

## ผลของโปรแกรมจำแนกแร่และโมเดลตัวอย่างแร่ประกอบหินต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ Effects of Classification Program and Model in Rock Forming Mineral on Learning Effectiveness

ปัญญิสรา ตระกูลยิ่งเจริญ<sup>1\*</sup>, พิมพ์มาดา เจริญศิลป์<sup>2</sup>, สันชัย ภู่งิน<sup>1</sup>, เกวลิน ศรีจันทร์<sup>1</sup> และกนกกร สินมา<sup>1</sup>  
Punyisa Trakoonyingcharoen<sup>1\*</sup>, Pimmada Charoensilp<sup>2</sup>, Sunchai Phungern<sup>1</sup>, Kavalin Srichan<sup>1</sup> and Kanokkorn Sinma<sup>1</sup>

Received date: 3 ก.ย. 68 Revised date: 19 ธ.ค. 68 Accepted date: 20 ธ.ค. 68

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2026.268960>

### บทคัดย่อ

การเรียนการสอนปฏิบัติการในการจำแนกแร่ประกอบหินเป็นเรื่องที่ค่อนข้างซับซ้อนในการสอนของอาจารย์หลายท่าน และผู้เรียนจำนวนมากไม่สามารถจำแนกแร่ได้เมื่อเรียนในวิชาอื่นที่ต้องอาศัยทักษะการจำแนกแร่ การพัฒนาสื่อการเรียนให้ผู้เรียนเข้าใจขั้นตอนการจำแนกแร่ด้วยการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ น่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนกับผู้เรียนยุคปัจจุบันได้ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจและประสิทธิภาพการเรียนรู้ระหว่างวิธีการเรียนด้วยโปรแกรมจำแนกแร่ (Mineral Classification Program; MCP) และการใช้โมเดลตัวอย่างแร่ประกอบหิน (Mineral Model; MM) ในการเรียน ภาควิชาปฏิบัติการวิชาวิทยาศาสตร์ทางดินของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตจำนวน 85 คน แบ่งเป็นกลุ่ม MCP 39 คน และกลุ่ม MM 46 คน โดยจัดกลุ่มตัวอย่างตามหมู่เรียน ได้วิเคราะห์ความคิดเห็น 4 ด้าน คือ ด้านการจำแนกแร่ได้ถูกต้อง การจำแนกแร่ได้ง่าย ความพึงพอใจวิธีการเรียน ความมั่นใจในการจำแนกแร่เมื่อนำไปใช้ในอนาคต ด้วยการวิเคราะห์ค่า Chi-square ( $\chi^2$ ) และวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (คะแนนสอบ) ผลจากการวิเคราะห์พบว่าทั้งสองวิธีการเรียนทำให้ความคิดเห็นของผู้เรียนทั้ง 4 ด้าน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่คะแนนสอบหลังเรียนจากการเรียนด้วย MCP มีคะแนนสอบสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P = 0.031$ ) ดังนั้นการเรียนทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างการรับรู้ของผู้เรียน แต่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

**คำสำคัญ:** การจำแนกแร่ประกอบหิน การสอนภาคปฏิบัติ ประสิทธิภาพการเรียนรู้ โปรแกรมจำแนกแร่ โมเดลตัวอย่างแร่

### Abstract

Practical instruction in the classification of rock-forming minerals is often a complex task for many instructors, and numerous students struggle to classify minerals when applying this skill in subsequent courses. Developing learning media that utilize computer technology to guide students through the mineral classification process is expected to enhance instructional efficiency for current-generation learners. This research aimed to compare student satisfaction and learning effectiveness between two methods: the computer-based Mineral Classification Program (MCP) and Mineral Models (MM), used in a Soil Science laboratory for undergraduate students of Agriculture Program. The study employed a quasi-experimental design using intact groups of 85 students (MCP group,  $n=39$ ; MM group,  $n=46$ ). Four aspects of student perception (accuracy, ease of classification, satisfaction, and future confidence) were analyzed using the Chi-square test ( $\chi^2$ ) and learning achievement (post-test scores) was compared using Analysis of Covariance (ANCOVA). The analysis revealed no statistically significant differences in student perception across all four aspects between the two methods ( $P > 0.05$ ). However, the ANCOVA results showed that the MCP group achieved significantly higher post-test scores than the MM group ( $P = 0.031$ ). In conclusion, while the students' perception of both learning methods was comparable, the use of the computer-based MCP significantly enhanced their learning achievement.

<sup>1</sup> ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

<sup>2</sup> แขนงจิตวิทยาเชิงปริมาณ คณะจิตวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

<sup>1</sup> Soil Science Department, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

<sup>2</sup> Quantitative Psychology Area, Faculty of Psychology, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

\*Corresponding author: agrpyst@ku.ac.th

**Keywords:** rock-forming mineral classification, laboratory learning, learning effectiveness, mineral classification program, mineral model

## คำนำ

ในการเรียนการสอนระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ มีวิชาเฉพาะบังคับให้กับนิสิต ในหลักสูตรทุกคนต้องผ่านการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ทางดิน (02036261) และยังเป็นวิชาพื้นฐานในการเรียนต่ออีกหลายวิชาของ แขนงวิชาปฐพีวิทยา ในการเรียนภาคปฏิบัติการของหัวข้อองค์ประกอบดิน จำเป็นต้องจำแนกวัสดุการเกิดดินกลุ่มอนินทรีย์วัตถุซึ่งเป็นกลุ่มแร่ประกอบหินทั่วไปได้ การจำแนกแร่เหล่านี้ช่วยบ่งชี้สภาพแวดล้อมและสมบัติดินเบื้องต้นได้ เช่น การพบแร่แคลไซต์ แสดงถึงการมีสภาพอากาศแห้งแล้งนาน ดินมักตื้น มีธาตุแคลเซียมสูง pH สูง สภาพปฏิกิริยาดินเป็นด่าง (Safar and Whalen, 2023) หรือการพบแร่เหล็กฮีมาไทต์เด่น แสดงถึงการผุพังอย่างรุนแรงในสภาพที่มีการถ่ายเทอากาศดี ส่งผลให้ดินมักลึก เป็นกรด ปริมาณธาตุอาหารต่ำ การระบายน้ำดีมาก (Melo et al., 2020) การจำแนกแร่ได้ถูกต้อง ผู้เรียนจะสามารถอธิบายความเหมาะสมของดินหรือข้อจำกัดของดินต่อการผลิตและการจัดการดินเบื้องต้นได้ นอกจากผู้เรียนในหลักสูตรได้ประโยชน์แล้ว ผู้สนใจทั่วไป เช่น ด้านสิ่งแวดล้อม ป่าไม้ และด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรดิน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เช่นกัน

การจำแนกชนิดแร่ประกอบหินใช้วิธีการจำแนกได้หลายวิธี ทั้งวิธีต่างๆในห้องปฏิบัติการ อาศัยอุปกรณ์ขนาดใหญ่ ราคาแพง ใช้เวลาการทดสอบนาน เช่น การใช้รังสีเลี้ยวเบนเอกซ์ การใช้กัมมันตรังสี หรือการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด หรือวิธีตรวจวัดสมบัติทางกายภาพและเคมีของแร่ด้วยอุปกรณ์ง่ายๆ ราคาไม่แพง ใช้เวลาไม่นาน โดยใช้ลักษณะหรือสมบัติหลายประการในการชี้บ่งชนิดแร่ เช่น สีก้อนแร่ สีผง ความแข็งตามมาตราโมส์ (Mohs hardness scale) ความวาว รูปร่าง แนวแตกเรียบ การเป็นสารแม่เหล็ก การทำปฏิกิริยากับกรดเกลือเจือจาง ลักษณะหรือสมบัติเหล่านี้สามารถใช้จำแนกชนิดของแร่ได้ดีพอสมควร และเหมาะสมในการจำแนกแร่ในภาคสนาม (Soil Science Staff, 2025) ซึ่งการวินิจฉัยชนิดแร่จำเป็นต้องระบุลักษณะเฉพาะของแร่นั้นให้ได้มากกว่า 1 ลักษณะ จะทำให้มั่นใจว่าเป็นแร่นั้นจริงๆ เช่น แร่แคลไซต์ ส่วนใหญ่มีความวาวแบบแก้วแตก สีก้อนแร่สีขาว สีผงสีขาว ความแข็งตามมาตราโมส์เท่ากับ 3 แนวแตกเรียบไม่ตั้งฉากกัน 3 ทาง ทำปฏิกิริยากับกรดเกลือเจือจางเกิดฟองฟูของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงเห็นได้ว่าผู้เรียนต้องทดสอบลักษณะต่างๆหลายอย่าง หากผู้สอนขาดประสบการณ์หรือไม่เข้าใจขั้นตอนการปฏิบัติอาจทำให้ผู้เรียนไม่แน่ใจขั้นตอนในการทดสอบแบบเป็นลำดับขั้น เพื่อระบุลักษณะเฉพาะของแร่นั้นๆ

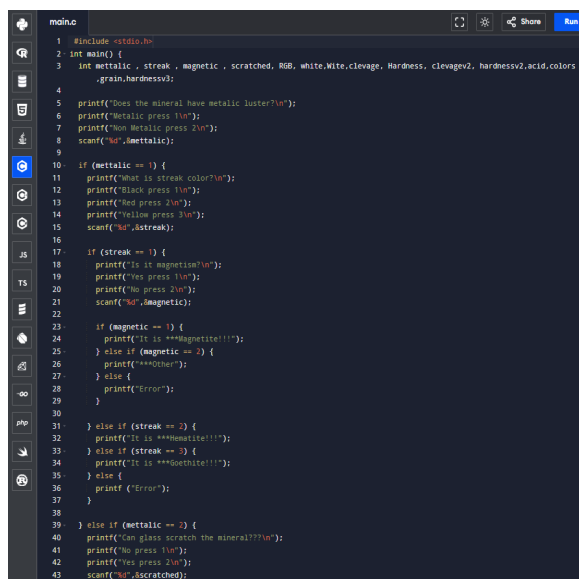
การสร้างชุดโปรแกรมคำสั่งการจำแนกแร่ประกอบหินจะสร้างขั้นตอนในการจำแนกอย่างเป็นลำดับ โดยผสมกับการใช้เทคโนโลยีของชุดคำสั่งอัลกอริทึมให้ตอบโต้กับนักศึกษาเพื่อให้ได้คำตอบว่าต้องใช้สมบัติอะไรบ้างในการทดสอบอย่างเป็นขั้นตอนจนได้คำตอบเป็นแร่ชนิดใด จะทำให้ผู้เรียนคุ้นเคยกับการเรียนรู้ที่ใช้งานได้จริง ตอบสนองต่อผลการทดลองของผู้เรียนทันที ช่วยให้การฝึกฝนการทดลอง และจดจำลักษณะเด่นๆของแร่ได้ง่าย สามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพ สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561 - 2580 (Office of the Secretary of the National Strategy Committee, 2019)

ปัจจุบันมีงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าการใช้สื่อการสอนที่พัฒนาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer-Based Instruction; CBI) ให้ผลลัพธ์ที่ดีและมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการสอนแบบเดิมที่ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ จากงานวิจัยของ Kulik and Kulik (1991) ได้วิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังของผลการประเมินจาก 254 บทความ แสดงให้เห็นว่าแม้ต่างผู้สอนแต่การเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ มักส่งผลดีต่อนักเรียนทั้งในชั้นเรียนทดลองและชั้นเรียนควบคุม สามารถทำให้ทัศนคติของนักเรียนต่อการสอนและคอมพิวเตอร์เปลี่ยนแปลงไปในทางบวก และลดระยะเวลาสำหรับการสอนเรื่องยากๆได้มาก มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยเฉลี่ยทุกระดับชั้น Mo et al. (2015) พบว่าเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มีผลกระทบเชิงบวกและมีนัยสำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งด้านคณิตศาสตร์และภาษาจีน Al-Awaysheh et al. (2024) ศึกษาเกี่ยวกับพนักงานใหม่จำนวน 128 คน ให้เรียนรู้การสื่อสารภายในทีมงาน โดยแบ่งกลุ่มเรียนผ่านคอมพิวเตอร์ และกลุ่มเรียนแบบ face to face โดยพนักงานทั้งหมดได้ทดสอบพื้นฐานความรู้ก่อนเริ่มเรียนพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน และเมื่อทดสอบหลังเรียนพบว่ากลุ่มเรียนผ่านคอมพิวเตอร์ทำคะแนนได้ดีกว่ากลุ่มเรียนแบบต่อหน้าเล็กน้อย นอกจากนี้ผลดีต่อคะแนนการเรียน การเรียนผ่านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ยังสามารถช่วยเพิ่มความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมของบุคลากรได้ด้วย (Hussein et al., 2021) และช่วยประหยัดทรัพยากรบุคคลในการสอนได้มาก จึงมีแนวคิดในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเรียนรู้ระหว่างวิธีการสอนโดยใช้โปรแกรมจำแนกซึ่งเสมือนเป็นการสอนแบบใหม่ที่สอดคล้องกับวิถีชีวิตผู้เรียนรุ่นใหม่ กับการใช้โมเดลตัวอย่างแร่ประกอบหินซึ่งเป็นวิธีการสอนที่ใช้ในปัจจุบัน

## วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ได้สอบถามความคิดเห็นจากผู้เรียนปฏิบัติการวิชาวิทยาศาสตร์ทางดินจำนวน 85 คน จากผู้เรียนจำนวน 6 หมู่เรียน โดยแต่ละหมู่เรียนมีจำนวนผู้เรียนไม่เท่ากัน ได้ทำการสุ่มหมู่เรียนจำนวน 3 หมู่เรียน เป็นผู้เรียนด้วยการใช้โปรแกรมการจำแนกแร่ 39 คน (Mineral Classification Program; MCP) และอีก 3 หมู่เรียนเป็นผู้เรียนด้วยโมเดลตัวอย่างแร่ 46 คน (Mineral Model; MM) ผู้เรียนทั้งสองวิธีจะได้รับตัวอย่างแร่ประกอบหินที่พบได้ทั่วไป จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ แร่แคลไซต์ ควอตซ์ แมกนีไทต์ ไมกา เฟลด์สปาร์ และยิปซัม และอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบสมบัติกายภาพและเคมีของแร่จากห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างเช่น ตะไบ กระจก กรดเกลือเจือจาง และแม่เหล็ก ผู้เรียนด้วยโปรแกรมจำแนกแร่จะได้รับ QR code เพื่อเข้าโปรแกรมซึ่งเป็นภาษาอังกฤษ พร้อมกับไฟล์คู่มือการใช้โปรแกรมเป็นภาษาไทย โดยผู้เรียนสามารถเปิดโปรแกรมผ่านทางโทรศัพท์มือถือหรือโน้ตบุ๊กได้ สำหรับผู้เรียนด้วยโมเดลตัวอย่างแร่จะได้รับแผ่น chart ของตัวอย่างแร่ เพื่อใช้เปรียบเทียบกับลักษณะภายนอกกับแร่ที่ได้รับจากห้องปฏิบัติการ

ในการออกแบบโปรแกรมจำแนกแร่ ได้ใช้สมบัติกายภาพและเคมีของแร่หลายลักษณะ ซึ่งค่อนข้างจำเพาะกับแร่แต่ละชนิด โดยโปรแกรมใช้การเขียนโค้ดภาษา C แบ่งโมดูลเพื่อคอมไพล์และลิงก์เชื่อมโยงเข้าด้วยกันได้ Figure 1a แสดงโค้ดเขียนคำสั่งในหน้า main.c สำหรับหน้า output โปรแกรมจะถามสมบัติทางกายภาพและเคมีของแร่ทีละลักษณะ (Figure 1b) โดยคำถามจะเรียงลำดับจากลักษณะทั่วไปของแร่จนถึงลักษณะเฉพาะเจาะจงตามลำดับขั้นที่ต่อเนื่องกัน ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคือเมื่อผู้เรียนเข้าโปรแกรมได้แล้ว ให้กด “run” โปรแกรมจะตั้งคำถามให้ผู้เรียนตอบคำถามที่ได้จากผลการทดสอบสมบัติแร่ตามที่โปรแกรมถามทีละข้อ เมื่อผู้เรียนทำการทดสอบสมบัติของแร่ตามโปรแกรมจำแนกแร่ทีละสมบัติและตอบคำถามถูกจนครบสมบัติของแร่นั้นๆ โปรแกรมจะ feedback ผู้เรียนทราบชนิดแร่ทันที (Figure 1c) หากโปรแกรมไม่สามารถระบุชนิดแร่ได้แสดงว่าผู้เรียนมีการตรวจวัดสมบัติผิดพลาด หรือพิมพ์คำตอบพลาด โปรแกรมจะไม่ให้ชื่อแร่ใดๆ และขึ้นคำว่า === Code Execution Successful === ผู้เรียนต้องทำการตรวจสอบสมบัติแร่และเริ่มตอบคำถามใหม่ จนได้คำตอบชื่อแร่

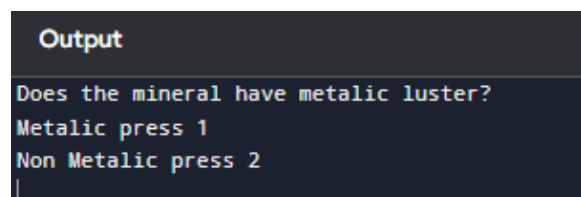


```

1 #include <stdio.h>
2 int main() {
3     int metallic, streak, magnetic, scratched, RGB, white, Wite, cleavage, Hardness, cleavage2, hardness2, acid, colors,
4     .grain, hardness3;
5     printf("Does the mineral have metallic luster?\n");
6     printf("Metallic press 1\n");
7     printf("Non Metallic press 2\n");
8     scanf("%d", &metallic);
9
10    if (metallic == 1) {
11        printf("What is streak color?\n");
12        printf("Black press 1\n");
13        printf("Red press 2\n");
14        printf("Yellow press 3\n");
15        scanf("%d", &streak);
16
17        if (streak == 1) {
18            printf("Is it magnetism?\n");
19            printf("Yes press 1\n");
20            printf("No press 2\n");
21            scanf("%d", &magnetic);
22
23            if (magnetic == 1) {
24                printf("It is ***Magnetite!!!");
25            } else if (magnetic == 2) {
26                printf("Other");
27            } else {
28                printf("Error");
29            }
30
31        } else if (streak == 2) {
32            printf("It is ***Hematite!!!");
33        } else if (streak == 3) {
34            printf("It is ***Goethite!!!");
35        } else {
36            printf("Error");
37        }
38
39    } else if (metallic == 2) {
40        printf("Can glass scratch the mineral???\n");
41        printf("Yes press 1\n");
42        printf("No press 2\n");
43        scanf("%d", &scratched);

```

a) The programming code used for mineral classification

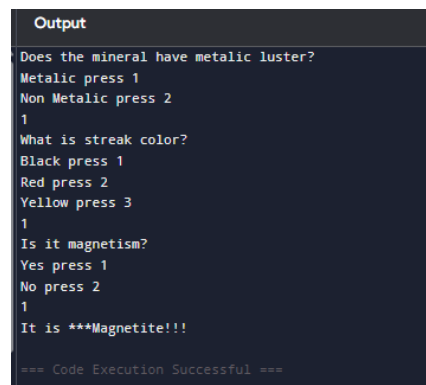


```

Output
Does the mineral have metallic luster?
Metallic press 1
Non Metallic press 2

```

b) The output page displaying the commands generated by the program



```

Output
Does the mineral have metallic luster?
Metallic press 1
Non Metallic press 2
1
What is streak color?
Black press 1
Red press 2
Yellow press 3
1
Is it magnetism?
Yes press 1
No press 2
1
It is ***Magnetite!!!
=== Code Execution Successful ===

```

c) The output page presents the correct mineral name.

**Figure 1** The workflow of the program consists of: a) the programming code used for mineral classification, b) and c) the output pages generated by the program

สำหรับวิธีการสอนด้วยโมเดลตัวอย่างแร่ ผู้เรียนนำตัวอย่างแร่ที่รับจากห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบกับความเหมือนของลักษณะภายนอกใกล้เคียงกับแร่ใดใน chart โมเดลตัวอย่างแร่ซึ่งผู้เรียนจะสังเกตได้เพียงลักษณะภายนอก ดัง Figure 2 หากลักษณะ

ภายนอก เช่น สีก้อนแร่ แนวแตกเรียบ เหมือนกับแร่ชนิดใดให้บันทึกชื่อแร่ นั้น จากนั้นให้ศึกษาสมบัติเฉพาะตัวของแร่ นั้นในหนังสือเรียนปฏิบัติการด้วยแผนภูมิการจำแนกแร่ที่ใช้ลักษณะต่างๆของแร่ ดัง Figure 3 เมื่อทดสอบลักษณะหรือสมบัติเฉพาะตัวของแร่ด้านอื่นตามแผนภูมิการจำแนกแร่ เช่น สีผง ความแข็ง การดูดแม่เหล็ก การทำปฏิกิริยากับกรดเจือจาง หากสมบัติที่ทดสอบไม่สอดคล้องกับแร่ที่บันทึก แสดงว่าไม่ใช่ชนิดแร่ที่ถูกต้อง ให้นำไปเปรียบเทียบกับ chart โมเดลตัวอย่างแร่อีกครั้งว่าใกล้เคียงกับแร่ใด และทดสอบสมบัติเฉพาะตัวของแร่ที่คาดการณ์ไว้ตามแผนภูมิในหนังสือปฏิบัติการ หากสมบัติเฉพาะตัวที่ทดสอบตรงกับแร่ที่คาดการณ์นั้นทุกประการจะเป็นชื่อแร่ที่ถูกต้อง



Figure 2 chart โมเดลตัวอย่างแร่ที่ใช้ในการสอนจำแนกแร่ประกอบหิน

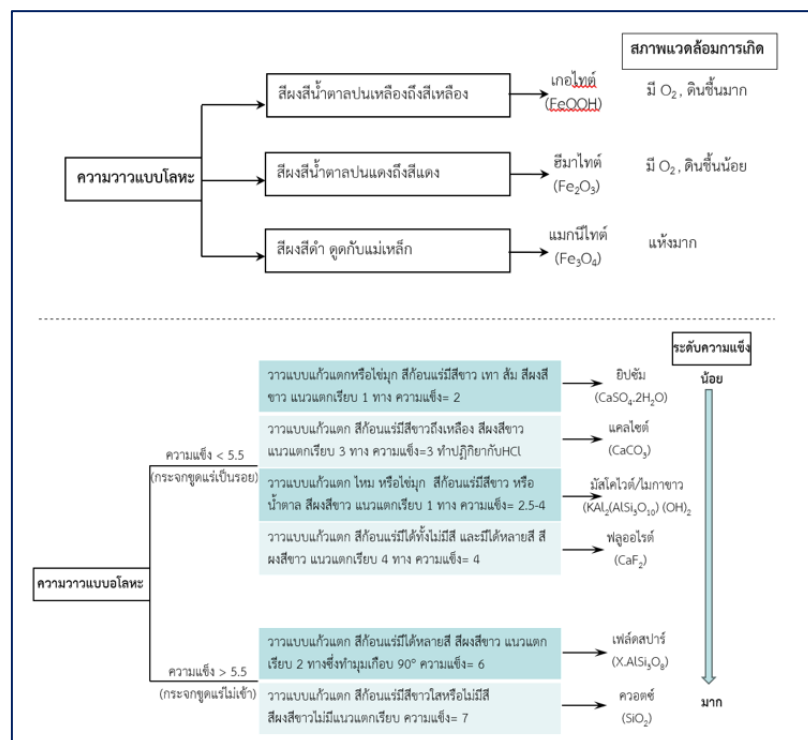


Figure 3 แผนภูมิการจำแนกแร่ที่แสดงในหนังสือปฏิบัติการ (Soil Science Staff, 2025)

### วิธีการประเมินประสิทธิภาพการเรียนรู้จากการเรียนด้วยโปรแกรมจำแนกแร่และจากโมเดลตัวอย่างแร่

1. แบบสอบถาม จากวิธีการเรียนทั้ง 2 วิธี ด้วยคำถามต่อไปนี้
  - 1.1 ทำให้จำแนกแร่ได้ถูกต้อง (Correctly mineral classification)
  - 1.2 ทำให้จำแนกแร่ได้ง่าย (Easily mineral classification)
  - 1.3 ความพึงพอใจต่อวิธีการสอน (Students' satisfaction) โดยคำถามข้อ 1.1-1.3 ประเมินเป็นระดับคะแนน 1-5 คะแนน 1 (ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง) จนถึง 5 (เห็นด้วยอย่างยิ่ง)
  - 1.4 ระดับความมั่นใจในการจำแนกแร่ในอนาคตด้วยวิธีการเรียนที่ได้รับ (Confidence levels in mineral classification) ประเมินเป็นระดับ มั่นใจจำแนกแร่ได้ (Yes = 5 คะแนน) ไม่แน่ใจ (Not sure = 3 คะแนน) จำแนกไม่ได้ (No = 1 คะแนน) แล้วคำนวณเป็นร้อยละของคะแนนจากจำนวนผู้เลือกแต่ละระดับ
2. ผลคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนปฏิบัติการ ด้วยข้อสอบชุดเดียวกัน
3. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS Statistics 21 software (IBM Corp., 2012) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเรียนรู้จากระดับความเห็นของผู้เรียน ด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงกลุ่มระหว่างวิธีการสอนและการกระจายของคะแนน (rating) ด้วยการวิเคราะห์ค่า Chi-square ( $\chi^2$ ) สำหรับคะแนนสอบก่อนและหลังเรียน วิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) โดยใช้คะแนนก่อนสอบเป็นตัวแปรร่วมที่ถูกควบคุม (covariate) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามกำลังศึกษาระดับปริญญาตรีปี 2 จำนวน 81 คน ปี 4 จำนวน 2 คน และปี 5 จำนวน 2 คน ทั้งหมดศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ เพศชาย 38 คน เพศหญิง 46 คน ไม่ระบุเพศ 1 คน ผู้เรียนส่วนใหญ่มีเกรดเฉลี่ย 2.00-2.49 และ 2.50-2.99 จำนวนอย่างละ 31 คน เกือบทั้งหมดไม่เคยเรียนการจำแนกแร่ภาคปฏิบัติการ ดังแสดงรายละเอียดใน Table 1

**Table 1** General characteristics of the 85 survey respondents

| Characteristics                   |           | Total<br>n= 85 | MCP<br>n=39 | MM<br>n=46  |
|-----------------------------------|-----------|----------------|-------------|-------------|
| Year level                        | 2         | 81 (95.3 %)    | 37 (94.9 %) | 44 (95.7 %) |
|                                   | > 2       | 4 (4.70 %)     | 2 (5.10 %)  | 2 (4.30 %)  |
|                                   | <2.00     | 6 (7.1 %)      | 3 (7.7 %)   | 3 (6.5 %)   |
| GPA                               | >3.50     | 6 (7.1 %)      | 4 (10.3 %)  | 2 (4.3 %)   |
|                                   | 2.00-2.49 | 31 (36.5 %)    | 13 (33.3 %) | 18 (39.1 %) |
|                                   | 2.50-2.99 | 31 (36.5 %)    | 14 (35.9 %) | 17 (37.0 %) |
|                                   | 3.00-3.49 | 11 (12.9 %)    | 5 (12.8 %)  | 6 (13.0 %)  |
| studied mineral<br>classification | yes       | 4 (4.7 %)      | 2 (5.1 %)   | 2 (4.3 %)   |
|                                   | no        | 81 (95.3 %)    | 37 (94.9 %) | 44 (95.7 %) |

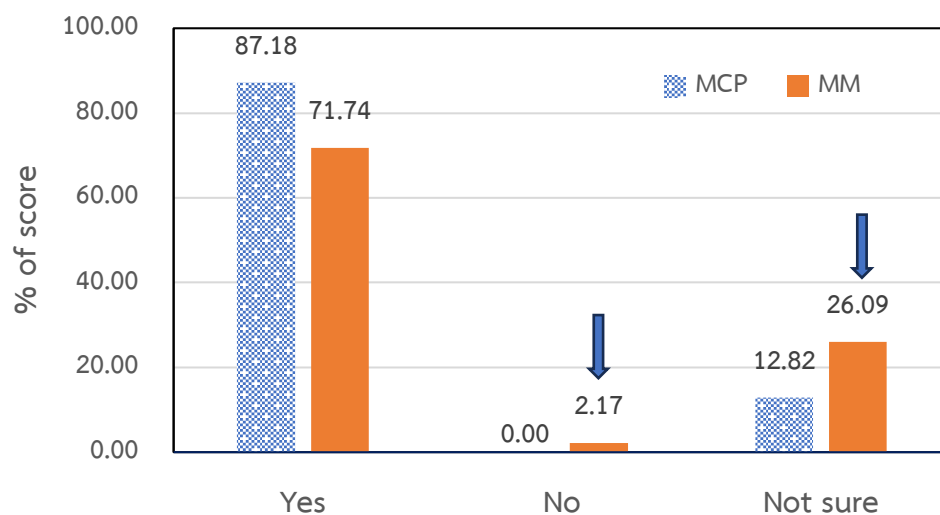
การเรียนทั้งสองวิธีทำให้ค่าเฉลี่ยความเห็นในการทำให้ผู้เรียนจำแนกแร่ได้ถูกต้อง โปรแกรม/โมเดลใช้จำแนกแร่ได้ง่าย ความพึงพอใจต่อวิธีการเรียน และความมั่นใจในการนำวิธีเรียนไปใช้จำแนกแร่ในอนาคตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แสดงใน Table 2 ผู้เรียนอาจมองว่าทั้งสองวิธีการสอนมีความเหมาะสมและตอบสนองต่อการเรียนรู้ของตนเองอยู่แล้ว จึงประเมินการรับรู้ทุกด้านใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามแม้ว่าผลทางสถิติไม่ต่างกันแต่เมื่อพิจารณาข้อมูลดิบพบว่าผู้เรียนวิธีโมเดลตัวอย่างแร่จำนวนหนึ่งไม่มั่นใจในการจำแนกแร่ได้ถูกต้องและคิดว่าไม่สามารถจำแนกแร่ได้ในอนาคต (Figure 4) ผู้เรียนกลุ่มนี้จำเป็นต้องได้รับการพิจารณาการเรียนเฉพาะบุคคล เพื่อให้มีความมั่นใจในการจำแนกแร่ได้ถูกต้อง

**Table 2** Student's response on their perception of MCP (n = 39) and MM (n = 46) learning methods

| Students' response | Correctly | Easily | Satisfaction | Confidence |
|--------------------|-----------|--------|--------------|------------|
| $\chi^2$           | 1.40      | 0.16   | 5.31         | 4.51       |
| P value            | 0.844     | 0.997  | 0.257        | 0.341      |

ผู้เรียนวิธี MCP มีข้อเสนอแนะว่าอุปสรรคสำคัญของผู้เรียนคือ คำสั่งโปรแกรมเป็นภาษาอังกฤษ ถึงแม้จะมีคู่มือภาษาไทยช่วย แต่ผู้เรียนยังรู้สึกยาก ไม่ง่ายในการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suwannatrai et al. (2022) พบว่านักศึกษาไทยส่วนมากมีปัญหาทักษะภาษาอังกฤษขั้นพื้นฐาน และประกอบกับเมื่อรู้สึกว่ายากผู้เรียนจะลดความพยายามลง (Duchesne et al., 2021) ขณะที่ผู้เรียนวิธี MM ไม่มีข้อเสนอแนะใดๆ

สำหรับคะแนนการสอบจากการเรียนทั้งสองวิธี (Table 3) พบว่าคะแนนสอบก่อนเรียนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างวิธีการสอน ( $P = 0.717$ ) เมื่อกำหนดให้คะแนนก่อนสอบเป็นตัวแปรร่วมที่ถูกควบคุม พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนมีคะแนนสูงขึ้นจากก่อนสอบ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P = 0.031$  โดยการเรียนรู้ด้วยโปรแกรมจำแนกแร่ทำให้ผู้เรียนมีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่า ทั้งที่ก่อนเรียนมีคะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับผลวิจัยของ Al-Awaysheh et al. (2024); Kulik and Kulik (1991) พบว่าการใช้สื่อการสอนที่พัฒนาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้ผลลัพธ์ที่ดีและมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการสอนแบบเดิมซึ่งใช้วิธี face to face ข้อดีของโปรแกรมจำแนกแร่ในการให้ feedback ทันทีไม่ต้องรอสอบถามหรือไม่ต้องรอผลจากการตรวจของผู้สอน ช่วยให้นักเรียนรู้ข้อผิดพลาดของตนเองทันที เกิดการเรียนรู้แบบ active (Taxipulati and Lu, 2021) สอดคล้องกับ Fyfe and Rittle-Johnson (2016) พบว่าเด็กที่ได้รับการตอบรับทันทีมีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แม้ผู้เรียนเป็นกลุ่มที่มีพื้นฐานความรู้น้อย ซึ่งการให้ feedback แบบทันทีด้วยการสอนแบบ face to face ในห้องที่มีผู้เรียนจำนวนมากอาจจะไม่ทั่วถึงหรือไม่ทันเวลา จึงเป็นข้อจำกัดของวิธีการเรียนด้วยโมเดลตัวอย่างแร่ เพราะผู้เรียนต้องรอพบผู้สอนให้แจ้งผลลัพธ์การจำแนก

**Figure 4** Confidence levels in mineral classification: MCP (n = 39), MM (n = 46)**Table 3** Mean score of Pre-test and Post-test for MCP and MM

| Method  | Pre-test |       | Post-test          |       |
|---------|----------|-------|--------------------|-------|
|         | x        | SD    | x                  | SD    |
| MCP     | 58.97    | 18.89 | 89.23 <sup>a</sup> | 15.79 |
| MM      | 57.39    | 20.91 | 81.74 <sup>b</sup> | 15.10 |
| P value | 0.717    |       | 0.031*             |       |

X = adjusted mean; SD = standard deviation; \* = statistically significant at 5% level

การใช้โปรแกรมจำแนกแรงแปเป็นการเรียนด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือหลักในการเรียนการสอน ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสนับสนุนการสอนให้ผู้เรียนเข้าใจมากขึ้น มีผลต่อพฤติกรรมความรู้ ความคิด และสติปัญญา (cognitive domain) ดังแสดงให้เห็นจากงานวิจัยจำนวนมาก (Mo et al., 2015; Tikoo and Gupta, 2017; Hussein et al., 2021; Al-Awaysheh et al., 2024) การออกแบบให้ผู้เรียนทดลองอย่างเป็นลำดับขั้นตอนและให้ทดลองซ้ำเมื่อหาคำตอบไม่ได้ ผู้เรียนจะมีโอกาสทวนขั้นตอนในการทดลอง ทำให้ผู้เรียนเข้าใจขั้นตอนการปฏิบัติอย่างลึกซึ้งและจดจำได้ นำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ด้านคะแนนสอบ

### สรุปผลการศึกษา

ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพการเรียนการจำแนกแรงแปประกอบขึ้นระหว่างวิธีเรียนด้วยการใช้โปรแกรมการจำแนกแรงแปและการใช้โมเดลตัวอย่างแรงแปไม่มีความแตกต่างทางสถิติในด้านการทำให้ผู้เรียนจำแนกแรงแปได้ถูกต้อง การจำแนกแรงแปได้ง่าย ความพึงพอใจวิธีการสอน ความมั่นใจในการจำแนกแรงแปเมื่อนำไปใช้ทำงานจริงและคะแนนสอบก่อนเรียน แต่พบว่ากลุ่มผู้เรียนด้วยการใช้โปรแกรมการจำแนกแรงแปมีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าการเรียนด้วยโมเดลตัวอย่างแรงแปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การสอนด้วยโปรแกรมการจำแนกแรงแปใช้ภาษาอังกฤษในการเรียน ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำคัญ จำเป็นต้องพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษเบื้องต้นแก่ผู้เรียนในอนาคตผู้สอนจำเป็นต้องพัฒนาวิธีการสอนใหม่ ๆ ให้เหมาะสมกับผู้เรียน เพื่อให้บรรลุผลลัพธ์การเรียนรู้และให้ผู้เรียนนำไปใช้ได้จริง

### ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

### การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม สมมติฐาน: ปญญิตา ตระกูลยิ่งเจริญ. วิธีการเก็บข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: พิมพ์มาดา เจริญศิลป์, สัญชัย ภู่อเงิน, เกวลิน ศรีจันทร์ และกนกกร สีนมา. การสรุปผล การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดงการเปรียบเทียบข้อสรุป: ปญญิตา ตระกูลยิ่งเจริญ, พิมพ์มาดา เจริญศิลป์. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: ปญญิตา ตระกูลยิ่งเจริญ.

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากบริษัทวังกรุป จำกัด และขอขอบคุณ คุณภูติพิท สังขศิลา ในการช่วยให้คำแนะนำการพัฒนาโปรแกรม, คุณสุนิดา สังข์ทอง ในการช่วยรวบรวมแบบสอบถาม

### เอกสารอ้างอิง

- Al-Awaysheh, H., AlRuzzeih, M., & Alloubani, A. (2024). Comparing the effectiveness of computer-based teaching versus face-to-face teaching of clinically related courses among newly hired oncology nurses. *Educación Médica*, 25(3), 100894. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2024.100894>.
- Duchesne, S., McMaugh, A., & Mackenzie, E. (2021). *Educational Psychology for Learning and Teaching*. 7th Ed Cengage Learning.
- Fyfe, E. R., & Rittle-Johnson, B. (2016). The benefits of computer-generated feedback for mathematics problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 147(1), 140-151. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.03.009>.
- Hussein, R., Lin, E. C. J., & Grindrod, K. (2021). Effects of computer-based education on health professionals' knowledge, skills, and behavior: A scoping review. *Journal of the American Pharmacists Association*, 61(3), e44-e68. <https://doi.org/10.1016/j.japh.2021.01.036>.
- IBM Corp. (2012). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0*. Retrieved from: <https://www.ibm.com/support/pages/spss-statistics-210-available-download>.
- Kulik, C. L. C., & Kulik, J. A. (1991). Effectiveness of computer-based instruction: An updated analysis. *Computers in Human Behavior*, 7(1-2), 75-94. [https://doi.org/10.1016/0747-5632\(91\)90030-5](https://doi.org/10.1016/0747-5632(91)90030-5).
- Melo, V. F., Oliveira, Jr J. C. d., Batista, A. H., Cherobim, V. F., & Favaretto, N. (2020). Goethite and hematite in bichromic soil profiles of southern Brazil: Xanthization or yellowing process. *Catena*, 188(1), 104445. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104445>.

- Mo, D., Huang, W., Shi, Y., Zhang, L., Boswell, M., & Rozelle, S. (2015). Computer technology in education: Evidence from a pooled study of computer assisted learning programs among rural students in China. **China Economic Review**, 36(1), 131-145. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2015.09.001>.
- Office of the Secretary of the National Strategy Committee. (2019). **National Strategy 2018 – 2037**. Research and Development Group, Public Relations Policy and Planning Development Office. (in Thai).
- Safar, F., & Whalen, J. K. (2023). Sodium-rich water containing calcite can stabilize soil macroaggregates in arid regions. **Soil and Tillage Research**, 232(1), 105775. <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105775>.
- Soil Science Staff. (2025). **Soil Science Laboratory**. Soil Science department, Kasetsart University. (in Thai).
- Suwannatrai, L., Thumawongsa, N., & Chumpavan, S. (2022). English instruction difficulties perceived by teachers in English as foreign language (EFL) classrooms at the University Level in Thailand. **Rajapark Journal**, 16(47), 23-38.
- Taxipulati, S., & Lu, H. D. (2021). The influence of feedback content and feedback time on multimedia learning achievement of college students and its mechanism. **Frontiers in Psychology**, 12(1), 706821. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.706821>.
- Tikoo, D., & Gupta, M. (2017). Student's perception and experience of computer assisted learning as a teaching method in experimental pharmacology. **International Journal of Basic & Clinical Pharmacology**, 4(6), 1168-1174. <https://doi.org/10.18203/2319-2003.ijbcp20151352>.