

ผลการใช้เทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์
ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง

The Effect of Techniques of Using for Diagnose Students' Mathematical
Proficiency Level Through Machine Learning

เวณิกา บุญอาษา^{1*} พัทธี จันท์เพ็ง² ศุภโชค สอนศิลป์พงศ์³
และ ทนพัฒนานักวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2565⁴

Wenika Boon-arsa^{1*} Putharee Junpeng² Suphachoke Sonsilphon³
and The Research Grants for Graduate Researchers 2022⁴

¹หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
(Master's degree in Educational Measurement and Evaluation, Faculty of Education, Khon Kaen University)

²สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
(Department of Educational Measurement and Evaluation, Faculty of Education, Khon Kaen University)

³ฝ่ายวิชาการ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
(Department of Academic, Faculty of Medicine, Khon Kaen University)

⁴สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
(National Research Council of Thailand (NRCT))

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ (1) เพื่อเปรียบเทียบผลการใช้เทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่องระหว่างผู้เรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับและไม่ได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับ และ (2) เพื่อพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอดระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีระดับความสามารถแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ .01 และผลการทดสอบตัวแบบพยากรณ์ ในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) ด้วยโปรแกรม WEKA ด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) พบว่า ในระดับความสามารถของผู้เรียนมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ อัลกอริทึมและเทคนิคที่ดีที่สุดคือ อัลกอริทึม Random Tree และ Random Forest ด้วยเทคนิค Percentage split 70% และในระดับความสามารถของผู้เรียนมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด อัลกอริทึมและเทคนิคที่ดีที่สุดคือ อัลกอริทึม J48 ด้วยเทคนิค Percentage split 70%

คำสำคัญ: ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ การให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติ การเรียนรู้ของเครื่อง การวินิจฉัย
โมเดลเชิงโครงสร้าง ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

ABSTRACT

The objectives of this research were: (1) to compare the results of using a technique to diagnose students' mathematical proficiency through machine learning between students who received feedback and have not received feedback and (2) to develop a predictive model for diagnosing the level of Mathematics proficiency of students through machine learning. The results revealed that comparing the mathematical proficiency of students in the mathematical process dimension and the conceptual structure dimension between the control and experimental groups were significantly different at .01. Moreover, the predictive model test results of data classification techniques by using the WEKA program with a decision tree method found that at the level of the students' proficiency in the mathematical process dimension, the best algorithms and techniques are Random Tree and Random Forest algorithms by Percentage Split technique 70%. Besides, at the level of the students' proficiency in conceptual structure dimension, the best algorithm and technique is the J48 algorithm by percentage split technique 70%.

KEYWORDS: Mathematical Proficiency Levels, Automated feedback, Machine Learning, Diagnostics, Construct Modelling, Multidimensional Item Response Theory

** Corresponding Author, E-mail: kikwenika@kkumail.com Tel. 083 291 0940*

Received: 4 December 2022 / Revised: 2 March 2023 / Accepted: 13 March 2023 / Published online: 15 May 2023

บทนำ

การวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การค้นหาจุดบกพร่องและสาเหตุที่บกพร่องในศักยภาพของผู้เรียนในการนำความรู้ความเข้าใจทักษะมาใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ใน 2 มิติ คือ มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด ในอดีตที่ผ่านมา การวินิจฉัยความสามารถทางคณิตศาสตร์มุ่งเน้นการออกแบบแบบทดสอบเพื่อนำไปวินิจฉัยในรูปแบบของแบบทดสอบปรนัยและแบบสอบอัตนัยแบบตอบแบบสั้น ซึ่งการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ไม่ได้ต้องการเพียงคำตอบที่ถูกต้องเท่านั้น โดยเฉพาะนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เป็นชั้นเริ่มต้นของการศึกษาภาคบังคับที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสำรวจความถนัดและความสนใจของตนเอง เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการประกอบอาชีพและศึกษาต่อ ถ้าครูคณิตศาสตร์มีแนวทางการประเมินเพื่อพัฒนาความสามารถจำเพาะบุคคลของผู้เรียน จะเกิดประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้เรียนในการกำหนดทิศทางการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และครูเพื่อปรับปรุงกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียน (Junpeng et al., 2020), (Jantasuk & Junpeng, 2020)

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีการศึกษาเกี่ยวกับเทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นจะต้องหาวิธีการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ปัจจุบันทั่วโลกกำลังประสบปัญหาอย่างหนักเกี่ยวกับโรคระบาดจากเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ทั่วโลก รวมไปถึงประเทศไทยเกิดอุปสรรคในด้านการจัดการเรียนการสอน รวมไปถึงการวัดประเมินผลในชั้นเรียนจึงทำให้ไม่สามารถวินิจฉัยจุดบกพร่องหรือสิ่งที่นักเรียนจะต้องพัฒนาในด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ได้อย่างสะดวก ดังนั้นจึงต้องนำวิธีการ เทคนิค และนวัตกรรมที่จะช่วยให้ผู้สอนมีแนวทางในการวัดและประเมินผลที่ชัดเจนและเหมาะสมกับบริบท

เมื่อพิจารณาระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์และการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การสอนของครูไม่เห็นผล ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่ควรตระหนักถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนและแก้ไข

ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ถูกต้อง (Allen, 2007) โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์ เพราะเป็นวิชาที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรมและมีความซับซ้อน หากครูสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนแต่ละคนได้ในภายหลังของการประเมินผลการเรียนรู้แต่ละเนื้อหาก่อนที่จะเรียนเนื้อหาถัดไป ก็จะเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน ทำให้นักเรียนทราบถึงข้อบกพร่อง ที่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนคณิตศาสตร์ของตนเอง และเป็นประโยชน์ต่อครูในด้านการปรับปรุงรูปแบบการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนได้มากขึ้น

จากการศึกษา การออกแบบวิธีการตรวจให้คะแนนสำหรับแบบทดสอบอัตโนมัติเพื่อประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านเทคโนโลยีดิจิทัล (Fiothong et al., 2022) และการออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล (Jantasuk & Junpeng, 2020) มีการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจให้คะแนนและการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียน และรายงานผลในรูปแบบของระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน แต่ยังไม่มีการให้ผู้เรียนทราบถึงวิธีการ แนวคิด ข้อบกพร่องและสิ่งที่ผู้เรียนควรพัฒนาในการทำแบบทดสอบในรูปแบบอัตโนมัติ นอกจากนี้รูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับในการทดสอบโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ที่พบในงานวิจัยส่วนใหญ่มักจะให้ข้อมูลป้อนกลับในเฉพาะข้อที่ผู้เรียนตอบผิด ซึ่งไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง ดังนั้นการให้ข้อมูลย้อนกลับในระบบคอมพิวเตอร์ที่ดีและสอดคล้องกับบริบทการจัดการเรียนการสอนควรจะให้ข้อมูลย้อนกลับทั้งในข้อที่ตอบถูกและผิด โดยงานวิจัยของ Van der Kleij (2012) และคณะได้ให้ข้อมูลย้อนกลับทั้งในข้อที่ตอบถูกและตอบผิด แต่ไม่ได้ชี้ชัดว่ารูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับเฉพาะข้อผิดหรือแบบบางส่วนหรือแบบสมบูรณ์แบบใดที่จะให้ผลดีต่อผู้เรียน

จากที่กล่าวมา การให้ข้อมูลป้อนกลับจำเป็นต้องใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการเรียนรู้ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนเพื่อนำไปสู่การทำนายการให้ข้อมูลป้อนกลับโดยอัตโนมัติที่เหมาะสม จึงต้องอาศัยการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อเป็นอัลกอริทึมการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) (Han, Kamber & Pei, 2012) ที่ประกอบด้วยชุดข้อมูล (Data Set) ข้อมูลพื้นฐาน (Demographics) และข้อมูลหลังจากการวิเคราะห์ผลการตอบทฤษฎีของผู้เรียน รวมถึงรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อจดจำรูปแบบต่างๆ (Patterns) และสร้างตัวแบบพยากรณ์ เมื่อนักเรียนทำแบบทดสอบระบบปฏิบัติการจะให้ระดับความสามารถของผู้เรียน สิ่งนี้นักเรียนรู้ สิ่งที่ต้องพัฒนาในการรายงานผลทั้งฉบับ

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลการใช้เทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อเป็นแนวทางในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนและพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียนได้อย่างแม่นยำมากขึ้น เป็นลำดับขั้นตอนประหยัดเวลา และสามารถนำไปใช้งานจริง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลการใช้เทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง ระหว่างผู้เรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับและไม่ได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับ
2. เพื่อพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1.ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ระดับศักยภาพของผู้เรียนในการนำความรู้ ความเข้าใจ และทักษะ มาใช้ในการแก้ปัญหา รวมถึงการเลือกใช้กลยุทธ์มาช่วยในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างชาญฉลาดและมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีการประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์เป็น 2 มิติ ดังนี้ มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการ ในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอนหรือวิธีการแก้ปัญหา ยุทธวิธีแก้ปัญหาและประสบการณ์ที่มีอยู่มาใช้ในการ แก้ปัญหาที่เน้นเนื้อหา ความรู้ และทักษะทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ระดับความสามารถ คือ ระดับที่ 1 ไม่ตอบสนอง (Non-Response) ระดับที่ 2 ไม่มีความรู้พื้นฐาน (Unrecalled) ระดับที่ 3 ความรู้ความจำ (Recall) ระดับที่ 4 แนวคิดและ ทักษะขั้นพื้นฐาน (Skills and Concept) และระดับที่ 5 การคิดเชิง กลยุทธ์/ขยายการคิดนามธรรม (Strategic / Extended Thinking) และ มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด หมายถึง กระบวนการที่ใช้ในการระบุ บรรยาย หรืออธิบายระดับความเข้าใจที่ มีความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนประกอบด้วย 5 ระดับความสามารถ คือ ระดับที่ 1 ไม่ตอบ/ตอบไม่สอดคล้อง (Non-response) ระดับที่ 2 ขึ้นก่อนโครงสร้าง (Pre-structural) ระดับที่ 3 ขึ้นโครงสร้างเดี่ยว (Uni-structural) ระดับที่ 4 ขึ้น โครงสร้างหลากหลาย/ขึ้นความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างความคิดรวบ ยอด (Multi-structural/ Relational) และระดับที่ 5 ขึ้น ขยายสู่นามธรรม (Extended Abstract)

2.การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) หมายถึง การทำให้ระบบคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลคาดการณ์ ตัดสินปัญหาต่าง ๆ ด้วยตนเองผ่านการเรียนรู้ชุดข้อมูลที่ป้อนเข้าไปโดยอาศัยการเรียนรู้จากโมเดลของข้อมูลนำเข้าเป็น ตัวอย่างทำให้ Machine Learning สามารถเรียนรู้ เข้าใจ และจะสามารถทำนายข้อมูลได้ ในงานวิจัยนี้จะใช้ Machine Learning ที่ผู้วิจัยเป็นผู้ป้อนข้อมูลต่าง ๆ ให้ Machine Learning ได้เรียนรู้ในการสร้างโมเดลเพื่อพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ ความสอดคล้องของข้อมูลพื้นฐาน

3.การให้ข้อมูลป้อนกลับ หมายถึง การให้ข้อมูลย้อนกลับในสถานการณ์ที่หลังจากที่นักเรียนทำแบบทดสอบเสร็จ 1 ข้อ ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้มีการป้อนกลับทั้งหมด 5 รูปแบบ ได้แก่ (1) การให้ข้อมูลป้อนกลับแบบสมบูรณ์โดยใช้การยกตัวอย่าง (Full Worked Example Feedback; FWF) (2) การให้ข้อมูลป้อนกลับแบบสมบูรณ์โดยใช้การชี้แนะ (Full Directive Feedback; FDF) (3) การให้ข้อมูลป้อนกลับแบบบางส่วนโดยใช้การยกตัวอย่าง (Partial Worked Example Feedback; PWF) (4) การให้ข้อมูลป้อนกลับแบบบางส่วนโดยใช้การชี้แนะ (Partial Directive Feedback; PDF) และ (5) การให้ข้อมูล ป้อนกลับแบบบอกผลการตอบ (Knowledge of Result Feedback; KORF)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

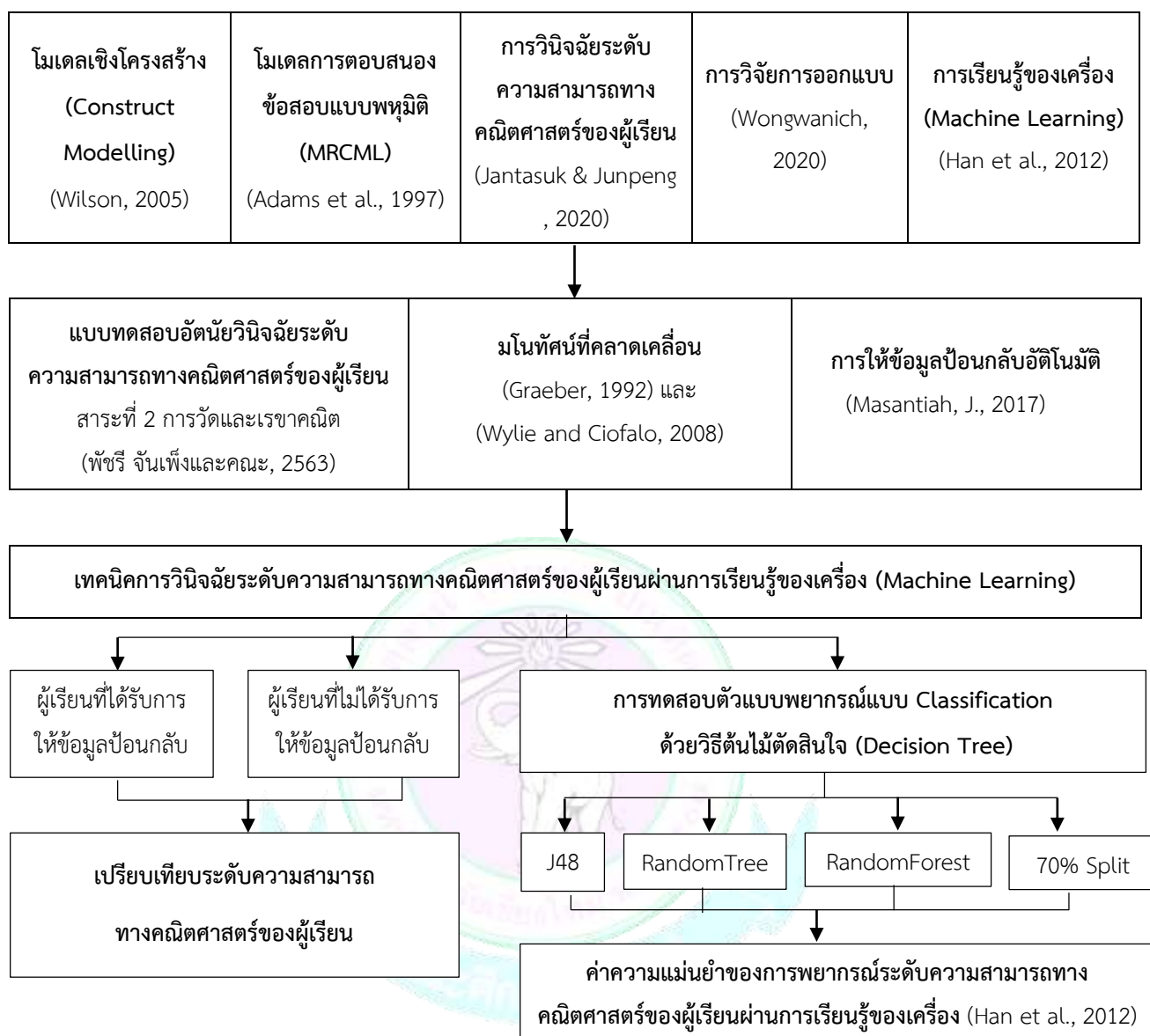


Figure 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ระเบียบวิธีวิจัยการออกแบบ (Design Research) (สุวิมล ว่องวานิช, 2563) โดยแบ่งเป็น 4 ระยะ คือ (1) วิเคราะห์ผลการตอบแบบทดสอบอัตนัยของผู้เรียนจากข้อมูลหุตุยภูมิ กำหนดจุดตัดเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน (2) ออกแบบเทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง (3) นำเทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่องไปทดลองใช้กับผู้เรียนรายบุคคล และ (4) วิเคราะห์ผลจากการนำเทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ระยะที่ 1 วิเคราะห์ผลการตอบแบบทดสอบอัตนัยของผู้เรียนจากข้อมูลหัตถ์นิยม

ระยะนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลการตอบของกลุ่มผู้สอบที่ได้จากข้อมูลหัตถ์นิยมในโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Junpeng et al., 2020) เพื่อนำไปสู่การกำหนดจุดตัด มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน การให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติ และแนวทางการพัฒนาของผู้เรียนในการออกแบบเทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์มีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มผู้สอบ

การศึกษานี้ได้กำหนดกลุ่มผู้สอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการตอบ จำนวน 517 คน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนใน 4 ภูมิภาค คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ จากทั้งหมด 23 โรงเรียน โดยให้ครอบคลุมทุกระดับความสามารถของผู้เรียนทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยพิจารณาจากขนาดและบริบทของสถานศึกษารวมถึงผล การประเมินภาพรวมของสถานศึกษาจากการประเมินในระดับชาติและนานาชาติเป็นสำคัญ

เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มาจากโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใน สารที่ 2 การวัดและเรขาคณิต เป็นชุดแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 6 สถานการณ์ 13 ข้อย่อย ตามมาตรฐานและตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) แบ่งเป็น 2 มิติ ได้แก่ มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด ผ่านชุดเครื่องมือวินิจฉัยเรียกว่า “eMAT-Testing” (Junpeng et al., 2020) ซึ่ง “eMAT-Testing” เป็นชุดเครื่องมือในระบบออนไลน์แบบเรียลไทม์ผ่าน Web Application

การเก็บข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียนในการกำหนดจุดตัด มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และแนวทางการพัฒนาของผู้เรียนในการออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับ ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาแผนที่โครงสร้างเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์
2. กำหนดจุดตัดเพื่อนำไปสู่การวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับการพิจารณากำหนดพื้นที่บน Wright map แต่ละระดับความสามารถ โดยวิเคราะห์ผลการตอบจากคะแนนที่กำหนด โดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ MRCML ด้วยโปรแกรม ACER ConQuest Version 2.0 (Wu et al., 2007)
3. วิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากผลการตอบของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการแสดงวิธีทำในแต่ละสถานการณ์จากแบบทดสอบอัตนัย
4. วิเคราะห์การให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติที่เหมาะสมกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ระยะที่ 2 ออกแบบเทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง

ระยะนี้มุ่งเน้นการออกแบบเทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ (1) ส่วนรับข้อมูล เป็นส่วนที่รับข้อมูลจากผู้เรียนโดยประกอบด้วยข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลการทำแบบทดสอบของผู้เรียน (2) ส่วนประมวลผล เป็นการทำงานของระบบและขั้นตอนการตรวจให้คะแนน (3) ส่วนให้ข้อมูลป้อนกลับ เป็นการให้ข้อมูลป้อนกลับรายข้อแก่ผู้เรียน และ (4) ส่วนรายงานผล เป็นการรายงานผลแก่ผู้เรียนซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลส่วนบุคคล และระดับความสามารถของผู้เรียน เมื่อนำระบบไปทดสอบกับผู้เรียน จึงได้ผลการตอบของผู้เรียนและข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียนเพื่อนำไปพัฒนาตัวแบบพยากรณ์โดยใช้การจำแนกประเภทด้วยต้นไม้การตัดสินใจ ดังภาพ 2

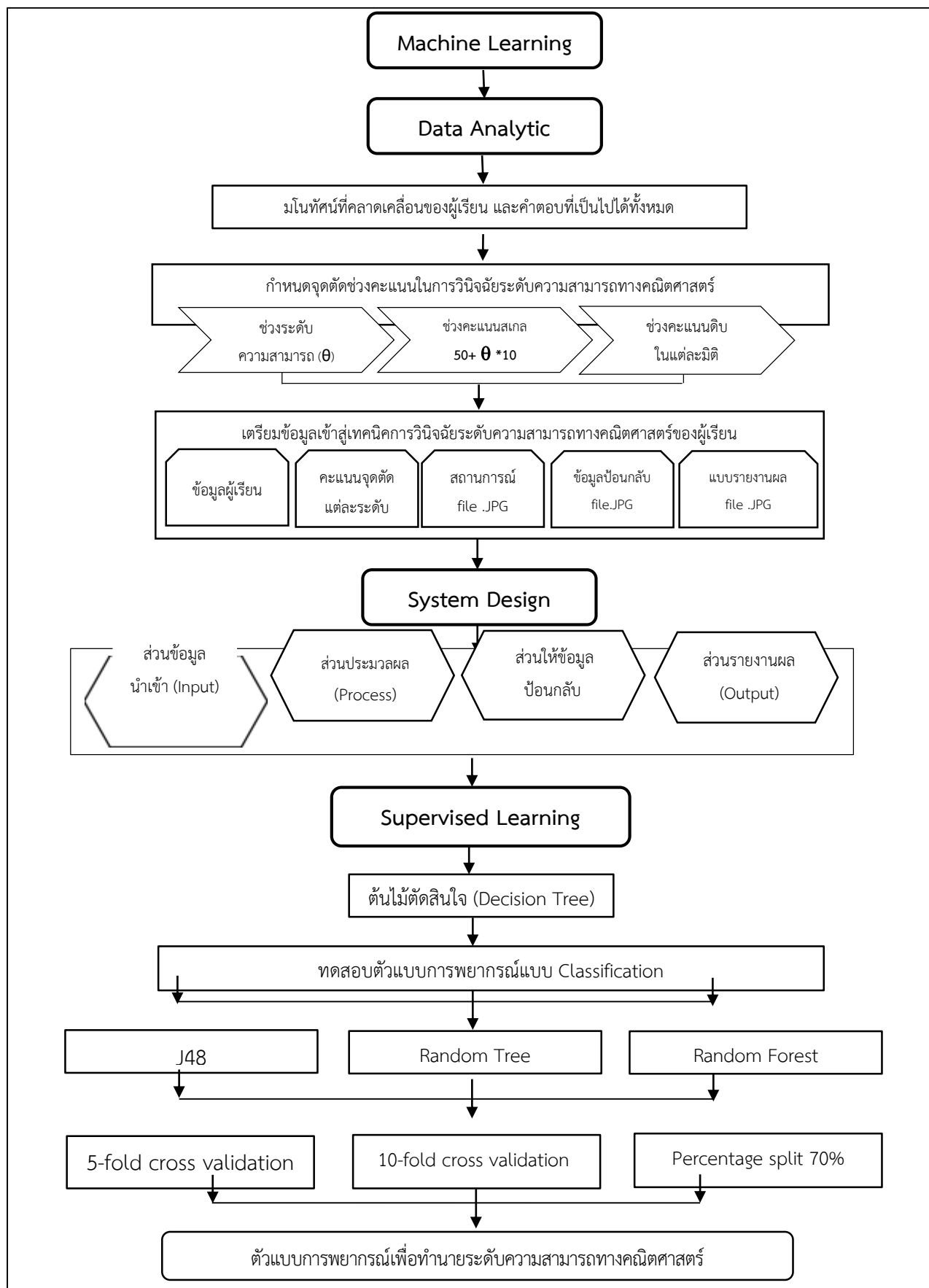


Figure 2 เทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง

ระยะที่ 3 นำเทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่องไปทดลองใช้กับผู้เรียนรายบุคคล

ระยะนี้มุ่งเน้นการนำเทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ที่ได้ออกแบบเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้กับผู้เรียนรายบุคคลผ่านคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน ดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 การศึกษา 2564 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาขอนแก่น เขต 1 และสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น โดยใช้โปรแกรม G*Power ในการ คัดเลือกจำนวนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 128 คน (Rule of Thumb) โดยใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi Stage Random Sampling) โดยพิจารณาจากขนาดและบริบทของโรงเรียนที่มีความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีและ อินเทอร์เน็ต จากนั้นแบ่งผู้เรียนเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุม คือ ผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบแต่ไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับ และกลุ่ม ทดลอง คือ ผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบและได้รับข้อมูลป้อนกลับ

เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับ ความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Junpeng et al.,2020) โดยในแบบทดสอบจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ 1) ข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียน และ 2) แบบทดสอบในกลุ่มสาระ การเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใน สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต จำนวน 6 สถานการณ์ 13 ข้อย่อย ตาม มาตรฐานและตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) แบ่งเป็น 2 มิติ ได้แก่ มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด

การเก็บข้อมูล

- (1) ผู้เรียนทำการเข้าสู่ระบบ จากเว็บไซต์ <http://exml.itassess.com> จากนั้นให้กรอกรหัสผู้ใช้ (Username) และ รหัสผ่าน (Password)
- (2) เมื่อเข้าสู่ระบบแล้วให้ผู้เรียนเลือกชุดแบบทดสอบ
- (3) ผู้เรียนทำแบบทดสอบผ่านคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟน โดยกลุ่มควบคุมจะได้ทำแบบทดสอบฉบับที่ไม่มีข้อมูล ป้อนกลับ และกลุ่มทดลองจะได้ทำแบบทดสอบฉบับที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับรายข้อ



Figure 3 ตัวอย่างแบบทดสอบและการให้ข้อมูลป้อนกลับ

- (4) เมื่อผู้เรียนได้ทำแบบทดสอบครบทุกข้อแล้วจะได้รับการรายงานผลระดับความสามารถในแต่ละมิติ



Figure 4 การแสดงผลการรายงานผลระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

ระยะที่ 4 การวิเคราะห์ผลการนำเทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง

เมื่อได้ทำการเก็บข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้ คือ ข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียน และระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 มิติ โดยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์จะนำไปเปรียบเทียบระหว่างผู้เรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับและไม่ได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับโดยใช้วิธีการทางสถิติ Independent Sample T-Test ส่วนข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียนและระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์จะนำไปทดสอบด้วยแบบพยากรณ์ เพื่อวิธีการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ดังนี้

(1) การเปรียบเทียบผลการใช้เทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่องระหว่างผู้เรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับและไม่ได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับ

ผู้วิจัยได้นำเทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านการเรียนรู้ของเครื่องไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม คือ ผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบโดยไม่ได้รับการป้อนกลับ และกลุ่มทดลอง คือ ผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบโดยได้รับการป้อนกลับ ดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง

ผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบจำนวน 128 คน โดยใช้โปรแกรม G*Power ในการคัดเลือก (Rule of Thumb) แล้วแบ่งผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม คือ ผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบแต่ไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับ จำนวน 64 คน และกลุ่มทดลอง คือ ผู้เรียนกลุ่มที่ทำแบบทดสอบและได้รับข้อมูลป้อนกลับ จำนวน 64 คน

เครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้โดยใช้วิธีการทางสถิติ Independent Sample t-Test (Sig.2-tailed) เพื่อเปรียบเทียบระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 26 ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทำแบบทดสอบวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่ไม่ได้รับการป้อนกลับและผู้เรียนที่ได้รับการป้อนกลับ โดยใช้สถิติการทดสอบกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน t - test independent

(2) การพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ เพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่องจากข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียน

กลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปรต้น คือ ขนาดของโรงเรียน (Scs) เพศ (Sex) เกรดเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เทอมที่ผ่านมา (GPAmath) เกรดเฉลี่ยรวมทุกวิชาเทอมที่ผ่านมา (GPAX) และจำนวนชั่วโมงทบทวนความรู้ (Hour)

ตัวแปรตาม คือ ระดับความสามารถของผู้เรียนมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (MAP) และระดับความสามารถของผู้เรียนมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด (SLO)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบที่ได้ออกแบบแล้วไปทำการรวบรวมข้อมูลการตอบของผู้เรียนซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานและระดับความสามารถของผู้เรียนในแต่ละมิติจากเว็บแอปพลิเคชัน <http://exml.itassess.com/> มาจัดเตรียมเพื่อกำหนดช่วงของข้อมูลและแปลงข้อมูลให้อยู่ในช่วงที่กำหนด หลังจากนั้นการจัดข้อมูลทีเ็นแถวเป็นค่าว่างออกและเลือกเอาแอททริบิวต์ที่ครบถ้วนและคาดว่าจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

การวิเคราะห์ข้อมูล

(1) จากการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียนได้แอททริบิวต์ที่เกี่ยวข้องจำนวน 7 ปัจจัย มาวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 26 แสดงดัง Table 1

Table 1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรกับมิติการเรียนรู้

ชื่อข้อมูล	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	
	มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์	มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด
School size	0.18*	-0.16*
Sex	0.45	0.06
GPAmath	0.34**	0.56**
GPAX	0.36**	0.58**
Hour	-0.09	0.07

จากตาราง 1 พบว่าจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระดับความสามารถของผู้เรียนมิติความรู้ ตัวแปรที่มีนัยสำคัญระดับ 0.01 มีทั้งหมด 3 ตัวได้แก่ ขนาดโรงเรียน เกรดเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เทอมที่ผ่านมา และเกรดเฉลี่ยรวมทุกวิชาเทอมที่ผ่านมา

(2) ผู้วิจัยใช้โปรแกรมเวกา (WEKA) เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด โดยใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) ด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และใช้อัลกอริทึม J48, RandomTree และ RandomForest ซึ่งในการนำเข้าข้อมูลสู่โปรแกรมเวกา (WEKA) ต้องทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูป .csv จากนั้นทำการทดสอบความแม่นยำในการพยากรณ์ด้วยเทคนิค Cross-validation Test โดยทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 5 ส่วน (5-fold cross-validation) และ 10 ส่วน (10-fold cross-validation) และเทคนิค Percentage split 70% โดยแบ่งข้อมูล 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลเรียนรู้ (Training Set) 70% และข้อมูลทดสอบ (Test Set) 30% (Data Set = Training Set + Test Set)

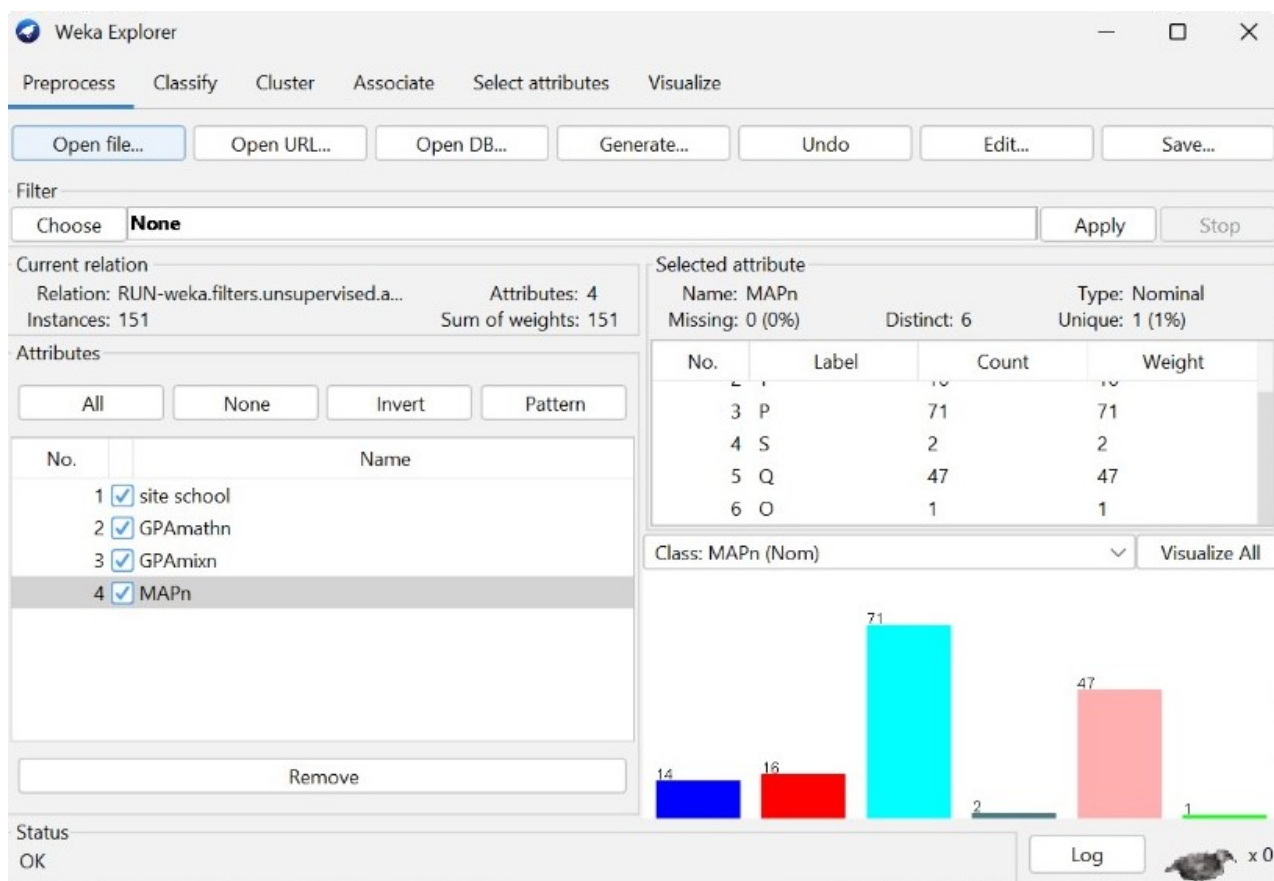


Figure 5 การนำเข้าข้อมูลสู่โปรแกรม WEKA

ผลการวิจัย

1. การเปรียบเทียบผลการใช้เทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ระหว่างผู้เรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับและไม่ได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับ

ผู้วิจัยได้นำเทคนิคการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านการเรียนรู้ของเครื่องไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม คือ กลุ่มผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบโดยไม่ได้รับการป้อนกลับ และกลุ่มทดลอง คือ กลุ่มผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบโดยได้รับการป้อนกลับ เพื่อเปรียบเทียบระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยใช้วิธีการทางสถิติ Independent Sample t-test (Sig.2-tailed) ปรากฏผล ดังนี้

Table 2 การเปรียบเทียบระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

การทดสอบ	N	df	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
กลุ่มควบคุม	64	63	4.15	3.81	-7.63	.00
กลุ่มทดลอง	64		10.56	6.09		

จากตาราง 2 จะได้ว่าในระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ .01

Table 3 การเปรียบเทียบระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในมิติโครงสร้างความคิดรวบยอดระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

การทดสอบ	N	df	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
กลุ่มควบคุม	64	63	4.26	2.85	-12.48	.00
กลุ่มทดลอง	64		12.85	5.14		

จากตาราง 3 จะได้ว่าในระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในมิติโครงสร้างความคิดรวบยอดระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ .01

2. การพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง

การสร้างตัวแบบพยากรณ์ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด โดยใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) ด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และใช้อัลกอริทึม J48, RandomTree และ RandomForest ซึ่งผลลัพธ์แสดงในตาราง 4

Table 4 ผลการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง

มิติการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์	อัลกอริทึม	5-fold cross validation	10-fold cross validation	Percentage split 70%
มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (MAP)	J48 (%)	59.60	52.83	71.11
	RandomTree (%)	60.93	45.28	73.33
	RandomForest (%)	60.93	48.11	73.33
มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด (SLO)	J48 (%)	67.55	66.23	68.89
	RandomTree (%)	70.20	68.87	66.67
	RandomForest (%)	71.52	71.52	60.00

จากตาราง 4 ผลการทดสอบเทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) ด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และใช้อัลกอริทึม J48, RandomTree และ RandomForest และหาค่าความแม่นยำของการพยากรณ์ในแต่ละเทคนิคด้วยวิธี 5 – folds Cross-Validation, 10 – folds Cross-Validation และเทคนิค Percentage split 70% พบว่า ในระดับความสามารถของผู้เรียนมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ อัลกอริทึมและเทคนิคที่ดีที่สุดคือ อัลกอริทึม RandomTree และ RandomForest ด้วยเทคนิค Percentage split 70% สามารถหาค่าความแม่นยำได้ร้อยละ 73.33 และในระดับความสามารถของผู้เรียนมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด อัลกอริทึมและเทคนิคที่ดีที่สุดคือ อัลกอริทึม J48 ด้วยเทคนิค Percentage split 70% สามารถหาค่าความแม่นยำได้ร้อยละ 68.89

อภิปราย และข้อเสนอแนะ

1. จากการวิเคราะห์ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง พบว่า ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอดนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ .01 ซึ่งเป็นเพราะในกลุ่มของนักเรียนที่ได้รับการป้อนกลับนั้นสามารถทำข้อสอบได้ระดับความสามารถที่สูงกว่า แสดงว่าการป้อนกลับนั้นสามารถทำให้นักเรียนทำข้อสอบได้ถูกต้องมากขึ้น ผู้วิจัยได้ให้ข้อมูลป้อนกลับในนักเรียนกลุ่มทดลองทั้งข้อที่ตอบถูกและตอบผิด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Van der Kleij (2012) และ Shute (2008) ที่ได้แนะนำว่า การให้ข้อมูลป้อนกลับในระบบออนไลน์ที่ดีและสอดคล้องกับบริบทการจัดการเรียนการสอนควรจะให้ข้อมูลย้อนกลับทั้งในข้อที่ตอบถูกและผิด (Full Feedback) เพราะการตอบถูกของผู้เรียนอาจมาจากการเดาคำตอบ

2. จากผลการทดสอบตัวแบบพยากรณ์ของเทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) ด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) พบว่า ระดับความสามารถของผู้เรียนมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ อัลกอริทึมและเทคนิคที่ดีที่สุดคือ อัลกอริทึม Random Tree และ Random Forest ด้วยเทคนิค Percentage split 70% สามารถตรวจถูกต้องร้อยละ 73.33 และในระดับความสามารถของผู้เรียนมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด อัลกอริทึมและเทคนิคที่ดีที่สุดคือ อัลกอริทึม J48 ด้วยเทคนิค Percentage split 70% สามารถตรวจถูกต้องร้อยละ 68.89 และในตัวแบบพยากรณ์ดังกล่าวสามารถพยากรณ์ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลพื้นฐานได้ดีหากมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวนมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Angsutharak (2020) ได้กล่าวไว้ถึงความต้องการด้านข้อมูลของ Machine Learning ที่มักจะต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากในการศึกษา เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สามารถทำงานและพยากรณ์ได้ดี

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัย เมื่อเปรียบเทียบระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง พบว่า กลุ่มผู้เรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับ ดังนั้นในการพัฒนานวัตกรรมควรมีการให้ข้อมูลป้อนกลับทุกรูปแบบกับนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน เพื่อจับแนวคิดที่หลากหลายและลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

2. ครูและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถนำแนวคิดและนวัตกรรมที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ เพื่อจะได้ทราบข้อบกพร่องและที่ควรพัฒนาในระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน เพื่อกำหนดแนวทางการพัฒนา ปรับปรุงสำหรับการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนได้อย่างเหมาะสมโดยเน้นความต้องการเฉพาะบุคคล และควรมีการชี้แจงเงื่อนไขหรือข้อตกลงในการทำแบบทดสอบ หรืออาจจะมีการนำเสนอคู่มือการใช้ระบบให้นักเรียนได้ศึกษาก่อนการใช้ระบบ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ส่วนของการรายงานผลควรเพิ่มมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือส่วนที่นักเรียนควรที่จะพัฒนา เพื่อเป็นการให้นักเรียนรู้จุดบกพร่องของตนเองจนนำไปสู่การพัฒนาองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ของตนเองต่อไป

2. ควรออกแบบการสอนอัจฉริยะในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับผู้เรียนรายบุคคล ผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง โดยนำการสอนและการประเมินรวมเข้าด้วยกันเพื่อเป็นการพัฒนาผู้เรียนแบบครบวงจร

References

- Allen, D. G. (2007). *Student thinking*. Retrieved from http://mtc.tamu.edu/9-12/index_9-12.htm?9-12M2L1.htm
- Angsutharak, N.. (2020). *Statistics and Machine Learning*. Retrieved from https://sasinconsulting.com/wp-content/uploads/2020/02_by-Nattarat-Angsutrarux.pdf. [in Thai]
- Fiothong, A., Junpeng, P., Suwannatrai, P., Chinjunthuk, S.,Tawarungruang, C. (2022).Designing Open-Ended Question Scoring for Assessment of Student Mathematical Proficiency Levels Through Digital Technology. *Journal of Educational Measurement, Mahasarakham University, 28, 346-362*.
- Han, J., Kamber, M. and Pei, J. (2012). *Data Mining Concepts and Techniques*. MA: Morgan Kaufmann.
- Jantasuk, S. & Junpeng, P. (2020). Designing Automated Feedback System to Diagnose Students' Mathematical Proficiency Level Through Digital Learning Platform. *Journal of Research Methodology, 35*(1), 23-45. [in Thai]
- Junpeng, P. (2018). *Applying for Multidimensional Item Response Theory:MIRT*. KhonKaen: KhonKaen University Publishing. [in Thai]
- Junpeng, P. et al. (2020). *Developing students' mathematical proficiency level diagnostic tools through information technology in assessment for learning report*. Bangkok: Research Administration Division Khon Kaen University. [in Thai]
- Kantahan, S., Junpeng, P., Punturat, S., Tang, K. N., P. Gochyyev., and Wilson, M. (2020). Designing and Verifying a tool for diagnosing multidimensional scientific misconceptions in genetics topic. *International Journal of Evaluation and Research in Education, 9, 564-571*.
- Kolachalama, V. B., and Garg, P. S. (2018). Machine learning and medical education. *Digital Medicine, 1, 1-3*.
- Masantiah, J. (2017). *Development of a Computer-Based Testing System With Immediate Feedback For Different Student's Ability Levels : Application of Rasch Sirt Model*. Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- Shute, V. J. (2008). *Focus on Formative Feedback*: Education Testing Service (ETS) research report. Princeton, NJ: Education Testing Service.
- Van der Kleij, F. (2012). Towards effective feedback: an investigation of teachers' and students' perceptions of oral feedback in classroom practice. *Assessment in Education: Principles, 27, 252-270*.
- Wongwanich, S.. (2020). *DESIGN RESEARCH IN EDUCATION*. Bangkok: Chulalongkorn University Press. [in Thai]