏิสัมพันธ์กับชุดแบบทดสอบ (quiz attempt) ซึ่งกล่าวได้ว่าบางส่วนมีลักษณะสอดคล้องกับกิจกรรมที่มักใช้ในการดูความยืดหยุ่นผูกพันในการเรียนของผู้เรียนเมื่อเทียบกับการเรียนในชั้นเรียน เช่น การมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางการเรียน จำนวนการเข้าชั้นเรียน จำนวนงานที่ทำส่ง (Appleton et al., 2006; Johnson & Delawsky, 2013) เป็นต้น และการพบว่าพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟและชุดแบบทดสอบซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับกิจกรรมอินเตอร์แอคทีฟที่ผู้เรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์ได้ตอบกับระบบได้นั้น พบได้มากในรายการตัวแปรที่มีความสำคัญกว่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบไม่มีการโต้ตอบหรือมีปฏิสัมพันธ์ทันทีทันใดระหว่างระบบกับผู้เรียนหรือระหว่างผู้เรียนและผู้เรียนด้วยกัน (non-interactive content) เช่น กิจกรรมที่ให้แบ่งปันข้อมูล กิจกรรมในกระทุสนทนา การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง เป็นต้น ทั้งนี้อาจเนื่องด้วยกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟช่วยดึงดูดให้ผู้เรียนมีความสนใจและมีแรงกระตุ้นหรือแรงจูงใจในการเรียนรู้ (Dickey, 2006; Yang, 2012) รวมไปถึงสามารถกระตุ้นการมีส่วนร่วมและการมีความยืดหยุ่นผูกพันกับบทเรียนได้ (engagement with the course) (Snowball, 2014) สอดคล้องกับ Herman and Mustea (2016) ที่กล่าวว่ารูปแบบของการมีปฏิสัมพันธ์ที่มีบทบาทสำคัญที่สุดในบทเรียนออนไลน์คือ การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและเนื้อหาหรือกิจกรรมในระบบ (student-content of the course) รองลงมาคือระหว่างผู้เรียนและผู้สอน (student-teacher) และระหว่างผู้เรียนและผู้เรียน (student-student) ตามลำดับ

### 7) ตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียน

ในภาพรวมกล่าวได้ว่า รายการตัวแปรแทนส่วนใหญ่เป็นตัวแปรแทนที่มีลักษณะของพฤติกรรมการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับส่วนของเนื้อหาหรือกิจกรรมในระบบ เป็นพฤติกรรมที่ทำเพื่อการเรียนรู้หรือการฝึกฝนทบทวนความรู้ และต้องใช้การคิดและการสร้างคำตอบ ในขณะที่ตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกบางส่วนเป็นพฤติกรรมที่มาจากปฏิสัมพันธ์กับระบบในส่วนที่ไม่ใช่เนื้อหา โดยเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับการเข้าดูหน้าหลักและหน้าของหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ รวมไปถึงการกดดูส่วนที่เกี่ยวข้องกับการรายงานผลการทำกิจกรรม การส่งคำตอบหรือรายงานภาพรวมการตอบของตนเอง

สำหรับตัวแปรแทนที่พบว่าไม่ปรากฏในรายการตัวแปรแทนที่มีความสำคัญ 15 ลำดับแรกในการจำแนกผู้เรียนด้านความผูกพันในการวิจัยในแต่ละเทคนิคเลยมีทั้งหมด 19 ตัวแปร ซึ่งเป็นตัวแปรแทนที่เกี่ยวข้องกับการกดดูรายการที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยตรง เช่น การกดเข้ารายการของเหรียญรางวัล รายงานสรุปคะแนนในภาพรวมของระบบหรือรายงานคะแนนของผู้ใช้คนอื่น อย่างไรก็ตามพบตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้โดยตรงแต่จากการวิเคราะห์พบว่าไม่มีบทบาทสำคัญในการจำแนกผู้เรียนในครั้งนี้คือ ตัวแปรแทนที่เกี่ยวกับสร้าง การแก้ไขและลบคำตอบใน

กิจกรรมกระดานสนทนา (discussion) และกิจกรรมที่ให้แบ่งปันข้อมูล (entry) รวมถึงการคอมเมนต์ต่อคำตอบผู้อื่นในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ (comment) และการแก้ไขและลบโพสต์ในกระดานสนทนาย่อ (post) และโพสต์ในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ (record) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเป็นกิจกรรมที่มีลักษณะอาศัยการมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบและแลกเปลี่ยนระหว่างผู้เรียนด้วยกัน แต่การเรียนหรือทำกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ครั้งนี้เป็นบทเรียนที่สร้างขึ้นมาเพื่อการฝึกฝนทบทวนเพิ่มเติม ไม่ใช่บทเรียนหลักประกอบรายวิชา จึงเป็นการมีส่วนร่วมที่ไม่บังคับและให้อิสระแก่ผู้เรียนในการเลือกทำกิจกรรมด้วยตนเอง และให้ผู้เรียนมีบทบาทหลักในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ โดยที่ผู้สอนไม่ได้เข้ามากระตุ้นหรือให้ผลป้อนกลับในแต่การทำกิจกรรม ทำให้บางกิจกรรมไม่สามารถเกิดการแลกเปลี่ยนอย่างทันทีทันใดจึงทำให้กิจกรรมการเรียนรู้นั้นไม่สมบูรณ์เต็มรูปแบบเนื่องจากผู้เรียนขาดแรงจูงใจและแรงกระตุ้นในการมีส่วนร่วม ผู้เรียนจึงมีแนวโน้มที่จะสร้างโพสต์หรือคำตอบเพียงแค่ว่าในบางกิจกรรม อีกทั้งส่งโพสต์หรือคำตอบนั้นเลยโดยไม่มีกรกลับมาแก้ไข ลบออกหรือสร้างโพสต์ใหม่ในกิจกรรมอื่นอีก เป็นเหตุให้ระดับการทำพฤติกรรมในรายการตัวแปรแทนเหล่านี้ต่ำและมีค่าเท่า ๆ กันระหว่างผู้เรียนทุกคน จึงไม่สามารถใช้จำแนกกลุ่มผู้เรียนได้ดั่งนั้นเอง

#### 8) ผลการจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยด้วยข้อความของผู้เรียนที่ให้ไว้ในกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง

ผลการวิจัยพบว่า การจำแนกครั้งนี้พบผู้เรียนส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวก โดยคิดเป็นร้อยละ 85.71 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูงแตกต่างจากผู้เรียนที่มีเจตคติเชิงลบมาก ทั้งนี้ อาจเป็นไปได้หลายกรณี กล่าวได้ว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีมุมมองที่ดีที่การวิจัยมาบ้างอยู่แล้วหรือมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในสิ่งใหม่ เพราะระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ในครั้งนี้ไม่ใช่ภาคบังคับ จึงทำให้ผู้เรียนที่เข้ามาทำกิจกรรมเป็นผู้เรียนที่มีความสนใจในการเรียนรู้และฝึกฝนทบทวนเกี่ยวกับการวิจัยเพิ่มเติมจากการเรียนรู้ในชั้นเรียน รวมถึงเป็นไปได้ว่าระหว่างการเรียนรู้หรือหลังการเรียนรู้จากการทำกิจกรรมในระบบฯ ผู้เรียนพบว่าตนเองสามารถเรียนรู้และทำกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัยที่กำหนดให้ได้จึงอาจทำให้มีมุมมองความคิดเห็นหรือเจตคติเกี่ยวกับการวิจัยในทิศทางที่ดีเพิ่มขึ้น โดยแสดงได้จากคำหรือหน่วยคำที่ปรากฏในเอกสารด้วยความถี่มากที่สุด เช่น “เข้าใจ” “ง่าย” “สนใจ” “สนุก” “น่าสนใจ” “ดี” “ประโยชน์” “ไม่ยาก” “ได้เรียน” “ทำได้” ซึ่งบางส่วนเป็นคำที่สะท้อนถึงการรับรู้ความสามารถตนเอง (self-efficacy)

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่พบว่า การรับรู้ความสามารถตนเองมีส่วนในการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนได้ (Lee & Hsieh, 2009; Rahman et al., 2016) หรือในอีกกรณีหนึ่งที่เป็นไปได้คือ เนื่องจากการเขียนข้อความส่งในกิจกรรมมีการระบุตัวตนหรือแสดงชื่อของผู้เรียน จึงอาจส่งผลให้ผู้เรียนอาจเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ของตนต่อการวิจัยหรือความคิดเห็น อารมณ์ความรู้สึกต่อการวิจัยที่มีแนวโน้มที่จะเป็นการตอบตามความคาดหวังหรือบรรทัดฐาน

ทางสังคม (social desirability) และทำให้ใช้คำที่เป็นความหมายเชิงบวกมากกว่าการเขียนคำหรือข้อความที่เป็นความหมายเชิงลบ สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าการไม่ระบุตัวตนของผู้ตอบ (anonymous) สามารถลดความลำเอียงเกี่ยวกับการตอบตามความคาดหวังของสังคมได้ (Grimm, 2010)

ด้วยเหตุนี้ ประเด็นของสัดส่วนผู้เรียนในกลุ่มเจตคติเชิงบวกที่มีสัดส่วนสูงจึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับผลการวิเคราะห์การเรียนรู้ที่ผลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันด้านการวิจัยและผลการจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยที่พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ในตามทฤษฎีจะพบว่าตัวแปรหลักทั้งสองมีแนวโน้มที่จะสัมพันธ์กัน (Ferrer et al., 2020) ซึ่งการวิเคราะห์การเรียนรู้ในงานวิจัยครั้งนี้กล่าวได้ว่า ไม่ว่าจะเป็กลุ่มผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันในระดับใดก็สามารถพบผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวกได้และพบได้เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้อาจเป็นเพราะลักษณะการเก็บรวบรวมและใช้ข้อมูลตัวแปรแทนของตัวแปรวิจัยหลักทั้งสองตัวแตกต่างกัน โดยข้อมูลที่เป็นตัวแปรแทนเจตคติต่อการวิจัยใช้ตัวแปรประเภทข้อความและผู้เรียนมีการตระหนักรู้เบื้องต้นได้จากคำชี้แจงกิจกรรมพร้อมทั้งการตอบหรือเขียนข้อความของผู้เรียนแต่ละคนมีการระบุตัวตนและผู้เรียนคนอื่นสามารถเห็นคำตอบทั้งหมดได้จึงทำให้มีการตอบอย่างระมัดระวัง ในขณะที่ตัวแปรแทนของความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยใช้ข้อมูลในลักษณะความถี่ของพฤติกรรมซึ่งผู้เรียนไม่รู้มาก่อนอีกทั้งจำนวนการทำพฤติกรรมต่าง ๆ ไม่มีการแสดงข้อมูลให้ผู้เรียนทราบนั่นเอง ในขณะที่ข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรฐานค่าพบว่าระดับความยึดมั่นผูกพันต่อการวิจัยมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรณีนี้ประเภทข้อมูลและการใช้ข้อมูลของทั้งสองตัวแปรมีลักษณะที่เหมือนกัน

#### 9) ผลการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึกในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยตามข้อความของผู้เรียนที่ให้ไว้ในแต่ละหน่วยกิจกรรมหลักเพื่อเป็นข้อมูลเพิ่มเติม

ผลการวิจัยพบว่า หน่วยกิจกรรมที่มีสัดส่วนของผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวกมากที่สุดจากจำนวนผู้เรียนที่ให้ข้อมูลในหน่วยกิจกรรมนั้น ๆ ซึ่งในที่นี้คือ หน่วยที่ 5 การวิจัยเชิงทดลอง พบว่าเป็นหน่วยกิจกรรมหลักที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ด้วยมากที่สุดในระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ครั้งนี้ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ค่าสถิติเชิงบรรยาย เช่นเดียวกับหน่วยที่ 1 การกำหนดปัญหาวิจัย และหน่วยที่ 2 สมมุติฐานในงานวิจัย ที่พบว่ามีส่วนผู้เรียนที่มีเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวกมากที่สุดเป็นลำดับอย่างใกล้เคียงกัน และยังเป็นหน่วยกิจกรรมที่พบว่ามีการปฏิสัมพันธ์จากผู้เรียนที่มีจำนวนมากในลำดับถัดมาจากหน่วยที่ 5 เช่นกัน สอดคล้องกับการพิจารณาหน่วยกิจกรรมที่มีสัดส่วนของผู้เรียนที่มีเจตคติเชิงลบมากที่สุด ซึ่งในที่นี้คือ หน่วยที่ 4: การวิจัยเชิงสำรวจ พบว่าเป็นหน่วยกิจกรรมเดียวกันที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ด้วยน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบจากหน่วยกิจกรรมหลักทั้ง 5 หน่วย ทั้งนี้อาจมีเหตุผลเนื่องจากว่า การเข้ามีส่วนร่วมหรือมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนหรือกิจกรรมไม่ว่าจะทางตรงหรือทางอ้อม

เป็นการเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนได้สัมผัส เปิดมุมมองและมีความคุ้นเคยกับหัวข้อหรือประเด็นการเรียนรู้ นั้นได้มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเพิ่มโอกาสของการเรียนรู้ และฝึกฝนทบทวนจนเข้าใจ ทำได้ และมั่นใจใน การเรียนรู้ของตนเองต่อหัวข้อดังกล่าวซึ่งนำมาสู่การเสริมสร้างการรับรู้ความสามารถของตนเองว่า สามารถเรียนรู้และพัฒนาได้ รวมถึงทำให้มีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือกล่าวได้ว่ามีเจตคติต่อการ เรียนรู้ในประเด็นนั้นที่ดีขึ้นตามมานั่นเอง (Lee & Hsieh, 2009; Suanpang et al., 2004)

#### 10) การเปรียบเทียบผลการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยจากการวิเคราะห์ การเรียนรู้และการจำแนกด้วยวิธีการดั้งเดิม

ผลการวิเคราะห์ส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อเป็นข้อมูลประกอบวัตถุประสงค์การวิจัย หลัก ผลการวิจัยพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกิจกรรมที่ทำครบกับผลการจำแนกกลุ่มของ ผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยจากการวิเคราะห์การเรียนรู้มีความสัมพันธ์กันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ อาจเป็นเหตุมาจากจำนวนกิจกรรมที่ทำครบเป็นส่วนหนึ่งของตัว แปรแทนที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของ เครื่อง อย่างไรก็ตามไม่ใช่ตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกผู้เรียนอันดับต้น สอดคล้องกับผล การวิเคราะห์ที่คัดเลือกเฉพาะผู้เรียนที่มีการทำหน่วยกิจกรรมครบทั้ง 27 กิจกรรมในการพิจารณา เปรียบเทียบซึ่งพบว่า ผู้เรียนกลุ่มนี้หากจำแนกด้วยแนวทางดั้งเดิมอาจถูกจำแนกเป็นผู้เรียนที่มีความ ยึดมั่นผูกพันสูงทั้งหมด แต่เมื่อพิจารณาผลการจำแนกกลุ่มด้วยการเรียนรู้ของเครื่องชี้ให้เห็นว่า ผู้เรียนถูกจำแนกอยู่ทั้งในกลุ่มที่มีความยึดมั่นผูกพันสูงและต่ำ อีกทั้งกลุ่มที่มีความยึดมั่นผูกพันต่ำมี สัดส่วนของผู้เรียนที่สูงใกล้เคียงกับกลุ่มผู้เรียนที่ถูกจำแนกว่ามีความยึดมั่นผูกพันในงานวิจัยสูง

จากผลการวิจัยข้างต้น กล่าวได้ว่า งานวิจัยครั้งนี้พบสารสนเทศที่ชี้ให้เห็นชัดเจนว่า การ จำแนกผู้เรียนด้านความผูกพันในการวิจัยหรือในการเรียนที่มักพบได้ในทางปฏิบัติแบบดั้งเดิม ซึ่งมัก พิจารณาหรือวัดจากจำนวนกิจกรรมหรือภาระงานที่ทำส่งครบตามที่มอบหมาย (task completion) อาจไม่เพียงพอต่อการระบุกลุ่มของผู้เรียนตามความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยหรือในการเรียนได้อย่าง ตรงตามการปฏิบัติที่เกิดขึ้นจริงซึ่งเป็นเบื้องหลังการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยผลจากการวิจัยครั้งนี้แสดง ให้เห็นชัดเจนในเชิงประจักษ์ว่า การเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมออนไลน์หรือผ่านระบบการจัดการเรียนรู้ (LMS) นั้น ตัวแปรแทนที่มีบทบาทสำคัญและมีความเหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่น ผูกพันในการวิจัย ส่วนใหญ่เป็นตัวแปรแทนประเภทการดำเนินการทำกิจกรรม (progress) และความ พยายามในการเข้าทำกิจกรรมต่าง ๆ (attempt) หรือการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบในส่วนประกอบที่ เกี่ยวกับหน้ากิจกรรมที่แสดงถึงกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งทางตรงและทางอ้อม ยกตัวอย่างตัว แปรแทนเหล่านี้ได้เช่น ประเภทการตอบคำถามในกิจกรรมฝึกหัดและในชุดแบบทดสอบ โดยมี พฤติกรรมหรือตัวแปรแทนที่เกี่ยวข้องตั้งแต่การกดเพื่อเริ่มตอบคำถาม ความพยายามในการตอบ คำถามแต่ละข้อหรือจำนวนครั้งในการตอบคำถาม การตอบชุดคำถามจนครบสมบูรณ์ การกดส่ง

คำตอบในชุดแบบทดสอบ และการเข้าดูรายงานผลคะแนนของตนเอง ประเภทการดำเนินการทำกิจกรรมในหน่วยกิจกรรมย่อยเพื่อการเรียนรู้และการดำเนินการทำกิจกรรมนั้นจนครบด้วยสมบูรณ์ทุกหน้า รวมไปถึงตัวแปรแทนประเภทการทำกิจกรรมที่เกี่ยวกับการสร้างคำตอบหรือการเขียนคำตอบด้วยตนเอง อย่างเช่น การสร้างโพสในกิจกรรมแบ่งปันคำตอบ การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ การกดเข้าดูกระทู้สนทนาซึ่งมีการแลกเปลี่ยนคำตอบหรือความคิดเห็นกันของผู้เรียน เป็นต้น

สำหรับตัวแปรแทนการทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์ (activity completion หรือ task completion) รวมถึงตัวแปรแทนประเภทการจำนวนครั้งในการเข้าสู่บทเรียน (attendance) เช่น การกดเข้าหน้าหลักหรือการกดเข้าหัวข้อย่อยในหน่วยกิจกรรมต่าง ๆ พบว่าเป็นตัวแปรหนึ่งที่สามารถใช้จำแนกผู้เรียนได้ อย่างไรก็ตามไม่ใช่ตัวแปรที่สำคัญที่สุดในการระบุว่าผู้เรียนมีความผูกพันในการเรียน ทั้งนี้ควรมีการพิจารณาร่วมกับตัวแปรที่แสดงถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีต่อเนื้อหา กิจกรรม การทำแบบทดสอบ รวมถึงสื่อประกอบการเรียนรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะเป็นการดำเนินการทำกิจกรรม (progress) และความพยายามในการเข้าทำกิจกรรมต่าง ๆ (attempt) ของผู้เรียนตามที่ได้ยกตัวอย่างข้างต้น

#### 11) ตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยสำหรับการวิเคราะห์การเรียนรู้

ผลการวิจัยมีข้อสังเกตว่าตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนกซึ่งได้จากผลการเสนอของการวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องแต่ละเทคนิคนั้น เมื่อนำแต่ละรายการมาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยหรือความแปรปรวนระหว่างกลุ่มพบว่าตัวแปรแทนบางรายการมีระดับที่ไม่แตกต่างกันในระหว่างกลุ่มของผู้เรียน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าตัวแปรแทนรายการดังกล่าวมีข้อมูลของผู้เรียนบางส่วนที่เป็นค่าผิดปกติ (outliers) หรือมีความแปรปรวนระหว่างข้อมูลในชุดข้อมูลทั้งหมดสูง จึงส่งผลให้เมื่อนำมาทดสอบความแตกต่างซึ่งเป็นการพิจารณาจากค่าเฉลี่ยนั้นค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นค่ากลางที่ไม่ใช่ตัวแทนที่ดีของข้อมูลตัวแปรดังกล่าว (Kwak & Kim, 2017) จึงอาจทำให้ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม แต่พบว่าสามารถเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญใน 15 ลำดับแรกในการจำแนกผู้เรียนได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการวิเคราะห์การจำแนกผู้เรียนด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องส่วนใหญ่พิจารณาค่าตัวแปรจากค่าจริงและเป็นรายจุดข้อมูล (data point) (Ye & Li, 2001) ไม่ใช่พิจารณาและจำแนกจากค่ากลาง จึงทำให้ตัวแปรที่แม้จะมีค่าสุดโต่งหรือมีความแปรปรวนในชุดข้อมูลสูงก็ยังสามารถจำแนกผู้เรียนที่มีระดับความยึดมั่นผูกพันเป็นกลุ่มที่แตกต่างกันได้ ทั้งนี้การวิจัยครั้งนี้ไม่ได้มีการคัดเลือกตัวแปรแทนออกก่อนการนำมาวิเคราะห์ โดยใช้ตัวแปรแทนของผู้เรียนที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมด เนื่องจากต้องการศึกษาผลเพื่อค้นหาตัวแปรแทนที่เหมาะสมจากตัวแปรแทนที่มีอยู่ทั้งหมดนั่นเอง

นอกจากนี้ผลการพิจารณาตัวแปรแทนที่เหมาะสมในกรณีการจำแนกผู้เรียนเป็น 3 กลุ่ม ที่พบว่าเมื่อนำมาทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มพบว่าตัวแปรแทนที่มีความสำคัญในการจำแนก

หลายรายการมีค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส่วนใหญ่พบว่าเป็นค่าเฉลี่ยระหว่างผู้เรียนกลุ่มที่ 1 และ 2 ซึ่งในที่นี้คือผู้เรียนกลุ่มที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยปานกลาง และกลุ่มที่มีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยสูง โดยกล่าวได้ว่าผลส่วนนี้สามารถใช้สนับสนุนผลการเปรียบเทียบประสิทธิผลของโมเดลจำแนกระหว่างการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มและ 3 กลุ่มได้ ซึ่งพบว่าตัวแปรแทนที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้เหมาะสมกับการจำแนกผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มมากกว่า โดยให้ประสิทธิภาพการจำแนกในภาพรวมที่เหมาะสมกว่า

## 12) ผลการเสนอตัวแปรแทนที่เหมาะสมในการจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาค่าหรือหน่วยค่าที่มีความถี่ของการปรากฏมากกว่าค่ากลางทำให้ได้รายการตัวแปรแทนของเจตคติต่อการวิจัยเชิงบวกจำนวนมากกว่ารายการตัวแปรแทนของเจตคติต่อการวิจัยเชิงลบ ทั้งนี้ เนื่องจากสัดส่วนของค่าหรือหน่วยค่าทั้งหมดที่ปรากฏมีค่าค่อนข้างแตกต่างกันมาก คือ 153 ข้อความและ 60 ข้อความตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าความถี่ของค่าหรือหน่วยค่าที่ปรากฏในเอกสารมีค่าค่อนข้างกระจายแตกต่างกัน แต่ทั้งนี้ค่าหรือหน่วยค่าที่มีนัยเชิงบวกมีค่าความถี่ที่กระจายกันสม่าเสมอมากกว่า จึงทำให้เมื่อพิจารณาค่าหรือหน่วยค่าที่มีความถี่ของการปรากฏมากกว่าค่ากลางของแต่ละกลุ่มเจตคตินั้น ค่าหรือหน่วยค่าเชิงบวกจึงพบได้มากกว่า ทำให้ได้รายการตัวแปรแทนจำนวนมากกว่า โดยการที่พบค่าที่แสดงนัยเชิงบวกจำนวนมากสามารถอภิปรายได้ดังข้อ 7) ข้างต้น ซึ่งเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการระบุตัวตนของผู้ตอบ (identity) สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่า ในแพลตฟอร์มการสื่อสารที่ไม่เปิดเผยตัวตนของผู้ใช้ (anonymous communication) ผู้ใช้มีแนวโน้มที่จะกล้าสื่อสารหรือเปิดเผยอารมณ์ความรู้สึก ความคิดเห็นหรือบอกเล่าประสบการณ์ของตนเองอย่างตรงไปตรงมาทั้งในเชิงบวกและเชิงลบมากกว่า โดยไม่ต้องกังวลต่อผลลัพธ์ต่อผลกระทบที่จะตามมาหรือผลต่อภาพลักษณ์หรือชื่อเสียงในโลกแห่งความจริง (Kang et al., 2016)

## ข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์การเรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อส่งเสริมความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและเจตคติต่อการวิจัยของนักศึกษาครุ มีข้อเสนอแนะในการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป มีรายละเอียดดังนี้

### ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลการวิจัยพบว่าการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการเรียนหรือการวิจัยตามแนวทางปฏิบัติแบบดั้งเดิมที่พิจารณาความครบถ้วนของจำนวนชิ้นงานหรือภาระงานที่ส่ง (activity

completion หรือ task completion) หรือการจำนวนครั้งในการเข้าสู่บทเรียน (attendance) เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ ดังนั้นกรณีที่ครูหรืออาจารย์ผู้สอนมีความต้องการในการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการเรียนจากการเรียนรู้ของผู้เรียนในบริบทหรือสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ออนไลน์นั้น ผู้สอนควรมีการเก็บรวบรวมข้อมูลหรือใช้ข้อมูลของผู้เรียนที่เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียน เนื้อหา กิจกรรม หรือการทำแบบทดสอบ รวมถึงสื่อประกอบการเรียนรูปแบบต่าง ๆ ในการร่วมใช้พิจารณาเพื่อจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยด้วย โดยควรรวบรวมข้อมูลหรือตัวแปรแทนซึ่งมีลักษณะเป็นพฤติกรรมประเภทการดำเนินการทำกิจกรรม (progress) และความพยายามในการเข้าทำกิจกรรมต่าง ๆ (attempt) ให้ได้อย่างหลากหลายเท่าที่แพลตฟอร์มของระบบการจัดการเรียนรู้ (LMS) ที่เลือกใช้จะสามารถให้ข้อมูลได้ โดยทั้งนี้อาจเป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงกระบวนการเรียนรู้แบบโดยตรงหรือโดยอ้อม ยกตัวอย่างแนวทางของตัวแปรแทนที่ควรเน้นพิจารณาได้คือ ตัวแปรประเภทการตอบคำถามในกิจกรรม เช่น การกดเพื่อเริ่มตอบคำถาม ความพยายามในการตอบคำถามแต่ละข้อหรือจำนวนครั้งในการตอบคำถาม การตอบชุดคำถามจนครบสมบูรณ์ การกดส่งคำตอบในชุดแบบทดสอบ และการเข้าดูรายงานผลคะแนนของตนเอง ตัวแปรประเภทการดำเนินการทำกิจกรรมในหน่วยกิจกรรมย่อย รวมไปถึงตัวแปรแทนประเภทการทำกิจกรรมที่เกี่ยวกับการสร้างคำตอบหรือการเขียนคำตอบด้วยตนเอง เช่น การสร้างคอมเมนต์แสดงความคิดเห็น การเขียนเนื้อความเพื่อตอบคำถาม การกดเข้าดูกระทู้สนทนา การอ่านหัวข้อในกระทู้สนทนา การสร้างและแก้ไขโพสต์ในกระทู้สนทนา

2. การวิจัยครั้งนี้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรแทนที่เหมาะสมซึ่งสามารถใช้ในการจำแนก ทำนายหรือกำกับติดตามผู้เรียนในด้านการมีความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยหรือการเรียนในบริบทออนไลน์และด้านเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียน รวมถึงลักษณะของกิจกรรมที่ผู้เรียนมักให้ความร่วมมือหรือสนใจในการเข้าเรียนรู้ ซึ่งผู้สอนหรือผู้ที่สนใจสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการเก็บข้อมูลหรือการพิจารณาตัวแปรแทนที่มีอยู่โดยเน้นรายการที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกับตัวแปรแทนจากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าเป็นตัวแปรที่มีบทบาทสำคัญหรือเป็นตัวแปรแทนที่มีความเหมาะสม โดยในการความยึดมั่นผูกพันในการวิจัย ผู้สอนควรพิจารณาตัวแปรแทนจากระบบการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะเป็นพฤติกรรมประเภทการดำเนินการทำกิจกรรม (progress) และความพยายามในการเข้าทำกิจกรรมในส่วนต่าง ๆ (attempt) โดยอาจแบ่งได้เป็น 1) ตัวแปรหรือพฤติกรรมเกี่ยวกับการตอบคำถามแบบมีตัวเลือก ทั้งในรูปแบบของการตอบคำถามฝึกหัดทบทวนและการทำชุดแบบทดสอบ โดยพิจารณาเกี่ยวกับจำนวนครั้งของการตอบ การตอบจนครบสมบูรณ์ และการกดส่งคำตอบ รวมไปถึงการดูรายงานการตอบคำถามตน เช่น ตัวเลือกที่เลือกตอบ ผลการตอบ หรือการดูสรุปการทำกิจกรรมชุดแบบสอบในภาพรวมของตน 2) ตัวแปรหรือพฤติกรรมเกี่ยวกับการเข้าทำกิจกรรมซึ่งเป็นชุดกิจกรรมที่มีหลายหน้า โดยอาจพิจารณาจากการเข้าหรือกดเริ่มดำเนินการทำชุดกิจกรรมและการทำจนครบ



สมบูรณ์ทุกหน้าในชุดกิจกรรม 3) ตัวแปรหรือพฤติกรรมเกี่ยวกับกระดานการสนทนา โดยพิจารณา การกดเข้าดูกระทู้สนทนา การกดติดตามและยกเลิกการติดตามกิจกรรมการเคลื่อนไหวในกระทู้ 4) ตัวแปรหรือพฤติกรรมเกี่ยวกับกิจกรรมแบ่งปันคำตอบและการสะท้อนตนเอง กล่าวได้คือ การสร้าง โปสในกิจกรรมแบ่งปันคำตอบ และการเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ 5) ตัวแปรหรือพฤติกรรม เกี่ยวกับการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบในภาพรวม ได้แก่ การกดเข้าหน้าหลักของหน่วยกิจกรรม การกด เข้าดูหน่วยกิจกรรมย่อยในแต่ละหัวข้อ การค้นหาบทเรียนในหน้าหลักของเว็บไซต์ การทำกิจกรรมใน แต่ละหัวข้อสมบูรณ์ และการดูรายงานการทำกิจกรรมในบทเรียน โดยตัวแปรส่วนใหญ่ที่กล่าวข้างต้น ได้มาจากกิจกรรมที่เป็นรูปแบบอินเตอร์แอคทีฟและชุดแบบสอบถาม ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สามารถทำได้อย่าง รวดเร็ว มีกรอบของคำตอบให้เลือก มีคะแนนและเฉลยแสดงผลลัพธ์ภายหลังการตอบ ง่ายต่อการ ทำซ้ำทบทวนได้จำนวนหลายรอบ และตัวแปรแทนบางส่วนมาจากกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนคิดและสร้าง หรือเขียนคำตอบด้วยตนเอง

สำหรับด้านเจตคติต่อการวิจัยนั้น ผู้สอนอาจใช้การพิจารณาจากคำหรือหน่วยคำเกี่ยวกับ ความยากง่ายของหัวข้อหรือกิจกรรม การรับรู้เกี่ยวกับความสามารถ ความเข้าใจของผู้เรียนต่อหัวข้อ หรือกิจกรรม การแสดงถึงมุมมองต่อลักษณะของหัวข้อหรือกิจกรรม เช่น การมองเห็นประโยชน์และ คุณค่า การให้ความสำคัญ คิดว่าท้าทาย น่าสนใจ หรือการมองว่าเป็นสิ่งที่ซับซ้อน ยากและใช้เวลา การแสดงถึงความรู้สึกขณะการเรียนรู้หรือทำกิจกรรม เช่น สนุก สนใจ น่าเบื่อ เครียด สับสน รวมไปถึง การรับรู้ถึงการพัฒนาดตนเองในทักษะหรือแง่มุมต่าง ๆ ที่ได้จากการเรียนรู้หรือกิจกรรม เช่น ได้ฝึกฝน ฝึกทักษะ ฝึกคิด เป็นต้น

3. ผลการวิจัยพบว่าหน่วยกิจกรรมที่มีลักษณะให้ผู้เรียนสร้างคำตอบด้วยตนเอง เช่น การ แบ่งปันข้อมูล ความคิดเห็น และอภิปรายประเด็นความรู้ระหว่างกันนั้นมักเป็นหน่วยกิจกรรมที่เกิด ปฏิสัมพันธ์จากผู้เรียนในภาพรวมน้อย ดังนั้น เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และเกิด การสร้างความรู้ร่วมกันมากขึ้น ผู้สอนอาจจะต้องมีการสร้างแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนระหว่างการเรียนรู้ใน บทเรียนเป็นระยะ โดยอาจเข้ามีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนผ่านการให้ผลป้อนกลับต่อคำตอบของผู้เรียน เช่น คำชมเชย การตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของคำตอบ และชี้แนะหรือแก้ไขความเข้าใจที่ คลาดเคลื่อนของผู้เรียน

4. ผู้สอนหรือนักวิจัยอาจใช้แนวทางการจำแนกกลุ่มผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยจาก งานวิจัยครั้งนี้ในการจำแนกกลุ่มหรือศึกษาการมีทัศนคติของผู้เรียนต่อการเรียนในวิชา ในกรณีมีข้อมูล ในรูปแบบข้อความของผู้เรียนจำนวนมาก ซึ่งการอ่านและพิจารณาแต่ละข้อความอาจทำได้ยากและ ใช้เวลานานในทางปฏิบัติ นอกจากนี้เมื่อได้ผลการวิเคราะห์ในส่วนของคำหรือหน่วยคำที่ผู้เรียนมีการ กล่าวถึงบ่อยครั้ง โดยเฉพาะคำที่แสดงนัยเชิงลบ ผู้สอนอาจใช้ข้อมูลส่วนนี้ในการเก็บข้อมูลกับผู้เรียน เพิ่มเติม เช่น การสอบถาม การสัมภาษณ์ หรือพิจารณาเนื้อความที่สมบูรณ์ในข้อความ เพื่อให้ได้

ข้อมูลเชิงลึกหรือรายละเอียดเพิ่มเติมในการนำมาปรับปรุงหรือพัฒนาบทเรียนหรือแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่จะสามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีขึ้นต่อการเรียนในรายวิชานั้น ๆ ได้

5. ผู้สอนหรือผู้วิจัยสามารถใช้ผลการวิจัยเกี่ยวกับโมเดลจำแนกและตัวแปรแทนที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ โดยนำโมเดลการจำแนกที่มีประสิทธิภาพการจำแนกสูงและตัวแปรแทนที่เหมาะสมไปใช้เป็นการอบหรือแนวทางในการจำแนกผู้เรียนกลุ่มใหม่ในบริบทคล้ายคลึงกัน เช่น ผู้เรียนที่เรียนบทเรียนเดียวกันในภาคการศึกษาต่อไป เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับกลุ่มของผู้เรียนตามระดับความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยและส่งเสริมผู้เรียนแต่ละกลุ่มไปในทิศทางที่เหมาะสม นอกจากนี้ ผู้สอนอาจมีการศึกษาพัฒนาการระหว่างเรียนและหลังจบการเรียนว่าหลังจากมีการพัฒนาส่งเสริมผู้เรียนแล้วนั้น เมื่อนำข้อมูลมาจำแนกอีกครั้งผู้เรียนมีการเปลี่ยนกลุ่มหรือไม่

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดในการกำหนดกลุ่มรู้จัก (known groups) สำหรับการวิเคราะห์เพื่อศึกษาการจำแนกผู้เรียน เนื่องจากการเก็บข้อมูลการเรียนรู้ในระบบออนไลน์ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นของภาคการศึกษาและผู้เรียนทั้งหมดเป็นผู้เรียนกลุ่มใหม่ที่ผู้สอนยังไม่มีข้อมูลหรือมีความคุ้นเคยกับลักษณะผู้เรียนมาก่อน ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจใช้การศึกษากับผู้เรียนที่ผู้สอนมีการสอนและรู้จัก คำนึงกับผู้เรียนในชั้นเรียนมาระยะหนึ่งเพื่อให้สามารถกำหนดกลุ่มรู้จักได้อย่างเพียงพอ อย่างไรก็ตามกรณีที่พบปัญหาและยังมีข้อจำกัดในการกำหนดกลุ่มรู้จัก การวิจัยครั้งต่อไปอาจประยุกต์ใช้หลักการเรียนรู้ของเครื่องประเภทการจัดกลุ่มข้อมูล (clustering) เข้าร่วมในการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยครั้งนี้เน้นการศึกษาการวิเคราะห์เพื่อจำแนกผู้เรียนเป็นหลัก ทำให้วิธีการในการวิเคราะห์จัดกลุ่มผู้เรียนได้มาจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีเคมีน (k-means) วิธีเดียว ทั้งนี้ยังมีเทคนิคหรือวิธีการเกี่ยวกับการวิเคราะห์จัดกลุ่มอีกจำนวนมากที่อาจเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีลักษณะแตกต่างกันไป ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยอาจใช้เทคนิคการวิเคราะห์การจัดกลุ่มอื่นได้ หรือใช้หลายเทคนิคเพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมต่อไป

2. ระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ในครั้งนี้เป็นระบบที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีการลงทะเบียนและระบุตัวตนในการเรียน ดังนั้นอาจมีผลโดยอ้อมต่อการให้ข้อมูลบางส่วนจากผู้เรียน เช่น การเขียนข้อความสะท้อนมุมมองความคิดเห็นหรืออารมณ์ความรู้สึกของตนเอง ซึ่งอาจส่งผลต่อการจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยได้ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจมีการปรับรูปแบบกิจกรรมหรือส่วนของแพลตฟอร์มที่ไม่ระบุตัวตนของผู้เรียน ในการเก็บข้อมูลและทำการศึกษาเปรียบเทียบการจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยระหว่างกรณีระบุตัวตนและไม่ระบุตัวตน

3. การวิเคราะห์การเรียนรู้ด้วยการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยครั้งนี้เป็นการใช้ตัวแปรแทนที่เป็นข้อมูลหรือพฤติกรรมจากผู้เรียนเพียงอย่างเดียว โดยเน้นการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนกับระบบการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นงานวิจัยครั้งต่อไปอาจเพิ่มการเก็บรวบรวมข้อมูลของตัวแปรแทนที่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ ในบทเรียน เช่น ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและครูผู้สอน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้เรียน ในการศึกษาเพื่อวิเคราะห์การเรียนรู้ โดยอาจประเด็นการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันหรือการศึกษาการเรียนรู้ของผู้เรียนในประเด็นอื่นต่อไป

4. การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาจากตัวแปรแทนเพียงเท่านั้น ซึ่งเป็นข้อมูลการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบที่ถูกบันทึกไว้ (log file) อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) สามารถใช้ข้อมูลประเภทอื่นหรือจากแหล่งอื่นร่วมในการศึกษาได้ เช่น ข้อมูลที่บันทึกด้วยครูผู้สอน เกรดเฉลี่ย ข้อมูลภูมิหลังทางการศึกษาต่าง ๆ ดังนั้น การวิจัยครั้งต่อไปอาจใช้ข้อมูลประเภทอื่นมาร่วมในการวิเคราะห์ด้วยซึ่งอาจให้สารสนเทศที่มีประโยชน์ในอีกแง่มุมต่อไป

5. การวิจัยครั้งนี้ศึกษาความยึดมั่นผูกพันและเจตคติต่อการวิจัยของผู้เรียนผ่านระบบจัดการเรียนรู้ออนไลน์ที่เป็นกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ในชั้นเรียน โดยผู้เรียนสามารถเข้าเรียนรู้และฝึกฝนตามความสมัครใจและมีอิสระในการทำกิจกรรมส่วนต่าง ๆ การวิจัยครั้งต่อไปอาจทำการศึกษาเชิงเปรียบเทียบกับวิเคราะห์การเรียนรู้ที่ใช้ข้อมูลของผู้เรียนจากระบบจัดการเรียนรู้ออนไลน์ที่เป็นบทเรียนหลักหรือเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาซึ่งผู้เรียนทุกคนมีความจำเป็นต้องเข้าศึกษาเรียนรู้ เพื่อศึกษารูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนหรือตัวแปรแทนที่เหมาะสมว่าจะมีลักษณะที่แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

6. การวิจัยครั้งนี้ทำการวิเคราะห์เพื่อจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยด้วยการทำเหมืองข้อมูลและการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก ซึ่งอาศัยหลักการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural language processing [NLP]) รวมถึงพจนานุกรมคลังคำศัพท์ที่เป็นไปได้ในทางภาษาอย่างครอบคลุม อย่างไรก็ตามพบว่าคลังคำศัพท์ภาษาไทยสำหรับการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Thai NLP) ที่เป็นทางการนั้นยังอยู่ในระหว่างการสร้างและพัฒนาโดยกลุ่มองค์กรนักวิจัยผู้เชี่ยวชาญอยู่ การวิจัยครั้งนี้จึงใช้การสร้างพจนานุกรมคลังคำศัพท์สำหรับการวิเคราะห์ด้วยการรวบรวมของผู้วิจัยเอง โดยได้จากการคัดเลือกคำที่เกี่ยวข้องกับบริบทของการวิจัยและการศึกษาจากกลุ่มคำที่รวบรวมโดย PyThaiNLP รวมไปถึงการคัดเลือกคำที่ได้จากการวิเคราะห์และสำรวจการตัดคำของข้อมูลข้อความของงานวิจัยครั้งนี้ จึงทำให้พจนานุกรมที่ใช้ในครั้งนี้อาจมีเฉพาะคำหรือหน่วยคำที่อยู่ในบริบทที่เฉพาะ ทำให้ยังไม่สามารถนำไปใช้ในบริบทหรือประเด็นการศึกษาอื่นได้อย่างเหมาะสมเพียงพอ ดังนั้นในงานวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยอาจรวบรวมคลังคำศัพท์เพิ่มเติมเกี่ยวกับคำที่แสดงอารมณ์ความรู้สึก หรือความคิดเห็นในภาษาไทยที่เป็นไปได้ให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะคำที่เกี่ยวข้องกับบริบทหรือประเด็นที่ทำการศึกษาอยู่ เนื่องจากคำที่มีอยู่ในพจนานุกรมส่งผลต่อผลลัพธ์ของการ

วิเคราะห์ข้อมูล โดยการมีจำนวนคำที่เกี่ยวข้องมากจะนำมาซึ่งผลลัพธ์การวิเคราะห์ที่มีความตรงและครอบคลุมต่อการสื่อสารของเอกสารต้นฉบับมากขึ้นนั่นเอง

7. การวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลประเภทข้อความด้วยการวิเคราะห์ความรู้สึกเพื่อจำแนกผู้เรียนด้านเจตคติต่อการวิจัยออกเป็นกลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติเชิงบวกและกลุ่มผู้เรียนที่มีเจตคติเชิงลบ อย่างไรก็ตามพบว่าการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลประเภทข้อความนี้มีแนวทางในการศึกษาที่สามารถให้สารสนเทศในมุมมองที่หลากหลาย ในครั้งวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยอาจศึกษาข้อมูลประเภทข้อความของผู้เรียนในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์วาทกรรม (discourse analysis) หรือการประมวลภาษาธรรมชาติ (natural language processing) เป็นต้น โดยอาจศึกษาด้วยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยของภาษาที่ใช้และกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนหรือบริบทการเรียนรู้ จากอนุประโยค (clauses) หรือ ถ้อยคำ (utterance) ซึ่งได้จากการลงรหัส (coding) ของผู้วิจัย โดยการจัดกลุ่มหรือประเภทของลักษณะการใช้ภาษาที่พบสามารถเป็นตัวบ่งชี้ในการสรุปความถึงความสำเร็จทางการเรียนรู้ของผู้เรียน การใช้ภาษาของผู้เรียนระหว่างการมีปฏิสัมพันธ์ในการเรียนรู้กับเพื่อนสมาชิก (learning interaction) หรือการศึกษาความสัมพันธ์ของการคำที่มักเกิดร่วมกัน (co-occurrence words) เป็นต้น

8. การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยการจำแนกผู้เรียนด้านความยึดมั่นผูกพันในการวิจัยหรือในการเรียน ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีธรรมชาติเป็นตัวแปรเชิงพฤติกรรมหรือการปฏิบัติที่แสดงถึงกระบวนการเรียนรู้ โดยงานวิจัยครั้งนี้ใช้ตัวแปรแทนที่เป็นข้อมูลพฤติกรรมเท่านั้นซึ่งได้จากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับส่วนต่าง ๆ ในระบบการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้หากผู้สอนต้องการศึกษาตัวแปรที่มีธรรมชาติเป็นตัวแปรประเภทความรู้ความสามารถหรือสมรรถนะของผู้เรียน เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าสามารถทำได้ ทั้งนี้ตัวแปรแทนที่ใช้ในการสะท้อนตัวแปรหลักดังกล่าวจะมีลักษณะแตกต่างไปจากการศึกษาความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน ซึ่งจะมีลักษณะเป็นตัวแปรแทนประเภทคะแนนหรือเกี่ยวข้องกับคะแนนการเรียนรู้ โดยอาจจะเป็นคะแนนจากการทำกิจกรรมหน่วยย่อย คะแนนในกิจกรรมหน่วยหลัก คะแนนจากการทำแบบทดสอบ หรือจำนวนครั้งที่ตอบคำถามถูกหรือผิด เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การได้มาซึ่งตัวแปรแทนประเภทคะแนนนั้นขึ้นอยู่กับกรอบกิจกรรมและขอบเขตความสามารถของระบบการจัดการเรียนรู้ (LMS) ที่ผู้สอนเลือกใช้ว่าจะสามารถบันทึกและให้ข้อมูลตัวแปรแทนลักษณะดังกล่าวได้มากน้อยเพียงใด

9. สำหรับอาจารย์ ครูผู้สอน หรือผู้ที่สนใจนำแนวคิดการวิเคราะห์การเรียนรู้ไปใช้เพื่อศึกษาการเรียนรู้ของผู้เรียนในสภาพแวดล้อมการจัดการเรียนรู้ออนไลน์นั้นมีขั้นตอนสำคัญ รวมถึงทรัพยากรที่จำเป็นที่สามารถเสนอเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในเบื้องต้นได้ดังนี้ การวิเคราะห์การเรียนรู้เริ่มจาก 1. การสำรวจและศึกษาแพลตฟอร์มของระบบการจัดการเรียนรู้ (LMS) ที่เหมาะสมตามเป้าหมายหรือความต้องการของการออกแบบและสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งนั้น รวมถึง

ลักษณะของตัวแปรแทนที่สามารถให้ได้จากระบบดังกล่าวและความสอดคล้องหรือความสมเหตุสมผลที่จะใช้ในการสะท้อนตัวแปรเป้าหมายที่ต้องการศึกษาวิจัย 2. ออกแบบและสร้างบทเรียนหรือกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ (LMS) ตามที่ผู้สอนเลือกใช้ 3. เก็บรวบรวมข้อมูลโดยให้ผู้เรียนเข้าศึกษาเรียนรู้และทำกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้ โดยระบบส่วนใหญ่จะมีการเก็บหรือบันทึกข้อมูลการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เกี่ยวข้องที่มีต่อส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบให้และเป็นการบันทึกข้อมูลตามเวลาจริงในช่วงเวลาตั้งแต่การเข้าสู่ระบบของผู้เรียนที่เรียกว่า log data หรือ log file 4. ดึงข้อมูลจากระบบเพื่อนำไปใช้เป็นตัวแปรแทนในการวิเคราะห์ข้อมูลและศึกษาตัวแปรเป้าหมาย โดยในกรณีที่ผู้สอนมีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในระดับหนึ่งนั้น ผู้สอนสามารถศึกษาวิธีการดึงข้อมูลจากระบบและดึงข้อมูลดังกล่าวออกมาได้ด้วยตนเอง สำหรับผู้สอนซึ่งอาจไม่เชี่ยวชาญหรือมีข้อจำกัดในการดึงข้อมูลจากระบบด้วยตนเอง กรณีนี้ผู้สอนควรมีทีมงานหรือผู้ช่วยเหลือด้านเทคโนโลยีในการดึงข้อมูลออกจากระบบ หรือผู้สอนอาจเสนอให้ผู้เกี่ยวข้องในหน่วยงานในการพัฒนาและสร้างเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) สำหรับการอำนวยความสะดวกในการให้ผู้สอนเข้าไปออกแบบและสร้างบทเรียนออนไลน์ รวมถึงดึงข้อมูลจากระบบไปใช้ได้ด้วยตนเองจากฟังก์ชันหรือเมนูที่ออกแบบมาให้ผู้ใช้สามารถดำเนินการได้โดยง่าย 5. จัดการข้อมูลที่ได้จากระบบให้อยู่ในรูปแบบที่มีโครงสร้างเหมาะสม พร้อมกำหนดรายการตัวแปรแทนและคำอธิบายตัวแปรจากข้อมูลที่ได้ 6. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาการเรียนรู้ของผู้เรียนตามตัวแปรเป้าหมาย และเพื่อตอบปัญหาวิจัยที่ต้องการ

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

- กนิษฐ์ ศรีเคลือบ. (2557). การพัฒนาโมเดลการเสริมสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่มีประสิทธิผล: การวิจัยเชิงการออกแบบและการวิเคราะห์เอ็มเอ็มเอสอีเอ็ม (ลำดับสิ่งพิมพ์ 45622) [วิทยานิพนธ์ระดับดุขฎิบัณชิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. ฐานข้อมูลคลังปัญญาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐพงศ์ ลือพัฒนสุข. (2553). การแสดงรูปแบบคิวิที่ไอที่สามารถเข้าถึงได้สำหรับอีเลิร์นนิงบนเว็บ (ลำดับสิ่งพิมพ์ 32200) [วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณชิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. ฐานข้อมูลคลังปัญญาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิพวรรณ ภัทรนุสรณ์. (2556). อิทธิพลของการเสริมพลังอำนาจครูที่มีต่อผลผลิตของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนผ่านสมรรถนะการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (ลำดับสิ่งพิมพ์ 43126) [วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณชิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. ฐานข้อมูลคลังปัญญาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนาภา จิวทอง. (2560). การประยุกต์ใช้การวิจัยประสบการณ์ผู้ใช้และการวิจัยเชิงการออกแบบเพื่อพัฒนาต้นแบบการส่งเสริมการเรียนรู้ด้านการวิจัยแบบร่วมมือของครู (ลำดับสิ่งพิมพ์ 60223) [วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณชิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. ฐานข้อมูลคลังปัญญาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปิยพงษ์ คล้ายคลึง. (2555). การพัฒนาทฤษฎีโปรแกรมสำหรับประเมินความสำเร็จของการนำนโยบายปฏิรูปการศึกษาไปปฏิบัติในสถานศึกษาโดยใช้วิธีอุปนัยและนิรนัย (ลำดับสิ่งพิมพ์ 52600) [วิทยานิพนธ์ระดับดุขฎิบัณชิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. ฐานข้อมูลคลังปัญญาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภรณ์ยา ปาลวิสุทธิ์. (2559). การเพิ่มประสิทธิภาพเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจบนชุดข้อมูลที่ไม่สมดุลโดยวิธีการ สุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อยสำหรับข้อมูลการเป็นโรคติดเชื้อในเนื้อ. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 12(1). [https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/IT\\_Journal/article/view/72840](https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/IT_Journal/article/view/72840)
- เมษา นวลศรี, กมลวรรณ ตังธนากานนท์, และโชติกา ภาชีผล. (2560). การพัฒนาเกณฑ์ปกติของแบบวัดพหุมิติความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารบัณชิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 11(3). <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JournalGradVRU/article/view/108229>

สุทธิศาสตร์ ชุ่มวิจารณ์. (2558). *การจัดสภาพแวดล้อมการมีวิจัยเพื่อส่งเสริมความตั้งใจทำวิจัยหลักสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาปริญญาเอก: กลยุทธ์การพัฒนาจากการวิเคราะห์เอสอีเอ็มที่มี การจับคู่ตัวอย่างวิจัย* (ลำดับสิ่งพิมพ์ 51321) [วิทยานิพนธ์ระดับดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย]. ฐานข้อมูลคลังปัญญาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิมล ว่องวานิช. (2557). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน. พิมพ์ครั้งที่ 17. กรุงเทพมหานคร :

โสภาค เจริญสุข. (2557). *การพัฒนารูปแบบการออกแบบอีเลิร์นนิ่งเพื่อพัฒนาทักษะการคิด วิจัยวิจัย สำหรับนิสิตนักศึกษาปริญญาบัณฑิต* (ลำดับสิ่งพิมพ์ 45888) [วิทยานิพนธ์ ระดับดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. ฐานข้อมูลคลังปัญญาจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.



### ภาษาอังกฤษ

Aamir, M., & Zaidi, S. M. A. (2019). Clustering based semi-supervised machine learning for DDoS attack classification. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 3(4), 436-446. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2019.02.003>

Abraham, A. (2005). Artificial neural networks. *Handbook of measuring system design*. Wiley Online Library. <https://doi.org/10.1002/0471497398.mm421>

Afzal, Z., Schuemie, M. J., van Blijderveen, J. C., Sen, E. F., Sturkenboom, M. C., & Kors, J. A. (2013). Improving sensitivity of machine learning methods for automated case identification from free-text electronic medical records. *BMC medical informatics and decision making*, 13(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/1472-6947-13-30>

Agrawal, S., Nigam, S., & Sahu, K. (2018). Prediction of Students Academic Execution Using K-Means and K-Medoids Clustering Technique. *2018 2nd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*, 1308-1315. <https://doi.org/10.1109/ICOEI.2018.8553747>

Ahn, J. (2013). What can we learn from Facebook activity? Using social learning analytics to observe new media literacy skills. *Proceedings of the third international conference on learning analytics and knowledge*, 135-144. <https://doi.org/10.1145/2460296.2460323>

- Ain, C. T., Sabir, F., & Willison, J. (2019). Research skills that men and women developed at university and then used in workplaces. *Studies in Higher Education, 44*(12), 2346-2358. <https://doi.org/10.1080/03075079.2018.1496412>
- Akinawonu, O. (2018, June 27). *10 Major Differences Between Data Analytics, Data Analysis and Data Mining*. Loginworks. <https://www.loginworks.com/blogs/top-10-small-differences-between-data-analyticsdata-analysis-and-data-mining/>
- Aldowah, H., Al-Samarraie, H., & Fauzy, W. M. (2019). Educational Data Mining and Learning Analytics for 21st century higher education: A Review and Synthesis. *Telematics and Informatics*. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.01.007>
- Aljohani, N. R., & Davis, H. C. (2013). Learning analytics and formative assessment to provide immediate detailed feedback using a student centered mobile dashboard. *2013 Seventh International Conference on Next Generation Mobile Apps, Services and Technologies, 262-267*. <https://eprints.soton.ac.uk/355997/1/>
- Alzubi, J., Nayyar, A., & Kumar, A. (2018). Machine learning from theory to algorithms: An overview. *Journal of physics: conference series, 1142*(1). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1142/1/012012/meta>
- Amor, N. B., Benferhat, S., & Elouedi, Z. (2004). Naive bayes vs decision trees in intrusion detection systems. *Proceedings of the 2004 ACM symposium on Applied computing, 420-424*. <https://doi.org/10.1145/967900.967989>
- Analysis. (n.d.) In *Merriam-Webster's collegiate dictionary*. Retrieved from <https://www.merriam-webster.com/dictionary/analysis>
- Analysis. (n.d.) In *Oxford Learner's Dictionaries*. Retrieved from <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/analysis?q=analysis>
- Anand, R., Mehrotra, K., Mohan, C. K., & Ranka, S. (1995). Efficient classification for multiclass problems using modular neural networks. *Transactions on Neural Networks, 6*(1), 117-124
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2006.04.002>




- Arnold, K. E., & Pistilli, M. D. (2012). Course signals at Purdue: Using learning analytics to increase student success. *Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge*, 267-270.  
<https://doi.org/10.1145/2330601.2330666>
- Avella, J. T., Kebritchi, M., Nunn, S. G., & Kanai, T. (2016). Learning analytics methods, benefits, and challenges in higher education: A systematic literature review. *Online Learning*, 20(2), 13-29. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1105911>
- Ayodele, T. O. (2010). Introduction to machine learning. *New Advances in Machine Learning*, 1-9. <https://pdfs.semanticscholar.org/57aa/0ea537454a27e7e6cebdb936f1a029a4e5bf.pdf>
- Bagaka's, J. G., Badillo, N., Bransteter, I., & Rispianto, S. (2015). Exploring student success in a doctoral program: The power of mentorship and research engagement. *International Journal of Doctoral Studies*, 10(1), 323-342.  
<http://ijds.org/Volume10/IJDSv10p323-342Bagaka1713.pdf>
- Bakar, K. A., Tarmizi, R. A., Mahyuddin, R., Elias, H., Luan, W. S., & Ayub, A. F. M. (2010). Relationships between university students' achievement motivation, attitude and academic performance in Malaysia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 4906-4910. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.793>
- Baker, S., & Inventado, P. S. (2016). Educational data mining and learning analytics: Potentials and possibilities for online education. In G. Veletsianos (Ed.), *Emergence and Innovation in Digital Learning*, 83-98.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7_4)
- Bandaranaike, S. (2018). From research skill development to work skill development. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 15(4), 7.  
<https://ro.uow.edu.au/jutlp/vol15/iss4/7/>
- 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. <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00362>

- Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Albert, C. H., & Thuiller, W. (2012). Selecting pseudo-absences for species distribution models: How, where and how many?. *Methods in ecology and evolution*, 3(2), 327-338.  
<https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00172.x>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2011.01.014>
- Basak, J., & Krishnapuram, R. (2005). Interpretable hierarchical clustering by constructing an unsupervised decision tree. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, 17(1), 121-132. 10.1109/TKDE.2005.11
- Batista, G. E., Prati, R. C., & Monard, M. C. (2004). A study of the behavior of several methods for balancing machine learning training data. *ACM SIGKDD explorations newsletter*, 6(1), 20-29. <https://doi.org/10.1145/1007730.1007735>
- Berrar, D. (2018). Bayes' theorem and naive Bayes classifier. *Encyclopedia of Bioinformatics and Computational Biology: ABC of Bioinformatics; Elsevier Science Publisher: Amsterdam, The Netherlands*, 403-412.
- Bhukya, D. P., & Ramachandram, S. (2010). Decision tree induction: an approach for data classification using AVL-tree. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, 2(4), 660.
- Bienkowski, M., Feng, M., & Means, B. (2012). Enhancing teaching and learning through educational data mining and learning analytics: An issue brief. *US Department of Education, Office of Educational Technology*, 1, 1-57.  
<https://eric.ed.gov/?id=ED611199>
- Borg, S., & Liu, Y. (2013). Chinese college English teachers' research engagement. *Tesol Quarterly*, 47(2), 270-299. <https://doi.org/10.1002/tesq.56>
- Bote-Lorenzo, M. L., & Gómez-Sánchez, E. (2017). Predicting the decrease of engagement indicators in a MOOC. *Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference*, 143-147.  
<https://doi.org/10.1145/3027385.3027387>

- Braga, P. H., & Bassani, H. F. (2018). A semi-supervised self-organizing map for clustering and classification. *2018 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. <https://doi.org/10.1109/IJCNN.2018.8489675>
- Bruckman A. (2006) Analysis of Log File Data to Understand Behavior and Learning in an Online Community. In: Weiss J., Nolan J., Hunsinger J., Trifonas P. (eds) *The International Handbook of Virtual Learning Environments*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3803-7\\_58](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3803-7_58)
- Buenaño-Fernández, D., Gil, D., & Luján-Mora, S. (2019). Application of Machine Learning in Predicting Performance for Computer Engineering Students: A Case Study. *Sustainability*, *11*(10), 2833. <https://doi.org/10.3390/su11102833>
- Campbell, J. P., DeBlois, P. B., & Oblinger, D. G. (2007, July 6). Academic analytics: A new tool for a new era. *EDUCAUSE review*, *42*(4), 40. <https://er.educause.edu/-/media/files/article-downloads/erm0742.pdf>
- Chaitra, P. C., & Kumar, R. S. (2018). A review of multi-class classification algorithms. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, *118*(14), 17-26. <https://www.acadpubl.eu/jsi/2018-118-14-15/articles/14/3.pdf>
- Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U., & Thüs, H. (2013). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, *4*(5-6), 318-331. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051815>
- Chen, M., Challita, U., Saad, W., Yin, C., & Debbah, M. (2019). Artificial neural networks-based machine learning for wireless networks: A tutorial. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, *21*(4), 3039-3071. <https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2926625>
- Collomb, A., Costea, C., Joyeux, D., Hasan, O., & Brunie, L. (2014). A study and comparison of sentiment analysis methods for reputation evaluation. *Rapport de recherche RR-LIRIS-2014-002*. <https://doi.org/10.1.1.646.9070>
- Das, K., & Behera, R. N. (2017). A survey on machine learning: concept, algorithms and applications. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, *5*(2), 1301-1309. <https://doi.org/10.15680/IJRCCE.2017.0502001>

- Dean, M. (2016). *THE GROWING IMPACT ANALYTICS IS HAVING ON EDUCATION*. Northeastern University Graduate Programs. <https://www.northeastern.edu/graduate/blog/learning-analytics/>
- Del Mar, C., & Askew, D. (2004). Building family/general practice research capacity. *The Annals of Family Medicine*, 2(2), 35-540. <https://doi.org/10.1370/afm.146>
- Demiriz, A., Bennett, K. P., & Embrechts, M. J. (1999). Semi-supervised clustering using genetic algorithms. *Artificial neural networks in engineering (ANNIE-99)*, 809-814.
- Dey, A. (2016). Machine learning algorithms: A review. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 7(3), 1174-1179.
- Dickey, M. D. (2006). Game design narrative for learning: Appropriating adventure game design narrative devices and techniques for the design of interactive learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 54(3), 245-263. <https://doi.org/10.1007/s11423-006-8806-y>
- Dietz-Uhler, B., & Hurn, J. E. (2013). Using learning analytics to predict (and improve) student success: A faculty perspective. *Journal of Interactive Online Learning*, 12(1), 17-26. <http://www.ncolr.org/jiol/issues/pdf/12.1.2.pdf>
- Ding, X., Liu, B., & Yu, P. S. (2008). A holistic lexicon-based approach to opinion mining. *Proceedings of the 2008 international conference on web search and data mining*, 231-240. <https://doi.org/10.1145/1341531.1341561>
- Dinh DT., Fujinami T., Huynh VN. (2019). Estimating the Optimal Number of Clusters in Categorical Data Clustering by Silhouette Coefficient. In: Chen J., Huynh V., Nguyen GN., Tang X. (eds) Knowledge and Systems Sciences. KSS 2019. *Communications in Computer and Information Science*, 11. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-1209-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-15-1209-4_1)
- Dubey, A., & Choubey, A. P. D. A. (2017). A systematic review on k-means clustering techniques. *Int J Sci Res Eng Technol*, 6(6).

- Dziak, J. J., Coffman, D. L., Lanza, S. T., Li, R., & Jermiin, L. S. (2020). Sensitivity and specificity of information criteria. *Briefings in bioinformatics*, 21(2), 553-565. <https://doi.org/10.1093/bib/bbz016>
- El Naqa, I., Li, R., & Murphy, M. J. (2015). Machine learning in radiation oncology: Theory and applications. Springer. <http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/64459/1/pdf.144>
- Er, E., Gómez-Sánchez, E., Dimitriadis, Y., Bote-Lorenzo, M. L., Asensio-Pérez, J. I., & Álvarez-Álvarez, S. (2019). Aligning learning design and learning analytics through instructor involvement: A MOOC case study. *Interactive Learning Environments*, 27(5-6), 685-698.  <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1610455>
- Fawcett, T. (2004). ROC graphs: Notes and practical considerations for researchers. *Machine learning*, 31(1), 1-38. <https://doi.org/10.1.1.123.4749>
- Ferguson, R. (2012). Learning analytics: Drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5-6), 304-317. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051816>
- Ferrer, J., Ringer, A., Saville, K., Parris, M. A., & Kashi, K. (2020). Students' motivation and engagement in higher education: The importance of attitude to online learning. *Higher Education*, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s10734-020-00657-5>
- Fitriani, S., Mandala, S., & Murti, M. A. (2016). Review of semi-supervised method for intrusion detection system. *2016 Asia Pacific Conference on Multimedia and Broadcasting (APMediaCast)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/APMediaCast.2016.7878168>
- Frank, E., Trigg, L., Holmes, G., & Witten, I. H. (2000). Naive Bayes for regression. *Machine Learning*, 41(1), 5-25. <https://doi.org/10.1023/A:1007670802811>
- Fredricks J.A., McColskey W. (2012). The Measurement of Student Engagement: A Comparative Analysis of Various Methods and Student Self-report Instruments. In: Christenson S., Reschly A., Wylie C. (eds) in *Handbook of Research on Student Engagement*. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7\\_37](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_37)

- Gamez, J. A., Rumí, R., & Salmeron, A. (2006). Unsupervised naive Bayes for data clustering with mixtures of truncated exponentials. *Probabilistic Graphical Models*, 123-130.
- García-Nieto, J., Alba, E., Jourdan, L., & Talbi, E. (2009). Sensitivity and specificity based multiobjective approach for feature selection: Application to cancer diagnosis. *Information Processing Letters*, 109(16), 887-896.  
<https://doi.org/10.1016/j.ipl.2009.03.029>
- Gašević, D., Dawson, S., & Siemens, G. (2015). Let's not forget: Learning analytics are about learning. *TechTrends*, 59(1), 64-71. <https://doi.org/10.1007/s11528-014-0822-x>
- Gelan, A., Fastré, G., Verjans, M., Martin, N., Janssenswillen, G., Creemers, M., & Thomas, M. (2018). Affordances and limitations of learning analytics for computer-assisted language learning: A case study of the VITAL project. *Computer Assisted Language Learning*, 31(3), 294-319.  
<https://doi.org/10.1080/09588221.2017.1418382>
- Gelso, C. J., Mallinckrodt, B., & Judge, A. B. (1996). Research training environment, attitudes toward research, and research self-efficacy: The revised Research Training Environment Scale. *The Counseling Psychologist*, 24(2), 304-322.  
<https://doi.org/10.1177/0011000096242010>
- Getsmarter. (2017). *What's The Difference Between Data Analytics And Data Analysis?*. <https://www.getsmarter.com/blog/career-advice/difference-data-analytics-data-analysis/>
- Ghaith, G. M. (2003). Relationship between reading attitudes, achievement, and learners perceptions of their Jigsaw II cooperative learning experience. *Reading Psychology*, 24(2). <https://doi.org/10.1080/02702710390197444>
- Glanville, J. L., & Wildhagen, T. (2007). The measurement of school engagement: Assessing dimensionality and measurement invariance across race and ethnicity. *Educational and Psychological Measurement*, 67(6), 1019-1041.  
<https://doi.org/10.1177/0013164406299126>

- Greller, W., & Drachsler, H. (2102). Translating learning into numbers: A generic framework for learning analytics. *Educational Technology and Society*, 19(3), 42-57. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.15.3.42>
- Grimm, P. (2010). Social desirability bias. *Wiley international encyclopedia of marketing*. <https://doi.org/10.1002/9781444316568.wiem02057>
- Gunawardena, C. N., Flor, N. V., Gómez, D., & Sánchez, D. (2016). Analyzing social construction of knowledge online by employing interaction analysis, learning analytics, and social network analysis. *Quarterly Review of Distance Education*, 17(3), 35. [https://digitalrepository.unm.edu/ulls\\_fsp/172/](https://digitalrepository.unm.edu/ulls_fsp/172/)
- Hadwin, A. F., Nesbit, J. C., Jamieson-Noel, D., Code, J., & Winne, P. H. (2007). Examining trace data to explore self-regulated learning. *Metacognition and Learning*, 2(2-3), 107-124. <https://doi.org/10.1007/s11409-007-9016-7>
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). Data mining concepts and techniques third edition. *The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems*, 5(4), 83-124.
- He, H., & Garcia, E. A. (2009). Learning from imbalanced data. *IEEE Transactions on knowledge and data engineering*, 21(9), 1263-1284. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2008.239>
- He, Q., Shahabi, H., Shirzadi, A., Li, S., Chen, W., Wang, N., Chai, H., Bian, H., Ma, J., Chen, Y., & Wang, X. (2019). Landslide spatial modelling using novel bivariate statistical based Naïve Bayes, RBF Classifier, and RBF Network machine learning algorithms. *Science of the total environment*, 663, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.329>
- Hemalatha, I., Varma, G. S., & Govardhan, A. (2013). Sentiment analysis tool using machine learning algorithms. *International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS)*, 2(2), 105-109.
- Hemmings, B., Grootenboer, P., & Kay, R. (2011). Predicting mathematics achievement: The influence of prior achievement and attitudes. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(3), 691-705. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9224-5>

- Herman, C., & Mustea, A. (2016). THE DEVELOPMENT OF INTERACTIVE CONTENT. *eLearning & Software for Education*, 3. <https://doi.org/10.12753/2066-026X-16-187>
- Hinton, G. E., & Salakhutdinov, R. R. (2006). Reducing the dimensionality of data with neural networks. *science*, 313(5786), 504-507. <https://doi.org/10.1126/science.1127647>
- Huang, H., Huang, J., Feng, Y., Zhang, J., Liu, Z., Wang, Q., & Chen, L. (2019). On the improvement of reinforcement active learning with the involvement of cross entropy to address one-shot learning problem. *PloS one*, 14(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217408>
- Huang, Y., McCullagh, P., Black, N., & Harper, R. (2007). Feature selection and classification model construction on type 2 diabetic patients' data. *Artificial intelligence in medicine*, 41(3), 251-262. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2007.07.002>
- Hussain, M., Zhu, W., Zhang, W., & Abidi, S. M. R. (2018). Student Engagement Predictions in an e-Learning System and Their Impact on Student Course Assessment Scores. *Computational intelligence and neuroscience*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/6347186>
- Hwang, G. J., Chu, H. C., & Yin, C. (2017). Objectives, methodologies and research issues of learning analytics. *Interactive Learning Environments*, 25(2), 143-146. <https://doi.org/10.1080/10494820.2017.1287338>
- Ifenthaler, D. (2017). Are higher education institutions prepared for learning analytics?. *TechTrends*, 61(4), 366-371. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0154-0>
- Jadhav, S. D., & Channe, H. P. (2016). Comparative study of K-NN, naive Bayes and decision tree classification techniques. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(1), 1842-1845. <https://doi.org/10.21275/v5i1.nov153131>
- Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern recognition letters*, 31(8), 651-666. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.09.011>



- Jeong, B., Cho, H., Kim, J., Kwon, S. K., Hong, S., Lee, C., & Heo, T. Y. (2020). Comparison between statistical models and machine learning methods on classification for highly imbalanced multiclass kidney data. *Diagnostics*, *10*(6), 415. <https://doi.org/10.3390/diagnostics10060415>
- Jo, I. H., Kim, D., & Yoon, M. (2015). Constructing proxy variables to measure adult learners' time management strategies in LMS. *Journal of Educational Technology & Society*, *18*(3), 214-225. <https://www.jstor.org/stable/pdf/jeductechsoci.18.3.214.pdf>
- Johnson, C. S., & Delawsky, S. (2013). Project-based learning and student engagement. *Academic research international*, *4*(4), 560. [http://www.savap.org.pk/journals/ARInt./Vol.4\(4\)/2013\(4.4-59\).pdf](http://www.savap.org.pk/journals/ARInt./Vol.4(4)/2013(4.4-59).pdf)
- Johnson, L., Becker, S. A., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Hall, C. (2016). *NMC horizon report: 2016 higher education edition*, 38-39. The New Media Consortium. <https://www.learnstechlib.org/p/171478/>
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A. and Haywood, K. (2011). *The Horizon Report: 2011 Edition*, The New Media Consortium, Austin, Texas. <http://cdc.qc.ca./pdf/2011-Horizon-Report-creative-commons-copy.pdf>
- Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, *349*(6245), 255-260. <https://doi.org/10.1126/science.aaa8415>
- Kabra, R. R., & Bichkar, R. S. (2011). Performance prediction of engineering students using decision trees. *International Journal of computer applications*, *36*(11), 8-12. <https://doi.org/10.1.1.736.9>
- Kang, R., Dabbish, L., & Sutton, K. (2016). Strangers on your phone: Why people use anonymous communication applications. *Proceedings of the 19th ACM conference on computer-supported cooperative work & social computing*, 359-370. <https://doi.org/10.1145/2818048.2820081>
- Károly, A. I., Fullér, R., & Galambos, P. (2018). Unsupervised clustering for deep learning: A tutorial survey. *Acta Polytechnica Hungarica*, *15*(8), 29-53. [http://acta.uni-obuda.hu/Karoly\\_Fuller\\_Galambos\\_87.pdf](http://acta.uni-obuda.hu/Karoly_Fuller_Galambos_87.pdf)

- Katrekar, A., & AVP, B. D. A. (2005). An introduction to sentiment analysis. *GlobalLogic Inc.* <https://www.globallogic.com/wp-content/uploads/2014/10/Introduction-to-Sentiment-Analysis.pdf>
- Khalil, M., & Ebner, M. (2017). Clustering patterns of engagement in Massive Open Online Courses (MOOCs): The use of learning analytics to reveal student categories. *Journal of computing in higher education*, 29(1), 114-132. <https://doi.org/10.1007/s12528-016-9126-9>
- Kharde, V., & Sonawane, P. (2016). Sentiment analysis of twitter data: A survey of techniques. *International Journal of Computer Applications*, 139(11), 5-15. <https://doi.org/10.5120/ijca2016908625>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2016.03.002>
- Kodinariya, T. M., & Makwana, P. R. (2013). Review on determining number of Cluster in K-Means Clustering. *International Journal*, 1(6), 90-95.
- Kotsiantis, S. B., Zaharakis, I., & Pintelas, P. (2007). Supervised machine learning: A review of classification techniques. *Emerging artificial intelligence applications in computer engineering*, 160, 3-24. <http://www.informatica.si/index.php/informatica/article/viewFile/148/140>
- Kuh, G. D. (2009). The national survey of student engagement: Conceptual and empirical foundations. *New directions for institutional research*, 141(1), 5-20. <https://doi.org/10.1002/ir.283>
- Kwak, S. K., & Kim, J. H. (2017). Statistical data preparation: management of missing values and outliers. *Korean journal of anesthesiology*, 70(4), 407. <https://doi.org/10.4097/kjae.2017.70.4.407>
- Lavanya, D., & Rani, K. U. (2011). Performance evaluation of decision tree classifiers on medical datasets. *International Journal of Computer Applications*, 26(4), 1-4. <https://doi.org/10.1.1.233.633>

- Lavanya, D., & Rani, K. U. (2012). Ensemble decision tree classifier for breast cancer data. *International Journal of Information Technology Convergence and Services*, 2(1), 17. <https://doi.org/10.5121/ijitcs.2012.2103>
- Lee, C. C., & Hsieh, M. C. (2009). The influence of mobile self-efficacy on attitude towards mobile advertising. *2009 International Conference on New Trends in Information and Service Science*, 1231-1236. <https://doi.org/10.5121/ijitcs.2012.2103>
- Lee, K., Booth, D., & Alam, P. (2005). A comparison of supervised and unsupervised neural networks in predicting bankruptcy of Korean firms. *Expert Systems with Applications*, 29(1), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.01.004>
- Lester, D. (2013). A Review of the Student Engagement Literature. *FOCUS on Colleges, Universities & Schools*, 7(1).
- Lever, J., Krzywinski, M., & Altman, N. (2016). Classification evaluation. *Nat Methods* 13, 603–604. <https://doi.org/10.1038/nmeth.3945>
- Li, H., Zhang, Z., & Liu, Z. (2017). Application of artificial neural networks for catalysis: A review. *Catalysts*, 7(10), 306. <https://doi.org/10.3390/catal7100306>
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
- Liberty, D. (2019, January 2). *Data Science vs. Data Analytics — What's the Difference?*. Sisense. <https://www.sisense.com/blog/data-science-vs-data-analytics/>
- Liu, B. (2012). Sentiment analysis and opinion mining. *Synthesis lectures on human language technologies*, 5(1), 1-167. <https://doi.org/10.2200/S00416ED1V01Y201204HLT016>
- Linden, A., & Yarnold, P. R. (2016). Using data mining techniques to characterize participation in observational studies. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 22(6), 839-847. <https://doi.org/10.1111/jep.12515>

- Lobo, J. M., Jiménez-Valverde, A., & Real, R. (2008). AUC: A misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global ecology and Biogeography*, 17(2), 145-151. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00358.x>
- Lockyer, L., Heathcote, E., & Dawson, S. (2013). Informing pedagogical action: Aligning learning analytics with learning design. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1439-1459. <https://doi.org/10.1177/0002764213479367>
- Ma, J., Han, X., Yang, J., & Cheng, J. (2015). Examining the necessary condition for engagement in an online learning environment based on learning analytics approach: The role of the instructor. *The Internet and Higher Education*, 24, 26-34. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2014.09.005>
- Mah, D. K. (2016). Learning analytics and digital badges: Potential impact on student retention in higher education. *Technology, knowledge and Learning*, 21(3), 285-305. <https://doi.org/10.1007/s10758-016-9286-8>
- Mallinckrodt, B., & Gelso, C. J. (2002). Impact of research training environment and Holland personality type: A 15-year follow-up of research productivity. *Journal of Counseling Psychology*, 49(1), 60. <https://doi.org/10.1037/0022-0167.49.1.60>
- Marsland, S. (2015). *Machine learning: An algorithmic perspective*. CRC press. <http://dai.fmph.uniba.sk/courses/ICI/References/marsland.machine-learning.2ed.2015.pdf>
- Maskooki, A. (2013). Improving the efficiency of a mixed integer linear programming based approach for multi-class classification problem. *Computers & Industrial Engineering*, 66(2), 383-388. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.07.005>
- McNamara, D. S., Allen, L., Crossley, S., Dascalu, M., & Perret, C. A. (2017). Natural language processing and learning analytics. *Handbook of learning analytics*, 93-104. <https://doi.org/10.18608/hla17.008>

- Mehlig, B. (2019). Artificial neural networks. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1901.05639>
- Mitchell, T. M. (2006). *The discipline of machine learning*, 9. Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon University, School of Computer Science, Machine Learning Department. <http://ra.adm.cs.cmu.edu/anon/usr0/ftp/anon/ml/CMU-ML-06-108.pdf>
- Mohammed, M., Khan, M. B., & Bashier, E. B. M. (2016). *Machine learning: algorithms and applications*. Crc Press. [http://www.ittoday.info/Excerpts/Introduction\\_to\\_Machine\\_Learning.pdf](http://www.ittoday.info/Excerpts/Introduction_to_Machine_Learning.pdf)
- Montgomery, M. R., Gragnolati, M., Burke, K. A., & Paredes, E. (2000). Measuring living standards with proxy variables. *Demography*, 37(2), 155-174. <https://doi.org/10.2307/2648118>
- Murphey, Y. L., Guo, H., & Feldkamp, L. A. (2004). Neural learning from unbalanced data. *Applied Intelligence*, 21(2), 117-128. <https://doi.org/10.1023/B:APIN.0000033632.42843.17>
- Nanjundan, S., Sankaran, S., Arjun, C. R., & Anand, G. P. (2019). Identifying the number of clusters for K-Means: A hypersphere density based approach. *arXiv preprint arXiv:1912.00643*.
- Novaković, J. D., Veljović, A., Ilić, S. S., Papić, Ž., & Milica, T. (2017). Evaluation of classification models in machine learning. *Theory and Applications of Mathematics & Computer Science*, 7(1), 39-46. <https://uav.ro/applications/se/journal/index.php/TAMCS/article/view/158>
- Ou, G., & Murphey, Y. L. (2007). Multi-class pattern classification using neural networks. *Pattern Recognition*, 40(1), 4-18. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2006.04.041>
- Papamitsiou, Z., & Economides, A. A. (2014). Learning analytics and educational data mining in practice: A systematic literature review of empirical evidence. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 49-64. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.17.4.49>
- Patel, H. H., & Prajapati, P. (2018). Study and analysis of decision tree based classification algorithms. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 6(10), 74-78.

- Patel, N., & Singh, D. (2015). An algorithm to construct decision tree for machine learning based on similarity factor. *International Journal of Computer Applications*, 111(10). <https://doi.org/0.1.1.695.2653>
- Patil, S., & Kulkarni, U. (2019). Accuracy prediction for distributed decision tree using machine learning approach. *2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*, 1365-1371. <https://doi.org/10.1109/ICOEI.2019.8862580>
- Pazmiño-Maji, R. A., García-Peñalvo, F. J., & Conde-González, M. A. (2017). Comparing Hierarchical Trees in Statistical Implicative Analysis & Hierarchical Cluster in Learning Analytics. *Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 49, 1-7. <https://doi.org/10.1145/3144826.3145399>
- Pedamkar, P. (n.d.). *Data Analytics vs Data Analysis*. EDUCBA. <https://www.educba.com/data-analytics-vs-data-analysis/>
- Peng, H., Cambria, E., & Hussain, A. (2017). A review of sentiment analysis research in Chinese language. *Cognitive Computation*, 9(4), 423-435. <https://doi.org/10.1007/s12559-017-9470-8>
- Pise, N. N., & Kulkarni, P. (2008, December). A survey of semi-supervised learning methods. *2008 International conference on computational intelligence and security*, 2, 30-34. IEEE. <https://doi.org/10.1109/CIS.2008.204>
- Poria, S., Cambria, E., & Gelbukh, A. (2016). Aspect extraction for opinion mining with a deep convolutional neural network. *Knowledge-Based Systems*, 108, 42-49. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2016.06.009>
- Priyam, A., Abhijeeta, G. R., Rathee, A., & Srivastava, S. (2013). Comparative analysis of decision tree classification algorithms. *International Journal of current/ engineering and technology*, 3(2), 334-337. <https://doi.org/10.1.1.1040.5524>
- Pugsee, P., & Niyomvanich, M. (2015). Sentiment analysis of food recipe comments. *ECTI Transactions on Computer and Information Technology (ECTI-CIT)*, 9(2), 182-193. <https://doi.org/10.37936/ecti-cit.201592.54421>

- Rahman, M. S., Ko, M., Warren, J., & Carpenter, D. (2016). Healthcare Technology Self-Efficacy (HTSE) and its influence on individual attitude: An empirical study. *Computers in Human Behavior*, *58*, 12-24.  
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.016>
- Rasmus, A., Berglund, M., Honkala, M., Valpola, H., & Raiko, T. (2015). Semi-supervised learning with ladder networks. *2015 Advances in Neural Information Processing Systems*, 3546–3554. <https://arxiv.org/abs/1507.02672>
- Ray, S. (2019). A quick review of machine learning algorithms. *2019 International conference on machine learning, big data, cloud and parallel computing (COMITCon)*, 35-39. <https://doi.org/10.1109/COMITCon.2019.8862451>
- Reddy, Y. C. A. P., Viswanath, P., & Reddy, B. E. (2018). Semi-supervised learning: A brief review. *Int. J. Eng. Technol*, *7*(1.8), 81.
- Rish, I. (2001). An empirical study of the naive Bayes classifier. *IJCAI 2001 workshop on empirical methods in artificial intelligence*, *3*(22), 41-46. <https://www.cc.gatech.edu/~isbell/reading/papers/Rish.pdf>
- Romero, C., & Ventura, S. (2010). Educational data mining: A review of the state of the art. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, *40*(6), 601-618. <https://doi.org/10.1109/TSMCC.2010.2053532>
- Rosé, C. P. (2017). Discourse analytics. *Handbook of learning analytics*, 105-114. Language Technologies Institute and Human-Computer Interaction Institute, Carnegie Mellon University, USA. <https://doi.org/10.18608/hla17.009>
- Rouse, M. (2019). What is Data Analytics?. TechTarget.  
<https://searchdatamanagement.techtarget.com/definition/data-analytics>
- Saputra, D. M., Saputra, D., & Oswari, L. D. (2020). Effect of distance metrics in determining k-value in k-means clustering using elbow and silhouette method. *Sriwijaya International Conference on Information Technology and Its Applications (SICONIAN)*, 341–346. Indonesia: Atlantis Press.

- 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. <https://doi.org/10.18201/ijisae.2019252786>
- Scharkow, M. (2016). The accuracy of self-reported internet use—A validation study using client log data. *Communication Methods and Measures*, 10(1), 13-27. <https://doi.org/10.1080/19312458.2015.1118446>
- Scheffel, M., Drachsler, H., Stoyanov, S., & Specht, M. (2014). Quality indicators for learning analytics. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 117-132. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.17.4.117>
- Schmidhuber, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural networks*, 61, 85-117. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003>
- Sclater, N., Peasgood, A., & Mullan, J. (2016). Learning analytics in higher education. *London: Jisc. Accessed February*, 8(2017), 176. [https://www.jisc.ac.uk/sites/default/files/learning-analytics-in-he-v2\\_0.pdf](https://www.jisc.ac.uk/sites/default/files/learning-analytics-in-he-v2_0.pdf)
- Sharma, V., Rai, S., & Dev, A. (2012). A comprehensive study of artificial neural networks. *International Journal of Advanced research in computer science and software engineering*, 2(10). <https://doi.org/10.1.1.468.9353>
- Siemens, G. (2013). Learning analytics: The emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1380-1400. <https://doi.org/10.1177/0002764213498851>
- Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE review*, 46(5), 30. <https://eric.ed.gov/?id=EJ950794>
- Snowball, J. D. (2014). Using interactive content and online activities to accommodate diversity in a large first year class. *Higher education*, 67(6), 823-838. <https://doi.org/10.1007/s10734-013-9708-7>
- Somvanshi, M., Chavan, P., Tambade, S., & Shinde, S. V. (2016). A review of machine learning techniques using decision tree and support vector machine. *2016 International Conference on Computing Communication Control and automation (ICCUBEA)*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/ICCUBEA.2016.7860040>.



- Soni, A., Kumar, V., Kaur, R., & Hemavath, D. (2018). Predicting student performance using data mining techniques. *International Journal of Pure and applied Mathematics*, 119(12), 221-227. <https://acadpubl.eu/hub/2018-119-12/articles/7/1591.pdf>
- Steiner, C. M., Kickmeier-Rust, M. D., & Albert, D. (2014). Learning analytics and educational data mining: An overview of recent techniques. *Learning analytics for and in serious games*, 6, 61-75.
- Suanpang, P., Petocz, P., & Kalceff, W. (2004). Student attitudes to learning business statistics: Comparison of online and traditional methods. *Journal of Educational Technology & Society*, 7(3), 9-20. <https://www.jstor.org/stable/pdf/jeductechsoci.7.3.9.pdf>
- Sun, Y., Wong, A. K., & Kamel, M. S. (2009). Classification of imbalanced data: A review. *International journal of pattern recognition and artificial intelligence*, 23(04), 687-719.
- Suthers, D., & Rosen, D. (2011). A unified framework for multi-level analysis of distributed learning. *Proceedings of the 1st international conference on learning analytics and knowledge*, 64-74. <https://doi.org/10.1145/2090116.2090124>
- Sutton R.S. (1992). Introduction: The Challenge of Reinforcement Learning. In: Sutton R.S. (eds) Reinforcement Learning. *The Springer International Series in Engineering and Computer Science* (Knowledge Representation, Learning and Expert Systems), 173. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3618-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3618-5_1)
- Suzuki, K. (2011). *Artificial neural networks: methodological advances and biomedical applications*. Rijeka, Croatia: InTech.
- Taheri, S., & Mammadov, M. (2013). Learning the naive Bayes classifier with optimization models. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, 23(4), 787-795. <https://doi.org/10.2478/amcs-2013-0059>

- 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).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.0030116>
- Tsai, Y. S., & Gasevic, D. (2017). Learning analytics in higher education challenges and policies: A review of eight learning analytics policies. *Proceedings of the seventh international learning analytics & knowledge conference*, 233-242. <https://doi.org/10.1145/3027385.3027400>
- Vembandasamy, K., Sasipriya, R., & Deepa, E. (2015). Heart diseases detection using Naive Bayes algorithm. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 2(9), 441-444.  
[http://ijset.com/vol2/v2s9/IJSET\\_V2\\_I9\\_54.pdf](http://ijset.com/vol2/v2s9/IJSET_V2_I9_54.pdf)
- Vens, C., Struyf, J., Schietgat, L., Džeroski, S., & Blockeel, H. (2008). Decision trees for hierarchical multi-label classification. *Machine learning*, 73(2), 185.  
<https://doi.org/10.1007/s10994-008-5077-3>
- Verbert, K., Duval, E., Klerkx, J., Govaerts, S., & Santos, J. L. (2013). Learning analytics dashboard applications. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1500-1509.
- Vinodhini, G., & Chandrasekaran, R. M. (2012). Sentiment analysis and opinion mining: A survey. *International Journal*, 2(6), 282-292.  
<https://doi.org/10.1177/0002764213479363>
- Vodermaier, A., & Millman, R. D. (2011). Accuracy of the Hospital Anxiety and Depression Scale as a screening tool in cancer patients: A systematic review and meta-analysis. *Supportive Care in Cancer*, 19(12), 1899-1908.  
<https://doi.org/10.1007/s00520-011-1251-4>
- Walczak, S. (2019). Artificial neural networks. *Advanced Methodologies and Technologies in Artificial Intelligence, Computer Simulation, and Human-Computer Interaction*, 40-53.
- Wen, M., Yang, D., & Rose, C. (2014). Sentiment Analysis in MOOC Discussion Forums: What does it tell us? *Educational data mining 2014*.  
<https://doi.org/10.1.1.660.5804>

- Wickens, M. R. (1972). A note on the use of proxy variables. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 759-761. <https://doi.org/10.2307/1912971>
- Xhemali, D., J HINDE, C., & G STONE, R. (2009). Naïve bayes vs. decision trees vs. neural networks in the classification of training web pages. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 4(1), 16-23. <http://cogprints.org/6708/>
- Xu, J., & Lange, K. (2019). Power k-means clustering. *International Conference on Machine Learning*, 6921-6931. <http://proceedings.mlr.press/v97/xu19a.html>
- Yadav, J., & Sharma, M. (2013). A Review of K-mean Algorithm. *Int. J. Eng. Trends Technol*, 4(7), 2972-2976. <https://doi.org/10.1.1.1074.5090>
- Yang, Y. T. C. (2012). Building virtual cities, inspiring intelligent citizens: Digital games for developing students' problem solving and learning motivation. *Computers & Education*, 59(2), 365-377. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.01.012>
- Yasami, Y., & Mozaffari, S. P. (2010). A novel unsupervised classification approach for network anomaly detection by k-Means clustering and ID3 decision tree learning methods. *The Journal of Supercomputing*, 53(1), 231-245. <https://doi.org/10.1007/s11227-009-0338-x>
- Ye, N., & Li, X. (2001). A machine learning algorithm based on supervised clustering and classification. *International Computer Science Conference on Active Media Technology*, 327-334. [https://doi.org/10.1007/3-540-45336-9\\_38](https://doi.org/10.1007/3-540-45336-9_38)
- Yu, T., & Jo, I. H. (2014). Educational technology approach toward learning analytics: Relationship between student online behavior and learning performance in higher education. *Proceedings of the Fourth International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, 269-270. <https://doi.org/10.1145/2567574.2567594>
- Zeng, G. (2020). On the confusion matrix in credit scoring and its analytical properties. *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 49(9), 2080-2093. <https://doi.org/10.1080/03610926.2019.1568485>
- Zhao, Y., & Zhang, Y. (2008). Comparison of decision tree methods for finding active objects. *Advances in Space Research*, 41(12), 1955-1959. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2007.07.020>

- Zheng, X., Zheng, P., & Zhang, R. Z. (2018). Machine learning material properties from the periodic table using convolutional neural networks. *Chemical science*, 9(44), 8426-8432. <https://doi.org/10.1039/c8sc02648c>
- Zhou, X., & Belkin, M. (2014). Semi-supervised learning. *Academic Press Library in Signal Processing*, 1, 1239-1269. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396502-8.00022-X>
- Zhou, M., & Winne, P. H. (2012). Modeling academic achievement by self-reported versus traced goal orientation. *Learning and Instruction*, 22(6), 413-419. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.03.004>
- Zhu, X. J. (2005). Semi-supervised learning literature survey. *Computer Sciences Technical Report 1530*. University of Wisconsin–Madison. <http://digital.library.wisc.edu/1793/60444>





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**



### แบบสอบถามการปฏิบัติและความคิดเห็นเกี่ยวกับการวิจัย

- คำชี้แจง** 1. แบบสอบถามความสามารถในการจัดการเรียนการสอนฉบับนี้มี 3 ตอน  
โปรดตอบทุกตอน
2. ข้อมูลการตอบแบบสอบถามของท่านจะถูกเก็บเป็นความลับและใช้ในการศึกษาเท่านั้น  
จะไม่มีผลกระทบต่อท่านแต่อย่างใด

#### ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

**คำชี้แจง** โปรดใส่เครื่องหมาย  ลงใน  หน้าคำตอบที่ตรงกับความจริง

1. เพศ <sub>1</sub> ชาย <sub>2</sub> หญิง
2. ชั้นปี <sub>1</sub> ชั้นปีที่ 1 <sub>2</sub> ชั้นปีที่ 2  
<sub>3</sub> ชั้นปีที่ 3 <sub>4</sub> ชั้นปีที่ 4 ขึ้นไป
3. เกรดเฉลี่ยสะสมปัจจุบัน <sub>1</sub> ต่ำกว่า 2.50 <sub>2</sub> 2.51 – 3.00  
<sub>3</sub> 3.01 – 3.50 <sub>4</sub> 3.51 – 4.00
4. สาขาวิชา <sub>1</sub> การศึกษาปฐมวัย <sub>2</sub> ประถมศึกษา  
<sub>3</sub> มัธยมศึกษา (วิทยาศาสตร์) <sub>4</sub> มัธยมศึกษา (มนุษยศาสตร์-สังคมศาสตร์)  
<sub>5</sub> สุขศึกษาและพลศึกษา <sub>6</sub> เทคโนโลยีการศึกษา  
<sub>7</sub> ศิลปศึกษา <sub>8</sub> ดนตรีศึกษา  
<sub>9</sub> ธุรกิจศึกษา <sub>10</sub> การศึกษานอกระบบโรงเรียน  
<sub>11</sub> จิตวิทยาการศึกษา การแนะแนว และการศึกษาพิเศษ

#### ตอนที่ 2 การปฏิบัติเกี่ยวกับการเรียนรู้และการอ่านงานวิจัย

**คำชี้แจง** โปรดใส่เครื่องหมาย  ลงใน  หน้าคำตอบที่ตรงกับระดับการปฏิบัติของท่านมากที่สุด

ข้อ	รายการคำถาม	ระดับการปฏิบัติ น้อยที่สุด<----->มากที่สุด				
		1	2	3	4	5
<b>ท่านปฏิบัติในประเด็นต่อไปนี้มากน้อยเพียงใด</b>						
1	อ่านงานวิจัยได้ต่อเนื่องเป็นเวลานาน	1	2	3	4	5
2	ตั้งใจอ่านงานวิจัยให้เข้าใจไม่ว่าจะยากหรือไม่คุ้นเคย	1	2	3	4	5
3	จัดสรรเวลาสำหรับอ่านงานวิจัยจนเป็นชีวิตประจำวันปกติของท่าน	1	2	3	4	5
4	อ่านงานวิจัยเป็นประจำแม้ว่าจะไม่ได้รับมอบหมายจากรายวิชาก็ตาม	1	2	3	4	5
5	ใช้ความพยายามอย่างเต็มที่ในการอ่านงานวิจัย	1	2	3	4	5
6	หาข้อมูลเพิ่มเติมหรือปรึกษาผู้อื่นหากรู้สึกติดขัดในการอ่านงานวิจัย	1	2	3	4	5

ข้อ	รายการคำถาม	ระดับการปฏิบัติ น้อยที่สุด<---->มากที่สุด				
		1	2	3	4	5
7	มักจะมิงานวิจัยติดตัวหรือค้นหางานวิจัยเพื่ออ่านในเวลาว่าง	1	2	3	4	5
8	มีแรงบันดาลใจให้ตนเองอ่านงานวิจัยอย่างสม่ำเสมอ	1	2	3	4	5
9	อ่านงานวิจัยอย่างไม่ลดละจนแน่ใจว่าได้สิ่งที่ต้องการ	1	2	3	4	5
10	นำผลวิจัยที่ได้จากการอ่านงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ต่อ	1	2	3	4	5
11	นำความรู้จากการวิจัยหรืองานวิจัยมาใช้ในการพัฒนาตนเอง	1	2	3	4	5
12	ชอบเรียนรู้เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาตนเองจากงานวิจัย	1	2	3	4	5
13	ได้รับแรงบันดาลใจที่จะใช้ความรู้หรือต่อยอดจากการอ่านงานวิจัย	1	2	3	4	5
14	นำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อน	1	2	3	4	5
15	ค้นหางานวิจัยหรือบทความเกี่ยวกับกรวิจัยเพื่อศึกษาความรู้เพิ่มเติม	1	2	3	4	5
16	ใช้งานวิจัยเป็นแหล่งข้อมูลหลักในการทำงานในรายวิชาต่าง ๆ	1	2	3	4	5
17	พัฒนาทักษะด้านการวิจัยของตนโดยศึกษาจากงานวิจัยของผู้อื่น	1	2	3	4	5
18	เพิ่มพูนความรู้ตนเองให้ทันสมัยอยู่เสมอด้วยการอ่านงานวิจัย	1	2	3	4	5
19	มักจะไม่เชื่อถือการนำเสนอข้อมูลที่ขาดงานวิจัยสนับสนุน	1	2	3	4	5
20	มุ่งมั่นตั้งใจที่จะทำวิจัยหรือกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัยให้สำเร็จ แม้วิจัยจะเป็นเรื่องยากสำหรับท่าน	1	2	3	4	5
21	ทุ่มเทพยายาม ใช้ความสามารถอย่างเต็มกำลังในการทำวิจัยหรือกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัยให้สำเร็จ	1	2	3	4	5
22	มีแรงบันดาลใจในการทำวิจัยต่อไป หลังจากได้ค้นหาคำตอบ เรียนรู้หรืออ่านงานวิจัยเพิ่มขึ้น	1	2	3	4	5
23	รู้สึกเวลาผ่านไปอย่างรวดเร็วในแต่ละครั้งที่ท่านทำวิจัยหรือกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัย	1	2	3	4	5
24	พยายามศึกษาเพิ่มเติมระหว่างทำวิจัยหรือกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัย เพื่อให้งานสำเร็จอย่างมีคุณภาพ	1	2	3	4	5
25	หาโอกาสทำวิจัยหรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับการทำวิจัยร่วมกับเพื่อนนักศึกษาคนอื่น ๆ	1	2	3	4	5
26	มุ่งมั่นต่อการเขียนรายงานหรืองานที่เป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมเกี่ยวกับวิจัยให้สำเร็จและส่งภายในเวลาที่กำหนด	1	2	3	4	5
27	ทุ่มเทกับการออกแบบงานวิจัยให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย	1	2	3	4	5
28	ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องจนกว่าจะมีข้อมูลที่หนักแน่นเพียงพอที่จะทำวิจัยหรือตอบคำถามเกี่ยวกับการวิจัยที่สนใจ	1	2	3	4	5
29	มุ่งมั่นกับการทำวิจัยหรือกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัยจนกว่าจะแน่ใจว่าตอบคำถามได้อย่างครบถ้วน	1	2	3	4	5



ตอนที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับวิจัย

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย  ลงใน  หน้าคำตอบที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ข้อ	รายการคำถาม	ระดับความคิดเห็น น้อยที่สุด<---->มากที่สุด				
		1	2	3	4	5
<b>ท่านเห็นด้วยกับประเด็นต่อไปนี้มากน้อยเพียงใด</b>						
1	ประสบการณ์ที่ได้จากการค้นคว้าและอ่านงานวิจัย จะช่วยในการสร้างแนวคิดหรือออกแบบการวิจัยครั้งต่อไปให้มีความเหมาะสม	1	2	3	4	5
2	การอ่านงานวิจัยที่หลากหลายถือว่ามีประโยชน์ แม้จะยังไม่สามารถทำความเข้าใจเนื้อหาได้ทั้งหมด	1	2	3	4	5
3	การฝึกทำกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัยให้ผลที่คุ้มค่ากับเวลาที่เสียไป เพราะช่วยให้เข้าใจและทำวิจัยได้ดีขึ้น	1	2	3	4	5
4	การเรียนรู้เกี่ยวกับการวิจัยและการได้ฝึกทำกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัย เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ได้พัฒนาตนเอง	1	2	3	4	5
5	การแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นกับเพื่อน ทำให้ได้ตรวจสอบความเข้าใจและได้แนวคิดที่หลากหลายเกี่ยวกับการวิจัย	1	2	3	4	5
6	รู้สึกอยากทำวิจัยเพื่อแก้ปัญหาหรือค้นหาคำตอบในประเด็นที่สนใจ	1	2	3	4	5
7	รู้สึกอยากทำงานวิจัยให้ออกมาอย่างมีคุณภาพและมีประโยชน์	1	2	3	4	5
8	ยินดีที่จะแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็นเกี่ยวกับการวิจัยกับผู้อื่น	1	2	3	4	5
9	เต็มใจทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่ได้รับมอบหมาย เพื่อพัฒนาทักษะการวิจัยของตนเอง	1	2	3	4	5
10	ตั้งใจจะค้นคว้าและเรียนรู้เกี่ยวกับการวิจัยในประเด็นใหม่ ๆ เพื่อพัฒนาตนเอง	1	2	3	4	5



## แนวทางการออกแบบกิจกรรมในระบบการจัดการเรียนรู้

หน่วยกิจกรรมหลักที่ 1: การกำหนดปัญหาวิจัย
<p>▪ <b>เรียงร้อยอย่างไรให้เชื่อมโยง</b></p> <p><b>ลักษณะกิจกรรม::</b>            ผู้เรียนพิจารณาที่มาและความสำคัญของปัญหาที่ยกมาจากงานวิจัยหนึ่ง และเรียงลำดับการนำเสนอเนื้อหาให้สอดคล้องและเหมาะสม ด้วยการลากและวาง (drag and drop) ลงพื้นที่ที่จัดแบ่งไว้เป็นลำดับ มีการตรวจคำตอบและบอกคะแนนทันทีหลังกดส่ง และผู้เรียนสามารถทำใหม่ได้หลายครั้งจนกว่าจะเรียงลำดับถูกต้องทั้งหมด หรือตามความพอใจ</p> <p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม::</b>            นำส่วนของการนำเสนอที่มาและความสำคัญของปัญหาจากบทความวิจัย ให้ผู้เรียนศึกษาและพิจารณาการเขียนในภาพใหญ่ โดยนำที่มาจาก มาตัดแบ่งเป็นส่วนย่อยตามย่อหน้าของเนื้อหา และวางตำแหน่งใหม่ในหน้ากิจกรรมแบบสลับและไม่เชื่อมโยงกัน เพื่อให้ผู้เรียนพิจารณาการเขียนแต่ละส่วนและจัดเรียงลำดับการนำเสนอใหม่ให้ออกมาเป็นการนำเสนอที่มาและความสำคัญของปัญหาที่เหมาะสม</p> <p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง::</b>            เพื่อให้ผู้เรียนมองเห็นภาพรวมของการเขียนที่มาและความสำคัญของปัญหาในแต่ละส่วนมีการนำเสนอหรือบอกเล่าประเด็นที่เชื่อมต่อกันในแต่ละย่อหน้าเป็นลำดับอย่างสอดคล้อง เป็นเหตุเป็นผลรองรับกัน จนนำไปสู่การนำเสนอข้อเสนอที่จะศึกษาวิจัยในท้ายที่สุด</p>
<p>▪ <b>ส่วนประกอบของการเขียนที่มาและความสำคัญของปัญหา</b></p> <p><b>ลักษณะกิจกรรม::</b>            ผู้เรียนอ่านเนื้อความที่นำเสนอในที่มาและความสำคัญของปัญหาที่ตัดแบ่งแต่ละส่วน และพิจารณาว่าเนื้อความดังกล่าวกำลังชี้ให้เห็นถึงส่วนประกอบหลักใดหรือประเด็นสำคัญใด โดยเลือกคำตอบจากตัวเลือกที่กำหนดให้ โดยประกอบด้วย การเลือกตอบจากหลายตัวเลือก (multiple choice) การลากและวางลงพื้นที่ที่จัดแบ่งไว้ (drag and drop) การเลือกตอบว่าถูกหรือผิด (true or false) มีการตรวจคำตอบและบอกคะแนนทันทีหลังกดส่ง และผู้เรียนสามารถทำใหม่ได้หลายครั้งตามความพอใจ</p> <p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม::</b>            นำส่วนของที่มาและความสำคัญของปัญหาจากบทความวิจัยมาแบ่งส่วนเนื้อความตามประเด็นเป้าหมายหรือส่วนประกอบหลักที่สำคัญ เพื่อให้ผู้เรียนศึกษาและพิจารณาว่าแต่ละส่วนกำลังเสนอหรือชี้ให้เห็นประเด็นสำคัญใด เช่น สภาพที่ควรจะเป็น หรือสภาพปัจจุบันของปัญหา และระบุใจความหลักที่สรุปได้จากการอ่านในส่วนเนื้อหาที่กำหนดตามตัวเลือกที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นตัวเลือกที่คล้ายคลึงกันและมีความเป็นไปได้ในบริบททั่วไป ผู้เรียนจำเป็นต้องอ่านอย่างตั้งใจเพื่อให้สามารถหาตัวเลือกที่สอดคล้องกับสิ่งที่นำเสนอในงานวิจัยนั้น ๆ ได้ รวมถึงนำส่วนของคำถามวิจัยและวัตถุประสงค์การวิจัยจากบทความ ให้ผู้เรียนพิจารณาและจับคู่ให้สอดคล้องกัน</p>

<p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง::</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เพื่อให้ผู้เรียนทราบถึงส่วนประกอบหลักที่สำคัญที่ควรนำเสนอในการแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของปัญหาวิจัยและความสำคัญของการทำวิจัยนั้น ๆ ได้แก่ ความสำคัญหรือสภาพที่ควรจะเป็น (what should be) สภาพปัญหาปัจจุบันของปัญหา (what is/ problem situation) ช่องว่างของความรู้หรือช่องว่างของการวิจัย (research gap) และข้อเสนอที่จะศึกษาวิจัย (research statement)</li> <li>- เพื่อให้ผู้เรียนสามารถระบุสาระหรือใจความสำคัญจากการอ่าน และระบุส่วนประกอบที่เนื้อความกำลังกล่าวถึงในแต่ละย่อหน้าได้</li> <li>- เพื่อให้ผู้เรียนทราบว่ากระบวนการระบุวัตถุประสงค์การวิจัยและคำถามวิจัยต้องมีความสอดคล้องกัน</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>■ ชื่อเรื่องงานวิจัยบอกอะไรบ้าง</b></p>
<p><b>ลักษณะกิจกรรม::</b></p> <p>งานวิจัยตามประเด็นของระเบียบวิธีวิจัยที่กำหนด โดยใช้การเติมคำในช่องว่าง (fill in the blank) มีการตรวจคำตอบและบอกคะแนนทันทีหลังจัดส่ง และผู้เรียนสามารถทำใหม่ได้หลายครั้งตามความพอใจผู้เรียนพิจารณาชื่อเรื่องของงานวิจัยที่กำหนดให้ และระบุชื่อหรือรายการที่ปรากฏอยู่ในชื่อเรื่องของ</p> <p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม::</b></p> <p>นำชื่อเรื่องงานวิจัยภาษาไทยที่มีการระบุส่วนประกอบของระเบียบวิธีวิจัยที่ชัดเจน อยู่ในขอบเขตเนื้อหาวิชา และไม่ซับซ้อนมากเกินไป เพื่อให้ผู้เรียนสามารถตอบคำถามและมองเห็นภาพรวมเบื้องต้นของวิธีการตั้งชื่องานวิจัยได้ โดยกำหนดส่วนประกอบย่อยของระเบียบวิธีวิจัยที่มีพบได้ทั่วไป ได้แก่ ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างวิจัยที่ศึกษา และวิธีวิทยาการวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้เรียนระบุรายการที่สอดคล้องกับส่วนประกอบที่ปรากฏในชื่อเรื่อง โดยในแต่ละชื่อเรื่องอาจมีส่วนประกอบที่กำหนดครบหรือไม่มีในบางรายการก็ได้ ดังนั้นผู้เรียนต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ</p> <p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง::</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เพื่อให้ผู้เรียนทราบว่าในการตั้งชื่อเรื่องของงานวิจัยโดยทั่วไปสามารถมีหรือระบุส่วนประกอบใดได้บ้างในชื่อเรื่อง เช่น ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างวิจัยที่ศึกษา และวิธีวิทยาการวิจัยที่เกี่ยวข้อง</li> <li>- เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะและระบุชื่อรายการตามส่วนประกอบของงานวิจัยเบื้องต้นที่ปรากฏในชื่อเรื่อง</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>■ ปัญหาเช่นนี้ ควรมีชื่อเรื่องเช่นไร</b></p>
<p><b>ลักษณะกิจกรรม::</b></p> <p>นำส่วนของที่มาและความสำคัญของปัญหาจากบทความวิจัย ให้ผู้เรียนศึกษาข้อมูลสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น และให้ผู้เรียนลองตั้งชื่อเรื่องและวัตถุประสงค์วิจัยให้สอดคล้องกับที่มาและความสำคัญของปัญหาที่ได้อ่าน โดยเป็นการตอบแบบปลายเปิด ไม่มีการให้คะแนนหลังส่งคำตอบ</p> <p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม::</b></p> <p>นำส่วนของที่มาและความสำคัญของปัญหาจากบทความวิจัยที่มีการลำดับเชื่อมโยงอย่างเหมาะสม และมีการนำเสนอส่วนประกอบหลักที่สำคัญเพื่อแสดงให้เห็นถึงความสำคัญหรือจำเป็นของการทำวิจัยเพื่อแก้ปัญหาวิจัย</p>

<p>พร้อมมีเหตุผลสนับสนุนที่เพียงพอเหมาะสม เพื่อฝึกให้ผู้เรียนสามารถออกแบบงานวิจัยเบื้องต้นจากข้อมูลที่มีอยู่ได้ โดยการกำหนดเป็นชื่อเรื่องงานวิจัย และวัตถุประสงค์งานวิจัยที่ต้องการศึกษา</p> <p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง::</b></p> <p>เพื่อให้ผู้เรียนสามารถออกแบบงานวิจัยเบื้องต้น ได้แก่ การตั้งชื่อเรื่องงานวิจัย และวัตถุประสงค์การวิจัยให้สอดคล้องกับปัญหาวิจัยและข้อมูลสนับสนุนเกี่ยวกับสภาพการณ์ต่าง ๆ ของปัญหาวิจัยที่ระบุไว้ในที่มาและความสำคัญของปัญหา</p>
<p><b>หน่วยกิจกรรมหลักที่ 2: สมมุติฐานในงานวิจัย</b></p>
<p>■ <b>สมมุติฐานการวิจัยควรเป็นอย่างไร</b></p>
<p><b>ลักษณะกิจกรรม::</b></p> <p>ผู้เรียนพิจารณาตัวอย่างของรายการข้อความที่กำหนดให้ โดยจัดกลุ่มข้อความให้สอดคล้องกับประเด็นที่กำหนดได้แก่ รายการที่สามารถกำหนดเป็นสมมุติฐานการวิจัยได้ และรายการที่ไม่เป็นสมมุติฐานการวิจัย โดยใช้การลากและวางลงพื้นที่ที่จัดแบ่งไว้ (drag and drop) มีการตรวจคำตอบและบอกคะแนนทันทีหลังกดส่ง และผู้เรียนสามารถทำใหม่ได้หลายครั้งตามความพอใจ</p> <p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม::</b></p> <p>ให้ผู้เรียนพิจารณาเกี่ยวกับสมมุติฐานที่พบเห็นในงานวิจัยจากรายการข้อความต่าง ๆ โดยยกตัวอย่างข้อความที่มีหลายลักษณะซึ่งมักเกิดความสับสนว่าแสดงถึงสมมุติฐานในงานวิจัย เช่น ข้อความที่เป็นส่วนหนึ่งของผลการวิจัย การบรรยายข้อมูลการวิจัย ข้อความที่เป็นข้อเท็จจริง รวมถึงข้อความที่แสดงถึงสมมุติฐานการวิจัย</p> <p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง::</b></p> <p>เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างและจำแนกการรายการข้อความที่สามารถกำหนดให้เป็นสมมุติฐานการวิจัยที่เหมาะสมได้</p>
<p>■ <b>ทิศทางของสมมุติฐานการวิจัย</b></p>
<p><b>ลักษณะกิจกรรม::</b></p> <p>ผู้เรียนพิจารณาตัวอย่างของสมมุติฐานที่พบในงานวิจัยและจัดกลุ่มสมมุติฐานดังกล่าวให้สอดคล้องกับประเภทที่กำหนด ได้แก่ สมมุติฐานแบบมีทิศทางและไม่มีทิศทาง การเติมคำในช่องว่าง (fill in the blank) มีการตรวจคำตอบและบอกคะแนนทันทีหลังกดส่ง และผู้เรียนสามารถทำใหม่ได้หลายครั้งตามความพอใจ</p> <p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม::</b></p> <p>ให้ผู้เรียนพิจารณาเกี่ยวกับสมมุติฐานที่พบเห็นในงานวิจัยแบบประเภทย่อย ได้แก่ สมมุติฐานแบบมีทิศทางและสมมุติฐานแบบไม่มีทิศทาง ในกิจกรรมจะเน้นการให้ตัวอย่างสมมุติฐานต่าง ๆ ที่สามารถพบเห็นได้ ทั้งการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หรือทิศทางความสัมพันธ์ของตัวแปร เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างและจำแนกสมมุติฐานที่กำหนดให้ออกตามประเภทที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง และมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างสมมุติฐานหลักแต่ละประเภท</p> <p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง::</b></p> <p>เพื่อให้ผู้เรียนสามารถจำแนกระหว่างสมมุติฐานแบบมีทิศทาง และสมมุติฐานแบบไม่มีทิศทางได้</p>

<p>▪ <b>สมมุติฐานในงานวิจัยบอกอะไร</b></p>
<p><b>ลักษณะกิจกรรม::</b></p> <p>ให้ผู้เรียนศึกษาตัวอย่างงานวิจัยที่ละตัวอย่าง โดยเน้นในส่วนของการกำหนดสมมุติฐานของการวิจัย และตอบคำถามที่กำหนดให้ นั่นคือ สมมุติฐานที่ระบุในงานวิจัยเป็นสมมุติฐานในการทดสอบทางสถิติเกี่ยวกับอะไร โดยเป็นการทำกิจกรรมแบบการเลือกตอบจากหลายตัวเลือก (multiple choice) มีการตรวจคำตอบและบอกคะแนนทันทีหลังกดส่ง และผู้เรียนสามารถทำใหม่ได้หลายครั้งตามความพอใจ</p> <p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม::</b></p> <p>ให้ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการระบุสมมุติฐานในการวิจัยชัดเจน ทั้งนี้ผู้เรียนไม่จำเป็นต้องเรียนรู้ในหัวข้อสถิติมาก่อนก็สามารถทำได้ เนื่องจากมีการให้รายละเอียดและสามารถหาคำตอบได้จากข้อมูลในงานวิจัย โดยมีงานวิจัยที่ทดสอบสมมุติฐานทางสถิติที่แตกต่างกัน ได้แก่ การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม (t-test), การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมากกว่า 2 กลุ่ม (anova), การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Pearson correlation &amp; chi-square) ให้ผู้เรียนศึกษาจากการอ่านงานวิจัยที่ละเรื่อง ซึ่งแต่ละเรื่องมีการทดสอบสมมุติฐานเพียงประเภทเดียว เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเห็นความแตกต่างและความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่น่าเสนอในงานวิจัยและการระบุข้อคาดการณ์ที่ต้องการทดสอบในรูปของสมมุติฐาน รวมถึงเป้าหมายของการทดสอบในเชิงสถิติได้</p> <p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง::</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เพื่อให้ผู้เรียนสามารถระบุเป้าหมายของการทดสอบทางสถิติจากการอ่านงานวิจัยและสมมุติฐานที่ระบุในงานวิจัยได้</li> <li>- เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างการนำเสนอสมมุติฐานการวิจัย สมมุติฐานทางสถิติและการให้ข้อมูลสนับสนุนในงานวิจัย</li> </ul>
<p>▪ <b>[Quiz] ทบทวนเรื่องสมมุติฐาน</b></p>
<p><b>ลักษณะกิจกรรม::</b></p> <p>ผู้เรียนทำแบบทดสอบเกี่ยวกับสมมุติฐานการวิจัย โดยพิจารณาคำถามและเลือกตอบตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุด โดยมีการตอบหลายรูปแบบ ได้แก่ ประกอบด้วย การเลือกตอบจากหลายตัวเลือก (multiple choice) การจับคู่ (matching) และการลากและวางลงพื้นที่ที่จัดแบ่งไว้ (drag and drop)</p> <p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม::</b></p> <p>เป็นกิจกรรมที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบที่มีการถามประเด็นย่อยหลายประเด็นแตกต่างกันไป เพื่อเป็นการให้ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้ทั้งจากการทำกิจกรรมในระบบและจากการเรียนในห้องเรียน</p> <p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง::</b></p> <p>เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับสมมุติฐานในงานวิจัยมากยิ่งขึ้น ได้แก่ ความหมายของสมมุติฐาน ที่มาของสมมุติฐาน ความสอดคล้องระหว่างสมมุติฐานการวิจัยและเหตุผลสนับสนุน รวมถึงลักษณะของสมมุติฐานแต่ละประเภทตามการแบ่งที่ต่างกัน</p>

<b>หน่วยกิจกรรมหลักที่ 3: ตัวแปรวิจัยและกรอบแนวคิดการวิจัย</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>ตัวแปรและกรอบแนวคิด 1: การเรียนการสอนคีย์บอร์ดโดยใช้เกม Music Land</b></li> <li>▪ <b>ตัวแปรและกรอบแนวคิด 2: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีเหตุผล</b></li> </ul>
<p><b>ลักษณะกิจกรรม::</b></p> <p>ให้ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการนำเสนอเกี่ยวกับตัวแปรวิจัยที่เกี่ยวข้อง และกรอบแนวคิดของการวิจัย ประกอบกรอบแนวคิดการวิจัยที่เขียนได้เหมาะสมแล้วและยังไม่เหมาะสม ผู้เรียนศึกษางานวิจัยที่กำหนดให้และตอบคำถามเกี่ยวกับตัวแปรต้นและตัวแปรตามในงานวิจัย ประเภทของตัวแปรดังกล่าวว่ามีลักษณะเป็นตัวแปรต่อเนื่องหรือตัวแปรจัดประเภท โดยเป็นการเขียนตอบ และให้ผู้เรียนพิจารณากรอบแนวคิดในตัวอย่างงานวิจัยที่กำหนดให้ว่ามีการนำเสนอได้อย่างถูกต้องหรือเหมาะสมหรือไม่ พร้อมให้ผู้เรียนสร้างกรอบแนวคิดใหม่ เป็นการปรับกรอบแนวคิดให้มีความถูกต้อง หรือกรณีที่กรอบแนวคิดในงานวิจัยมีการนำเสนอที่ถูกต้องแล้ว แต่ยังมีวิธีการเขียนในรูปแบบอื่น ผู้เรียนก็สามารถนำเสนอเพิ่มเติมได้เช่นกัน โดยเป็นกิจกรรมปลายเปิด ไม่มีการให้คะแนนภายหลังส่งคำตอบ</p> <p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม::</b></p> <p>ให้ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการให้ข้อมูลตัวแปรต้นและตัวแปรตาม รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอย่างชัดเจน และมีการนำเสนอกรอบแนวคิดการวิจัยในบทความ โดยประกอบด้วยตัวอย่างงานวิจัยที่มีการนำเสนอกรอบแนวคิดที่ถูกต้อง และตัวอย่างงานวิจัยที่นำเสนอกรอบแนวคิดการวิจัยที่ยังไม่ถูกต้องหรือยังสามารถมีการเขียนให้เหมาะสมขึ้นได้ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นว่าการเขียนกรอบแนวคิดการวิจัยแบบหลากหลาย และสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบว่าในกรอบแนวคิดระบุตัวแปรถูกต้องหรือไม่ และแสดงเส้นทางความสัมพันธ์สอดคล้องกับข้อมูลที่ให้ในงานวิจัยหรือไม่ นอกจากนี้ ในกรณีที่ผู้เรียนมีความเห็นว่างานวิจัยดังกล่าวยังมีกรอบแนวคิดที่ไม่ถูกต้องนั้น กิจกรรมยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับการปรับกรอบแนวคิดเดิมหรือเขียนกรอบแนวคิดการวิจัยที่เป็นทางเลือกอื่นที่ทำให้มีความเหมาะสมมากขึ้น</p> <p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง::</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เพื่อให้ผู้เรียนสามารถระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย พร้อมประเภทของตัวแปรดังกล่าว เช่น ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรจัดประเภท หรือตัวแปรไม่ต่อเนื่อง</li> <li>- เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในงานวิจัยที่อ่านได้ และสามารถเขียนกรอบแนวคิดการวิจัยที่แสดงตัวแปรและเส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้อย่างถูกต้อง</li> <li>- เพื่อให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ความถูกต้องและเหมาะสมของกรอบแนวคิดในงานวิจัย และนำเสนอแนวทางการปรับปรุงกรอบแนวคิดให้เหมาะสมขึ้นได้</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>[Quiz] ตัวแปรวิจัยน่าสงสัย</b></li> </ul>
<p><b>ลักษณะกิจกรรม::</b></p> <p>ผู้เรียนทำแบบทดสอบเกี่ยวกับตัวแปรวิจัย ได้แก่ การจำแนกสิ่งที่เป็นตัวแปรและสิ่งที่เป็นค่าคงที่ และการระบุประเภทของตัวแปรตามเงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยพิจารณาคำถามและเลือกตอบตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุด โดยมีการตอบหลายรูปแบบ ได้แก่ การเลือกตอบจากหลายตัวเลือก (drop down) และการลากข้อความและวางลงพื้นที่ที่จัดแบ่งไว้ (drag and drop) ให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด</p>

<p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม::</b></p> <p>เป็นกิจกรรมที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบที่มีการถามประเด็นย่อยเกี่ยวกับตัวแปรวิจัยหลายประเด็นแตกต่างกันไป เพื่อเป็นการให้ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้ทั้งจากการทำกิจกรรมในระบบและการเรียนในห้องเรียน</p> <p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง::</b></p> <p>เพื่อให้ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้เกี่ยวกับตัวแปรวิจัย โดยสามารถจำแนกระหว่างรายการที่เป็นตัวแปรและไม่ใช้ตัวแปรได้ จำแนกตัวแปรประเภทตัวแปรต่อเนื่องและตัวแปรจัดกลุ่ม รวมถึงระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุมและตัวแปรแทรกซ้อนจากสถานการณ์ที่กำหนดให้</p>
<p><b>หน่วยกิจกรรมหลักที่ 4: การวิจัยเชิงสำรวจ</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ งานวิจัย 1: ความเชื่อมั่นและความสำเร็จของสภานั่งสี่พิมพ์</li> <li>▪ งานวิจัย 2: การสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่</li> </ul>
<p><b>ลักษณะกิจกรรม::</b></p> <p>ให้ตัวอย่างงานวิจัยเชิงสำรวจ 2 เรื่อง ผู้เรียนศึกษางานวิจัยแต่ละเรื่องและตอบคำถามที่กำหนดให้ โดยเป็นคำถามเกี่ยวกับเป้าหมายและการออกแบบงานวิจัยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ เป้าหมาย เครื่องมือวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ เพื่อให้ผู้เรียนมองเห็นลักษณะของการวิจัยเชิงสำรวจ ด้วยการอ่านงานวิจัยในส่วนสำคัญและตอบคำถามที่เกี่ยวข้อง โดยมีการตอบหลายรูปแบบ ได้แก่ การเลือกตอบจากหลายตัวเลือก (multiple choice) การจับคู่ (matching) โดยลากและวางลงพื้นที่ที่จัดแบ่งไว้ (drag and drop) มีการตรวจคำตอบและบอกคะแนนทันทีหลังกดส่ง</p> <p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม::</b></p> <p>ให้ตัวอย่างงานวิจัยประเภทงานวิจัยเชิงสำรวจ 2 เรื่องที่มีความแตกต่างกันในประเด็นเกี่ยวกับระเบียบวิธีวิทยาการวิจัยบางส่วน ให้ผู้เรียนศึกษางานวิจัยแต่ละเรื่อง ซึ่งจากคำถามนั้น ผู้เรียนต้องอาศัยการอ่านงานวิจัยทั้งเรื่องหรือส่วนหลักเกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย เพื่อหาข้อมูลในการตอบคำถามที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการวิจัย ประชากรและตัวอย่างวิจัย การได้มาซึ่งตัวอย่าง เครื่องมือวิจัยและตัวแปรที่ต้องการวัด การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ</p> <p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง::</b></p> <p>เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอ่านงานวิจัยเชิงสำรวจและได้สารสนเทศที่สำคัญเกี่ยวกับเป้าหมายและการออกแบบงานวิจัยส่วนต่าง ๆ โดยสามารถระบุเกี่ยวกับ วัตถุประสงค์การวิจัย การออกแบบการได้มาซึ่งตัวอย่าง (sampling method) การออกแบบการวัด โดยสามารถระบุประเภทของเครื่องมือวิจัยหลักและตัวแปรที่ต้องการวัด รวมถึงการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ↳ ประชากรและการได้มาซึ่งตัวอย่างควรเป็นอย่างไร (งานวิจัย 1)</li> <li>▪ ↳ เสนอแนวทางใหม่ในการได้มาซึ่งตัวอย่าง (งานวิจัย 2)</li> </ul>
<p><b>ลักษณะกิจกรรม::</b></p> <p>เป็นกิจกรรมที่มีความต่อเนื่องจากกิจกรรมการตอบคำถามของงานวิจัยก่อนหน้า โดยในส่วนนี้เกี่ยวข้องกับการระบุประชากร ตัวอย่างวิจัย และวิธีการได้มาซึ่งตัวอย่าง โดยเป็นการทำกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบด้วยการโพสต์ข้อความ ซึ่งไม่มีการให้คะแนนหลังจากการส่งคำตอบ</p>



<p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม::</b></p> <p>ต่อเนื่องจากตัวอย่างงานวิจัยประเภทงานวิจัยเชิงสำรวจ 2 เรื่องข้างต้น โดยมีตัวอย่างงานวิจัยที่ไม่มีการระบุประชากรและตัวอย่างวิจัย รวมถึงมีการดำเนินงานวิจัยที่เหมาะสมและตัวอย่างงานวิจัยที่มีการออกแบบงานวิจัยบางส่วนที่อาจไม่เหมาะสม เช่น การได้มาซึ่งตัวอย่างที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย ในส่วนนี้จะมีคำถามให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ความเหมาะสมและนำเสนอแนวทางในการได้มาซึ่งตัวอย่างวิธีอื่น โดยคำนึงถึงการได้ตัวอย่างวิจัยที่มีความเป็นตัวแทนที่ดีของประชากร</p> <p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง::</b></p> <p>เพื่อให้ผู้เรียนสามารถระบุประชากรและตัวอย่างวิจัย และเห็นความสำคัญของความเป็นตัวแทนที่ดีของประชากร (representativeness) รวมถึงสามารถออกแบบแนวทางการได้มาซึ่งตัวอย่างที่เหมาะสมได้</p>
<p>▪ <b>ร่วมอภิปรายเกี่ยวกับการวิจัยเชิงสำรวจ</b></p>
<p><b>ลักษณะกิจกรรม::</b></p> <p>เป็นกระดานสนทนา (forum) ให้ผู้เรียนเข้ามาร่วมกันแสดงความคิดเห็นและร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการได้มาซึ่งตัวอย่างของงานวิจัยเชิงสำรวจที่กำหนดให้ โดยสามารถส่งข้อความแสดงความคิดเห็นทางเดียว หรือโต้ตอบระหว่างเพื่อนได้ มีหัวข้ออภิปรายหลักที่กำหนดไว้ ได้แก่ วิธีการสุ่มตัวอย่าง โดยผู้เรียนพิจารณากระบวนการได้มาซึ่งตัวอย่างที่กำหนดให้ และร่วมกันอภิปรายว่าในแต่ละขั้นตอนย่อย ผู้วิจัยใช้การสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีใด พร้อมเหตุผลประกอบ และการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถสร้างกระทุสนทนาใหม่ได้และโต้ตอบแสดงความคิดเห็นได้อย่างเป็นอิสระ</p> <p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม::</b></p> <p>สร้างพื้นที่ให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูล ความคิด และเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน โดยผู้เรียนสามารถแสดงการมีส่วนร่วมได้หลากหลายรูปแบบ ได้แก่ การสร้างกระทุสนทนา การโพสต์ความคิดเห็นหลักในกระทุสนทนา หรือการโพสต์ความคิดเห็นต่อการจากการตอบของเพื่อน การกดติดตามกิจกรรมภายในกระทุสนทนาที่สนใจ เป็นต้น</p> <p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง::</b></p> <p>เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับการวิจัยเชิงสำรวจมากขึ้นด้วยการแสดงความคิดเห็นและร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูล ความคิด และเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน</p>
<p><b>หน่วยกิจกรรมหลักที่ 5: การวิจัยเชิงทดลอง</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ งานวิจัย 1: รูปแบบการสอนโมดูลเพื่อพัฒนาคุณธรรมจริยธรรม</li> <li>▪ งานวิจัย 2: ทักษะการสะท้อนคิดและผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์</li> <li>▪ งานวิจัย 3: การบริหารจัดการหลักสูตรเพื่อส่งเสริมการทำวิจัยของคุณครู</li> </ul>
<p><b>ลักษณะกิจกรรม::</b></p> <p>ให้ตัวอย่างงานวิจัยเชิงทดลอง 3 เรื่อง ผู้เรียนศึกษางานวิจัยแต่ละเรื่องและตอบคำถามที่กำหนดให้ โดยเป็นคำถามเกี่ยวกับการออกแบบงานวิจัยส่วนต่าง ๆ และการสรุปผลการทดลอง ได้แก่ ประเภทหลักของการวิจัยเชิงทดลอง แบบแผนการทดลอง ตัวแปรและเครื่องมือวิจัยที่ใช้วัดตัวแปรดังกล่าว พร้อมการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผลการทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนมองเห็นลักษณะและความหลากหลาย</p>

ของการวิจัยเชิงทดลอง ด้วยการอ่านงานวิจัยในส่วนสำคัญและตอบคำถามที่เกี่ยวข้อง โดยมีการตอบหลายรูปแบบ ได้แก่ การเลือกตอบจากหลายตัวเลือก (multiple choice) การจับคู่ (matching) โดยลากและวางลงพื้นที่ที่จัดแบ่งไว้ (drag and drop) มีการตรวจคำตอบและบอกคะแนนทันทีหลังกดส่ง รวมถึงการเขียนตอบ ซึ่งไม่มีการให้คะแนนหลังส่งคำตอบ

#### หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม::

ให้ตัวอย่างงานวิจัยเชิงทดลอง 3 เรื่องที่มีความแตกต่างกันในด้านประเภทของการทดลอง ได้แก่ การวิจัยเชิงทดลองขั้นพื้นฐาน (pre-experimental design) การวิจัยกึ่งทดลอง (quasi-experimental design) และการวิจัยเชิงทดลองที่แท้จริง (experimental design) งานวิจัยมีการนำเสนอแบบแผนการทดลอง (experimental designs) ที่แตกต่างกัน รวมถึงมีความแตกต่างกันในประเด็นเกี่ยวกับระเบียบวิธีวิทยาการวิจัยบางส่วน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบและมองเห็นความแตกต่างระหว่างงานวิจัยเชิงทดลองแต่ละประเภท ให้ผู้เรียนศึกษางานวิจัยแต่ละเรื่อง โดยมีคำถามในกิจกรรมที่ผู้เรียนต้องอาศัยการอ่านงานวิจัยทั้งเรื่องหรือส่วนหลักเกี่ยวกับระเบียบวิธี เพื่อหาข้อมูลในการตอบคำถามที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นคำถาม 4 หัวข้อหลัก ได้แก่ 1) ประเภท และแบบแผนการทดลอง 2) ตัวแปรและเครื่องมือวิจัยที่ใช้วัดตัวแปรดังกล่าว พร้อมการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ 3) การวิเคราะห์ข้อมูล และ 4) การสรุปผลการทดลอง ผู้เรียนต้องอ่านงานวิจัยอย่างรอบคอบ เนื่องจากกิจกรรมออกแบบด้วยการมีตัวเลือกที่หลากหลายและมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นคำตอบ ประกอบด้วยทั้งคำถามที่ตอบได้โดยตรงจากข้อมูลที่ระบุในงานวิจัย และคำถามที่ต้องหาความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลในงานวิจัย และคำถามที่ต้องตีความและหาเหตุผลสนับสนุนจากข้อมูลในงานวิจัย

#### เป้าหมายที่คาดหวัง::

- เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอ่านงานวิจัยเชิงทดลองและได้สารสนเทศที่สำคัญเกี่ยวกับเป้าหมายและการออกแบบงานวิจัยส่วนต่าง ๆ โดยสามารถระบุเกี่ยวกับ 1) ประเภทหลักของการวิจัยเชิงทดลอง และแบบแผนการทดลองที่ใช้ในการวิจัย รวมถึงการระบุหรือจัดวางส่วนประกอบที่สอดคล้องกับแบบแผนการทดลองในงานวิจัย 2) ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทดลอง ได้แก่ ตัวแปรต้นที่จัดว่าเป็นสิ่งทดลองหรือทรีตเมนต์ และตัวแปรตาม รวมถึงสามารถระบุวิธีการวัดตัวแปรและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมืออื่น ๆ ได้ 3) การวิเคราะห์ข้อมูล โดยสามารถระบุการวิเคราะห์ข้อมูลที่สอดคล้องกับการตอบวัตถุประสงค์การวิจัย และเป้าหมายหลักของการทดสอบทางสถิติอื่น ๆ ได้ และ 4) ผลการทดลอง โดยสามารถสรุปผลการทดลองในงานวิจัยและให้เหตุผลสนับสนุนข้อสรุปได้

#### ■ รวมอภิปรายเกี่ยวกับการวิจัยเชิงทดลอง

#### ลักษณะกิจกรรม::

เป็นกระดานสนทนา (forum) ให้ผู้เรียนเข้ามาร่วมกันแสดงความคิดเห็นและร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะของงานวิจัยเชิงทดลอง โดยสามารถส่งข้อความแสดงความคิดเห็นทางเดียว หรือได้ตอบระหว่างเพื่อนได้ มีหัวข้ออภิปรายหลักที่กำหนดไว้ ได้แก่ บทบาทของกลุ่มควบคุม โดยผู้เรียนร่วมอภิปรายถึงข้อดีหรือข้อจำกัดที่ต่างกันระหว่างการมีและไม่มีกลุ่มควบคุมในการวิจัยเชิงทดลอง และการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถสร้างกระทู้สนทนาใหม่ได้และได้ตอบแสดงความคิดเห็นได้อย่างเป็นอิสระ

<p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม:</b></p> <p>สร้างพื้นที่ให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูล ความคิด และเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน โดยผู้เรียนสามารถแสดงการมีส่วนร่วมได้หลากหลายรูปแบบ ได้แก่ การสร้างกระทู้สนทนา การโพสความคิดเห็น หลักในกระทู้สนทนา หรือการโพสความคิดเห็นต่อการจากการตอบของเพื่อน การกดติดตามกิจกรรมภายในกระทู้สนทนาที่สนใจ เป็นต้น</p> <p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง:</b></p> <p>เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับการวิจัยเชิงทดลองมากขึ้นด้วยการแสดงความคิดเห็นและร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูล ความคิด และเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน</p>
<p><b>หน่วยกิจกรรมหลักเพิ่มเติม</b></p>
<p>■ มาแบ่งปันงานวิจัยกันเถอะ</p>
<p><b>ลักษณะกิจกรรม:</b></p> <p>ผู้เรียนร่วมแบ่งปันงานวิจัยหรือบทความเกี่ยวกับการวิจัยใด ๆ ที่สนใจหรือคิดว่ามีประโยชน์ แก่เพื่อนร่วมรายวิชา โดยระบุชื่อเรื่อง พร้อมระบุ URL และคำอธิบายประกอบสั้น ๆ เกี่ยวกับงานวิจัยดังกล่าว นอกจากนี้ผู้เรียนยังสามารถแสดงความคิดเห็น (comment) หรือใส่ข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มเติมได้ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการค้นคว้า การอ่านงานวิจัย หรือสาระต่าง ๆ ตามต้องการได้</p> <p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม:</b></p> <p>สร้างพื้นที่ให้ผู้เรียนสามารถแบ่งปันงานวิจัยที่ได้จากการอ่านงานวิจัยและการค้นคว้าของตนเองที่เห็นว่ามีประโยชน์หรือน่าสนใจ พร้อมทั้งให้ข้อมูลพอสังเขปเกี่ยวกับประโยชน์หรือน่าสนใจของงานวิจัยนั้น ๆ ทั้งนี้ผู้เรียนแต่ละคนสามารถแบ่งปันงานวิจัยได้ตามความสมัครใจ เช่นเดียวกับการเข้าอ่านงานวิจัยอื่นที่เพื่อนสมาชิกในรายวิชาร่วมแบ่งปัน โดยแบ่งปันหรือเข้าอ่านจำนวนเท่าใดก็ได้ และดำเนินการได้ตลอดระยะเวลาของการทำกิจกรรมในระบบ ไม่ได้อยู่ภายใต้กิจกรรมในหัวข้อหลักใดหัวข้อหนึ่ง</p> <p><b>เป้าหมายที่คาดหวัง:</b></p> <p>เพื่อให้ผู้เรียนได้แบ่งปันงานวิจัยของตนเอง และมองเห็นงานวิจัยที่หลากหลายจากการแบ่งปันของเพื่อนร่วมวิชา รวมถึงเข้าอ่านงานวิจัยที่มีการแบ่งปันตามความสนใจซึ่งจะช่วยเพิ่มความรู้ความเข้าใจในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสาระที่ศึกษาในงานวิจัยและความรู้รวมถึงทักษะเกี่ยวกับระเบียบวิธีการวิจัยได้</p>
<p>■ ร่วมด้วยช่วยกันสร้างคลังคำศัพท์</p>
<p><b>ลักษณะกิจกรรม:</b></p> <p>ผู้เรียนร่วมกันสร้างคลังคำศัพท์เกี่ยวกับการวิจัย โดยผู้เรียนแต่ละคนสามารถเพิ่มรายการคำศัพท์พร้อมนิยามหรือมโนทัศน์โดยสรุปได้ตามจำนวนที่ต้องการ และสามารถแสดงความคิดเห็นหรือร่วมแก้ไขคำศัพท์ของเพื่อนให้มีความถูกต้องเหมาะสมมากขึ้นได้ คำศัพท์ที่ถูกเพิ่มในคลังจะแสดงเรียงตามลำดับตัวอักษรของคำศัพท์ ซึ่งผู้เรียนยังสามารถค้นหาตามอักษรหรือกลุ่มของคำศัพท์ได้</p> <p><b>หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม:</b></p> <p>สร้างพื้นที่ให้ผู้เรียนได้แบ่งปันคำศัพท์ที่เป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย พร้อมระบุนิยามความหมายหรือมโนทัศน์โดยสรุปของคำศัพท์นั้น ๆ และอาจกำหนดการจัดกลุ่มหลักของคำศัพท์ที่ให้ไว้ได้ (category) โดยอาจเป็นการให้นิยามที่สรุปด้วยตนเอง ซึ่งผู้เรียนคนอื่น ๆ สามารถร่วมกันปรับปรุงแก้ไขนิยามของกันละกันได้ หรือเป็น</p>

การให้นิยามที่ได้จากการเรียนการสอนโดยตรง ทั้งนี้ผู้เรียนแต่ละคนสามารถแบ่งปันคำศัพท์ได้ตามความสมัครใจ จำนวนเท่าใดก็ได้ และดำเนินการได้ตลอดช่วงเวลาของการทำกิจกรรมในระบบ ไม่ได้อยู่ภายใต้กิจกรรมในหัวข้อหลักใดหัวข้อหนึ่ง

**เป้าหมายที่คาดหวัง:**

เพื่อให้ผู้เรียนได้ทบทวนประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยรวมถึงได้ทบทวนนิยามของคำศัพท์ต่าง ๆ ผ่านการร่วม แบ่งปันนิยามศัพท์ รวมถึงการร่วมแก้ไขและปรับปรุงนิยามให้มีความถูกต้องเหมาะสมมากขึ้น

- **สะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง** (\*หมายเหตุ- เป็นกิจกรรมที่อยู่ในหน่วยหลักทุกหน่วย)

**ลักษณะกิจกรรม:**

ผู้เรียนเขียนข้อความสะท้อนเกี่ยวกับอารมณ์ ความรู้สึกหรือความคิดเห็นของตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้หรือการทำกิจกรรมการวิจัย หรือต่อการวิจัยในภาพรวมโดยทั่วไป ด้วยภาษาที่เป็นทางการหรือไม่เป็นทางการ แต่เป็นคำสุภาพ เช่น วิจัยเป็นเรื่องสนุก ยิ่งได้อ่านยิ่งรู้ว่ามโอะไรน่าสนใจ หรือ เรื่องการกำหนดปัญหาเป็นเรื่องยาก ทำไม่ได้

**หลักการออกแบบ/คัดเลือกกิจกรรม:**

สร้างพื้นที่ให้ผู้เรียนได้เขียนสะท้อนอารมณ์ ความคิดเห็นหรือความรู้สึกของตนเองที่มีต่อการเรียนรู้หรือการทำกิจกรรมการวิจัย หรือต่อการวิจัยในภาพรวมโดยทั่วไป ณ ขณะนั้น โดยผู้เรียนสามารถตอบได้อย่างปลายเปิด เป็นอิสระ ผ่านข้อความที่สื่อสารจากผู้เรียนโดยตรง ไม่ได้จำกัดด้วยการเลือกตอบผ่านตัวเลือกหรือข้อรายการที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ทั้งนี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับเจตคติของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

**เป้าหมายที่คาดหวัง:**

- เพื่อให้ผู้เรียนทบทวนการเรียนรู้ของตนเอง และตระหนักรู้เกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวิจัยของตนเอง รวมถึงความคิดเห็นของตนเองที่มีต่อการเรียนรู้เรื่องวิจัย ทั้งนี้เพื่อให้เป็นข้อมูลสำหรับการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมหรือการพัฒนาตนเอง รวมถึงเป็นข้อมูลสำหรับครูผู้สอนในการหาแนวทางเพื่อส่งเสริมผู้เรียนต่อไป



ภาคผนวก ค

รายการตัวแปรแทนความยืดหยุ่นผูกพันในการวิจัยที่ได้จากระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการตัวแปรแทนทั้งหมดของความยืดหยุ่นผูกพันในการวิจัยที่ได้จากระบบ

ชื่อตัวแปรแทน	สัญลักษณ์แทนตัวแปรแทน	ความหมาย
Badge listing viewed	BDG.LIST.VIEW	การกดเข้ารายการของเหรียญรางวัล
Comment created	COM.CREATE	การคอมเมนต์ต่อคำตอบผู้อื่นในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ
Course activity completion updated	C.ACT.COMPLETE	การทำกิจกรรมในแต่ละหัวข้อสมบูรณ์
Course module viewed	C.MODU.VIEW	การกดเข้าดูหน่วยกิจกรรมในแต่ละหัวข้อ
Course searched	C.SEARCH	การค้นหาคำเรียนในหน้าหลักของเว็บไซต์
Course user report viewed	C.USER.RP.VIEW	การกดดูรายงานการทำกิจกรรมในบทเรียน
Course viewed	C.VIEW	การกดเข้าหน้าหลักของหน่วยกิจกรรมออนไลน์
Discussion created	DISS.CREATE	การสร้างหัวข้อหรือกระทู้ในกระดานสนทนา
Discussion deleted	DISS.DELETE	การลบหัวข้อหรือกระทู้ในกระดานสนทนา
Discussion subscription created	DISS.SUB.CREATE	การกดติดตามกิจกรรมในกระทู้สนทนา
Discussion subscription deleted	DISS.SUB.DELETE	การยกเลิกการกดติดตามกิจกรรมในกระทู้สนทนา
Discussion viewed	DISS.VIEW	การกดเข้าดูกระทู้สนทนา
Entry has been created	ENTRY.CREATE	การสร้างโพสต์ในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันข้อมูล
Entry has been updated	ENTRY.UPDATE	การแก้ไขโพสต์ในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันข้อมูล
Entry has been viewed	ENTRY.VIEW	การกดเข้าดูโพสต์ในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันข้อมูล
Grade overview report viewed	GRD.OVERV.RP.VIEW	การกดเข้าดูรายงานคะแนนในภาพรวมของระบบ
Grade user report viewed	GRD.USER.RP.VIEW	การกดเข้าดูรายงานคะแนนของผู้ใช้
Interactive Content presentation completed	INT.CON.PRE.COMPLTE	การทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์
Interactive Content presentation progressed	INT.CON.PRE.PROGR	การดำเนินการทำกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ
Interactive Content question answered	INT.CON.QUES.ANS	การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ

ชื่อตัวแปรแทน	สัญลักษณ์แทนตัวแปรแทน	ความหมาย
Interactive Content quiz completed	INT.CON.QIZ.COMPLTE	การตอบคำถามในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟสมบูรณ์
mod_hvp: attempt submitted	INT.CON.ATTMP.SUBMIT	การกดส่งคำตอบในกิจกรรมแบบอินเตอร์แอคทีฟ
Post created	POST.CREATE	การสร้างโพสต์ภายในกระดานสนทนา
Post deleted	POST.DELETE	การลบโพสต์ภายในกระดานสนทนา
Post updated	POST.UPDATE	การแก้ไขโพสต์ภายในกระดานสนทนา
Quiz attempt reviewed	QIZ.ATTMP.RVIEW	การเข้าดูการตอบคำถามภาพรวมของตนในชุดแบบทดสอบ
Quiz attempt started	QIZ.ATTMP.START	การกดเพื่อเริ่มตอบคำถามในชุดแบบทดสอบ
Quiz attempt submitted	QIZ.ATTMP.SUBMIT	การกดเพื่อส่งคำตอบในชุดแบบทดสอบ
Quiz attempt summary viewed	QIZ.ATTMP.SUM.VIEW	การเข้าดูสรุปการทำกิจกรรมในชุดแบบทดสอบ
Quiz attempt viewed	QIZ.ATTMP.VIEW	การเข้าดูการตอบคำถามของตนในชุดแบบทดสอบ
Record created	REC.CREATE	การสร้างโพสต์ในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ
Record deleted	REC.DELETE	การลบโพสต์ในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ
Record updated	REC.UPDATE	การแก้ไขโพสต์ในกิจกรรมที่ให้แบ่งปันคำตอบ
Response submitted	RESPND.SUBMIT	การเขียนข้อความสะท้อนการเรียนรู้ตนเอง
Some content has been posted	SOME.CONT.POST	การสร้างโพสต์โดยรวมในกระดานสนทนา
Subscription created	SUBSCRIP.CREATE	การกดติดตามกิจกรรมในกระดานสนทนา
Tag added to an item	TAG.ADD.ITEM	การเพิ่มคำเพื่อจัดหมวดหมู่ให้โพสต์ในกิจกรรมแบ่งปันข้อมูล
User list viewed	USER.LIST.VIEW	การเข้าดูรายชื่อผู้เรียนในบทเรียน
User profile viewed	USER.PFILE.VIEW	การเข้าดูโปรไฟล์ของผู้เรียน
User report viewed	USER.RP.VIEW	การเข้าดูรายงานภาพรวมของผู้เรียนในบทเรียน

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวลภัสพิชชา สุรวาทกุล
วัน เดือน ปี เกิด	15 พฤษภาคม 2536
สถานที่เกิด	จังหวัดบุรีรัมย์
วุฒิการศึกษา	1. ครุศาสตร์บัณฑิต (2554-2558) สาขาวิชามัธยมศึกษา (วิทยาศาสตร์) วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป- ภาษาอังกฤษ (เกียรตินิยมอันดับ 1) ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุ ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2. ครุศาสตร์มหาบัณฑิต (2559-2560) สาขาวิชาวิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	จังหวัดร้อยเอ็ด
ผลงานตีพิมพ์	ผลงานที่ผลิตจากการทำวิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต 1. ลภัสพิชชา สุรวาทกุล และ ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ. (2561). การศึกษาผล ของสภาพแวดล้อมการฝึกวิจัยและการรับรู้สิทธิอันพึงได้รับทางวิชาการต่อ ความซื่อสัตย์ทางวิชาการของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา. An Online Journal of Education, 13(2), 412-426. 2. ลภัสพิชชา สุรวาทกุล และ ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ. (2562). ความสัมพันธ์ ของสภาพแวดล้อมการฝึกวิจัยและการรับรู้สิทธิอันพึงได้รับทางวิชาการ ต่อ ความตั้งใจทำงานวิจัยให้มีคุณภาพและความซื่อสัตย์ทางวิชาการของ บัณฑิตศึกษา. วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ มศว, 20(2). 3. Surawatakul, L., & Piromsombat, C. (2019, August). Applying the adaptive Q methodology to measure graduate students' academic entitlement. Paper presented at the 23rd Conference of the Junior Researchers of EARLI, Aachen, Germany. ผลงานอื่น ๆ 1. ธนาภา จีวทอง, ลภัสพิชชา สุรวาทกุล, และ ธมลวรรณ รุ่งวิภูษณะ. (2560). การวิจัยเชิงการออกแบบเพื่อพัฒนานวัตกรรมสำหรับปรับเปลี่ยน มโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับตัวแปรวิจัยของนักศึกษาครู. ใน สังวรรณ รัต



กระทอก. (บรรณาธิการ), การประชุมสัมมนาวิชาการ การวัดผล ประเมินผล และวิจัยสัมพันธ์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25

(หน้า. 488-501). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

2. วัชรศักดิ์ สุดหล้า, ลภัสพิชชา สุรวาทกุล, และสุวิมล ว่องวานิช. (2561).

การพัฒนาหลักการออกแบบต้นแบบการส่งเสริมการอ่านบทความวิจัยของ นักศึกษาระดับปริญญาตรี: การวิจัยประสบการณ์ผู้ใช้และการวิจัยอิงการ ออกแบบ. วารสารการวิจัยสังคมศาสตร์, 87-107. (นำเสนอและจัดทำเป็น บทความเผยแพร่ในการประชุมวิชาการของสมาคมวิจัยสังคมศาสตร์แห่ง ประเทศไทย ปี พ.ศ.2561)

3. วัชรศักดิ์ สุดหล้า, ลภัสพิชชา สุรวาทกุล, อภิสิตย์ ตามสัตย์, ทีปทัศน์ ชิน ตาปัญญากุล, และสังวรณ์ ังคกระทอก. (2563). นิสิตนักศึกษาให้ความสำคัญ กับทักษะที่จำเป็นในยุคดิจิทัลอย่างไร? การศึกษานำร่องโดยใช้การ วิเคราะห์เอ็มดีเอสและเอ็มดียู. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ, 13(1).

4. ลภัสพิชชา สุรวาทกุล. (2563). [วิจารณ์หนังสือเรื่อง Neuroscience and Education: A Philosophical Appraisal, โดย C. W. Joldersma]. วารสารวิธีวิทยาการวิจัย, 33(2).

#### รางวัลที่ได้รับ

รางวัลวิทยานิพนธ์ดีเด่นแห่งชาติ ระดับปริญญาโท ประจำปี พ.ศ.2562 จาก สภาคณบดีคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์แห่งประเทศไทย