



ต้นแบบการสร้างคำถามอัตโนมัติสำหรับเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ แบบ 1.1 ระดับปริญญาคุณวุฒิบัณฑิต

ภาควิชาคอมพิวเตอร์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

ต้นแบบการสร้างคำถามอัตโนมัติสำหรับเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ แบบ 1.1 ระดับปริญญาดุษฎีบัณฑิต

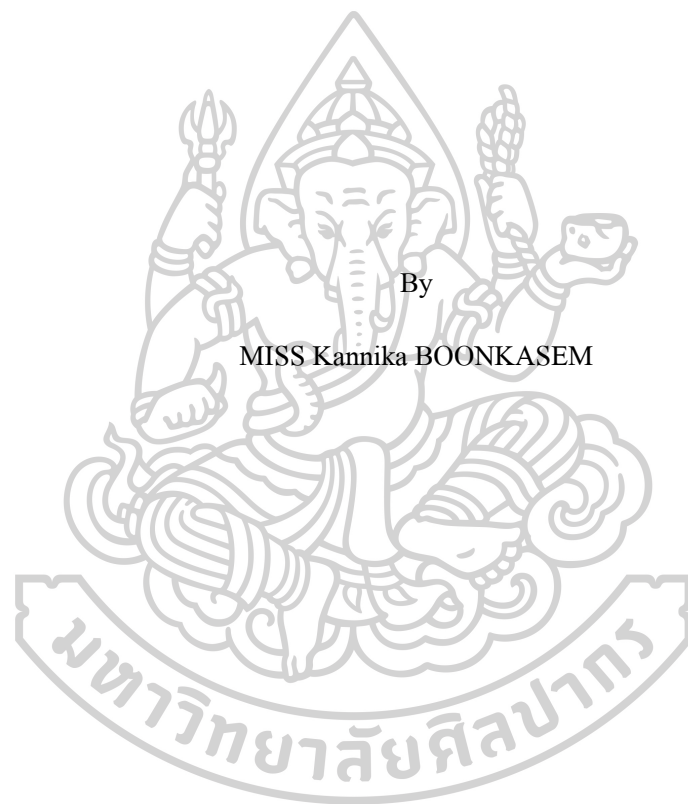
ภาควิชาคอมพิวเตอร์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

PROTOTYPE OF AUTOMATIC QUESTION GENERATION FOR LEARNING TO
CREATE LINEAR PROGRAMING MODELS



By

MISS Kannika BOONKASEM

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Doctor of Philosophy INFORMATION TECHNOLOGY

Department of COMPUTER SCIENCE

Silpakorn University

Academic Year 2023

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	ต้นแบบการสร้างคำถามอัตโนมัติสำหรับเรียนรู้การสร้างตัวแบบ กำหนดการเชิงเส้น
โดย	นางสาวกรรณิกา บุญเกษม
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ แบบ 1.1 ระดับปริญญาตรีบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทศนวรรณ ศูนย์กลาง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. เทพชัย ทรัพย์นिति

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาตรีบัณฑิต

..... คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นรงค์ นิรมพาลี)

พิจารณาเห็นชอบโดย
..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนีย์ พงษ์พินิจกัญญา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทศนวรรณ ศูนย์กลาง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร. เทพชัย ทรัพย์นिति)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ เชาวลิต)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร. โอสม ศรีนิต)

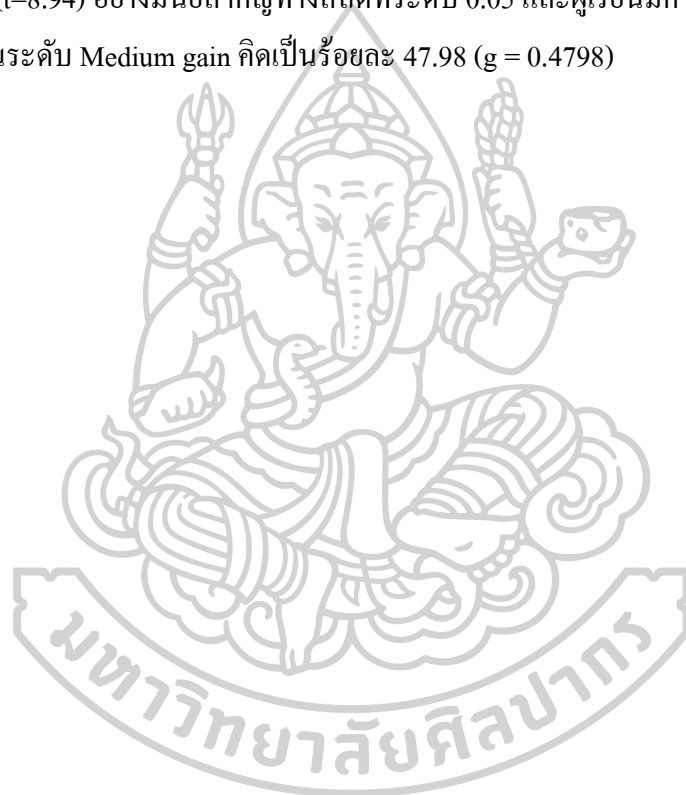
57309803 : เทคโนโลยีสารสนเทศ แบบ 1.1 ระดับปริญญาตรีบัณฑิต

คำสำคัญ : การโปรแกรมเชิงเส้น, การสร้างคำถามอัตโนมัติ, ออนโทโลยี

นางสาว กรรณิกา บุญเกษม: ต้นแบบการสร้างคำถามอัตโนมัติสำหรับเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทศนวรรณ ศูนย์กลาง

ตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นแสดงถึงปัญหาในธุรกิจ การใช้ตัวแปรและสัญลักษณ์อย่างถูกต้องและครอบคลุมเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งประสิทธิผลของการใช้ผลลัพธ์ของตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นใหม่นั้นขึ้นอยู่กับการสร้างแบบจำลองของปัญหาที่มีประสิทธิภาพ ผู้เรียนจะสามารถสร้างแบบจำลองที่ถูกต้องโดยการพัฒนาทักษะในการสร้างแบบจำลองเพื่อจัดการกับปัญหาที่หลากหลายผ่านการวิเคราะห์ปัญหาอย่างละเอียด กำหนดตัวแปร เขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์และฟังก์ชันเงื่อนไขข้อบังคับตามโครงสร้างของแบบจำลองที่ถูกต้อง อย่างไรก็ตาม ผู้สอนมักจะเผชิญกับความยากลำบากในการสร้างคำถามที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจซึ่งออกแบบมาเพื่อการสร้างแบบจำลองการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น โดยเฉพาะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องรับมือกับคำถามเชิงพรรณนาที่ซับซ้อน ในกรณีเช่นนี้ เครื่องมือสร้างคำถามและคำตอบอัตโนมัติจะมีประโยชน์เนื่องจากสามารถสร้างคำถามคุณภาพสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดภาระงานของผู้สอน และช่วยเหลือผู้เรียนในกระบวนการเรียนรู้ สนับสนุนการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงวิเคราะห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของการเขียนโมเดลการโปรแกรมเชิงเส้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสร้างคำถามอัตโนมัติสำหรับเนื้อหาการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น โดยใช้แนวทางผสมระหว่างการใช้แม่แบบคำถาม (Template-based) ร่วมกับวิธีการใช้ฐานความรู้เชิงความหมาย (Semantic-based) ด้วยเทคโนโลยีออนโทโลยีเพื่อนำไปใช้ในระบบการสร้างคำตอบและระบบช่วยเหลือผู้เรียนอัตโนมัติในการเรียนรู้การสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นในรูปแบบของแบบฝึกหัด 3 เนื้อหาได้แก่ การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และการเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขข้อบังคับ สำหรับนักศึกษาชั้นระดับปริญญาตรีที่เรียนรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ จำนวน 132 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า 1) คุณภาพของ โจทย์และเฉลย ด้านความถูกต้อง (ค่าเฉลี่ย = 3.31, S.D. = 0.58) ความสอดคล้องของข้อมูลในเนื้อหาโจทย์ (ค่าเฉลี่ย = 3.41, S.D. = 0.71) และด้านความยากง่ายตามระดับความรู้ของผู้เรียน (ค่าเฉลี่ย = 3.03, S.D. = 0.70) ประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการประเมินในภาพรวมทั้ง 3 ด้าน โจทย์และเฉลยที่สร้างจากระบบที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง 2) แบบฝึกหัดพัฒนาทักษะการสร้างตัวแบบมีค่าประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ

89.66/80.81 จากเกณฑ์ 80/80 ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.5903 เมื่อผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 132 คน ทำแบบทดสอบหลังจากฝึกทำแบบฝึกหัดด้วยโจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด 3) แบบฝึกหัดฝึกทักษะการสร้างตัวแบบมีค่าประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 89.66/70.45 และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.3693 เมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังจากฝึกทำแบบฝึกหัดด้วยโจทย์ใหม่ 4) ผู้เรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากทำแบบฝึกหัดโดยการทดสอบด้วยโจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดสูงกว่าก่อนฝึกทำแบบฝึกหัด ($t = 14.94$) และมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดกับ โจทย์ใหม่สูงกว่าก่อนทำแบบฝึกหัด ($t=8.94$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับ Medium gain คิดเป็นร้อยละ 47.98 ($g = 0.4798$)



57309803 : Major INFORMATION TECHNOLOGY

Keyword : Linear Programming, Automatic question generation, Ontology

MISS Kannika BOONKASEM : PROTOTYPE OF AUTOMATIC QUESTION GENERATION FOR LEARNING TO CREATE LINEAR PROGRAMING MODELS Thesis

advisor : Assistant Professor Dr. Tasanawan Soonklang

Linear programming models represent business problems. The correct and comprehensive use of variables and symbols is of utmost importance. The effectiveness of utilizing the results of linear programming models to solve emerging issues relies on the accurate problem modeling. Learners can develop accurate modeling skills by engaging in thorough problem analysis, defining variables, writing objective functions, and establishing constraint functions according to the correct model structure. However, instructors often encounter challenges when creating business-related questions tailored specifically for linear programming modeling, especially when dealing with intricate descriptive questions. In such instances, an automated question and answer generator can prove invaluable, as it efficiently produces high-quality questions. This reduces the workload on instructors while aiding learners in their educational journey. It supports the enhancement of analytical and problem-solving skills, particularly in the realm of linear programming models. This research aims to develop an automated question generation system for linear programming modeling content. It employs a mixed approach that combines question templates with semantic-based methods utilizing ontology technology for the question and answer generation system. Additionally, an automated learner assistance system is implemented to facilitate the learning of linear programming models through a series of exercises: Determining decision variables, writing objective functions, and formulating obligatory conditional functions. This study targets undergraduate students enrolled in business quantitative analysis courses, specifically 132 individuals selected through a specific process. The results of the research showed that 1) the quality of the problem and the answer in terms of accuracy (Mean = 3.31, S.D. = 0.58), consistency of data in the content of the problem (Mean = 3.41, S.D. = 0.71), and difficulty according to the level of knowledge of the learner (Mean = 3.03, S.D. = 0.70) Performance assessment by experts The results of the assessment in the concept include three aspects. The problems and answers generated from the developed system are of moderate quality. 2) Modeling exercises have an efficiency value (E1/E2) of 89.66/80.81 from the 80/80 criteria, and the

effectiveness index (E.I.) is 0.5903 when a sample of 132 learners took the test after practicing the exercises with the same problem as the test before the exercise. 3) The performance index (E1/E2) was 89.66/70.45, and the effectiveness index (E.I.) was 0.3693. When students take the test after practicing the exercises with a new problem. 4) Students have achievement scores after completing exercises with the same problem as the higher pre-practice test than before practicing exercises. ($t = 14.94$) and higher achievement scores by test after the exercise with the new problem than before the exercise. Statistically significant at 0.05 and 47.98% ($g = 0.4798$).



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนวรรณ ศูนย์กลาง อาจารย์ประจำภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร และ ดร.เทพชัย ทรัพย์นिति ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยปัญญาประดิษฐ์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไข และติดตามการทำวิทยานิพนธ์อย่างใกล้ชิดเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ พงษ์พินิจภิญโญ รองศาสตราจารย์ ดร.โอสม สรนิล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ เขาวลิต คณะกรรมการสอบที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆ ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนส่งเสริมตลอดจนจบหลักสูตร ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำและเป็นที่กำลังใจเสมอมา จนการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี สุดท้ายนี้ขออ้อมระลึกถึงพระคุณบิดา มารดา ที่ได้เลี้ยงดู อบรมสั่งสอนและเป็นที่กำลังในการศึกษาเล่าเรียนตลอดมา ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้ผู้สนใจในการศึกษาทั้งหมด



กรรณิกา บุญเกษม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฅ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1	2
บทนำ.....	2
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	2
วัตถุประสงค์การวิจัย	4
ขอบเขตของการศึกษา.....	4
ขั้นตอนการศึกษา.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2	2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	2
กระบวนการสร้างคำถามอัตโนมัติ.....	8
การหาคุณภาพของแบบทดสอบ	19
การวัดประสิทธิภาพสื่อหรือنواتกรรมการเรียนรู้.....	26
การประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียน.....	28
บทที่ 3	40
วิธีดำเนินการวิจัย.....	40

การกำหนดโดเมนและเนื้อหา (Domain Determination)	41
การสร้างเนื้อหาให้อยู่ในรูปแบบฐานความรู้ (Knowledge Based).....	43
การสร้างแม่แบบคำถาม (Template Question).....	47
การวัดประสิทธิภาพ (Evaluation) ของ โจทย์และเฉลยคำตอบ	54
การออกแบบและพัฒนาแบบฝึกหัดสำหรับการเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น	66
การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis).....	79
บทที่ 4	83
ผลการดำเนินการวิจัย	83
ผลการพัฒนาระบบการสร้างคำถาม คำตอบและระบบช่วยเหลือผู้เรียนอัตโนมัติ	83
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น	97
ประสิทธิภาพและดัชนีประสิทธิผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้.....	98
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัด	99
ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	118
บทที่ 5	127
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	127
สรุปผลการวิจัย	127
อภิปรายผลการวิจัย	128
ข้อเสนอแนะในการวิจัย	129
รายการอ้างอิง	130
ภาคผนวก ก.....	134
ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โจทย์และข้อคำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้.....	134
ภาคผนวก ข.....	148

ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้
 หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด)148

ภาคผนวก ก.....160

ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้
 หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)160

ประวัติผู้เขียน173



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ตัวอย่างผลคะแนนแบบทดสอบแบบเลือกตอบจำนวน 5 ข้อสำหรับหาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน	21
ตารางที่ 2 การแปลความหมายค่าความยากง่าย (P).....	23
ตารางที่ 3 เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ	23
ตารางที่ 4 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกแบบพอยท์-ไบซีเรียล.....	25
ตารางที่ 5 จุดเด่นและจุดด้อยของวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแต่ละวิธีตามแนวคิดการวัดการเปลี่ยนแปลง แบบมาตรฐานเดิม (Classical measurement).....	30
ตารางที่ 6 ผลการประเมินประสิทธิภาพทั้ง 3 ด้านของ โจทย์แต่ละรูปแบบ	56
ตารางที่ 7 รูปแบบ โจทย์และข้อคำถามของแบบทดสอบสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ	58
ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินจำแนกกลุ่มผู้เรียน	100
ตารางที่ 9 ตารางเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัด.....	104
ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน โจทย์และข้อคำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้.....	135
ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด)	149
ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)	161

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กระบวนการสร้างคำถามอัตโนมัติ.....	8
ภาพที่ 2 รูปแบบเนื้อหาที่นำมาสร้างคำถามอัตโนมัติ	8
ภาพที่ 3 วิธีการสร้างคำถาม	12
ภาพที่ 4 A part of the tourism ontology on the sub-domain of “Movies & Cinemas”	15
ภาพที่ 5 กราฟรูปแบบ Triple	15
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างคลาส MovieShow กับคลาส Cinema	15
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ค่าของคุณสมบัติ (Object) เป็นค่าที่มีการอ้างอิงกับคลาสอื่น	16
ภาพที่ 8 คลาสที่มี property “name” เป็นค่าคงที่ (literals)	16
ภาพที่ 9 ขั้นตอนการสร้างคำถามสำหรับเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น	40
ภาพที่ 10 โครงสร้างโจทย์ปัญหาที่กำหนดสัดส่วนการผลิต	42
ภาพที่ 11 รูปแบบของ โจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรที่เป็นวัตถุดิบ	42
ภาพที่ 12 รูปแบบของ โจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับเวลาการผลิต	42
ภาพที่ 13 รูปแบบของ โจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับวัตถุดิบและเวลาการผลิต	43
ภาพที่ 14 ออนโทโลยีภาพรวมของระบบ.....	43
ภาพที่ 15 โครงสร้างออนโทโลยีสำหรับการสร้างคำถามอัตโนมัติ	44
ภาพที่ 16 ตัวอย่างข้อมูล (Instances) ของคลาสผู้ผลิตสินค้า (Producer).....	44
ภาพที่ 17 คลาสย่อยและตัวอย่างข้อมูลของคลาสหลักผลิตภัณฑ์	45
ภาพที่ 18 การอ้างอิงความสัมพันธ์ระหว่างคลาสด้วย Object Property	46
ภาพที่ 19 การอ้างอิงความสัมพันธ์ระหว่างคลาสด้วย Object Property : hasUnit Object Property : useTime และ Object Property : useResource	47

ภาพที่ 20 แม่แบบคำถามและตัวอย่างโจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นวัตถุดิบ.....	48
ภาพที่ 21 ออนโทโลยีสำหรับแม่แบบคำถามและโจทย์รูปแบบที่ 1	48
ภาพที่ 22 ชุดคำสั่ง SPARQL แสดงรายชื่อผู้ผลิตสินค้าจากคลาสผู้ผลิตสินค้า (Producer).....	49
ภาพที่ 23 ชุดคำสั่ง SPARQL แสดงจำนวนสินค้าที่และชื่อสินค้า	49
ภาพที่ 24 ชุดคำสั่ง SPARQL แสดงชื่อวัตถุดิบ.....	50
ภาพที่ 25 ชุดคำสั่ง SPARQL แสดงหน่วยบอกปริมาณของผลิตภัณฑ์	50
ภาพที่ 26 ชุดคำสั่ง SPARQL แสดงหน่วยบอกปริมาณของวัตถุดิบ	51
ภาพที่ 27 ชุดคำสั่ง SPARQL แสดงจำนวนวัตถุดิบที่มีได้มากที่สุด (Maximum cardinality)	51
ภาพที่ 28 ชุดคำสั่ง SPARQL แสดงจำนวนวัตถุดิบที่มีได้น้อยที่สุด (Minimum cardinality)	52
ภาพที่ 29 แม่แบบคำถามและตัวอย่างโจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นเวลา.....	53
ภาพที่ 30 แม่แบบคำถามและตัวอย่างโจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นวัตถุดิบและเวลา.....	53
ภาพที่ 31 โจทย์และเฉลยคำตอบสำหรับให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน.....	55
ภาพที่ 32 แบบประเมินประสิทธิภาพ โจทย์และเฉลยสำหรับผู้เชี่ยวชาญ.....	56
ภาพที่ 33 กราฟเปรียบเทียบผลการประเมินประสิทธิภาพ โจทย์และเฉลยจากผู้เชี่ยวชาญ	57
ภาพที่ 34 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 1 ของตัวอย่างที่ (1).....	67
ภาพที่ 35 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 1 ของตัวอย่างที่ (2).....	67
ภาพที่ 36 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 1 ของตัวอย่างที่ (3).....	68
ภาพที่ 37 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 1 ของตัวอย่างที่ (4).....	68
ภาพที่ 38 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 1 ของตัวอย่างที่ (5).....	68
ภาพที่ 39 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 1 ของตัวอย่างที่ (6).....	68
ภาพที่ 40 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (7).....	70

ภาพที่ 41 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (8).....	70
ภาพที่ 42 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (9).....	70
ภาพที่ 43 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (10).....	71
ภาพที่ 44 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (11).....	71
ภาพที่ 45 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (12).....	71
ภาพที่ 46 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (13).....	71
ภาพที่ 47 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (14).....	72
ภาพที่ 48 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (15).....	72
ภาพที่ 49 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (16).....	72
ภาพที่ 50 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (17).....	72
ภาพที่ 51 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (18).....	73
ภาพที่ 52 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 3 ในตัวอย่างที่ (19).....	75
ภาพที่ 53 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 3 ในตัวอย่างที่ (20).....	76
ภาพที่ 54 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 3 ในตัวอย่างที่ (21).....	76
ภาพที่ 55 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 3 ในตัวอย่างที่ (22).....	76
ภาพที่ 56 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 3 ในตัวอย่างที่ (23).....	77
ภาพที่ 57 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 3 ในตัวอย่างที่ (24).....	77
ภาพที่ 58 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 3 ในตัวอย่างที่ (25).....	78
ภาพที่ 59 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 3 ในตัวอย่างที่ (26).....	78
ภาพที่ 60 หน้าต่างยืนยันตัวตน	83
ภาพที่ 61 เนื้อหาบททวนการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น	83
ภาพที่ 62 หน้าจอแสดงค่าระดับคะแนนของการทำแบบทดสอบและแบบฝึกหัดกรณีผู้เรียนยังไม่ได้ ดำเนินการใดๆ	83
ภาพที่ 63 วิธีโอปทเรียนการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น	84

ภาพที่ 64 หน้าจอแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด (pre-test).....	84
ภาพที่ 65 หน้าจอแสดงค่าระดับคะแนนของแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด (pre-test).....	85
ภาพที่ 66 หน้าจอแสดงแบบฝึกหัดการเรียนรู้ระดับที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ.....	86
ภาพที่ 67 หน้าจอแสดงข้อความแจ้งเตือนกรณีผู้เรียนระบุจำนวนตัวแปรไม่ถูกต้อง.....	86
ภาพที่ 68 หน้าจอแสดงตัวช่วย (hint) แสดงคำตอบจำนวนตัวแปรที่ถูกต้อง	87
ภาพที่ 69 หน้าจอแสดงค่าระดับคะแนนระบุจำนวนตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ.....	87
ภาพที่ 70 หน้าจอแสดงขั้นตอนกำหนดข้อมูลแทนตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ	87
ภาพที่ 71 หน้าจอแสดงตัวช่วย (hint) คำตอบที่ถูกต้องในการกำหนดข้อมูลแทนตัวแปร	88
ภาพที่ 72 หน้าจอแสดงค่าระดับคะแนนขั้นตอนกำหนดข้อมูลแทนตัวแปรกรณีเลือกคำตอบถูกต้องเพียงครั้งเดียว.....	88
ภาพที่ 73 หน้าจอแสดงสถานะการทำแบบฝึกหัดครบโจทย์ทั้ง 4 ข้อ ของระดับการเรียนรู้ที่ 1.....	89
ภาพที่ 74 หน้าจอแสดงสถานะค่าระดับคะแนนการทำแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ที่ 1 กรณีทำครบทุกข้อ.....	89
ภาพที่ 75 หน้าจอแสดงสถานะค่าระดับคะแนนการทำแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ที่ 1 กรณีทำไม่ครบทุกข้อ	90
ภาพที่ 76 หน้าจอแสดงคำตอบของโจทย์แต่ละรูปแบบของแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ระดับที่ 1 .	90
ภาพที่ 77 หน้าจอแสดงตัวช่วย (hint) แสดงคำตอบวัตถุประสงค์ของโจทย์ที่ถูกต้อง.....	91
ภาพที่ 78 หน้าจอแสดงตัวช่วย (htint) แสดงคำตอบมูลค่าสินค้าที่ถูกต้อง.....	92
ภาพที่ 79 หน้าจอแสดงสถานะค่าระดับคะแนนการทำแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ที่ 2 กรณีทำครบทุกข้อ.....	92
ภาพที่ 80 หน้าจอแสดงคำตอบของโจทย์แต่ละรูปแบบของแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ระดับที่ 2 .	93
ภาพที่ 81 หน้าจอแสดงตัวช่วย (hint) แสดงคำตอบจำนวนการใช้ทรัพยากรที่ถูกต้อง	94
ภาพที่ 82 หน้าจอแสดงตัวช่วย (hint) แสดงเครื่องหมายที่เป็นคำตอบที่ถูกต้อง	94
ภาพที่ 83 หน้าจอแสดงตัวช่วย (hint) แสดงตัวเลขแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากรที่ถูกต้อง....	95

ภาพที่ 84 หน้าจอแสดงสถานะค่าระดับคะแนนการทำแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ที่ 3 กรณีทำครบทุกข้อ.....95

ภาพที่ 85 คำตอบของโจทย์แต่ละรูปแบบในแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ระดับที่ 3 (1).....96

ภาพที่ 86 คำตอบของโจทย์แต่ละรูปแบบในแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ระดับที่ 3 (2).....96

ภาพที่ 87 หน้าจอแสดงค่าระดับคะแนนของแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัด (post-test).....97

ภาพที่ 88 กราฟเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัด.....98

ภาพที่ 89 กราฟเปรียบเทียบค่าความยาก-ง่ายของแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัด.....98

ภาพที่ 90 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน-หลังทำแบบฝึกหัดรายชั้นเรียน.....101

ภาพที่ 91 การเปลี่ยนแปลงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่มีคะแนนแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดไม่ผ่านเกณฑ์.....101

ภาพที่ 92 การเปลี่ยนแปลงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่มีคะแนนแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดผ่านเกณฑ์แต่คะแนนน้อย.....102

ภาพที่ 93 การเปลี่ยนแปลงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่มีคะแนนแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดอยู่ในระดับปานกลาง.....102

ภาพที่ 94 การเปลี่ยนแปลงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่มีคะแนนแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดอยู่ในเกณฑ์ดี.....103

ภาพที่ 95 การเปลี่ยนแปลงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่มีคะแนนแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดระดับดีเยี่ยม.....103

ภาพที่ 96 เปรียบเทียบคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังฝึกทำแบบฝึกหัดจากการทำแบบทดสอบโจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดรายบุคคล105

ภาพที่ 97 เปรียบเทียบคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังฝึกทำแบบฝึกหัดจากการทำแบบทดสอบโจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดรายบุคคล (ต่อ).....106

ภาพที่ 98 เปรียบเทียบคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังฝึกทำแบบฝึกหัดจากการทำแบบทดสอบโจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดรายบุคคล (ต่อ).....107

ภาพที่ 99 เปรียบเทียบคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังฝึกทำแบบฝึกหัดจากการทำแบบทดสอบกับ โจทย์ใหม่รายบุคคล108

ภาพที่ 100 เปรียบเทียบคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังฝึกทำแบบฝึกหัดจากการทำแบบทดสอบกับ โจทย์ใหม่รายบุคคล (ต่อ).....109

ภาพที่ 101 เปรียบเทียบคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังฝึกทำแบบฝึกหัดจากการทำแบบทดสอบกับ โจทย์ใหม่รายบุคคล (ต่อ).....110

ภาพที่ 102 กลุ่มผู้เรียนและจำนวนผู้เรียนสาขาวิชาการบัญชีจำแนกตามกลุ่มคะแนนแบบทดสอบ112

ภาพที่ 103 เปรียบเทียบการกระจายคะแนนรวมกลางภาคเรียนของผู้เรียนสาขาวิชาการบัญชี113

ภาพที่ 104 จำนวนผู้เรียนสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจจำแนกตามกลุ่มคะแนนทดสอบ114

ภาพที่ 105 เปรียบเทียบการกระจายคะแนนรวมกลางภาคเรียนของผู้เรียนสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ114

ภาพที่ 106 คะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายเนื้อหา116

ภาพที่ 107 ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในการฝึกทักษะการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น 3 ระดับการเรียนรู้กับรูปแบบ โจทย์ที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ117

ภาพที่ 108 ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายชั้นเรียน (Class average normalized gain)119

ภาพที่ 109 เปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายบุคคลจากการทดสอบกับ โจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด และทดสอบด้วย โจทย์ชุดใหม่.....119

ภาพที่ 110 เปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลจำแนกตามกลุ่มระดับดัชนีความก้าวหน้าจากการทดสอบกับ โจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด และทดสอบด้วย โจทย์ชุดใหม่.....120

ภาพที่ 111 จำนวนผู้เรียนจำแนกตามคะแนนก่อนทำแบบฝึกหัดรายเนื้อหา และการกระจายคะแนนรายเนื้อหา 3 ระดับการเรียนรู้ของแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัด.....121

ภาพที่ 112 เปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนรายเนื้อหาจำแนกตามกลุ่มระดับชั้นนี้
 ความก้าวหน้าจากการทดสอบกับ โจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด และทดสอบ
 ด้วยโจทย์ชุดใหม่.....122

ภาพที่ 113 จำนวนผู้เรียนจำแนกตามคะแนนทดสอบรายข้อคำถาม และระดับชั้นนี้ความก้าวหน้า
 ทางการเรียนรายข้อคำถาม.....124



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) เป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้แก้ปัญหาการดำเนินงานในสถานการณ์ที่มีทรัพยากรอยู่อย่างจำกัดเพื่อให้ได้กำไรสูงสุดหรือลดต้นทุนค่าใช้จ่ายต่ำสุดอย่างใดอย่างหนึ่ง มีประโยชน์ต่องานหลายๆ ด้าน ตัวอย่างเช่น การประยุกต์ใช้งานด้านเกษตรกรรมในการกำหนดสัดส่วน วางแผนการปลูก การใส่ปุ๋ย จนถึงการเก็บเกี่ยวสินค้าเกษตรให้เหมาะสม นอกจากนี้หน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดนโยบายและส่งเสริมการดำเนินงานด้านการเกษตรเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ในงานอุตสาหกรรมและการดำเนินงานทางธุรกิจใช้สำหรับการวางแผนการตั้งชื่อล่วงหน้า การขนส่งสินค้าให้มีต้นทุนต่ำที่สุด และกำหนดสัดส่วนวัตถุดิบที่มีอยู่เพื่อผลิตสินค้าให้ได้กำไรสูงสุด

ในการเรียนการโปรแกรมเชิงเส้นผู้เรียนจะต้องเรียนรู้สร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming Model) เพื่อนำไปแก้ปัญหาในธุรกิจ การสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นประกอบด้วยการใช้สัญลักษณ์ เครื่องหมาย และตัวแปรต่างๆ จากโจทย์ปัญหาให้ถูกต้องครบถ้วน เพราะการนำผลลัพธ์ของการโปรแกรมเชิงเส้นไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ขึ้นอยู่กับการสร้างตัวแบบแทนปัญหาได้อย่างถูกต้อง ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ต้องให้ความระมัดระวังมากกว่าการนำตัวแบบไปคำนวณหาผลลัพธ์ ดังนั้นผู้เรียนจึงจำเป็นต้องพัฒนาทักษะสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นโดยพิจารณาปัญหาอย่างละเอียดถี่ถ้วน

ลักษณะปัญหาที่นิยมนำมาสอนการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น ได้แก่ 1) ปัญหาการกำหนดสัดส่วนการผลิต (Product Mix Problems) 2) ปัญหาการจัดสรรเงินลงทุน (Investment Problems) 3) ปัญหาการเลือกสื่อโฆษณา (Media Selection Problems) 4) ปัญหาการจัดสรรพนักงาน (Employee Allocation Problems) 5) ปัญหาด้านโภชนาการ (Nutrition Problems) และ 6) ปัญหาการขนส่ง (Transportation problem) ในงานวิจัยนี้สนใจปัญหาการกำหนดสัดส่วนการผลิตจึงขอยกตัวอย่างลักษณะของโจทย์คำถามและวิธีการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น โดยตัวอย่างโจทย์ปัญหาคำหนดสัดส่วนการผลิต (Product mix problem) มีรายละเอียดดังนี้

บริษัทหลายผ้าการ์เมนต์เป็นบริษัทผู้ผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปสำหรับสตรีวัยทำงาน สินค้าที่ผลิตมี 2 ชนิด คือ เสื้อและกระโปรง เสื้อ 1 ตัว ใช้ผ้า 1.5 เมตร และเวลาในการตัดเย็บ 2 ชั่วโมง ในขณะที่กระโปรง 1 ตัว ใช้ผ้า 2 เมตร และใช้เวลาตัดเย็บ 1 ชั่วโมง ช่วงตัดเย็บเสื้อผ้ามีเวลาในการทำงาน 100 ชั่วโมง และมีผ้าที่ใช้ในการผลิตรวม 150 เมตร บริษัทได้กำไรในการผลิตเสื้อตัวละ 200 บาท

และได้กำไรจากการผลิตกระโปรงตัวละ 220 บาท บริษัทต้องการกำหนดจำนวนผลิตเสื้อและกระโปรงเพื่อให้ได้กำไรรวมสูงสุด (สุทธิมา ชำนาญเวช, 2561)

วิธีการสร้างตัวแบบ มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องการหาผลลัพธ์ ในกรณีปัญหาของบริษัทหลายฝ่ายการ์ด ต้องการหาว่าบริษัทควรผลิตเสื้อและกระโปรงชนิดละกี่ตัว จึงกำหนดให้

$$X = \text{จำนวนผลิตเสื้อ (ตัว)}$$

$$Y = \text{จำนวนผลิตกระโปรง (ตัว)}$$

ขั้นที่ 2 เขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) ลักษณะเป็นสมการเส้นตรง อยู่ในรูปของเป้าหมายการหาค่าสูงสุด (Maximize) หรือ การหาค่าต่ำสุด (Minimize) ในกรณีบริษัทหลายฝ่ายการ์ด บริษัทต้องการกำไรสูงสุดจากการผลิตเสื้อและกระโปรง ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เขียนได้ดังนี้

$$\text{Maximize total profit} = 200X + 220Y$$

ขั้นที่ 3 เขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ (Constraints function) ในรูปแบบสมการหรืออสมการที่แสดงถึงขีดจำกัดด้านทรัพยากร ความต้องการ หรือเงื่อนไขต่างๆ ของปัญหา จากตัวอย่างบริษัทหลายฝ่ายการ์ด กำไรรวมที่บริษัทต้องการสูงที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับเงื่อนไขเวลาของช่างตัดเย็บและจำนวนผ้าที่มีอยู่ในการตัดเสื้อ 1 ตัว ใช้เวลาของช่าง 2 ชั่วโมง ดังนั้น ถ้าตัดเสื้อ X ตัว จะใช้เวลาในการตัดเย็บ $2X$ ชั่วโมง ส่วนการตัดกระโปรง 1 ตัว ใช้เวลาของช่าง 1 ชั่วโมง ดังนั้นถ้าตัดกระโปรง Y ตัว ใช้เวลาในการตัดเย็บ $1Y$ ชั่วโมง รวมเวลาที่ใช้ในการตัดเย็บคือ $2X + 1Y$ ชั่วโมง ซึ่งจะต้องไม่เกินเวลาที่มีอยู่คือ 100 ชั่วโมง เขียนเป็นเงื่อนไขบังคับด้านการใช้เวลาของช่างและด้านจำนวนผ้าได้ดังนี้

$$2X + Y \leq 100 \text{ ชั่วโมง}$$

$$1.5X + 2Y \leq 150 \text{ เมตร}$$

ทั้งนี้ตัวแปรทุกตัวมีค่าไม่ติดลบ โดยสรุปแล้วตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นที่ใช้ในการแก้ปัญหาของบริษัทหลายฝ่ายการ์ดเพื่อตัดสินใจกำหนดปริมาณการผลิตเสื้อและกระโปรงที่จะให้กำไรสูงสุด แสดงดังต่อไปนี้

$$\text{กำหนดให้ } X = \text{จำนวนผลิตเสื้อ (ตัว)}$$

$$Y = \text{จำนวนผลิตกระโปรง (ตัว)}$$

$$\text{Maximize total profit} = 200X + 220Y$$

Subject to:

$$2X + Y \leq 100 \text{ ชั่วโมง}$$

$$1.5X + 2Y \leq 150 \text{ เมตร}$$

$$X, Y \geq 0$$

จากลักษณะความซับซ้อนตัวอย่าง โจทย์คำถามดังกล่าว มีผลต่อการเรียนการสร้าง ตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น กล่าวคือ ผู้เรียนส่วนมากไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาเพื่อกำหนดตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ สร้างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ หรือสมการเป้าหมาย และสมการเงื่อนไขข้อบังคับได้ โดยเฉพาะเมื่อโจทย์คำถามที่ได้รับเป็นโจทย์คำถามใหม่ที่ไม่มีความคล้ายคลึงกับตัวอย่างที่เรียนในห้องเรียนหรือเป็นตัวอย่างที่ไม่เคยพบเจอมาก่อนจากเอกสารอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากผู้เรียนยังไม่มี ความเข้าใจวิธีการและขั้นตอนการสร้างตัวแปร สมการเป้าหมายและสมการเงื่อนไขข้อบังคับอย่างแท้จริง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ การเรียนรู้การสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นให้ประสบความสำเร็จนั้นจำเป็นต้องฝึกทักษะการวิเคราะห์โจทย์เพื่อกำหนดตัวแปร สร้างสมการเป้าหมาย และสมการเงื่อนไขข้อบังคับจากคำถามที่มีความหลากหลายของปัญหา และมีระดับความยากง่ายตามระดับความรู้ของผู้เรียน แต่ทั้งนี้สำหรับผู้สอน การสร้างคำถามที่เป็น โจทย์ปัญหาทางธุรกิจสำหรับนำมาสร้างตัวแบบการ โปรแกรมเชิงเส้นเป็นงานที่ใช้เวลานาน เนื่องจากลักษณะของคำถามเป็นข้อความเชิงบรรยายประกอบด้วยประโยคข้อความยาวๆ หลาย ประโยค แต่ละประโยคมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน หากมีเครื่องมือช่วยสร้างคำถามจะช่วยแบ่งเบาภาระผู้สอน และเป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนการเรียนรู้และพัฒนาทักษะในการพิจารณาวิเคราะห์ ปัญหาในการสร้างตัวแบบการ โปรแกรมเชิงเส้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำการประมวลผล ภาษาธรรมชาติมาใช้สร้างคำถามอัตโนมัติโดยเน้นปัญหาด้านการกำหนดสัดส่วนการผลิตเพื่อเป็น ต้นแบบในการนำไปใช้กับปัญหาอื่นๆ ต่อไป

งานวิจัยทางการสร้างคำถามอัตโนมัติที่ผ่านมากำถามที่ถูกสร้างขึ้นจะเป็นประโยคสั้นๆ ลักษณะคำถาม จะถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริงที่ปรากฏอยู่ในข้อความ เป็นคำถาม ถามใคร (who) อะไร (what) ที่ไหน (where) อย่างไร (whom) เทคนิควิธีการสร้างคำถามมีการนำเสนอหลากหลาย วิธีการแตกต่างกันในแต่ละงานวิจัย อาทิเช่น การสร้างคำถามด้วยการใช้กฎวิเคราะห์ไวยากรณ์ทาง ภาษา (rule-based approach) เป็นวิธีการที่ถูกนำมาใช้กับงานวิจัยแรกๆ วิธีการดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยคลังข้อมูลที่มีการกำกับป้ายหน้าที่ของคำเป็นจำนวนมากเพื่อให้ระบบได้เรียนรู้ อีกทั้งหากคำถามที่สร้างขึ้นมีความเกี่ยวข้องกันทางด้านความหมาย วิธีการสร้างคำถามด้วยกฎไม่สามารถ

นำมาใช้ได้ นอกจากนี้คำถามที่ถูกสร้างขึ้นจะมีรูปแบบ (pattern) ที่คล้ายคลึงกัน หากคำถามที่ถูกสร้างขึ้นมาจากข้อมูลที่เป็นเนื้อหาเรื่องเดียวกันจำเป็นต้องมีเทมเพลตหรือแม่แบบคำถาม (Template approach) แต่ทั้งนี้วิธีการสร้างคำถามด้วยเทมเพลตจำเป็นต้องทำงานร่วมกับวิธีการอื่น เช่น การสร้างคำถามด้วยกฎไวยากรณ์ทางภาษาร่วมกับเทมเพลตคำถาม ซึ่งคำถามที่สร้างขึ้นเป็นคำถามที่เน้นทักษะความจำ และเข้าใจของผู้เรียนเป็นส่วนใหญ่ผู้เรียนยังไม่มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนการสอนมากนัก ต่อมาด้วยการปฏิรูปการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้รูปแบบคำถามจึงเปลี่ยนไปโดยมุ่งเน้นทักษะความเข้าใจ วิเคราะห์ และสังเคราะห์ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมการสร้างคำถามและหาคำตอบมากขึ้น ดังนั้นวิธีการสร้างคำถามจึงต้องมุ่งเน้นพิจารณาถึงความหมายของคำถามมากขึ้น (Semantic approach) โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากฐานความรู้ (Knowledge-Based) ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยลดปัญหาคลังข้อมูลที่ต้องมีป้ายกำกับหน้าที่ของคำ โดยถ้าหากเป็นภาษาไทยนั้นคลังข้อมูลดังกล่าวยังมีไม่เพียงพอ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดการสร้างคำถามประเภทเชิงบรรยายสำหรับปัญหาด้านการกำหนดสัดส่วนการผลิตโดยอัตโนมัติด้วยวิธีการใช้แม่แบบคำถามร่วมกับข้อมูลจากฐานความรู้เชิงความหมาย (Template and Semantic Knowledge Based approach)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างระบบการสร้างคำถามอัตโนมัติสำหรับ โจทย์ปัญหาการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น โดยใช้แนวทางผสมระหว่างการใช้แม่แบบคำถาม (Template-based) ร่วมกับวิธีการใช้ฐานความรู้เชิงความหมาย (Semantic-based)
2. เพื่อสร้างระบบการสร้างคำตอบและระบบช่วยเหลือผู้เรียนอัตโนมัติในการเรียนรู้การสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น

ขอบเขตของการศึกษา

1. ระบบที่สร้างขึ้นใช้ฐานความรู้ออนโทโลยีร่วมกับแม่แบบคำถาม โดยใช้โดเมนการกำหนดสัดส่วนการผลิตเป็นโดเมนต้นแบบของระบบ ทั้งนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นจะมีความยืดหยุ่นสามารถนำไปปรับใช้ได้อีกหลายโดเมนที่เป็นปัญหาทางธุรกิจที่จะนำมาใช้ในการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น
2. แม่แบบคำถาม (template) ที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นแบบไดนามิกซึ่งจะมีความยืดหยุ่นปรับเปลี่ยนไปตามข้อมูลที่ได้จากฐานความรู้ออนโทโลยี

3. ระบบการสร้างคำถามอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นอยู่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ซึ่งรูปแบบคำถามและคำตอบจะมีลักษณะความยากและง่ายตามระดับความรู้ของผู้เรียน

4. วัดและประเมินผลประสิทธิภาพของโจทย์และเฉลยคำตอบที่ระบบสร้างได้ 3 ด้าน คือ 1) ด้านความถูกต้องของโจทย์และเฉลยคำตอบ 2) ด้านความสอดคล้องของข้อมูลที่เป็นเนื้อหา โจทย์ 3) ด้านความเหมาะสมของลักษณะความยากและง่ายของคำถาม วัดและประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

5. วัดและประเมินผลประสิทธิภาพของระบบการสร้างคำถามอัตโนมัติด้านผลสัมฤทธิ์ การเรียนรู้การสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น โดยกลุ่มผู้เรียนที่เรียนในรายวิชาการวิเคราะห์เชิง ปริมาณทางธุรกิจ

6. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชวมงคลรัตนโกสินทร์ พื้นที่วังไกลกังวล ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ทางธุรกิจ จำนวน 132 คน ทั้งนี้ไม่มีการคำนวณกลุ่มตัวอย่างเนื่องจากคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างมาจาก ประชากรทั้งหมด

ขั้นตอนการศึกษา

1. วิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน โดยการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของผู้เรียนจากการตรวจแบบฝึกหัดและการทดสอบ

2. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ซึ่งสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นผู้เรียนไม่สามารถ วิเคราะห์โจทย์ปัญหาเพื่อกำหนดตัวแปร สร้างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ หรือสมการเป้าหมาย และ สมการเงื่อนไขข้อบังคับได้

3. สสำรวจเครื่องมือและวิธีการที่เป็นไปได้สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาการสร้างคำถาม

4. พัฒนาระบบการสร้างคำถาม คำตอบ และระบบช่วยเหลือผู้เรียนอัตโนมัติด้วย เครื่องมือและวิธีการที่ศึกษาได้ ด้วยวิธีการนำคำถามจากตัวอย่างโจทย์ปัญหาการกำหนดสัดส่วน การผลิตมากำหนดรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลด้วยเทคโนโลยีออนไลน์ และสร้างแม่แบบคำถาม

5. วัดและประเมินผลประสิทธิภาพของระบบการสร้างคำถามอัตโนมัติด้านผลสัมฤทธิ์ การเรียนรู้การสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นของผู้เรียน

6. สมมุติฐานในการวิจัย

ระบบการสร้างคำถามอัตโนมัติสำหรับการเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการแข่งขัน ช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น

7. ตัวแปรในการวิจัย

7.1 ตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) คือ แบบฝึกหัดการฝึกทักษะการสร้างตัวแบบกำหนดการแข่งขันด้วยระบบสร้างคำถามอัตโนมัติสำหรับการเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการแข่งขัน

7.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ในการสร้างตัวแบบกำหนดการแข่งขันของผู้เรียนที่เพิ่มขึ้น

8. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ระบบการสร้างคำถามและคำตอบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการแข่งขัน ระบบที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นโปรแกรมเว็บ แอปพลิเคชัน ซึ่งประกอบไปด้วย

8.1 แบบทดสอบก่อนฝึกทำแบบฝึกหัด

8.2 แบบฝึกหัดที่ให้ผู้เรียนฝึกการสร้างตัวแบบกำหนดการแข่งขัน

8.3 แบบทดสอบหลังจากฝึกทำแบบฝึกหัด

ทั้งนี้ก่อนดำเนินการใช้เครื่องมือผู้วิจัยได้ดำเนินการเรียนการสอนตามปกติโดยอธิบายเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบกำหนดการแข่งขัน

9. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ใช้วิธีการประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ด้วยการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent Samples T-test) และวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรู้วิธี Normalized Gain (g)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผู้สอนรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจได้ระบบการสร้างคำถามและคำตอบสำหรับเนื้อหาการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับเนื้อหาส่วนอื่น ๆ และระบบส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองให้กับกลุ่มผู้เรียนในรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ

2. ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหัวข้อการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นที่เพิ่มขึ้น

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

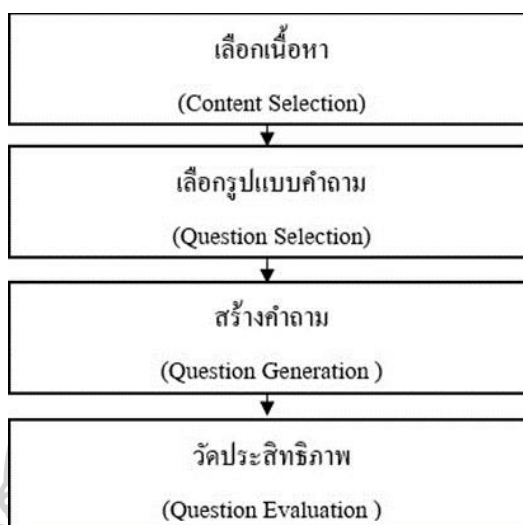
สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างคำถามอัตโนมัติซึ่งเป็นข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในงานวิจัยก่อนหน้า ซึ่งงานวิจัยที่เกิดขึ้นในยุคแรกๆ จะคำนึงถึงประโยชน์ของการสร้างคำถามอัตโนมัติที่มีประโยชน์ต่อระบบการถาม-ตอบ หรือระบบการสนทนาอัตโนมัติ (Question and Answering or Dialogue System) ในปัจจุบันระบบการสร้างคำถามอัตโนมัติ (Question Generation: QG) กำลังได้รับความสำคัญในงานด้านการศึกษาซึ่งโดเมนที่มีการประยุกต์ใช้ระบบการสร้างคำถามอัตโนมัติมากที่สุดคือการเรียนรู้ภาษา รองลงมาคือคณิตศาสตร์และการแพทย์ โดเมนทั้งสามนี้ต้องการแบบทดสอบที่มีคำถามใหม่อย่างต่อเนื่อง จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เกิดความสนใจในการสร้างคำถามสำหรับโดเมนเหล่านี้ (Kurdi et al., 2020) อีกทั้ง ระบบการศึกษาในปัจจุบันต้องการเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการประเมินความสามารถของนักเรียนเกี่ยวกับความคิดหลักที่ได้เรียนรู้จากเอกสารประกอบการเรียน การเตรียมชุดคำถามสำหรับการประเมินอาจใช้เวลานานสำหรับครูในขณะที่ได้รับคำถามจากแหล่งข้อมูลภายนอก เช่น เอกสาร ตำราเรียน คลังคำถาม อาจไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่นักศึกษาเรียน การสร้างคำถามอัตโนมัติเป็นเทคนิคในการสร้างชุดคำถามที่เหมาะสมจากเนื้อหา การสร้างคำถามอัตโนมัติเป็นปัญหาที่สำคัญและท้าทายมากในงานประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) เนื่องจากเป็นงานที่ต้องสร้างคำถามให้ถูกต้องตามไวยากรณ์ ความหมาย และตรงประเด็น แหล่งที่มาของคำถามมีหลายรูปแบบ เช่น ข้อความ ฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างหรือฐานความรู้ การสร้างคำถามสามารถนำไปใช้ได้หลายๆ โดเมน เช่น MOOC, ระบบช่วยเหลืออัตโนมัติ, ระบบสืบค้นข้อมูล, ระบบแชทบอท แต่การสร้างคำถามที่มีความหมายและตรงประเด็นด้วยตนเองนั้นเป็นงานที่ใช้เวลานานและท้าทาย (Soni et al., 2019) ดังนั้น การสร้างคำถามอัตโนมัติจึงได้รับความสนใจอย่างมากจากนักวิจัยในสาขาต่างๆ

กระบวนการสร้างคำถามอัตโนมัติ

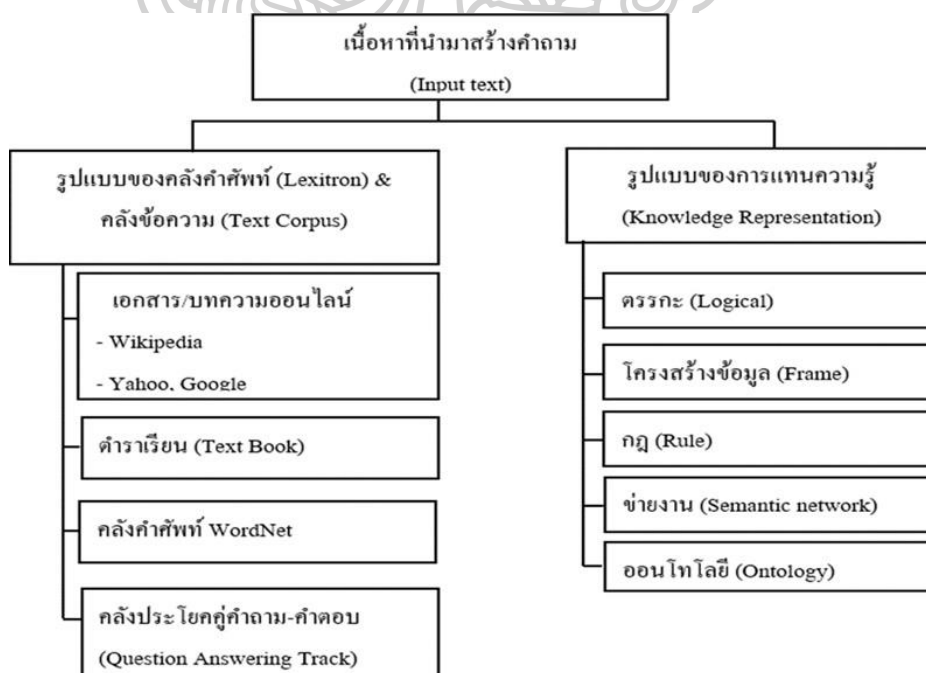
จากภาพที่ 1 แสดงกระบวนการสร้างคำถามอัตโนมัติซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. ขั้นตอนการเลือกเนื้อหา (Content Selection)

เนื้อหาที่นำมาสร้างคำถามมีความหลากหลายและแตกต่างกันตามรูปแบบเนื้อหาที่ถูกจัดเก็บ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 กระบวนการสร้างคำถามอัตโนมัติ



ภาพที่ 2 รูปแบบเนื้อหาที่นำมาสร้างคำถามอัตโนมัติ

จากภาพที่ 2 แสดงรูปแบบเนื้อหาที่นำมาสร้างคำถามอัตโนมัติ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1 เนื้อหาที่ในรูปแบบของคลังคำศัพท์ (Lexitron) หรือคลังข้อความ (Text Corpus) ลักษณะเนื้อหาที่ถูกนำมาจัดเก็บจะเป็นข้อความ (Plain Text) ที่ได้มาจากเอกสารประเภทต่าง ๆ (Campenhout et al., 2021) เนื้อหาจะเป็นตัวอย่างประโยคคำถาม-คำตอบที่ถูกสร้างไว้ในคลังข้อมูลขนาดใหญ่ เช่น ชุดข้อมูลที่รวมเนื้อหาจากการอ่านภาษาจีนที่เผยแพร่ต่อสาธารณะ ได้แก่ ชุดข้อมูล CRMC2017, CRMC2018 และ DRCD (Fung et al., 2023) ชุดข้อมูล SquAD ประกอบด้วยตัวอย่างคำถามมากกว่า 100,000 ตัวอย่างที่รวบรวมจากบทความในวิกิพีเดียมากกว่า 500 บทความ แต่ละตัวอย่างประกอบด้วยคำถาม-คำตอบคู่กับเนื้อเรื่อง ซึ่งคำตอบคือส่วนหนึ่งของข้อความจากเนื้อเรื่อง (Panchal et al., 2021) ชุดข้อมูล MS COCO ประกอบไปด้วยภาพจำนวน 5,000 ภาพ ชุดข้อมูลที่ได้จากบันทึกการค้นหาคำของโปรแกรมสืบค้น (Bing) พร้อมคำตอบที่มนุษย์สร้างขึ้น (Mulla and Gharpure, 2023) NewsQA ชุดข้อมูลขนาดใหญ่ประกอบด้วยคำถาม-คำตอบที่มนุษย์สร้างขึ้นมากกว่า 100,000 คู่ โดยอ้างอิงจากชุดบทความข่าวมากกว่า 10,000 รายการ ชุดข้อมูล SciQ ประกอบด้วยคำถามวิทยาศาสตร์แบบปรนัยจำนวน 13.7K (Das et al., 2021) และ ชุดข้อมูลคำถามและคำตอบของ Amazon (Chali and Baghaee, 2018)

1.2 เนื้อหาที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบของการแทนความรู้ (Knowledge Representation) เป็นเนื้อหาที่เกิดจากแนวคิด (concept) หรือขอบเขตเรื่องที่ถูกสร้างคำถามสนใจ (domain) โดยไม่ยึดติดกับการมีอยู่ของเอกสารที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ลักษณะของรูปแบบการแทนความรู้ ได้แก่

1.2.1 การแทนความรู้แบบตรรกะ หรือ แบบลอจิก (Logical approach) เป็นวิธีการเชิงตรรกะแทนความรู้ด้วยวิธีการใช้กฎในการทำนายผลที่ได้เป็นค่าความจริงเป็นจริงหรือเท็จอย่างใดอย่างหนึ่งโดยมีการใช้สัญลักษณ์และตัวเชื่อมภายในกฎ โดยกฎที่สร้างขึ้นมีการกำหนดไวยากรณ์และความหมายไว้อย่างดีทำให้สามารถอนุมานคำตอบได้ตามหลักความจริง ลักษณะเนื้อหาที่นำมาสร้างจะเป็นเนื้อหาทางด้านเวลา ความเชื่อ ทำให้ยากในการนำเนื้อหาดังกล่าวมาสร้างให้อยู่ในรูปแบบการแทนความรู้

1.2.2 การแทนความรู้ในรูปแบบโครงสร้างข้อมูลแทนเหตุการณ์ สถานการณ์ หรือการกระทำ (Frame)

1.2.3 การแทนความรู้ในรูปแบบของกฎ (Rule-based Representation)

1.2.4 การแทนความรู้ในรูปแบบข่ายงาน (Semantic networks) เป็นรูปแบบการแทนความรู้โดยนำเนื้อหาสร้างเป็นกราฟที่มีโครงสร้างลำดับชั้นซึ่งประกอบด้วยความสัมพันธ์ของแนวคิดหรือขอบเขตเนื้อหาที่สนใจ (Kumar et al., 2019; Maurya and Desarkar, 2020)

1.2.5 การแทนความรู้โดยใช้เทคโนโลยีออนโทโลยี (Ontology) ถือได้ว่าเป็นรูปแบบการแทนความรู้ที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้ในงานสร้างคำถามอัตโนมัติซึ่งเป็นรูปแบบการแทนความรู้ที่สามารถแสดงข้อมูลในเชิงความหมายได้อย่างชัดเจนเนื่องจากสิ่งที่เรานิยามหรือกำหนดความสัมพันธ์ขึ้นมาจะเป็นความจริงเสมอและไม่มีเปลี่ยนแปลง ในงานวิจัยก่อนหน้านี้มีการใช้ออนโทโลยีสร้างคำถามอัตโนมัติที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาหลากหลาย เช่น การออกแบบและสร้างออนโทโลยีของเนื้อหาวิชาระบบปฏิบัติการ (Teo, 2019) ประยุกต์ใช้ออนโทโลยีในการจำแนกและจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต (Kusuma et al., 2020) หรือการออกแบบและสร้างข้อมูลที่มีเนื้อหาสาระเกี่ยวกับอวัยวะของมนุษย์ (Kusuma et al., 2022)

2. การเลือกรูปแบบคำถาม (Question Selection)

รูปแบบคำถามหลายประเภทขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก ในที่นี้ขอจำแนกประเภทคำถามตามลักษณะการตรวจให้คะแนน แบ่งได้เป็น 2 ประเภท (มนชิตา เรืองรัมย์, 2556; บรรดล สุขปิติ, 2542) ดังนี้

2.1 คำถามแบบอัตนัย (Subjective Test) หรือคำถามที่ให้ผู้เรียนตอบแบบเชิงบรรยาย เป็นคำถามที่สามารถวัดความรู้ความสามารถด้านความจำ ความเข้าใจให้ผู้ตอบสามารถแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุและผล คำถามที่สร้างขึ้นสามารถสร้างได้หลากหลายรูปแบบ เช่น คำถามให้ยกตัวอย่าง (instantiation) และการถามให้อธิบายเหตุและผล (cause) ซึ่งอาจเป็นคำถามที่จำกัดคำตอบให้ผู้ตอบแบบสั้นๆ คำถามที่ใช้จะเป็นคำถามที่เฉพาะเจาะจง เช่น ทำไม (Why) เมื่อไหร่ (When) ใคร (Who) อะไร (What) ที่ไหน (Where) อย่างไร (Which) อย่างไร (How) (Blstak and Rozinajova, 2022; Chali and Baghaee, 2018; Fung et al., 2023; Kumar et al., 2019; Panchal et al., 2021; Shimmei and Matsuda, 2022; Teo, 2019) ซึ่งลักษณะคำถามดังกล่าวต้องการคำตอบเฉพาะที่เป็นข้อเท็จจริง (Factoid Questions)

2.2 คำถามแบบปรนัย (Objective Test) เป็นคำถามให้ผู้ตอบตอบในขอบเขตที่จำกัด อาจกำหนดคำตอบมาให้ล่วงหน้า หรือไม่กำหนดคำตอบมาให้แต่ตอบสั้นๆ คำถามแต่ละข้อวัดความสามารถเรื่องใดเรื่องหนึ่งเพียงเรื่องเดียว แบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.2.1 คำถามปรนัยแบบถูกผิด (True-False) ลักษณะของคำถามประกอบด้วยข้อความหรือประโยคที่ต้องการให้ผู้ตอบตัดสินใจเพื่อเลือกคำตอบที่เป็นไปได้สองอย่างว่า ข้อความหรือประโยคที่กำหนดมานั้น ถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ใช่ จริงหรือเท็จ (Yes/No) (Zou et al., 2022) เช่นการถามให้เปรียบเทียบความคล้ายคลึงและความแตกต่าง (contrast) หรือการถามให้ตัดสินใจสนับสนุนและคัดค้าน (concession) สำหรับวัดความรู้ความเข้าใจในการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ

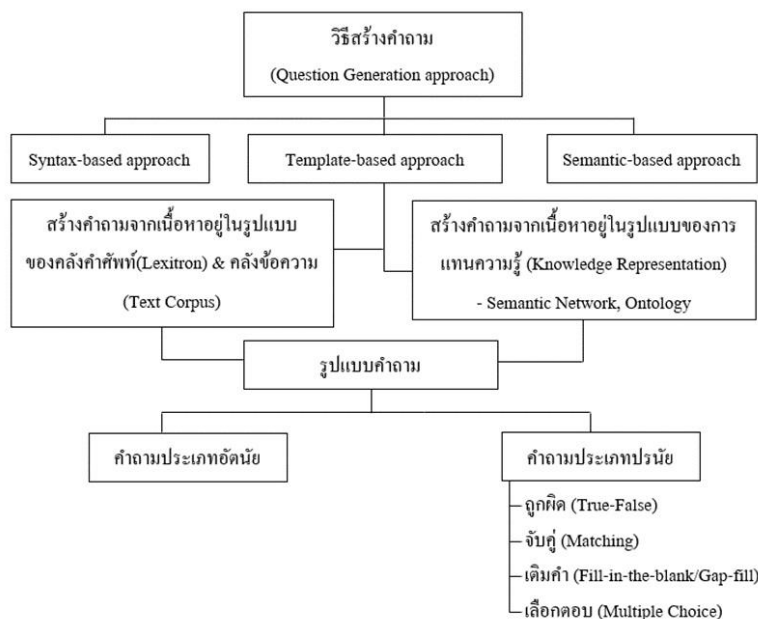
2.2.2 คำถามปรนัยแบบจับคู่ (Matching) เป็นคำถามที่ให้ผู้ตอบจับคู่ระหว่างคำหรือข้อความ ประกอบด้วย 2 สดมภ์ สดมภ์หนึ่งมักอยู่ทางซ้ายมือเป็นกลุ่มของคำถามอาจเป็นคำข้อความ วลี ประโยค อีกสดมภ์หนึ่งอยู่ทางขวามือ เป็นกลุ่มของคำตอบ อาจเป็นคำ จำนวนหรือสัญลักษณ์

2.2.3 คำถามปรนัยแบบเติมคำ (Fill-in-the-blank/Gap-fill) เป็นประโยคที่ไม่สมบูรณ์ เว้นช่องว่างไว้ให้เติม เพื่อให้เข้าใจความของประโยคสมบูรณ์โดยกำหนดตัวเลือกคำตอบให้มีหลายตัวเลือกเพื่อให้ผู้ตอบได้เลือกตอบ นอกจากนี้คำถามปรนัยแบบเติมอาจจะเป็นคำถามเติมคำตอบสั้นๆ (Short Answer) โดยไม่มีคำตอบให้เลือกตอบ (Campenhout et al., 2021; Panchal et al., 2021)

2.2.4 คำถามปรนัยแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) หรือคำถามแบบหลายตัวเลือก เป็นคำถามที่ให้ผู้ตอบเลือกคำตอบจากตัวเลือกที่กำหนดให้ คำถามแบบนี้ประกอบด้วย ส่วน 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นตัวคำถาม (stem) และส่วนที่เป็นคำตอบหรือตัวเลือก (alternative หรือ options หรือ choice) ซึ่งในส่วนของคำตอบหรือตัวเลือกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูก เรียก ตัวคำตอบ (answer หรือ key) ซึ่งมี 1 ตัวเลือก ส่วนที่เหลือเป็นตัวเลือกที่ผิดหรือเรียกว่า ตัวเลือกลวง (distractors) จากรูปแบบคำถามดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าคำถามปรนัยแบบเลือกตอบเป็นคำถามที่นิยมสร้างมากที่สุดเนื่องจากเป็นคำถามที่วัดความสามารถหรือพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ได้กว้างและลึกตั้งแต่ความสามารถทางสมองขั้นต่ำ ได้แก่ขั้นความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ จนถึงขั้นซับซ้อน หรือความสามารถทางสมองขั้นสูงได้แก่ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า (มนชิตา เรืองรัมย์, 2556; บรรดล สุขปิติ, 2542) ซึ่งถูกนำไปสร้างคำถามประเภท ทำไม (why) เมื่อไหร่ (when) ใคร (who) อะไร (what) ที่ไหน (where) อย่างไร (which) อย่างไร (how) (Chotirat and Meesad, 2022; Das et al., 2021b; Maurya and Desarkar, 2020) อย่างไรก็ตามคำถามปรนัยแบบเลือกตอบมีข้อจำกัดในด้านการสร้างคำถามยากและเสียเวลาในการสร้างคำถามมาก เนื่องจากต้องสร้างตัวลวงที่ผิดให้มีลักษณะที่ถูกเพื่อให้เป็นตัวลวงที่ดี (มนชิตา เรืองรัมย์, 2556; บรรดล สุขปิติ, 2542)

3. การสร้างคำถาม (Question Generation)

ลักษณะเนื้อหาที่นำมาสร้างเป็นคำถามมีความหลากหลายแตกต่างกันตามที่กล่าวข้างต้น ซึ่งคำถามที่ถูกสร้างขึ้นมาจากหลายวิธีการ ได้แก่ การสร้างคำถามด้วยวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างประโยคตามหลักไวยากรณ์ทางภาษา (syntax-based approach) การสร้างคำถามโดยการใช้แม่แบบคำถาม (template-based approach) และการสร้างคำถามจากฐานความรู้ (semantic-based approach) แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วิธีการสร้างคำถาม

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นถึงวิธีการสร้างคำถาม ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

3.1 การสร้างคำถามด้วยวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างประโยคตามหลักไวยากรณ์ทางภาษา เนื้อหาที่นำมาสร้างเป็นคำถามส่วนมากเป็นข้อความ (plain text) ที่ปรากฏอยู่ในเอกสารประเภทต่าง ๆ ที่ถูกจัดเก็บอยู่ในรูปของคลังคำศัพท์ (lexitron) หรือคลังข้อความ (text corpus) ซึ่งก่อนนำมาสร้างคำถามจะตรวจสอบโครงสร้างประโยคโดยวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปของโครงสร้างต้นไม้ไวยากรณ์ทางภาษา (parse tree) วิเคราะห์การวางตำแหน่งของกลุ่มคำประเภทต่าง ๆ ที่รวมกันเป็นประโยคเพื่อสร้างรูปแบบประโยค (Fung et al., 2023; Zou et al., 2022) นอกจากนี้ตรวจสอบโครงสร้างไวยากรณ์แล้วยังต้องวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงความหมาย (semantic analysis) ของประโยคมีความหมายที่เป็นไปได้สอดคล้องกับคำถามที่จะสร้างหรือไม่ให้ความหมายใด ๆ เลยโดยพิจารณาบริบทที่เกี่ยวข้อง เช่น เวลา และสถานที่ (Panchal et al., 2021) นอกจากนี้อาจนำประโยคที่มีความซับซ้อนมาวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อสร้างประโยคพื้นฐาน ประกอบไปด้วยคำนาม (subject) คำกริยา (verb) และคำที่ทำหน้าที่เป็นกรรม (object) ของประโยคเพื่อนำมาใช้จำแนกประเภทของคำถามที่เป็นไปได้ ทั้งนี้การวิเคราะห์โครงสร้างประโยคต้องหากลุ่มคำที่มีหน้าที่คำเหมือนกัน ดังนั้นจำเป็นต้องมีรายการคำที่มีป้ายกำกับหน้าที่หรือชนิดของคำ (Part Of Speech : POS) และสร้างกฎไวยากรณ์ (Das et al., 2021) จำนวนมากเพื่อให้ครอบคลุมทุกรูปแบบของประโยคที่สามารถเป็นไปได้จึงเป็นงานที่ค่อนข้างยากและใช้เวลานาน ซึ่งคลังรายการคำดังกล่าวที่มีอยู่ในปัจจุบันยัง

ไม่ครอบคลุมกับทุกโดเมนหรือเรื่องที่เราสนใจ หลังจากสกัดเนื้อหาให้อยู่ในรูปของประโยคที่มีความถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ทางภาษา ขั้นตอนถัดมาก็จะนำประโยคดังกล่าวมาสร้างคำถาม ซึ่งคำถามที่ถูกสร้างขึ้นด้วยวิธีนี้ส่วนใหญ่สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

3.1.1 คำถามเติมคำแบบกำหนดตัวเลือกคำตอบให้มีหลายตัวเลือกเพื่อให้ผู้ตอบได้เลือกตอบ คำถามมีลักษณะเฉพาะเจาะจงต้องการคำตอบเฉพาะที่เป็นข้อเท็จจริง (factoid questions) การสร้างคำถามนั้นจะวิเคราะห์เลือกกลุ่มคำหรือวลี (key) ที่อยู่ในประโยคข้อความที่มีโครงสร้างประโยคถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ที่สกัดมาได้โดยเลือกจากกลุ่มคำ (chunk) ที่มีป้ายกำกับหน้าที่หรือชนิดของคำทำหน้าที่เป็นคำนาม (noun) ทั้งนี้อาจมีกลุ่มคำที่ถูกเลือกมากกว่าหนึ่งคำขึ้นไป ซึ่งจะต้องเลือกคำที่เป็นไปได้เป็นคำตอบด้วยการนับความถี่ของการปรากฏคำดังกล่าวมากที่สุดในการสกัดต้นฉบับ หากคำใดเป็นคำตอบ (key) ที่เป็นไปได้ก็就会被กลบออกจากประโยคตำแหน่งของคำดังกล่าวในประโยคก็จะเป็นช่องว่างสำหรับผู้ตอบเลือกคำตอบที่ต้องการจากตัวเลือกคำตอบ เนื่องจากเป็นคำถามเติมคำแบบมีคำตอบหลายตัวเลือกซึ่งตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูก (key) นั้นถูกเลือกมากกว่าคำที่ทำหน้าที่เป็นคำนามและมีความถี่การปรากฏอยู่ในเอกสารมากที่สุดตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ส่วนตัวเลือกที่ผิดหรือตัวเลือกหลวง (distractors) จำนวน 3 ตัวเลือกมาจากคำหรือวลีที่มีป้ายกำกับหน้าที่คำ (POS) เหมือนกับคำที่ถูกเลือกเป็นคำตอบโดยพิจารณาคำบริบทรอบข้าง 2 คำก่อนหน้าและ 2 คำหลังของคำที่กำลังพิจารณาให้เป็นตัวเลือกหลวง นอกจากนี้จะพิจารณาความคล้ายคลึงกันตามคำบริบทรอบข้างแล้วยังต้องพิจารณาความคล้ายคลึงกันในรูปของประโยค

3.1.2 คำถามเติมคำตอบสั้นๆ (short answer) แบบเติมคำ (fill-in-the-blank) การสร้างคำถามจะทำการแจงส่วนประโยค (parser) และวิเคราะห์ประโยคด้วยวิธี Semantic role labeling (SRL) โดยจะทำการแยกโครงสร้างประโยคเป็นแต่ละหน้าที่ของคำในลักษณะโครงสร้างต้นไม้วด้วยหลักไวยากรณ์และทำการเชื่อมโยงคำศัพท์แต่ละคำกับคล้ายคำศัพท์นั้น ๆ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ประโยคได้ว่าประโยคนั้นมีใจความว่าอะไร ถูกทำโดยใคร ทำอะไรที่ไหน โดยเลือกคำตอบจากคำหรือวลีที่ทำหน้าที่เป็นคำนาม (noun phrases : NP) และวลีที่ทำหน้าที่เป็นคำคุณศัพท์ (Adjective phrases : ADJP) เพื่อระบุตำแหน่งของการกำหนดช่องว่าง (gap selection) ทั้งนี้การสร้างคำถามด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องให้ระบบเรียนรู้รูปแบบโครงสร้างประโยคและความหมายของคำโดยวิเคราะห์จากป้ายกำกับหน้าที่ของคำ (POS) ดังนั้นต้องเตรียมคลังข้อความหรือพจนานุกรมรายการคำศัพท์ที่มีชนิดหน้าที่คำ และพจนานุกรมคำพ้องและคำตรงข้าม (antonyms and synonyms dictionary) ที่เหมาะสมและมีปริมาณมากเพียงพอที่จะทำให้คำถามที่ถูกสร้างขึ้นมีความหมายสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้งาน ทั้งนี้การใช้คำศัพท์ที่หน้าที่คำในพจนานุกรมหรือ

คลังคำศัพท์ (Lexitron) มาพิจารณาโครงสร้างของประโยคอาจทำให้มีความผิดพลาดเกิดขึ้น เนื่องจากคำศัพท์หนึ่งคำอาจทำหน้าที่หลายอย่างทำให้มีโอกาสที่จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับคำศัพท์ที่อยู่ในกลุ่มหน้าของคำคิดได้ และหากไม่พบคำศัพท์ในคลังคำศัพท์ทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าคำศัพท์นั้นทำหน้าที่อะไรในประโยค

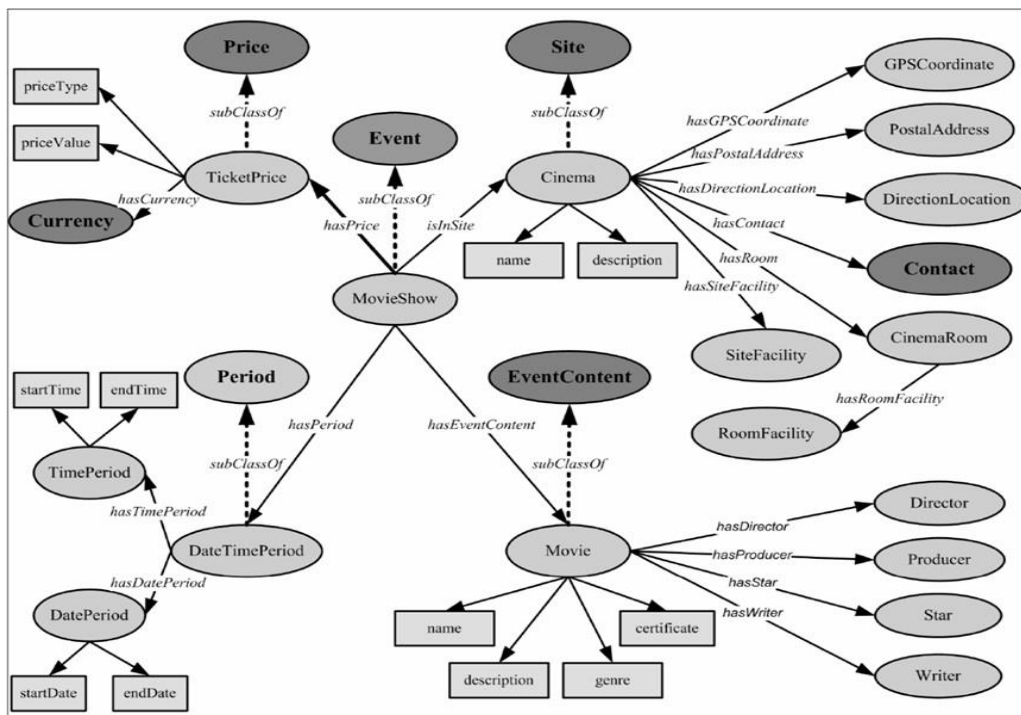
3.2 การสร้างคำถามจากฐานความรู้เป็นวิธีการสร้างคำถามจากเนื้อหาที่ถูกจัดเก็บอยู่ในรูปแบบการแทนความรู้ (knowledge representation) ซึ่งรูปแบบการแทนความรู้ที่เป็นที่นิยมนำมาใช้สร้างคำถามได้แก่

3.2.1 การสร้างคำถามจากรูปแบบการแทนความรู้แบบข่ายงาน (semantic network) เป็นการสร้างคำถามจากแนวความคิดเรื่องใดเรื่องหนึ่งอยู่ในรูปแบบการแทนความรู้ด้วยแผนภาพ (concept maps) ซึ่งเป็นแผนผังแนวความคิดที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่มีความหมายระหว่างแนวความคิดรวบยอดต่าง ๆ โดยแนวความคิดดังกล่าวอยู่ในรูปของข้อความที่สกัดได้จากเอกสารที่ถูกนำเข้ามา (input) ซึ่งจะนำไปสร้างคำถามที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้งานด้านต่างๆ เช่น งานทางด้านการศึกษา (Fung et al., 2023; Maurya and Desarkar, 2020; Shimmei and Matsuda, 2022; Nutthanit Wiwatbutsiri et al., 2022)

3.2.2 การสร้างคำถามจากรูปแบบการแทนความรู้ออนโทโลยี (ontology) ออนโทโลยีเป็นวิธีการแทนความรู้ที่ใช้โหนดเพื่อแสดงตัวแทน (concept) คุณสมบัติ (property) และเงื่อนไข (restriction) สำหรับการอธิบายข้อมูลเชิงความหมาย ซึ่งความสัมพันธ์ที่นิยมใช้กันมาก เช่น ความสัมพันธ์แบบจัดเป็น (is-a) ความสัมพันธ์แบบจัดเป็นส่วนประกอบ (part-of) และความสัมพันธ์จัดเป็นคุณลักษณะ (attribute-of) (พุง มีสัจ และคณะ, 2553) ลักษณะคำถามที่มักจะถูกนำมาสร้างจะเป็นคำถามประเภท what, where, when, how (predictive questions) ออนโทโลยีเป็นเครื่องมือสร้างคำถามสำหรับงานด้านต่างๆ โดยเฉพาะงานทางด้านการศึกษา (Kusuma et al., 2020; Kusuma et al., 2022; Teo, 2019) ในที่นี้ขอยกตัวอย่างวิธีการสร้างคำถามจากการประยุกต์ใช้ออนโทโลยีสำหรับระบบถาม-ตอบในเรื่องของการสอบถามข้อมูลการชมภาพยนตร์ (Movies & Cinemas) เนื่องจากเป็นโครงสร้างออนโทโลยีและเป็นตัวอย่างการสร้างคำถามที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ซึ่งโครงสร้างออนโทโลยีแสดงดังภาพที่ 4

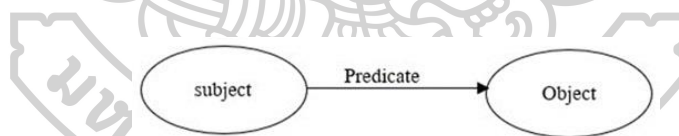
จากภาพที่ 4 แสดงโครงสร้างออนโทโลยีโดเมนการท่องเที่ยว โดยมีโดเมนย่อย (sub-domain) เป็น Movies & Cinemas จากโครงสร้างออนโทโลยีดังกล่าวใช้ภาษาโปรแกรม SPARQL ซึ่งเป็นภาษาสำหรับดึงข้อมูลมาแสดง หรือเรียกว่าภาษาสอบถาม หรือ Query Language ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่เป็นไปในรูปแบบของกราฟ ซึ่งมีลักษณะในรูปแบบของ RDF (Resource Description Framework) และ OWL (Web Ontology Language) เป็นกราฟที่มีลักษณะที่ง่ายที่สุดใน

รูปแบบของ Triple ที่ประกอบด้วย <subject-predicate-object> ซึ่ง subject แสดงถึงคลาส (class) หรือสิ่งที่สนใจ (resource) predicate แสดงถึงคุณลักษณะ หรือ property ของคลาส และ object หมายถึง ค่าของคุณลักษณะ หรือ “property value” แสดงดังภาพที่ 5

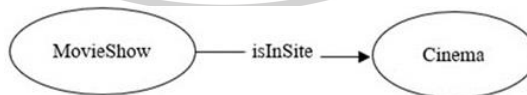


ภาพที่ 4 A part of the tourism ontology on the sub-domain of “Movies & Cinemas”

(Ou et al., 2008)

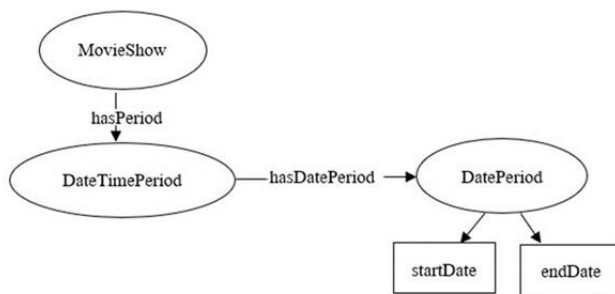


ภาพที่ 5 กราฟรูปแบบ Triple



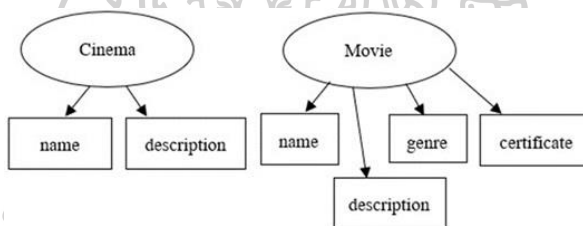
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างคลาส MovieShow กับคลาส Cinema

จากภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลาส MovieShow กับคลาส Cinema เป็นส่วนหนึ่งของออนโทโลยี Movie & Cinemas หากนำมาเขียนให้อยู่ในรูปแบบ triple จะได้ดังนี้ <MovieShow-isInSite-Cinema> และถ้าหากค่าของคุณสมบัติ (object) เป็นช่วงค่าที่มีการอ้างอิงกับคลาสอื่น แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ค่าของคุณสมบัติ (Object) เป็นค่าที่มีการอ้างอิงกับคลาสอื่น

จากภาพที่ 7 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบ triple ได้ดังนี้ <MovieShow-hasPeriod-DateTimePeriod> + <MovieShow-hasPeriod-DatePeriod> สำหรับการสร้างคำถามนั้นเพื่อให้การสร้างคำถามทำได้ง่ายจะมีการใช้แม่แบบคำถาม (template) และจากข้อมูลพฤติกรรมของผู้ใช้ส่วนใหญ่มักจะค้นหาชื่อภาพยนตร์ รายการภาพยนตร์ และสถานที่ฉาย ดังนั้น การสร้างคำถามซึ่งมีการใช้แม่แบบคำถามจะให้ความสนใจคลาสมี property “name” เป็นค่าคงที่ (literal) แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 คลาสที่มี property “name” เป็นค่าคงที่ (literals)

จากภาพที่ 8 แสดงคลาสที่มี property “name” เป็นค่าคงที่ในที่นี่มี 2 คลาสคือ คลาส Cinema และคลาส Movie ซึ่งแม่แบบคำถามสามารถเขียนได้ดังนี้

T1 : What is the name of the <class> which has the <xxx>[<xxx>_value]?

จากแม่แบบคำถาม T1 <class> หมายถึงชื่อคลาสที่มี property “name” และ <xxx> หมายถึง property ถ้าหากกำหนดให้ <class> คือ คลาส Movie และ xxx คือ “ประเภทภาพยนตร์ (genre)” จากค่าที่กำหนดให้กับแม่แบบคำถามจะได้รูปแบบคำถามดังนี้ What is the name of the Movie which has the genre [genre_value]?

หากคลาสที่ไม่มีคุณสมบัติเป็นชื่อ (property “name”) จะใช้ property “name” เป็นเงื่อนไขบังคับในแม่แบบคำถาม T2 : What (or When, Where, How long) is the <xxx> of [<class>_name]? ซึ่งได้ลักษณะคำถามดังนี้ What is the genre of [Movie_name]? เป็นต้น

นอกนี้คำถามประเภทมีคำตอบให้เลือกหลายตัวเลือก (Multiple Choices) เป็นรูปแบบคำถามประเภทหนึ่งที่น่าสนใจสร้างจากอนโทโลยี (Teo, 2019; Kusuma. et al., 2020;2022) การสร้างตัวเลือก (choice) ตัวลวงคำตอบ (distractors) และตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้อง (answer) โดยพิจารณาลักษณะของการสืบทอดคลาส (class/subclass) ที่เป็นความสัมพันธ์แบบจัดเป็น (is-a)

กล่าวคือ หากคลาสใดที่ไม่ได้เกี่ยวข้องหรือไม่ได้มีความสัมพันธ์กับคลาสที่กำลังพิจารณาที่จะถูกพิจารณาเลือกให้เป็นคำตอบที่เป็นตัวลง นอกจากพิจารณาลักษณะการสืบทอดคลาสการสร้างตัวเลือกดังกล่าวพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่าง instance คลาสที่เกี่ยวข้องกัน เป็นต้น

3.2.3 การสร้างคำถามด้วยวิธีการใช้แม่แบบคำถาม (template-based approach)

การสร้างคำถามโดยใช้วิธีวิเคราะห์โครงสร้างประโยค และสร้างคำถามจากรูปแบบการแทนความรู้เพียงวิธีใดวิธีหนึ่งอาจไม่เพียงพอ จำเป็นต้องมีรูปแบบหรือแม่แบบคำถาม (template) ช่วยให้การสร้างคำถามมีความสะดวกและรวดเร็วขึ้น โดย แม่แบบคำถามที่ถูกสร้างขึ้นจะเป็นแม่แบบที่สร้างขึ้นตามกฎไวยากรณ์ทางภาษาในการวางตำแหน่งของคำที่ทำหน้าที่เป็นคำนาม คำกริยา กรรม หรือคำที่ทำหน้าที่เป็นส่วนขยายต่าง ๆ การสร้างแม่แบบคำถามก็เพื่อนำแม่แบบที่สร้างขึ้น ไปใช้กับคำถามที่มีลักษณะแตกต่างกันแต่สามารถถ่ายทอดความหมายที่เหมือนกันด้วยการอธิบายไวยากรณ์ทางภาษา (syntax) ให้อยู่ในรูปของกฎที่มีความหมายถูกต้อง (Backus-Naur Form : BNF) หรืออาจจะเป็นแม่แบบคำถามที่ถูกสร้างขึ้นมาเฉพาะด้านขึ้นอยู่กับว่าจะถูกนำไปสร้างคำถามประเภทไหนและใช้ร่วมกับวิธีการสร้างคำถามแบบอื่นวิธีไหน ตามที่กล่าวรายละเอียดไว้ในวิธีการสร้างคำถามด้วยวิธี syntax-based (Zou et al., 2022) และ semantic-based (Kusuma et al., 2022; Teo, 2019)

ทั้งนี้การออกแบบและพัฒนาการสร้างคำถามสำหรับนำไปสร้างบทเรียนช่วยสอนเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อให้มีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ที่ดีขึ้นจำเป็นต้องทราบพื้นฐานทฤษฎีการเรียนรู้ เช่น แนวคิดแยกย่อยเนื้อหาที่ละน้อย การทำเรื่องยากให้เป็นเรื่องง่าย ให้มีการตอบสนองต่อความต้องการต่อผู้เรียน แนวคิดของโรเบิร์ตแกงเง่ (Robert Gagne) (Gagne, 1985) ได้นำเสนอเนื้อหาและจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์หลักการสอน 9 ประการ ได้แก่ (ศักดิ์เศรษฐ์ ประกอบผล, 2563)

1. เร่งเร้าความสนใจ (Gain Attention) ก่อนที่จะเริ่มการนำเสนอเนื้อหาบทเรียน ควรมีความสนใจและเร่งเร้าความสนใจให้ผู้เรียนอยากเรียน เช่น การใช้ภาพกราฟฟิก ภาพเคลื่อนไหว และ/หรือการใช้เสียงประกอบบทเรียนในส่วนบทนำ

2. บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objectives) วัตถุประสงค์ของบทเรียนนับว่าเป็นส่วนสำคัญยิ่งต่อกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะได้ทราบถึงความคาดหวังของบทเรียนจากผู้เรียน

3. ทบทวนความรู้เดิม (Active Prior Knowledge) การทบทวนความรู้เดิมก่อนที่จะนำเสนอความรู้ใหม่แก่ผู้เรียน เช่น การทดสอบก่อนบทเรียน (Pre-test)

4. นำเสนอเนื้อหา (Present the Content) หลักสำคัญในการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนควรนำเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาประกอบกับคำอธิบาย สั้นๆ

5. ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning) ตามหลักและเงื่อนไขการเรียนรู้ (Condition of Learning) ผู้เรียนจะจำเนื้อหาได้ดี เช่น ยกตัวอย่างเปรียบเทียบ

6. กระตุ้นการตอบสนองบทเรียน (Elicit Performance) เช่น ถามคำถาม เพื่อให้ผู้เรียนตอบในระหว่างเรียนบทเรียน ดังนั้น การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพียงใดนั้นเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับระดับและขั้นตอนของการประมวลผลข้อมูล

7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) บทเรียนจะกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนได้มากขึ้น เช่น การตอบกลับเมื่อผู้เรียนตอบถูกต้องหรือผิดในขณะที่เรียนหรือทำแบบฝึกหัด

8. ทดสอบความรู้ใหม่ (Assess Performance) การทดสอบความรู้ใหม่หลังจากศึกษาบทเรียน เรียกว่าการทดสอบหลังบทเรียน (Post-test)

9. สรุปและนำไปใช้ (Review and Transfer) การสรุปและนำไปใช้ จัดว่าเป็นส่วนสำคัญในขั้นตอนสุดท้ายที่บทเรียนจะต้องสรุปโมเดลของเนื้อหาเฉพาะประเด็นสำคัญๆ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ

จากข้อมูลการสร้างคำถามอัตโนมัติที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวม ดังรายละเอียดดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าลักษณะคำถามที่งานวิจัยก่อนหน้าได้ทำการสร้างขึ้นจะเป็นคำถามที่ประกอบด้วยประโยคสั้นๆ เน้นไปที่คำถามประเภทวัดทักษะความจำ ความรู้และความเข้าใจ ลักษณะคำถามจะเป็นรูปแบบ what where when why และ how เป็นต้น โดยคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบสั้นๆ และคำถามที่ถูกสร้างขึ้นถูกวัดประสิทธิภาพด้านความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเรื่องซึ่งผู้เชี่ยวชาญอาจจะเป็นผู้สอนหรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่นำมาสร้างเป็นคำถาม ถึงแม้ในแต่ละวิธีการจะมีการสร้างคำถามที่เป็นประเภทคำถามเดียวกันก็ไม่สามารถเปรียบเทียบผลความถูกต้องในแต่ละงานได้เนื่องจากโดเมนหรือเนื้อหาที่นำมาสร้างนั้นมีความแตกต่างกัน จึงทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าวิธีการใดเป็นวิธีการที่สามารถทำให้คำถามที่ถูกสร้างขึ้นนั้นมีความถูกต้องหรือมีประสิทธิภาพมากกว่ากัน

สำหรับงานวิจัยนี้คำถามที่สร้างขึ้นจะเป็นลักษณะข้อความที่เป็นเรียงความประกอบไปด้วยประโยคยาวๆ ที่มีข้อมูลเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ซึ่งวิธีการสร้างคำถามจึงต้องใช้วิธีการสร้างคำถามที่มีการพิจารณาความสัมพันธ์ทางด้านความหมายของข้อมูล ดังนั้นจึงเลือกวิธีการสร้างคำถามจากการแทนความรู้ด้วยเทคโนโลยีออนโทโลยีด้วยเนื้อหาที่เป็นตัวอย่างโจทย์ที่ผู้วิจัยรวบรวมจากเอกสารตำราที่เกี่ยวข้องและใช้แม่แบบคำถามเพื่อช่วยให้การสร้างคำถามนั้นทำได้ง่ายขึ้น และทำการออกแบบระบบการสร้างคำถาม-คำตอบโดยใช้หลักการทฤษฎีการเรียนรู้ของ โรเบิร์ต กาลเย่ สำหรับการวัดและประเมินผลประสิทธิภาพของระบบการสร้างคำถามอัตโนมัติด้าน

ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้การสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นโดยกลุ่มผู้เรียนที่เรียนในรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ มีการใช้สถิติเกี่ยวข้องดังนี้

การหาคุณภาพของแบบทดสอบ

การตรวจสอบคุณภาพของข้อคำถาม มีวิธีการตรวจสอบด้านของความตรงของเนื้อหา รายชื่อ ความเป็นปรนัย ความยาก และอำนาจจำแนก ซึ่งความยากและอำนาจจำแนกเหมาะสำหรับการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบในเครื่องมือที่เป็นแบบทดสอบ (วรรณิ แกมเกตุ, 255; รัตนเกล้า ประดิษฐ์ด้วง, 2562) คุณภาพของแบบทดสอบ เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่สำคัญจำนวน 5 องค์ประกอบ ดังนี้ (มนต์ชัย เทียนทอง, 2545; วิทยุญา วิชาลาภรณ์, 2540)

1. ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity)

ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง ระดับความสามารถของแบบทดสอบที่วัดในเนื้อหาที่ต้องการจะวัด เช่น หากต้องการวัดเรื่องความสนใจ ข้อคำถามในแบบทดสอบหรือข้อสอบก็ต้องเป็นเรื่องของความสนใจ (วรรณิ แกมเกตุ, 255; รัตนเกล้า ประดิษฐ์ด้วง, 2562) การพิจารณาความสอดคล้องของคำถามในแบบทดสอบแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับเนื้อหา หรือนิยามตัวแปรที่มุ่งวัดหรือไม่ ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยการนำข้อคำถามที่สร้างขึ้นพร้อมทั้งเนื้อหาและนิยามปฏิบัติการของตัวแปรที่ต้องการวัด ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านการวัดและประเมินผลจำนวนหนึ่งพิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องระหว่าง ข้อคำถามกับเนื้อหาหรือนิยามตัวแปรที่มุ่งวัด โดยผลการพิจารณาอาจให้คะแนนเป็นดังนี้

+1 หมายความว่า แน่ใจว่าข้อคำถามวัด ได้ตรงเนื้อหา/นิยาม/จุดประสงค์

0 หมายความว่า ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัด ได้ตรงเนื้อหา/นิยาม/จุดประสงค์

-1 หมายความว่า แน่ใจว่าข้อคำถามวัด ไม่ตรงเนื้อหา/นิยาม/จุดประสงค์

หลังจากนั้นจึงนำผลการตรวจสอบความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิมาคำนวณหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา/จุดประสงค์ (Item Objective Congruence: IOC) โดยใช้สูตรจากสมการที่ 1 ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา/จุดประสงค์

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนผลการตัดสินข้อคำถามของผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

โดยมีเกณฑ์การตัดสินความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหา/จุดประสงค์ ดังนี้

ถ้า $IOC > 0.50$ ถือว่าข้อคำถามนั้นวัด ได้สอดคล้องกับเนื้อหา/จุดประสงค์

ถ้า $IOC \leq 0.50$ ถือว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ไม่สอดคล้องกับเนื้อหา/จุดประสงค์ แบบทดสอบหรือข้อสอบที่ถือว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาในระดับดี สามารถนำไปวัดผลได้ จะต้องมียุทธศาสตร์ IOC เกินกว่า 0.5 เป็นต้นไป

สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยหาคุณภาพของแบบทดสอบด้วยวิธีการหาความเที่ยงตรงตามเนื้อหาพิจารณาความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์การเรียนรู้กับแบบทดสอบรายข้อจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นจึงนำผลการตรวจสอบความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิมาคำนวณหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา/จุดประสงค์ (Item Objective Congruence: IOC)

2. ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยวิธีหาความคงที่ภายในโดยใช้ KR-20

ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ความคงที่ ความมั่นคง หรือความสม่ำเสมอของผลการวัด เช่น ถ้านำแบบทดสอบไปวัดสิ่งเดียวกันสองครั้งแล้วได้ผลไม่แตกต่างกัน ถือว่ามีความคงที่ของผลคะแนนที่ได้สูง อีกกรณีหนึ่งก็คือถ้าให้ทำแบบทดสอบฉบับเดียวกันสองครั้งในเวลาต่างกันและได้คะแนนเกือบเท่ากันทั้งสองครั้ง ก็จะหมายความว่าแบบทดสอบนั้นมีความเชื่อมั่นสูง ค่าของความเชื่อมั่นแสดงเป็นตัวเลขที่มีค่าไม่เกิน 1.00 หรือ 100% ซึ่งเรียกว่า สัมประสิทธิ์ (Coefficient) ถ้าแบบทดสอบมีค่าสัมประสิทธิ์สูง ก็แสดงว่ามีความเชื่อมั่นสูง ซึ่งการหาความเชื่อมั่น สามารถทำได้ดังนี้

การทดสอบโดยวิธีหาความคงที่ภายในโดยใช้ KR-20 ของคูเดอร์-ชาร์ดสัน (Kuder and Richardson, 1937) เป็นการทดสอบแบบทดสอบแต่ละข้อมีความสัมพันธ์กับข้ออื่นๆ ในฉบับเดียวกันหรือไม่ และมีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบทั้งฉบับอย่างไร โดยใช้สูตร KR-20 ปัญหาของการทดสอบโดยวิธีการหาความคงที่ภายในก็คือ จะต้องแปลงผลคำตอบก่อนนำไปแทนค่าในสูตร โดยกำหนดให้ข้อที่ตอบถูกมีค่าเท่ากับ 1 และตอบผิดมีค่าเท่ากับ 0 จึงมีข้อจำกัดในการใช้งานซึ่งจะใช้งานได้เฉพาะแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) หรือแบบทดสอบอื่นๆ ที่ให้คะแนนเป็น 0 และ 1 เท่านั้น สำหรับสูตร KR-20 แสดงดังสมการที่ 2

$$r_t = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{\sigma^2} \right] \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ r_t คือ สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

n คือ จำนวนข้อของแบบทดสอบ (ไม่ควรน้อยกว่า 20 ข้อ)

p คือ อัตราส่วนของผู้ที่ตอบแบบทดสอบข้อนี้ถูก (หาได้จากจำนวนผู้ที่ตอบถูกหารด้วยจำนวนผู้ตอบทั้งหมด)

q คือ อัตราส่วนของผู้ที่ตอบข้อนี้ผิด (เท่ากับ $1-p$)

σ คือ ความแปรปรวนของคะแนนที่สอบได้ทั้งฉบับ

ตัวอย่าง แบบทดสอบแบบเลือกตอบจำนวน 5 ข้อ เมื่อนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน ปรากฏผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างผลคะแนนแบบทดสอบแบบเลือกตอบจำนวน 5 ข้อสำหรับหาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน

ผู้เรียน	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	คะแนนรวม	X ²
1	1	1	1	1	1	5	25
2	1	1	1	0	1	4	16
3	1	1	1	1	1	5	25
4	1	0	1	0	1	3	9
5	1	0	0	1	1	3	9
6	1	1	0	1	0	3	9
7	1	0	0	0	1	2	4
8	1	0	0	1	0	2	4
9	1	0	1	0	0	2	4
10	1	0	0	0	0	1	1
p _{ถูก}	1.0	.4	.5	.5	.6	Σx = 30	ΣX ² = 106
q _{ผิด}	0	.6	.5	.5	.4		
p*q	0	.24	.25	.25	.24	Σpq = .98	

การหาค่าความคงที่ภายในโดยใช้สูตร KR-20

$$r_t = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{\sigma_t^2} \right]$$

1) หาค่าความแปรปรวน

$$\begin{aligned} \sigma_t^2 &= \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N^2} \\ &= \frac{10(106) - (30)^2}{10^2} = 1.6 \end{aligned}$$

2) แทนค่าในสูตรการหาค่าความคงที่ภายใน KR-20

$$r_t = \frac{5}{5-1} \left[1 - \frac{.98}{1.6} \right] = .48$$

สรุปได้ว่า ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 มีค่าเท่ากับ .48 หรือ 48%

จากตัวอย่างข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบยังมีคุณภาพไม่ดี เนื่องจากเมื่อใช้สูตร KR-20 จะได้อัตราสัมประสิทธิ์ที่ .48 โดยที่คุณภาพของแบบทดสอบที่อยู่ใน

เกณฑ์ที่ยอมรับได้และสามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยได้นั้น ควรมีค่าความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่า .60 หรือ 60% ขึ้นไป

3. ค่าความยากง่าย (Difficulty)

แบบทดสอบที่ดีต้องมีความยากง่ายพอเหมาะ คือ ไม่ยากเกินไปและไม่ง่ายเกินไป ความยากง่ายของแบบทดสอบพิจารณาได้จากผลการสอบของแบบทดสอบฉบับนั้นเป็นสำคัญ (ภัทธา นิคมานนท์, 2543) การพิจารณาความยากง่ายพิจารณาดังนี้

3.1 การพิจารณาความยากง่ายของแบบทดสอบทั้งฉบับ พิจารณาจากคะแนนรวมของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยของคะแนนรวมทั้งฉบับ

หากคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม แสดงว่า แบบทดสอบฉบับนั้นง่ายหรือค่อนข้างง่าย

หากคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม แสดงว่าแบบทดสอบฉบับนั้นยากหรือค่อนข้างยาก

3.2 พิจารณาจากค่าความยากง่ายของข้อคำถามรายข้อ โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยของความยากรายข้อทั้งฉบับ ความยากง่ายของข้อสอบรายข้อมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1.00

หากค่าเฉลี่ยค่าความยากง่ายรายข้อทั้งฉบับสูงกว่า .50 แสดงว่าแบบทดสอบฉบับนั้นง่ายหรือค่อนข้างง่าย

หากค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่ายรายข้อทั้งฉบับต่ำกว่า .50 แสดงว่าแบบทดสอบฉบับนั้นยากหรือค่อนข้างยาก

3.3 การพิจารณาความยากง่ายของแบบทดสอบรายข้อ จะพิจารณาจำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ ถ้าข้อใดที่มีผู้ตอบถูกมากกว่าครึ่งหนึ่งของผู้สอบ แสดงว่าแบบทดสอบง่ายหรือค่อนข้างง่าย แต่ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของผู้สอบทั้งหมด แสดงว่าแบบทดสอบยากหรือค่อนข้างยาก ซึ่งค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ หมายถึง สัดส่วนของผู้ที่ตอบข้อถามนั้นถูก ซึ่งนิยมให้แทนค่า “P” มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1.00 การหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบสามารถหาได้จากสูตรในสมการที่ 3

$$P = \frac{\text{จำนวนผู้ตอบถูก}}{\text{จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด}} \quad \text{สมการที่ 3}$$

ตัวอย่าง : แบบทดสอบข้อหนึ่ง มีผู้เข้าสอบ 40 คน และตอบข้อนั้นถูก 30 คน

$$P = \frac{30}{40}$$

จากตัวอย่างแปลความได้ว่า คำถามข้อดังกล่าวอยู่ในระดับค่อนข้างง่าย นั่นคือ ถ้ามีผู้สอบ 100 คน จะมีผู้ตอบถูก 75 คน ซึ่งการแปลความหมายค่า P อาจแบ่งได้เป็น 5 ช่วง ดังนี้

ตารางที่ 2 การแปลความหมายค่าความยากง่าย (P)

ค่า P	ระดับความยาก	ความหมายเทียบสอบ จากผู้สอบ 100 คน	การพิจารณา
0 - .19	ยากมาก	มีผู้ตอบถูกไม่ถึง 20 คน	ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
.20 - .39	ค่อนข้างยาก	มีผู้ตอบถูก 20 – 39 คน	พอใช้ได้
.40 - .60	ยากง่ายปานกลาง	มีผู้ตอบถูก 40 – 60 คน	ใช้ได้
.61 - .80	ค่อนข้างง่าย	มีตอบถูก 61 – 80 คน	พอใช้ได้
.81 – 1.00	ง่ายมาก	มีผู้ตอบถูก 81 – 100 คน	ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

จากการแปลความหมายค่าความยากง่าย (P) ที่ปรากฏอยู่ในตารางที่ 2 ค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบที่ควรนำมาใช้ควรมีค่าระหว่าง .20 - .80

ความยากง่ายจัดว่าเป็นเกณฑ์การหาคุณภาพของแบบทดสอบหรือข้อสอบที่มีความหมายตรงตัว คำนวณได้ง่าย และมีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ โดยพิจารณาจากสัดส่วนของผู้ตอบถูกและตอบผิด หากแบบทดสอบข้อใดมีผู้ตอบผิดมากกว่าตอบถูกก็แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นยาก แต่ถ้าหากมีผู้ตอบถูกมากกว่าตอบผิดก็แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นง่าย

4. ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยการใช้ค่าสหสัมพันธ์แบบพอยท์-ไบซีเรียล (Point-Biserial Correlation)

อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบในการจำแนกกลุ่มตัวอย่างซึ่งอาจหมายถึงผู้เรียนหรือผู้ตอบแบบทดสอบ ออกเป็นกลุ่มต่างๆ เช่น กลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน กลุ่มที่เห็นด้วยและกลุ่มที่ไม่เห็นด้วย เป็นต้น ค่าอำนาจจำแนกแทนด้วยสัญลักษณ์ R ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง +1.00 ถึง -1.00 ถ้าคำถามข้อใดมีค่า R เป็นบวกสูง แสดงว่าข้อคำถามนั้นสามารถจำแนกกลุ่มเก่งออกจากกลุ่มอ่อนได้ดี ซึ่งมีการแจกแจงระดับของค่าอำนาจจำแนกสำหรับแบบทดสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

ค่าอำนาจจำแนก (R)	คุณภาพของข้อสอบ
.40 ขึ้นไป	ดีมาก
.30 ถึง .39	ดีพอสมควร อาจต้องปรับปรุงบ้าง
.20 ถึง .29	พอใช้ได้ แต่ต้องปรับปรุง
ต่ำกว่า .20	ใช้ไม่ได้ ต้องพิจารณาปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้งไปเลย

การหาค่าอำนาจจำแนกโดยวิธีการใช้ค่าสหสัมพันธ์แบบพอยท์-ไบซีเรียล มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า ถ้าผู้เรียนทำถูกให้คะแนน 1 และทำผิดให้คะแนน 0 หลังจากนั้นจึงนำมาแทนค่าในสูตรสหสัมพันธ์แบบพอยท์-ไบซีเรียล ดังสมการที่ 4

$$R_{p.bis} = \frac{\bar{X}_p - \bar{X}_f}{S_t} \cdot \sqrt{pq} \quad \text{สมการที่ 4}$$

เมื่อ $R_{p.bis}$ คือ ค่าอำนาจจำแนกแบบพอยท์-ไบซีเรียล

\bar{X}_p คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นได้

\bar{X}_f คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นไม่ได้

S_t คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบฉบับนั้น

p คือ สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นได้

q คือ สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นไม่ได้ ($1-p$)

ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบข้อที่ 10 ของวิชาการโปรแกรมภาษาซี ซึ่งมีผู้เรียนเข้าทดสอบจำนวน 15 คน ได้ผลตามตารางที่ 4

จากข้อมูลผลการวิเคราะห์แบบทดสอบข้อที่ 10 ในตารางที่ 4 สามารถหาค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถามดังกล่าวได้ดังนี้

1) คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบข้อที่ 10 ได้

$$\bar{X}_p = \frac{\sum XY}{n_p} = \frac{201}{9} = 22.33$$

เมื่อ \bar{X}_p คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบข้อที่ 10 ได้

$\sum XY$ คือ คะแนนรวมของกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบข้อที่ 10 ได้

n_p คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบข้อที่ 10 ได้

2) คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบข้อที่ 10 ไม่ได้

$$\bar{X}_f = \frac{\sum x - \sum XY}{n_f} = \frac{323 - 201}{6} = 20.33$$

เมื่อ \bar{X}_f คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบข้อที่ 10 ไม่ได้

$\sum x$ คือ คะแนนรวม

3) สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบข้อที่ 10 ได้

$$p = \frac{9}{15} = .60$$

4) สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบข้อที่ 10 ไม่ได้

$$q = 1 - .60 = .40$$

ตารางที่ 4 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกแบบพอยท์-ไบซีเรียล

ผู้เรียน	คะแนน (X)	ข้อที่ 10 (Y)	X*Y	X ²
1	25	1	25	625
2	23	1	23	529
3	18	0	0	324
4	24	0	0	576
5	23	1	23	529
6	20	0	0	400
7	19	0	0	361
8	22	1	22	484
9	21	1	21	441
10	23	1	23	529
11	21	0	0	400
13	21	1	21	441
14	21	1	21	441
15	22	1	22	484
	$\Sigma X = 323$		$\Sigma XY = 201$	$\Sigma X^2 = 7005$

5) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบทั้งฉบับ

$$S_t = \sqrt{\frac{N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N(N-1)}} \\ = \sqrt{\frac{15 * 7005 - (323)^2}{15(14)}} = 1.82$$

6) ค่าอำนาจจำแนกแบบพอยท์-ไบซีเรียล

$$R_{p.bis} = \frac{\bar{X}_p - \bar{X}_f}{S_t} \cdot \sqrt{pq} \\ = \frac{22.33 - 20.33}{1.82} \cdot \sqrt{.60 * .40} = .54$$

จากตัวอย่างสรุปได้ว่า แบบทดสอบข้อที่ 10 มีค่าอำนาจจำแนกเป็น .54 จัดว่าเป็นข้อคำถามที่ดี อาจกล่าวได้ว่า ค่าอำนาจจำแนกเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ที่ส่งผลต่อคุณภาพของแบบทดสอบ โดยเฉพาะแบบทดสอบที่ใช้ในการเรียนการสอน ถ้าแบบทดสอบมีค่าอำนาจจำแนกต่ำๆ เช่น .20 จะมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ว่าเป็นผู้เรียนเก่งหรือผู้เรียนอ่อนได้ถูกต้องเพียง 2%

เท่านั้น ซึ่งสามารถแปลความได้ว่ามีเพียง 2 คนเท่านั้นที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นถูกต้องแล้วเป็นผู้เรียนเก่ง ดังนั้น ถ้าค่าอำนาจจำแนกต่ำแล้ว ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ก็จะมีค่าต่ำตามไปด้วย ในทางปฏิบัติจึงต้องออกแบบทดสอบให้มีคุณภาพ โดยพยายามทำให้มีค่าอำนาจจำแนกสูงๆ เนื่องจากยิ่งค่าอำนาจจำแนกมีค่าสูงก็สามารถจำแนกผู้เรียนได้ดี แต่ถ้าค่าอำนาจจำแนกติดลบจะแสดงว่าแบบทดสอบข้อนั้นผู้เรียนอ่อนตอบถูกมากกว่าผู้เรียนเก่ง ซึ่งเป็นข้อคำถามที่ใช้ไม่ได้ ต้องตัดทิ้งไป

การวัดประสิทธิภาพสื่อหรือวัตกรรมการเรียนรู้

(ชัยวงศ์ พรหมวงศ์, 2556) การผลิตสื่อและชุดการสอนที่เป็นต้นแบบชิ้นงานใหม่ ก่อนนำไปใช้จริงจะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพเพื่อดูว่าสื่อหรือชุดการสอนทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์หรือไม่และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนจากสื่อหรือชุดการสอนในระดับใด ดังนั้นผู้ผลิตสื่อการสอนจำเป็นจะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาคุณภาพ เรียกว่า การทดสอบประสิทธิภาพ โดยนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการ 2 ขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ 3 ประเด็นคือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี และการทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข ทั้งนี้การทดสอบประสิทธิภาพจำเป็นจะต้องมีการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ ซึ่งการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E_1 = \text{Efficiency of Process}$ (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และ พฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E_2 = \text{Efficiency of Product}$ (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

1. ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ ประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า “กระบวนการ (Process)” ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ หรือทำรายงานเป็นกลุ่ม และรายงานบุคคล ได้แก่งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน

ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการ

ประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ $E_1/E_2 =$ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ตัวอย่าง 80/80 หมายความว่า เมื่อเรียนจากสื่อหรือชุดการสอนแล้ว ผู้เรียนจะสามารถทำแบบฝึกปฏิบัติ หรืองาน ได้ผลเฉลี่ย 80% และประเมินหลังเรียนและงานสุดท้าย ได้ผลเฉลี่ย 80%

การที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 ให้มีค่าเท่าใดนั้น ให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจ โดยพิจารณาพิสัยการเรียนรู้ที่จำแนกเป็นวิทย์พิสัย (Cognitive Domain) จิตพิสัย (Affective Domain) และทักษะพิสัย (Skill Domain)

ในขอบข่ายพิสัยพิสัย เนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้สูงสุดแล้วลดต่ำลงมาคือ 90/90 85/85 80/80 ส่วนเนื้อหาสาระที่เป็นจิตพิสัย จะต้องใช้เวลาไปฝึกฝนและพัฒนา ไม่สามารถทำให้ถึงเกณฑ์ระดับสูงได้ในห้องเรียนหรือในขณะที่เรียน จึงอนุโลมให้ตั้งไว้ต่ำลง นั่นคือ 80/80 75/75 แต่ไม่ต่ำกว่า 75/75 เพราะเป็นระดับความพอใจต่ำสุด จึงไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำกว่านี้ หากตั้งเกณฑ์ไว้เท่าใด ก็มักได้ผลเท่านั้น

1. การคำนวณหาประสิทธิภาพ

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ กระทำได้ 2 วิธี คือ การคำนวณโดยใช้สูตร (สมการที่ 5 และสมการที่ 6) และการคำนวณแบบธรรมดา

1.1 การคำนวณหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตร (สูตรที่ 1)

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\bar{X}}{A} \times 100 \quad \text{สมการที่ 5}$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ทำระหว่างเรียนทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียน นอกห้องเรียนหรือออนไลน์

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติทุกชิ้นรวมกัน

N คือ จำนวนผู้เรียน

1.2 การคำนวณหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตร (สูตรที่ 2)

$$E_2 = \frac{\sum F}{B} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\bar{F}}{B} \times 100 \quad \text{สมการที่ 6}$$

เมื่อ E_2 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการประเมินสุดท้ายของแต่ละหน่วย ประกอบด้วย ผลการสอบหลังเรียนและคะแนนจากการประเมินงานสุดท้าย

การคำนวณหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตรดังกล่าวข้างต้น กระทำได้โดยการนำคะแนนรวมแบบฝึกปฏิบัติ หรือผลงานในขณะประกอบกิจกรรมกลุ่ม/เดี่ยว และคะแนนสอบหลังเรียน มาเข้าตารางแล้วจึงคำนวณหาค่า E_1/E_2

1.3 วิธีการคำนวณโดยไม่ใช้สูตร

หากจำสูตรไม่ได้หรือไม่อยากใช้สูตร ผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอนก็สามารถใช้วิธีการคำนวณธรรมดาหาค่า E_1 และ E_2 ได้ ด้วยวิธีการคำนวณธรรมดา

E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพของงานและแบบฝึกปฏิบัติ กระทำได้โดยการนำคะแนนงานทุกชิ้นของนักเรียนในแต่ละกิจกรรม แต่ละคนมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยและเทียบส่วนโดยเป็นร้อยละ

E_2 คือ ประสิทธิภาพผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียนของแต่ละสื่อหรือชุดการสอน กระทำได้โดยการเอาคะแนนจากการสอบหลังเรียนและคะแนนจากงานสุดท้ายของนักเรียนทั้งหมดรวมกันหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบส่วนร้อยละ เพื่อหาค่าร้อยละ

2. การตีความหมายผลการคำนวณ

หลังจากคำนวณหาค่า E_1 และ E_2 ได้แล้ว ผู้หาประสิทธิภาพต้องตีความหมายของผลลัพธ์โดยยึดหลักการและแนวทางดังนี้

2.1 ความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ ให้มีความคลาดเคลื่อนหรือความแปรปรวนของผลลัพธ์ได้ไม่เกิน .05 (ร้อยละ 5) จากช่วงต่ำไปสูง ± 2.5 นั่นให้ผลลัพธ์ของค่า E_1 หรือ E_2 ที่ถือเป็นไปตามเกณฑ์ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ ไม่เกิน 2.5% และสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5%

2.2 หากคะแนน E_1 หรือ E_2 ห่างกันเกิน 5% แสดงว่า กิจกรรมที่ให้นักเรียนทำการสอบหลังเรียน ไม่สมดุลกัน เช่น ค่า E_1 มากกว่า E_2 แสดงว่า งานที่มอบหมายอาจจะง่ายกว่าการสอบ หรือ หาค่า E_2 มากกว่า E_1 แสดงว่า การสอบง่ายกว่าหรือไม่สมดุลกับงานที่มอบหมายให้ทำ จำเป็นที่จะต้องปรับแก้

2.3 หากสื่อหรือชุดการสอนได้รับการออกแบบและพัฒนาอย่างดีมีคุณภาพ ค่า E_1 หรือ E_2 ที่คำนวณได้จากการทดสอบประสิทธิภาพ จะต้องใกล้เคียงกันและห่างกันไม่เกิน 5% ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ที่จะยืนยันได้ว่านักเรียนได้มีการเปลี่ยนพฤติกรรมต่อเนื่องตามลำดับขั้นหรือไม่ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนพฤติกรรมขั้นสุดท้าย หรืออีกนัยหนึ่งต้องประกันได้ว่านักเรียนมีความรู้จริงไม่ใช่ทำกิจกรรมหรือทำข้อสอบได้เพราะการเดา

การประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียน

การประเมินผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียน หรือ การวัดการเปลี่ยนแปลงของผู้เรียน เป็นสิ่งสำคัญในการเรียนการสอนเพื่อให้รู้ว่าผลการจัดการเรียนการสอนนั้นบรรลุวัตถุประสงค์

หรือไม่ หรือผู้เรียนได้เรียนรู้มากขึ้นเพียงใด นักการศึกษาหลายๆ คนได้เสนอวิธีการในการประเมิน การเรียนด้วยวิธีต่างๆ โดยจะเน้นที่การใช้สถิติมาใช้ในการตัดสินผลการเรียน โดยการเปรียบเทียบ ผลการทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับผลการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ทั้งนี้ จุดเด่นและจุดด้อย ของแต่ละวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบมาตรฐานเดิม (Classical measurement) ที่ปรากฏอยู่ใน งานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา แสดงดังตารางที่ 5

จากการเปรียบเทียบจุดเด่นและจุดด้อยของงานวิจัยต่างๆ ในตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่า คะแนนที่ได้จากวิธีดังกล่าวสามารถบอกได้แต่เพียงว่าใครมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าหรือน้อยกว่าที่ คาดหวังเท่านั้นและมีหลายงานวิจัยที่มีจุดอ่อนเกี่ยวกับอิทธิพลเพดาน (Ceiling Effect) กล่าวคือ คะแนนการเปลี่ยนแปลงที่มีผลมาจากอิทธิพลเพดาน (Ceiling Effect) หมายถึง ผู้สอบที่ได้คะแนน การสอบก่อนเรียนสูงมีโอกาสน้อยมากที่จะได้คะแนนการเปลี่ยนแปลงสูง เพราะคะแนนสอบก่อน เรียนที่ทำได้เกือบเต็ม อาจเป็นเพราะวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงได้กำหนดแบบทดสอบที่ใช้ในการ วัดก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นแบบทดสอบฉบับเดียวกัน หรือเป็นคู่ขนานกัน ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียนกับคะแนนการเปลี่ยนแปลงเป็นลบ นอกจากนี้ การวัดคะแนนการเปลี่ยนแปลงโดยไม่คำนึงถึงคะแนนการวัดก่อนเรียนหรือพื้นความรู้ เดิม (Floor Effect) ทำให้มีปัญหาในการตีความคะแนนการเปลี่ยนแปลง เช่น ผู้เรียนคนแรกได้ คะแนนสอบก่อนเรียน 10 คะแนน หลังเรียน 30 คะแนน ส่วนคนที่สองได้คะแนนสอบก่อนเรียน 70 คะแนน หลังเรียน 90 คะแนน เมื่อวัดการเปลี่ยนแปลงตามการวัดคะแนนความแตกต่างระหว่าง คะแนนทดสอบก่อนเรียนและคะแนนทดสอบหลังเรียนแล้ว พบว่า ผู้เรียนทั้งสองคนได้คะแนนการ เปลี่ยนแปลงเท่ากันคือ 20 คะแนน ทั้งที่สภาพที่ควรจะเป็นผู้เรียนคนที่สองควรมีการเปลี่ยนแปลง หรือการพัฒนามากกว่าผู้เรียนคนแรก เนื่องจากคะแนนการเปลี่ยนแปลง 20 คะแนน จาก 70 คะแนน ไปเป็น 90 คะแนนของผู้เรียนคนที่สองเป็นคะแนนที่ต้องใช้ความสามารถสูงกว่าคะแนนการ เปลี่ยนแปลง 20 คะแนน (จาก 10 คะแนนไปเป็น 30 คะแนน) ของผู้เรียนคนแรก ถ้าในทางปฏิบัติ เราละเลย ไม่ใส่ใจต่อปัญหาดังกล่าวจะทำให้การตีความหมายของการเปลี่ยนแปลงผิดพลาด ไม่ ถูกต้องแม่นยำ (จรรยา สิงห์ทอง, 2548)

จากข้อมูลการเปรียบเทียบจุดเด่นจุดด้อยของแต่ละวิธี ดังกล่าวข้างต้น สอดคล้องกับ ความคิดเห็นของ (อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ, 2550) ที่ได้กล่าวว่า วิธีการประเมินผลการเรียนแบบ ต่างๆ โดยเน้นการใช้สถิติมาใช้ตัดสินผลการเรียน เช่น การใช้ t-test, z-test และอื่นๆ เป็นวิธีการ เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังจากผู้ได้เรียนรู้ด้วยวิธีการนั้นๆ แล้ว ผลการเรียนของ ผู้เรียนให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ แต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่าผลการเรียนรู้ด้วย วิธีการนั้นดีขึ้นมากน้อยเพียงใด หรือผลการเรียนในแต่ละหัวข้อของผู้เรียนเป็นอย่างไร ตัวอย่างเช่น

ตารางที่ 5 จุดเด่นและจุดด้อยของวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแต่ละวิธีตามแนวคิดการวัดการเปลี่ยนแปลง แบบมาตรฐานเดิม (Classical measurement)

วิธี	ผู้พัฒนาและปีที่พัฒนา	จุดเด่น	จุดด้อย
1. การวัดคะแนนความแตกต่างอย่างง่าย หรือ คะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (Simple Difference Score or Difference Score)	-	เป็นวิธีที่มีเหตุผลตรงไปตรงมา คำนวณและตีความได้ง่าย	1. มีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการเปลี่ยนแปลงกับคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นลบ 2. มีความเชื่อมั่นต่ำ 3. มีอิทธิพลเพดาน (Ceiling Effect) 4. มีอิทธิพลพื้นฐานความรู้เดิม
2. การวัดคะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนที่เหลือ (Residual Score)	Manning and Dubois. (1958)	1. กำจัดความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างคะแนนการเปลี่ยนแปลงกับคะแนนสอบก่อนเรียน 2. มีการนำเอาคะแนนพื้นฐานความรู้เดิมหรือคะแนนสอบก่อนเรียนมาคำนวณ	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ใช้มีค่าความคลาดเคลื่อนรวมอยู่ด้วยทำให้ยากแก่การตีความหมาย
3. การวัดคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากการวัดครั้งแรกที่เป็นฐาน (Base-Free Measure of Change)	Tucker, L.R. et al. (1966)	ปรับคะแนนการเปลี่ยนแปลงไม่สัมพันธ์กับคะแนนจริงก่อนเรียน	ยากในการตีความ ไม่สามารถบอกปริมาณการเปลี่ยนแปลงของแต่ละบุคคล แต่บอกได้ว่าใครมีการเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยกว่าที่ทำนายได้จากคะแนนจริงก่อนเรียนเพียงใด

(จรรยา สิงห์ทอง, 2548)

ตารางที่ 5 จุดเด่นและจุดด้อยของวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแต่ละวิธีตามแนวคิดการวัดการเปลี่ยนแปลง แบบมาตรฐานเดิม (Classical measurement) (ต่อ)

วิธี	ผู้พัฒนาและปีที่พัฒนา	จุดเด่น	จุดด้อย
4. การวัดคะแนนการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ (relative Change Score)	ศิริชัย กาญจนวาสี (2538)	ขจัดอิทธิพลเพดานโดยการใช้อิทธิพลเพดานหรือศักยภาพของผู้เข้าสอบมาคำนวณ	ไม่มีวิธีประมาณค่าความเชื่อมั่นเนื่องจากไม่ใช่โมเดลเชิงบวก
5. การวัดคะแนนการเปลี่ยนแปลงแท้จริง (Estimated True Gain Score)	Lord (1956), Mc Namar(1958)	1. ขจัดอิทธิพลเพดาน 2. สามารถอธิบายได้ว่าใครมีการเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยกว่าได้	1. มีความยุ่งยากซับซ้อน 2. มีอิทธิพลเพดาน 3. ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ใช้มีค่าความคลาดเคลื่อนรวมอยู่ด้วย
6. การวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้	อรุณี อ่อนสวัสดิ์ (2537 และ 2538)	1. กำจัดอิทธิพลเพดาน 2. คำนึงถึงคะแนนพื้นฐานความรู้เดิม	มีความยุ่งยากซับซ้อน
7. การวัดคะแนนเพิ่มด้วยระเบียบวิธีการมอนติคาร์โล	วินิจ เทือกทอง (2537)	แก้ไขอิทธิพลเพดานด้วยการนำคะแนนการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีต่างๆไปเทียบกับคะแนนการวัดก่อนเรียน และศักยภาพของผู้สอบ	ไม่มีวิธีประมาณค่าความเชื่อมั่นเนื่องจากไม่ใช่โมเดลเชิงบวก
8. การวัดการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ (Change in Percentile Rank)	Russell (2001)	เป็นการวัดข้อมูลที่เป็นอันดับ (ordinal)	ขึ้นอยู่กับตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์รายบุคคล ซึ่งทำให้การประมาณค่าเฉลี่ยของกลุ่มไม่ถูกต้อง
9. การวัดคะแนนการเปลี่ยนแปลงเป็นร้อยละ (Percent Change)	Russell (2001)	เป็นการวัดข้อมูลที่เป็นอันตรภาค (interval) และข้อมูลที่เป็นอัตราส่วน	ให้ค่าที่ไม่เป็นจริงเมื่อคะแนนสอบก่อนเรียนต่ำ

(จรรยา สิงห์ทอง, 2548)

ผู้เรียนสองห้องผ่านการสอบก่อนเรียนด้วยข้อสอบเดียวกัน ได้คะแนนเฉลี่ยแต่ละห้องเป็นดังนี้

ห้องแรกได้คะแนนเฉลี่ยเป็น 30 คะแนน ห้องที่สองได้คะแนนเฉลี่ย 50 คะแนน โดยที่ข้อสอบมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน หลังจากนั้นทั้งสองผ่านการเรียนด้วยวิธีต่างกัน แล้วสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนเฉลี่ยเป็นดังนี้ ห้องแรกได้คะแนน 60 คะแนน ในขณะที่ห้องที่สองได้คะแนนเฉลี่ย 75 คะแนน จากข้อมูลเบื้องต้นการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของทั้งสองห้องด้วยวิธีต่างๆ ไปอาจทำได้ดังนี้

ผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นของห้องที่หนึ่งคือ (Post-test) – (Pre-test) = $60 - 30 = 30$ คะแนน หรือกล่าวได้ว่า ผู้เรียนห้องนี้มีผลการเรียนเพิ่มขึ้น 30 คะแนน

ผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นของห้องที่สองคือ (Post-test) – (Pre-test) = $75 - 50 = 25$ คะแนน หรือกล่าวได้ว่า ผู้เรียนห้องนี้มีผลการเรียนเพิ่มขึ้น 25 คะแนน

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนทั้งสองกลุ่มนี้มีความแตกต่างกันชัดเจนคือ ห้องที่หนึ่งมีผลการเรียนเพิ่มขึ้น 30 คะแนน ในขณะที่ห้องที่สองมีผลการเรียนเพิ่มขึ้น 25 คะแนน ดังนั้นผู้เรียนห้องที่หนึ่งมีผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นมากกว่า ด้วยวิธีการประเมินเช่นนี้เราอาจสรุปได้ว่า วิธีการสอนของห้องแรกให้ผลการเรียนรู้ที่ดีกว่าห้องที่สอง

อย่างไรก็ตาม อาจมีข้อโต้แย้งหลายๆ อย่างเกี่ยวกับวิธีการประเมินและการสรุปผล กล่าวคือ เนื่องจากคะแนนสอบก่อนเรียนของผู้เรียนทั้งสองห้องต่างกัน และด้วยข้อจำกัดของคะแนนเต็มการสอนครั้งหนึ่งๆ ดังนั้น โอกาสที่แต่ละห้องจะคะแนนเพิ่มขึ้นได้สูงสุดต่างกัน กล่าวคือ ผู้เรียนห้องแรกได้คะแนนก่อนเรียน 30 คะแนน ดังนั้นโอกาสสูงสุดที่จะเพิ่มคะแนนขึ้นไปได้มีค่าเท่ากับ $100 - 30 = 70$ คะแนน ในขณะที่ห้องที่สองได้คะแนนสอบก่อนเรียน 50 คะแนน ดังนั้นโอกาสสูงสุดที่จะได้คะแนนเพิ่มขึ้นคือ $100 - 50 = 50$ คะแนน จะเห็นได้ว่าโอกาสที่จะได้คะแนนเพิ่มขึ้นของทั้งสองห้องไม่เท่ากัน) จึงทำให้ข้อสรุปด้วยวิธีการนี้ยังใช้ไม่ได้ และจากข้อโต้แย้งดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าวิธีการประเมินเช่นนี้มีจุดอ่อนเกี่ยวกับอิทธิพลเพดาน (Ceiling Effect) กล่าวคือ ผู้สอบที่ได้คะแนนการสอบก่อนเรียนสูงมีโอกาสน้อยมากที่จะได้คะแนนการเปลี่ยนแปลงสูง เพราะคะแนนสอบก่อนเรียนที่ทำได้เกือบเต็ม อีกทั้งในการสอบครั้งหนึ่งๆ มีข้อจำกัดในเรื่องคะแนนต่ำสุด (minimum or floor effect) ที่ทุกคนมีโอกาสได้คะแนนต่ำสุดไม่น้อยกว่า 0% (อาจจะมีผู้เรียนบางคนสอบไม่ได้คะแนนเลย) และโอกาสที่จะได้คะแนนสูงสุด (maximum or ceiling effect) ไม่เกิน 100% (อาจจะมีผู้เรียนบางคนสอบได้คะแนนเต็ม) หรือที่เรียกว่า floor and ceiling effect ด้วยปัญหาที่ (Hake, 1998 อ้างอิงใน อภิสิทธิ์ ชงไชย และคณะ, 2550) ได้เสนอวิธีการในการประเมินผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นแบบใหม่ที่เรียกว่า normalized gain (normalized หมายถึง การทำให้มีโอกาสด้านความเป็นไปได้เท่าๆ กัน โดยมีค่าเป็นไปได้สูงสุดเท่ากับ 1 เท่ากัน) โดยหาได้จาก

อัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) ต่อผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain) เขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ ดังสมการที่ 7 ได้ดังนี้

$$g = (\text{Post-test}) - (\text{Pre-test}) / (100 - \text{Pre-test})$$

โดยที่ g คือ ค่า normalized gain สมการที่ 7

Post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

Pre-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ คิดเฉพาะนักเรียนคนที่สอบทั้งก่อนและหลังเรียนเท่านั้น

การคำนวณหา Normalized gain ไม่จำเป็นต้องใส่เป็นเปอร์เซ็นต์ก็ได้ ให้ใช้คะแนนสอบจริงแทน โดย Pre-test คือ คะแนนสอบก่อนเรียน Post-test คือ คะแนนสอบหลังเรียน และใช้คะแนนเต็มของข้อสอบชุดนั้นแทน 100%

normalized gain (g) แปลความได้ว่า ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของนักเรียน (Actual gain = 100 - Pre-test) ซึ่งค่าที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.0 – 1.0 ด้วยวิธีการประเมินเช่นนี้ทำให้สามารถแก้ปัญหา Floor and ceiling effect ได้ เนื่องจากคิดผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นเทียบกับค่าสูงสุดที่แต่ละคนจะมีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ กล่าวอีกในนัยหนึ่งคือ เราได้ทำการ normalized ให้มีโอกาสนั้นเป็นไปได้อยู่ในช่วง 0.0 – 1.0 เท่ากัน ด้วยการเทียบค่าสูงสุดที่แต่ละคนจะมีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสองห้องผ่านการสอบก่อนเรียน (Pre-test) ด้วยข้อสอบเดียวกันได้คะแนนเฉลี่ยแต่ละห้องเป็นดังนี้ ห้องแรกได้คะแนนเฉลี่ยเป็น 30 คะแนน ห้องที่สองได้คะแนนเฉลี่ย 50 คะแนน โดยที่ข้อสอบชุดนี้มีคะแนนเต็ม 100 คะแนน หลังจากนั้นทั้งสองห้องผ่านการเรียนด้วยวิธีต่างกัน แล้วสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนเฉลี่ยเป็นดังนี้ ห้องแรกได้คะแนน 60 คะแนน ในขณะที่ ห้องที่สองได้คะแนนเฉลี่ย 75 คะแนน การประเมินผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นด้วยวิธีการ Normalized gain ทำได้ดังนี้

$$g = (\text{Post-test}) - (\text{Pre-test}) / (100 - \text{Pretest})$$

แทนค่าในสมการ ผลการเรียนรู้ของนักเรียนห้องที่หนึ่ง จะได้ว่า

$$g = (60 - 30) / (100 - 30)$$

$$= 30 / 70$$

$$= 0.43$$

ข้อมูลนี้อธิบายได้ว่า ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) ของนักเรียนห้องที่หนึ่ง มีค่าเท่ากับ 30% (60 - 30) และผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นไปได้ (Maximum possible gain) มีค่าเท่ากับ 70% (100 - 30) ซึ่งผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงคิดเป็น 0.43 เท่า (หรือ 43%) ของผลการเรียนรู้สูงสุดที่จะมีโอกาสเพิ่มขึ้นไปได้

ผลการเรียนรู้ของนักเรียนห้องที่สอง จะได้ว่า

$$\begin{aligned} g &= (75 - 50) / (100 - 50) \\ &= 25 / 50 \\ &= 0.50 \end{aligned}$$

ข้อมูลของผลการเรียนรู้ของนักเรียนห้องที่สอง อธิบายได้ว่า ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) มีค่าเท่ากับ 25% (75 - 50) และผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นไปได้ (Maximum possible gain) มีค่าเท่ากับ 50% ซึ่งผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงคิดเป็น 0.50 เท่า (หรือ 50%) ของผลการเรียนรู้สูงสุดที่จะมีโอกาสมุ่งเพิ่มขึ้นไปได้ จากข้อมูลค่า Normalized gain ของนักเรียนทั้งสองห้องทำให้สรุปได้ว่า ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนห้องที่สองดีกว่าห้องที่ 1 ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ด้วยวิธีการประเมินเช่นนี้ทำให้เราได้ข้อสรุปที่แตกต่างจากวิธีโดยทั่วไป

นอกจากนี้ Hake ยังได้ทำการศึกษาการประเมินด้วยวิธี normalized gain กับนักเรียนทั้งในระดับมัธยมศึกษาและระดับมหาวิทยาลัย จำนวนกว่า 6,542 คน กับสถาบันการศึกษา 62 สถาบันที่มีการใช้รูปแบบการเรียนการสอนในแต่ละชั้นเรียนแต่ละวิธีในอเมริกา โดยแบ่งรูปแบบการเรียนการสอนเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่สอนด้วยวิธี Interactive engagement course (IE) และด้วยวิธี Traditional (T) โดยเขาใช้แบบทดสอบมาตรฐานฟิสิกส์ FCI (Force concept inventory) เพื่อทดสอบกับนักเรียน เขาพบว่า ด้วยการประเมินเช่นนี้ทำให้สามารถแบ่งระดับของค่า normalized gain ออกเป็นกลุ่มได้เป็น 3 ระดับคือ

“High gain” เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $g \geq 0.7$

“Medium gain” เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.7 \geq g \geq 0.3$

“Low gain” เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.0 \leq g < 0.3$

สำหรับการพิจารณา Normalized gain เพื่อศึกษาว่านักเรียนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างไร ทั้งในภาพรวมของชั้นเรียน วัดผลในแต่ละแนวคิดรวบยอด (Concept) วัดรายข้อ และรายบุคคลสามารถจำนวนประเภท Normalized gain ได้ดังนี้

1.แบบแต่ละชั้นเรียน (Class normalized gain/Class average normalized gain) การพิจารณาว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งชั้นนั้นเพิ่มขึ้นคิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ โดยดูได้จากคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้น ทั้งก่อนและหลังเรียน การพิจารณาผลการเรียนของนักเรียนในลักษณะนี้ใช้เพื่อดูว่าผลการเรียนการสอนโดยภาพรวมของทั้งชั้นนั้นมีพัฒนาการขึ้นมากน้อยเพียงใด ซึ่งโดยทั่วไปนักวิจัยจะอ้างถึงเนื่องจากสามารถบอกเป็นภาพรวมของทั้งชั้น อย่างไรก็ตามในการคิดคำนวณเพื่อหาค่า Normalized gain นี้ อาจใช้การนับคะแนนหรือนับจำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบได้ถูกต้องเพื่อมาคำนวณ ผลการคำนวณที่ได้จะเป็นการบอกภาพรวมของทั้งชั้นว่ามีผล

การเรียนรู้ดีขึ้นมาน้อยเพียงใด แต่ถ้าหากต้องการดูว่าผู้เรียนแต่ละคนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นอย่างไรไม่อาจสรุปได้ด้วยวิธีการนี้ เพราะไม่ได้พิจารณาถึงคะแนนของผู้เรียนแต่ละคน แต่จะดูคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้นเรียนเท่านั้น ในที่นี้ดังตัวอย่างงานวิจัยต่อไปนี้

กมลทิพย์ บริบูรณ์ และกานต์ตะวัน วุฒิสเสลา (2558) ทำการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้นเรียน (Class normalized gain) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้การเรียนการสอนแบบสาธิต เมื่อวิเคราะห์ผลการทดสอบพบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้นเรียนเท่ากับ 0.70 โดยมีผลการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) เท่ากับ 52.14 และผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นไปได้ (Maximum possible gain) มีค่าเท่ากับ 77.17% ซึ่งผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงคิดเป็น 0.7 เท่า (หรือ 70%) ของผลการเรียนรู้สูงสุดที่จะมีโอกาสเพิ่มขึ้นไปได้แสดงว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิคการสอนแบบสาธิตทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น

ณิชกานต์ แก้วสม และคณะ (2565) สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการสืบเสาะ 5E เรื่อง ฟิสิกส์กับระบบเบรก หากคุณภาพของชุดกิจกรรมและศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนด้วยวิธี class normalized gain ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนของทั้งชั้นเรียนพบว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งชั้นอยู่ในระดับ Medium gain ($g = 0.51$) โดยมีผลการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจริง 20.24 และผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นไปได้มีค่าเท่ากับ 39.77 จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนที่เพิ่มขึ้น

รุจิรา ราชรักษ์ และ โขศลศิลป์ ธนเอื้อง (2558) ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ (ILD) กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่สอนด้วยรูปแบบการสอนแบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ (ILD) มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ย g เท่ากับ 0.55 ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain)

จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวข้างต้น เป็นงานวิจัยประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนรายชั้นเรียน โดยเป็นการบอกภาพรวมของทั้งชั้นเรียนว่ามีผลการเรียนดีขึ้นมาน้อยเพียงใด แต่ถ้าหากต้องการดูว่าผู้เรียนแต่ละคนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นอย่างไรไม่อาจสรุปได้ด้วยวิธีการนี้ เพราะไม่ได้พิจารณาถึงคะแนนของผู้เรียนแต่ละคน ดูแต่คะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้นเรียนเท่านั้น ถ้าต้องการดูคะแนนของผู้เรียนแต่ละคนจะพิจารณาได้ด้วยจาก Normalized gain แต่ละรายบุคคล

2. แบบแต่ละรายบุคคล (Single student normalized gain)

การประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนแต่ละรายบุคคล (Single student normalized gain) หมายถึง การพิจารณาว่าผู้เรียนแต่ละคนมีพัฒนาการการเรียนรู้เป็นอย่างไร โดยพิจารณาได้จากคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนแต่ละคนมาคำนวณหาค่า Normalized gain อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติอาจจะทำได้ยากสำหรับการพิจารณาค่า Normalized gain ของผู้เรียนแต่ละคนเนื่องจากต้องใช้เวลาามากโดยเฉพาะถ้าหากผู้เรียนมีจำนวนมาก แต่จะเป็นการดีเพราะทำให้ผู้สอนสามารถดูพัฒนาการของผู้เรียนแต่ละคนได้เป็นอย่างดี อันจะเป็นแนวทางในการช่วยเสริมผู้เรียนที่มีผลการเรียนรู้ต่ำได้ ดังตัวอย่างงานวิจัยของ กมลทิพย์ และกานต์ตะวัน วุฒิสเลา (2558) ได้ทำการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคล (Single student normalized gain) กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบสาธิต จำนวน 30 คน ซึ่งค่าความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจะอยู่ในช่วง 0.28 - 0.95 โดยจัดระดับความก้าวหน้าทางการเรียนเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มต่ำ 1 คน กลุ่มปานกลาง 15 คน กลุ่มสูง 14 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33, 50 และ 46.67 ตามลำดับ นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงสุดเท่ากับ 0.95 คือ นักเรียนเลขที่ 17 ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มเก่งที่มีผลการเรียนดีในทุกรายวิชา ส่วนนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำที่สุดเท่ากับ 0.28 คือ นักเรียนเลขที่ 9 ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มอ่อนที่มีผลการเรียนต่ำในทุกรายวิชา

จากตัวอย่างงานวิจัยดังกล่าว เป็นการพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นรายคน แต่หากต้องการพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อนั้นผู้เรียนตอบถูกต้องมากน้อยเพียงใด หรือมีพัฒนาการต่อข้อสอบข้อนั้นอย่างไรต้องพิจารณาด้วยวิธีการแบบแต่ละรายข้อ (Single test item normalized gain)

3. แบบแต่ละรายข้อ (Single test item normalized gain)

การพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นรายข้อ เป็นการพิจารณาว่าจำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกสำหรับข้อหนึ่งๆ เพิ่มขึ้นเป็นเท่าใดในการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน การพิจารณาในลักษณะนี้มีข้อดี คือ ทำให้บอกได้ว่าผู้เรียนมีความเข้าใจต่อข้อสอบแต่ละข้ออย่างไร ซึ่งสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการเรียนการสอนในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับข้อสอบข้อนั้นๆ ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้การพิจารณาแบบนี้ยังบอกได้ว่า วิธีการสอนที่ใช้นั้นทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาของข้อสอบข้อนี้มากขึ้นมากน้อยเพียงใด ซึ่งสามารถนำมาใช้ประเมินถึงคุณภาพของวิธีการสอนได้ ดังตัวอย่างงานวิจัยของ ฉัญฐนิชา โพธิ์งาม และสุระ วุฒิพรหม (2553) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ โดยทำการวิเคราะห์ค่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนโดยชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดย

ใช้ค่าทางสถิติ t-test และศึกษาผลการประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี average normalized gain ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริง ด้วยการทำการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 ($t\text{-value} = 36.69$) และผลการประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียน โดยใช้วิธี average normalized gain ซึ่งคำนวณได้จากผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (actual gain) หารด้วยผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นไปได้ (maximum possible gain) มีค่าเท่ากับ 0.68 ซึ่ง g มีค่าอยู่ในระดับ medium gain เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนตามหัวข้อ พบว่า average normalized gain ของหัวข้อที่ 1 และ 4 อยู่ในระดับ medium gain หัวข้อ 2 3 และ 5 อยู่ในระดับ high gain โดย หัวข้อที่ 1 เรื่องทำความรู้จักกับตัวต้านทาน ซึ่งผลการประเมินความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำสุด (0.64) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการทำกิจกรรมในชุดนี้ประกอบไปด้วยกิจกรรมที่หลากหลายตอน และประกอบกับมีการอ่านค่าตัวต้านทานในแถบสีต่างๆ ซึ่งนักเรียนอาจจำไม่ได้หรือยังอาจสับสนอยู่ แล้วข้ามไปทำกิจกรรมที่ 2 3 4 และ 5 ต่อไป จึงอาจเป็นสาเหตุให้คะแนนในหัวข้อนี้ต่ำกว่าหัวข้ออื่นๆ และผลประเมินความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำรองลงมา คือ หัวข้อที่ 4 เรื่องทำความรู้จักกับทรานซิสเตอร์ อาจเนื่องมาจากวงจรกิจกรรมในชุดนี้ค่อนข้างซับซ้อน นักเรียนส่วนใหญ่ยังต่อวงจรไม่คล่องต้องใช้เวลาในการต่อวงจร จึงให้ความใส่ใจกับส่วนอื่นๆ น้อยลง เช่น ในส่วนของภาคทฤษฎี ส่วนหัวข้อที่ 3 เรื่องทำความรู้จักกับไดโอดซึ่งมีผลการประเมินความก้าวหน้าสูงสุด (0.84) อาจจะเป็นเพราะนักเรียนตั้งใจและให้ความสนใจในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ทั้งนี้วงจรทดลองไม่ซับซ้อน ง่ายแก่การเข้าใจ และในส่วนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในหัวข้อนี้มีจำนวนน้อยกว่าหัวข้ออื่นๆ จึงอาจเป็นสาเหตุให้คะแนนในหัวข้อนี้สูงกว่าหัวข้ออื่นๆ

4. แบบแต่ละความคิดรวบยอด (Conceptual normalized gain)

ผู้สอนหลายคนนิยมที่จะพิจารณาถึงพัฒนาการของผู้เรียนในกลุ่มของข้อสอบที่รวมกับแนวความคิดรวบยอด ซึ่งเป็นการพิจารณาว่าพัฒนาการหรือผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียนที่มีต่อความคิดรวบยอดหนึ่งๆ เป็นอย่างไรสำหรับข้อสอบชุดหนึ่งๆ โดยเฉพาะข้อสอบที่เป็นการวัดความคิดรวบยอด (conceptual test) ซึ่งมักจะมีการแบ่งหมวดหมู่ของข้อสอบออกเป็นกลุ่มตามแนวความคิดรวบยอด (concept) ที่ผู้สร้างแบบทดสอบได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ก่อนสอบ ดังนั้น จึงเป็นที่นิยมใช้ในการพิจารณาผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียนต่อกลุ่มข้อสอบกลุ่มหนึ่งๆ อันจะทำให้บอกได้ว่าผู้เรียนมีความเข้าใจต่อแนวความคิดรวบยอดแต่ละแนวความคิดอย่างไร วิธีการนี้ใช้กันอย่างแพร่หลาย อาทิเช่นงานวิจัยของ กมลทิพย์ บริบูรณ์ และกานต์ตระกูลรัตน์ (2558) พิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายเนื้อหา (Conceptual dimensional normalized gain) ใน 7 แผนการจัดการเรียนรู้ เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนรายเนื้อหา จากคะแนนสอบวัดผล

สัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า เนื้อหานักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุดหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบสาธิต เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 6 เรื่อง ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวหน่วงปฏิกิริยาความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง เท่ากับ 0.79 เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ผู้เรียนเพิ่มเรียนผ่านมา และข้อคำถามในการจัดการเรียนรู้เรื่องนี้เป็นข้อคำถามเดียวกันกับข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน มีผลให้นักเรียนสามารถจำคำถามและคำตอบได้ ส่วนผลการจัดการเรียนรู้แผนที่ 1 เรื่อง ความหมายและการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลางเท่ากับ 0.62 ทั้งนี้เนื่องจากความหมายและการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นหัวข้อที่เรียนในหัวข้อแรก เมื่อมีทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน นักเรียนจำคำถามและคำตอบไม่ได้ และในหัวข้อนี้มีข้อสอบที่ต้องทำการคำนวณด้วย และเมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนของแบบทดสอบรายข้อพบว่า คำถามข้อที่ 20 ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงที่สุดเท่ากับ 0.85 ความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูงเนื่องจาก เป็นคำถามเกิดจากกิจกรรมสาธิตในชั้นเรียน เรื่องความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อย่างไรก็ตามคำถามข้อที่ 4 เรื่องความหมายและการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนน้อยที่สุดเท่ากับ 0.27 เนื่องจากนักเรียนร้อยละ 53.33 ไม่เข้าใจในเนื้อหาที่เรียน มีเพียงแค่ร้อยละ 13.33 ที่ตอบถูกทั้งตัวเลือกและการเขียนแสดงเหตุผล

งานวิจัยของ รุจิรา ราชรัศม์ และ โชคศิลป์ ชนเชื่อง (2558) วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยรายแนวคิดกลุ่มที่สอนด้วยรูปแบบการสอนแบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ (ILD) ทดสอบด้วยแบบประเมินความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (Force and Motion Conceptual Evaluation: FMCE) จำนวน 43 ข้อ แบ่งเป็น 5 แนวคิดคือ 1) แรง 2) การเคลื่อนที่กลับทิศ 3) กราฟแรง 4) กราฟความเร่ง 5) กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน 6) กราฟความเร็ว ซึ่งผลการทดลองพบว่าความก้าวหน้าทางการเรียนรู้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกแนวคิด โดยมีความก้าวหน้าเฉลี่ยรายแนวคิดอยู่ในระดับปานกลาง 3 แนวคิด คือ เรื่องแรง การเคลื่อนที่กลับทิศ และกราฟความเร่ง โดยแนวคิดเรื่องแรงมีความก้าวหน้าทางการเรียนมากที่สุด เท่ากับ 0.69 รองลงมาคือแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่กลับทิศ มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเท่ากับ 0.64 และความก้าวหน้าทางการเรียนแนวคิดเรื่องกราฟความเร่งมีค่าเท่ากับ 0.41 ตามลำดับ ทั้งนี้มี 3 แนวคิดที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ คือ เรื่องกราฟของแรง กราฟความเร็วและกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน โดยคิดเรื่องกราฟของแรงมีความก้าวหน้าทางการเรียนเท่ากับ 0.23 กราฟความเร็วเท่ากับ 0.22 และกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตันมีความก้าวหน้าทางการเรียนน้อยที่สุดเท่ากับ 0.01

จากรายละเอียดเนื้อหาและตัวอย่างงานวิจัยของวิธีการประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยวิธี Normalized gain แสดงให้เห็นว่า Normalized gain (อภิสิทธิ์ ชงไชย และคณะ, 2550) เป็นวิธีการประเมินผลการเรียนรู้แบบใหม่ที่แตกต่างออกไปจากวิธีทั่วไป เช่น t-test และ z-test เนื่องจากวิธีการประเมินผลโดยวิธีทั่วไปดังกล่าวไม่ได้บอกว่าการเรียนรู้ของผู้เรียนเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด ซึ่งวิธีการประเมินผลด้วยวิธี Normalized gain มีหลักการพิจารณา คือ เปรียบเทียบผลต่างของผลสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเทียบกับคะแนนสูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ ข้อดีการประเมินผลด้วยวิธีนี้คือ สามารถบอกถึงพัฒนาการการเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนก่อนและหลังการเรียน ซึ่งแตกต่างจากการประเมินผลการวิจัยทางการศึกษาทั่วไป (t-test, z-test) ที่ไม่ได้บอกถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงของพัฒนาการของผู้เรียน นอกจากนี้ยังสามารถใช้พิจารณาผลการเรียนการสอนของผู้เรียนได้หลายลักษณะ ได้แก่

1) ใช้เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ในระดับชั้นเรียน เพื่อศึกษาผลต่างของผลการเรียนรู้ระหว่างชั้นเรียนที่มีการเรียนการสอนแตกต่างกัน

2) ใช้เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ในระดับรายบุคคล เพื่อศึกษาพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนว่ามีผลการเรียนรู้เพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด

3) ใช้เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ในระดับรายข้อสอบ เพื่อศึกษาว่าข้อสอบแต่ละข้อนั้น ผู้เรียนมีพัฒนาการการเรียนรู้ต่อข้อสอบข้อหนึ่งๆ เป็นอย่างไร

4) ใช้เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ในระดับความคิดรวบยอด เพื่อศึกษาว่ากลุ่มข้อสอบหนึ่งๆ ที่วัดความคิดรวบยอดเดียวกันนั้น ผู้เรียนมีพัฒนาการต่อกลุ่มข้อสอบนั้นเป็นอย่างไร

การประยุกต์ใช้แต่ละแบบนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้วิจัยว่าต้องการพิจารณาผู้เรียนอย่างไร อาจกล่าวได้ว่า Normalized gain เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการประเมินผลที่สามารถใช้เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อการประเมินผลแบบนี้อยู่บ้าง ซึ่งยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันความถูกต้องของวิธีการนี้ สำหรับรายละเอียดในแต่ละส่วนของงานวิจัยนี้จะกล่าวต่อไปในบทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นรูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลอง(Quasi-Experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง (One-Group Pretest-Posttest Design) การศึกษาที่ใช้ประชากรทั้งหมดจำนวน 132 คน คือ นักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ พื้นที่วังไกลกังวล ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ ซึ่งมีรูปแบบการวิจัยดังนี้

T ₁	X	T ₂
----------------	---	----------------

สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการวิจัย

T1 หมายถึง การทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบฝึกหัดวัดระดับการเรียนรู้ 3 ระดับ คือ

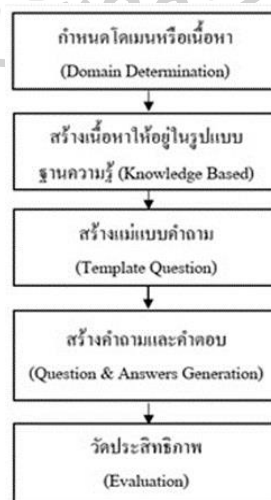
การเรียนรู้ระดับที่ 1 : การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ

การเรียนรู้ระดับที่ 2 : การสร้างฟังก์ชันวัตถุประสงค์

การเรียนรู้ระดับที่ 3 : การสร้างฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ

T2 หมายถึง การทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ต้นแบบระบบการสร้างคำถามอัตโนมัติสำหรับเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นที่ซึ่งเป็นการสร้างคำถามเพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะในการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งกระบวนการสร้างคำถามแสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการสร้างคำถามสำหรับเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น

จากภาพที่ 9 แสดงกระบวนการสร้างคำถามอัตโนมัติสำหรับเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น โดยรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

การกำหนดโดเมนและเนื้อหา (Domain Determination)

ลักษณะปัญหาที่นำมาเขียนให้อยู่ในรูปแบบของตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น เช่น ปัญหาการกำหนดสัดส่วนการผลิต (product mix problem) 2) ปัญหาการจัดสรรเงินลงทุน (investment problem) 3) ปัญหาการเลือกสื่อโฆษณา (media selection problem) 4) ปัญหาการจัดสรรพนักงาน (staff allocation problem) 5) ปัญหาด้านโภชนาการ (nutrition problem) 6) ปัญหาการขนส่ง (transportation problem) จากลักษณะปัญหาดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยสนใจเลือกปัญหาการกำหนดสัดส่วนการผลิตเป็นโดเมนสำหรับสร้างคำถามอัตโนมัติเนื่องจากผู้วิจัยสังเกตเห็นว่าปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไปในดำเนินงานทางธุรกิจและเป็นปัญหาพื้นฐานที่สามารถนำมาสร้างเป็นคำถามให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นเพื่อเป็นทักษะพื้นฐานที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาในด้านอื่น ๆ ในที่นี้ขอยกตัวอย่างลักษณะโจทย์ปัญหาด้านการกำหนดสัดส่วนการผลิต ดังนี้

ตัวอย่างโจทย์ : บริษัทกีฬาพัฒนาเป็นบริษัทซึ่งผลิตฟุตบอล และลูกบาสเกตบอล โดยในการผลิตลูกฟุตบอล ใช้วัตถุดิบ 2 ชนิด คือ หนังและยาง ถ้าผลิตฟุตบอลได้กำไร ลูกละ 16 บาท ลูกบาสเกตบอลได้กำไร ลูกละ 12 บาท ในสัปดาห์หน้าทางบริษัท มีวัตถุดิบ คือ หนัง 800 ตารางฟุต และยาง 500 กิโลกรัม ในการผลิตลูกฟุตบอล 1 ใช้ยาง 2 กิโลกรัม และหนัง 5 ตารางฟุต ส่วนการผลิตลูกบาสเกตบอล 1 ลูก ใช้ยาง 3 กิโลกรัม และใช้หนัง 4 ตารางฟุต ทางบริษัทกีฬาพัฒนา ควรผลิตลูกฟุตบอล และบาสเกตบอล อย่างละกี่ลูก เพื่อให้ได้กำไรรวมสูงสุด ให้สร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาดังกล่าว

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมโจทย์อื่น ๆ ที่มีความหลากหลายของโจทย์ซึ่งเป็นปัญหาด้านการกำหนดสัดส่วนการผลิตเช่นเดียวกันจากตำราและแหล่งความรู้ต่าง ๆ ที่ผู้สอนท่านอื่นได้ทำการเผยแพร่จำนวน 100 โจทย์ จากนั้นทำการวิเคราะห์โครงสร้างและรูปแบบของโจทย์ วิเคราะห์หาความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันของข้อมูลประกอบรวมกันเป็นโจทย์ดังกล่าว เพื่อนำข้อมูลทีวิเคราะห์ไปสร้างให้อยู่ในรูปแบบการแทนความรู้ โดยสามารถวิเคราะห์แยกออกได้เป็นดังนี้

1. โครงสร้างของโจทย์ปัญหากำหนดสัดส่วนการผลิต

โครงสร้างของโจทย์ปัญหากำหนดสัดส่วนการผลิต ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1) ส่วนที่เป็นเนื้อหาของโจทย์ (Content Part) เป็นส่วนกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์และทรัพยากรการผลิตและมูลค่าของผลิตภัณฑ์ (กำไรหรือต้นทุน) และ 2) ส่วนที่แสดงถึงวัตถุประสงค์

ของคำถาม (Problem Part) หรือสิ่งที่โจทย์ต้องการหาทางออกที่ดีที่สุดของปัญหา (การเพิ่มผลกำไรสูงสุดหรือลดต้นทุน) ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 10

Content Part
บริษัทกีฬาพัฒนาเป็นบริษัทซึ่งผลิตฟุตบอล และลูกบาสเกตบอล โดยในการผลิตลูกฟุตบอล ใช้วัตถุดิบ 2 ชนิด คือ หนังและยาง ถ้าผลิตฟุตบอลได้กำไร ลูกละ 16 บาท ลูกบาสเกตบอลได้กำไร ลูกละ 12 บาท ในสัปดาห์หน้าทางบริษัท มีวัตถุดิบ คือ หนัง 800 ตารางฟุต และยาง 500 กิโลกรัม ในการผลิตลูกฟุตบอล 1 ใช้ยาง 2 กิโลกรัม และหนัง 5 ตารางฟุต ส่วนการผลิตลูกบาสเกตบอล 1 ลูก ใช้ยาง 3 กิโลกรัม และใช้หนัง 4 ตารางฟุต
Problem Part
ทางบริษัทกีฬาพัฒนาควรผลิตลูกฟุตบอล และบาสเกตบอล อย่างละกี่ลูก เพื่อให้ได้กำไรรวมสูงสุด ให้สร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้น

ภาพที่ 10 โครงสร้าง โจทย์ปัญหาคำหนดสัดส่วนการผลิต

2. รูปแบบของ โจทย์ปัญหาคำหนดสัดส่วนการผลิต สามารถแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่

2.1 รูปแบบของ โจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นวัตถุดิบ ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 11

<p>สุคามีร้านจำหน่ายสินค้าเบ็ดเตล็ดประเภทของใช้ภายในบ้าน สุคามีตั้งใจว่าจะทำแซนวิช มาวางขาย โดยจะทำแซนวิช 2 แบบ คือ แบบธรรมดา และแบบพิเศษ ทั้งสองแบบมีส่วนประกอบ คือ เนยแข็ง แสม และไส้กรอก โดยมีสัดส่วนการใช้ดังนี้ แซนวิชแบบธรรมดาใช้เนยแข็ง 1 แผ่น แสม 1 แผ่น และไส้กรอก 1 แผ่น แซนวิชแบบพิเศษใช้เนยแข็ง 2 แผ่น แสม 1 แผ่น และไส้กรอก 3 แผ่น ทั้งนี้สุคามีมีเนยแข็งทั้งหมด 50 แผ่น แสมมีอย่างน้อย 80 แผ่น และไส้กรอกมีอย่างมากที่สุด 64 แผ่น ถ้าสุคามีขายแซนวิชแบบธรรมดาได้กำไรอันละ 7 บาท และขายแซนวิชแบบพิเศษได้กำไรอันละ 15 บาท</p> <p>สุคามีควรทำแซนวิชไว้ขายแบบละกี่อัน จึงจะได้กำไรสูงสุด จงสร้างกำหนดการเชิงเส้นแสดงปัญหาข้างต้น</p>
--

ภาพที่ 11 รูปแบบของ โจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรที่เป็นวัตถุดิบ

2.2 รูปแบบของ โจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นเวลาการผลิตจากแรงงานคน และ/หรือ เครื่องจักร ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 12

<p>บริษัทอุตสาหกรรมไทย จำกัด ผลิตสินค้า 2 ชนิด คือ สินค้า ก และสินค้า ข สินค้าทั้ง 2 ชนิด จะต้องผ่านขั้นตอนการผลิตในเครื่องจักรทั้ง 3 เครื่อง คือ เครื่องจักร A, B และ C โดยในการผลิตสินค้า ก หนึ่งหน่วยต้องใช้เวลาในการเดินเครื่องจักร A, B และ C คือ 2, 2 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ สำหรับการผลิตสินค้า ข หนึ่งหน่วย ต้องใช้เวลาในการเดินเครื่องจักร A, B และ C คือ 3, 2, และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ จำนวนชั่วโมงที่มีอยู่ของเครื่องจักร A, B และ C เป็น 42, 30, 48 ชั่วโมง ตามลำดับ ถ้ากำไรต่อหน่วยของสินค้า ก และสินค้า ข เป็น 12 บาท และ 8 บาท ตามลำดับ บริษัทฯ ต้องการทราบว่าควรจะมีผลิตสินค้าแต่ละชนิดตามกำลังการผลิตเครื่องจักรที่มีอยู่ที่หน่วย จึงจะทำให้ได้รับกำไรสูงสุด</p>
--

ภาพที่ 12 รูปแบบของ โจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับเวลาการผลิต

3. รูปแบบของโจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นวัตถุดิบและเวลาการผลิตจากแรงงานคน และ/หรือ เครื่องจักร ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 13

บริษัทหลายฝ่ายผู้ผลิตเส้นใยสำเร็จรูปสำหรับสตรีวัยทำงาน สินค้าที่ผลิตมี 2 ชนิด คือ เสื้อและกระโปรง เสื้อ 1 ตัวใช้ผ้า 1.5 เมตร และเวลาในการตัดเย็บ 2 ชั่วโมง ในขณะที่กระโปรง 1 ตัว ใช้ผ้า 2 เมตร และใช้เวลาตัดเย็บ 1 ชั่วโมง ช่วงตัดเย็บเส้นใยมีเวลาในการทำงาน 100 ชั่วโมง และมีผ้าที่ใช้ในการผลิตรวม 150 เมตร บริษัทได้กำไรในการผลิตเสื้อตัวละ 200 บาท และได้กำไรจากการผลิตกระโปรงตัวละ 220 บาท

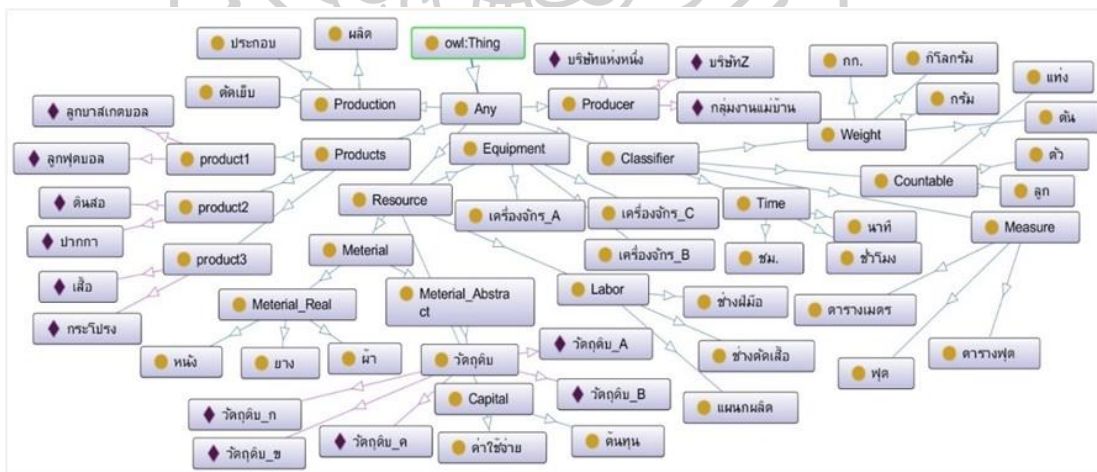
บริษัทต้องการกำหนดจำนวนผลิตเสื้อและกระโปรงเพื่อให้มีกำไรรวมสูงที่สุด

ภาพที่ 13 รูปแบบของโจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับวัตถุดิบและเวลาการผลิต การสร้างเนื้อหาให้อยู่ในรูปแบบฐานความรู้ (Knowledge Based)

จากลักษณะโจทย์ปัญหาแสดงดังภาพที่ 11 ถึง ภาพที่ 13 ข้างต้น เห็นได้ว่ารูปแบบของโจทย์จะเป็นข้อความที่ประกอบไปด้วยประโยคยาวๆ หลายประโยคและในแต่ละประโยคจะมีข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการสกัดเนื้อหาให้อยู่ในรูปแบบของฐานความรู้ โดยการวิเคราะห์ค้นหาแนวคิด (Concept) และความสัมพันธ์ (Relation) แล้วสร้างคลาสกับส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องโดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ ดังนี้

- 1) ภาษา SPARQL สำหรับการเขียนคิวรี (Query) ข้อมูลจากฐานความรู้ออนโทโลยี
- 2) โปรแกรม Protégé 5.5.0 สำหรับสร้างฐานความรู้ออนโทโลยีตามกฎ OWL-DL

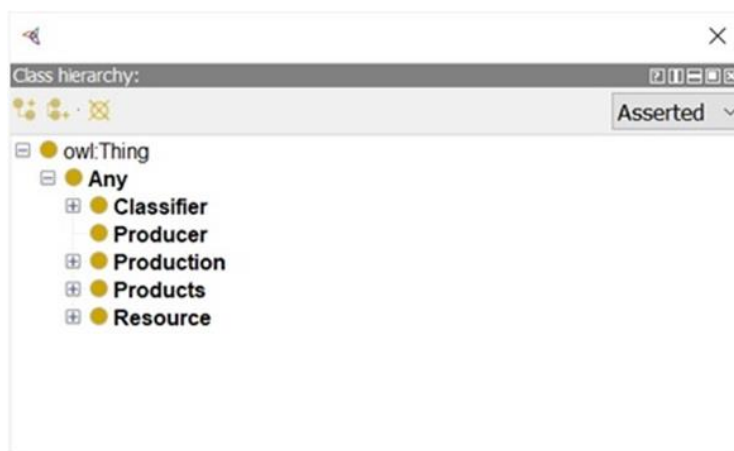
(Protégé Project, 2016)



ภาพที่ 14 ออนโทโลยีภาพรวมของระบบ

จากภาพที่ 14 แนวคิดของฐานความรู้ออนโทโลยีสำหรับการสร้างคำถามอัตโนมัติ
ประกอบด้วยคลาสหลัก 5 คลาส ดังต่อไปนี้

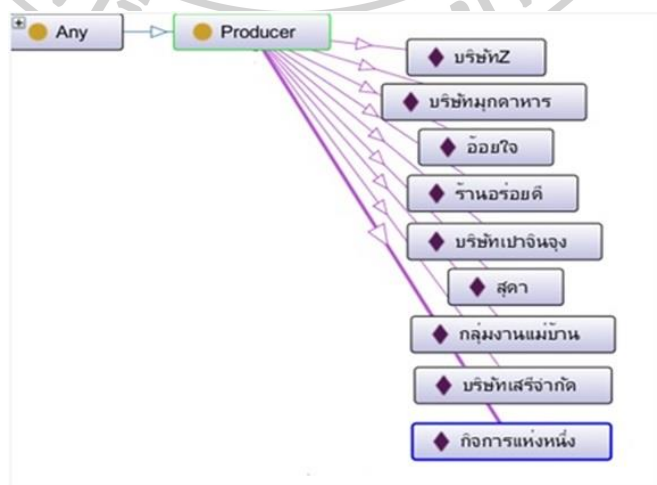
- 1) คลาสผู้ผลิตสินค้า (Producer)
- 2) คลาสผลิตภัณฑ์ (Products)
- 3) คลาสทรัพยากรการผลิต (Resource)
- 4) คลาสกระบวนการผลิต (Production)
- 5) คลาสหน่วยบอกปริมาณผลิตภัณฑ์ ทรัพยากรการผลิต (Classifier)



ภาพที่ 15 โครงสร้างออนโทโลยีสำหรับการสร้างคำถามอัตโนมัติ

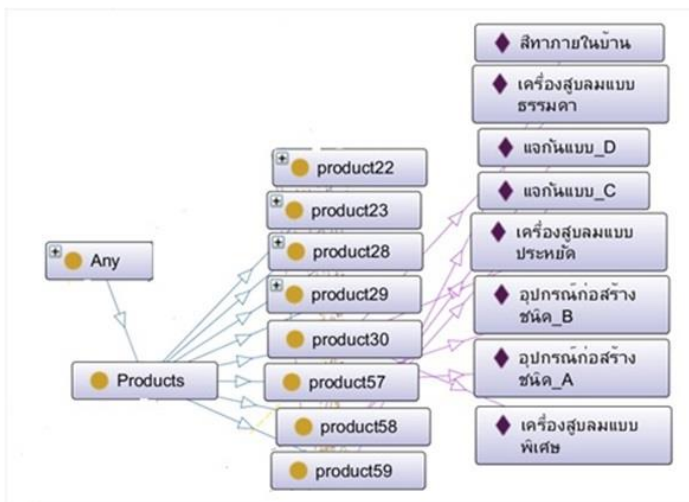
จากภาพที่ 15 แสดงการออกแบบคลาสหลักสำหรับการสร้างคำถามอัตโนมัติ โดยที่แต่ละคลาสหลักจะมีคลาสย่อยและมีตัวอย่างข้อมูล (Instances) รายละเอียดของแต่ละคลาสหลักมีดังนี้

- 1) คลาสผู้ผลิตสินค้า (Producer) เป็นคลาสที่แสดงรายชื่อผู้ผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างข้อมูล (Instances) แสดงดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ตัวอย่างข้อมูล (Instances) ของคลาสผู้ผลิตสินค้า (Producer)

2) คลาสผลิตภัณฑ์ (Products) ประกอบด้วยคลาสย่อยที่มีกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทรัพยากรที่คล้ายคลึงกันจำนวน 111 คลาส ซึ่งในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์จะมีตัวอย่างข้อมูลที่เป็นชื่อผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีอยู่จริง (abstract) และชื่อผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่จริง (real-world) ตัวอย่างกลุ่มคลาสย่อยผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 คลาสย่อยและตัวอย่างข้อมูลของคลาสหลักผลิตภัณฑ์

3) คลาสทรัพยากรการผลิต (Resources) ประกอบด้วยคลาสย่อย 3 คลาส ได้แก่ คลาสทรัพยากรการผลิตที่เป็นเครื่องจักร (Equipment) ตัวอย่างข้อมูลได้แก่ จักรเย็บผ้า เครื่องจักรชนิดที่หนึ่ง เครื่องจักรชนิดที่สอง เครื่อง_M1 และ เครื่องกลึง เป็นต้น

คลาสทรัพยากรการผลิตที่เป็นแรงงานคน (Labor) ตัวอย่างข้อมูลได้แก่ ช่างตัดเย็บเสื้อผ้า ช่างฝีมือ แผนกจัด แผนกงานสี แผนกงานไม้ เป็นต้น

คลาสทรัพยากรการผลิตที่เป็นวัตถุดิบ (Material) ตัวอย่างข้อมูลได้แก่ น้ำตาล น้ำมันพืช กระดาษสา ไม้ ฯลฯ

4) คลาสกระบวนการผลิต (Production) ประกอบด้วยคลาสย่อยที่แสดงถึงวิธีการการผลิต ผลิตภัณฑ์จำนวน 40 คลาส ตัวอย่างเช่น คลาสบรรจุ คลาสประกอบ คลาสผลิต คลาสอบแห้ง คลาสเชื่อม คลาสผสม ฯลฯ

5) คลาสหน่วยบอกปริมาณผลิตภัณฑ์ ทรัพยากรการผลิต (Classifier) ประกอบด้วยคลาสย่อย 4 คลาส ได้แก่

คลาสหน่วยบอกปริมาณจำนวนนับ (Countable) ประกอบด้วยคลาสย่อยจำนวน 30 คลาส ตัวอย่างเช่น คลาสกระป๋อง ขวด คัน ตัว ถู เป็นต้น

คลาสหน่วยบอกปริมาณมาตรวัด (Measure) ประกอบด้วยคลาสย่อยจำนวน 6 คลาส ตัวอย่างเช่น คลาสตารางฟุต ฟุต ลูกบาศก์ฟุต ตารางเมตร หลา เมตร ฯลฯ

คลาสหน่วยบอกปริมาณเวลา (Time) ประกอบด้วยคลาสย่อยจำนวน 6 คลาส ตัวอย่างเช่น คลาสชั่วโมง ชม. นาที วัน สัปดาห์ และเดือน เป็นต้น

คลาสหน่วยบอกปริมาณน้ำหนัก (Weight) ประกอบด้วยคลาสย่อยจำนวน 7 คลาส ตัวอย่างเช่น คลาสกรัม กิโลกรัม ตัน กก. ปอนด์ ลิตร ออนซ์ เป็นต้น

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เพิ่มคลาสย่อยที่เป็นหน่วยบอกปริมาณที่เป็นนามธรรม (Classifier_Abstract) ประกอบด้วยคลาสย่อย 3 คลาส ได้แก่ คลาส ส่วน หน่วย และ แบบ

หลังจากออกแบบในส่วนของคลาสหลักและคลาสย่อยแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างคลาส (Object Properties) ต่าง ๆ กับคลาสผลิตภัณฑ์ (Product) เพื่อแสดงให้เห็นว่าสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ถูกผลิตด้วยทรัพยากรการผลิตใด และถูกผลิตด้วยวิธีใด ซึ่งการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างคลาสดังกล่าวมี ดังนี้

1) hasProcess อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคลาสผลิตภัณฑ์ (Product) กับกระบวนการผลิต (Production) เป็นการอธิบายสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ถูกผลิตด้วยวิธีการใด จะถูกกำหนดพร้อมกับออบเจกต์พรีอเพอร์ตี useTime ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 18

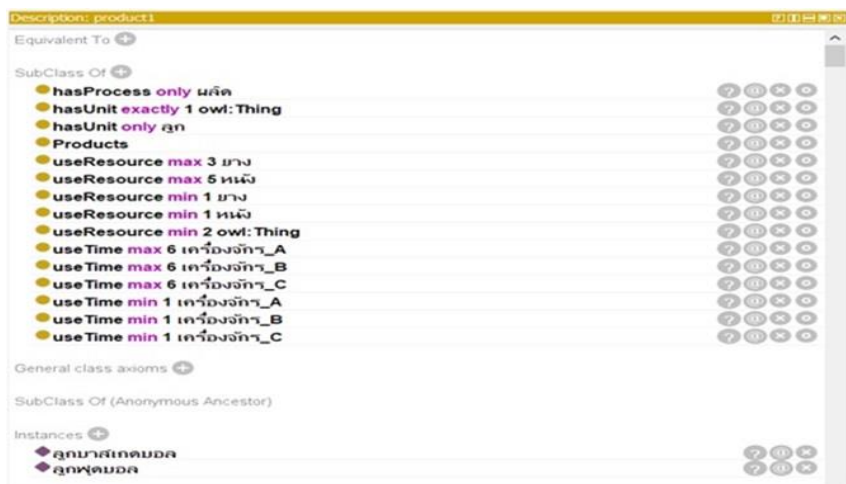


ภาพที่ 18 การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคลาสดด้วย Object Property

2) useResource อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคลาสผลิตภัณฑ์ (Product) กับวัตถุดิบ (Material) ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 19

3) useTime อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคลาสดินค้ากับคลาสดเครื่องจักร หรือคลาสดแรงงานคน เป็นการอธิบายผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตโดยแรงงานคน และ/หรือ เครื่องจักร จะถูกกำหนดพร้อมกับออบเจกต์พรีอเพอร์ตี hasProcess ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 18

4) hasUnit อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคลาสดหน่วยบอกปริมาณผลิตภัณฑ์และทรัพยากรการผลิต (Classifier) กับคลาสดผลิตภัณฑ์ (Products) และคลาสดทรัพยากรการผลิต (Resource) เป็นการอธิบายผลิตภัณฑ์และทรัพยากรการผลิตมีหน่วยบอกปริมาณแบบใด ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 18 และภาพที่ 19



ภาพที่ 19 การอ้างอิงความสัมพันธ์ระหว่างคลาสด้วย Object Property : hasUnit

Object Property : useTime และ Object Property : useResource

การสร้างแม่แบบคำถาม (Template Question)

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบแม่แบบคำถาม 3 รูปแบบให้มีความสอดคล้องและครอบคลุมกับลักษณะของโจทย์ที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.1.2 โดยแม่แบบคำถามทั้ง 3 รูปแบบจะมีการใช้สัญลักษณ์ในการระบุดังนี้

ข้อความที่ปรากฏอยู่ในสัญลักษณ์ [] จะเป็นข้อความที่ได้จากการใช้คำสั่ง SPARQL ในการดึงข้อมูลจากคลาสที่เกี่ยวข้องที่ถูกสร้างไว้ในออนโทโลยี

ข้อความที่ปรากฏอยู่ในสัญลักษณ์ < > จะเป็นข้อความที่ได้จากการสุ่มค่าที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ในส่วนของโปรแกรมที่ผู้วิจัยเขียนขึ้น

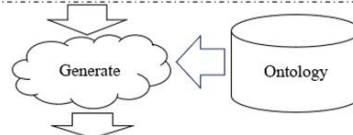
[ช่องว่าง] หมายถึง กำหนดเว้นวรรคระหว่างข้อความ

1. แม่แบบคำถามสำหรับรูปแบบของโจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นวัตถุคิบ (โจทย์รูปแบบที่ 1) แสดงดังภาพที่ 20 ซึ่งโจทย์รูปแบบที่ 1 มีขั้นตอนการสร้างโจทย์ดังนี้

1.1 กำหนด [ผู้ผลิต] จากคลาสผู้ผลิตสินค้า (Producer) ด้วยการดึงตัวอย่างข้อมูลของคลาส (Instances) ซึ่งตัวอย่างข้อมูลของคลาสผู้ผลิตสินค้าแสดงดังภาพที่ 21 ข้อมูลตัวอย่างของคลาสจะถูกดึงมาทุกรายการด้วยคำสั่ง SPARQL จากนั้นผู้วิจัยจะทำการสุ่มเลือกข้อมูลมาเพียงรายการใดรายการหนึ่ง ตัวอย่างชุดคำสั่งแสดงดังภาพที่ 22 จากโครงสร้างออนโทโลยีของคลาสผู้ผลิตสินค้า และจากตัวอย่างชุดคำสั่งได้รายชื่อผู้ผลิตที่ถูกสุ่มมาแทนข้อความ “[ผู้ผลิต]” เป็นข้อความ “กิจการแห่งหนึ่ง”

Template-1

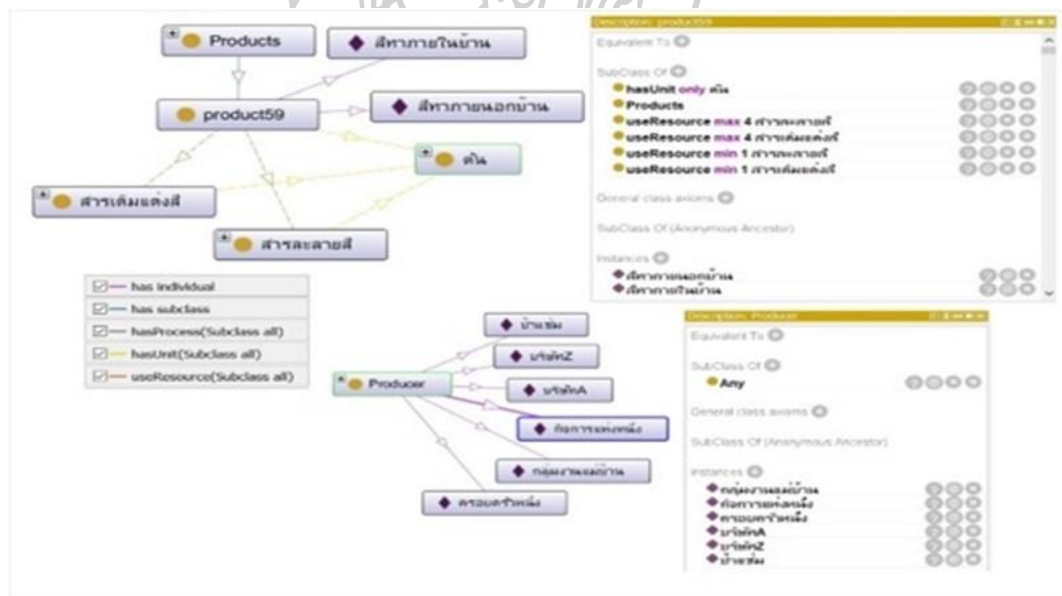
[ผู้ผลิต]ผลิตสินค้าจำนวน[ช่องว่าง]-<จำนวนสินค้าที่ผลิต>[ช่องว่าง]-ชนิด[ช่องว่าง]-ได้แก่ [ชื่อ]ที่เช่น[เช่น>[ช่องว่าง][ชื่อสินค้า][ช่องว่าง] <โดยซึ่ง> <มีส่วนประกอบผลิตจาก>ใช้ทำมาจาก [ชื่อวัตถุดิบ][ช่องว่าง] <ทั้งนี้โดยที่> [สัดส่วนการใช้ปัจจัยการผลิต][ช่องว่าง] ทั้งนี้[กรรมวิธีของปัจจัยการผลิต][ช่องว่าง][ผลตอบแทนของการผลิตสินค้า][ช่องว่าง] จึงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อ กำหนดว่าควรผลิต[ชื่อสินค้า][ช่องว่าง]อย่างไรจึงจะ[วัตถุประสงค์การผลิต]



โจทย์รูปแบบที่ 1

กิจการแห่งหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง ได้แก่ สีทาภายนอกบ้าน และสีทาภายในบ้าน ซึ่งผลิตจาก สารละลายสี และสารเติมแต่งสี โดยที่ สีทาภายนอกบ้าน 1 คัน ใช้สารละลายสี 4 คัน และใช้สารเติมแต่งสี 1 คัน สีทาภายในบ้าน 1 คัน ใช้สารละลายสี 4 คัน และใช้สารเติมแต่งสี 3 คัน ทั้งนี้ สารละลายสีมีทั้งหมด 5,624 คัน และสารเติมแต่งสีมีไม่เกิน 766 คัน สีทาภายนอกบ้านมีค่าใช้จ่ายคันละ 73 บาท และสีทาภายในบ้านมีค่าใช้จ่ายคันละ 30 บาท จึงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดว่าควรผลิต สีทาภายนอกบ้าน และสีทาภายในบ้าน อย่างไรจึงจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด

ภาพที่ 20 แม่แบบคำถามและตัวอย่าง โจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นวัตถุดิบ



ภาพที่ 21 ออนโทโลยีสำหรับแม่แบบคำถามและโจทย์รูปแบบที่ 1

1.2 กำหนด <จำนวนสินค้าที่ผลิต> และ [ชื่อสินค้า] โดยจำนวนสินค้าจะพิจารณาจากจำนวนตัวอย่างข้อมูลของคลาสย่อยสินค้า ในที่นี้ขอยกตัวอย่างคลาสย่อยสินค้า Product59 มีตัวอย่างข้อมูลสินค้า 2 รายการ คือ “สีทาภายในบ้าน” และ “สีทาภายนอกบ้าน” ของตัวอย่างโจทย์ ดังภาพที่ 20 และภาพที่ 23 แสดงชุดคำสั่งสำหรับกำหนด <จำนวนสินค้าที่ผลิต> และ [ชื่อสินค้า] การกำหนดจำนวนสินค้าที่ผลิตจะแทนค่าด้วยขนาดของ ตัวแปร nameProducts ที่อยู่ในชุดคำสั่ง <nameProducts.size()> => < 2 >

```

List<String> nameProducts = getNameProducts(model,typeProduct);
public static List<String> getNameProducts(OntModel model, String typeProduct){
    prefixQuery = getRootsQuery;
    prefixQuery += "SELECT ?name \n" + "WHERE \n" + "{ \n" + "?name rdf:type ?type.\n"
        + "?type rdfs:subClassOf* "+ "qt:" + typeProduct + ".\n" + "} ORDER BY
        ASC(?name)";
    List<String> r = getRoots(model,prefixQuery,"name");
    if(r.get(0).toString().matches(".*\\d.*")) {
        prefixQuery = getRootsQuery;
        prefixQuery += "SELECT ?name \n" + "WHERE \n" + "{ \n" + "?name rdf:type
            ?type.\n" + "?type rdfs:subClassOf* "+ "qt:" + typeProduct + ".\n"
            + "}Order by str(?name)"; }
    return getRoots(model, prefixQuery,"name"); }

```

ภาพที่ 22 ชุดคำสั่ง SPARQL แสดงรายชื่อผู้ผลิตสินค้าจากคลาสผู้ผลิตสินค้า (Producer)

```

List<String> nameProducts = getNameProducts(model,typeProduct);
public static List<String> getNameProducts(OntModel model, String typeProduct){
    prefixQuery = getRootsQuery;
    prefixQuery += "SELECT ?name \n" + "WHERE \n" + "{ \n" + "?name rdf:type ?type.\n"
        + "?type rdfs:subClassOf* "+ "qt:" + typeProduct + ".\n" + "} ORDER BY
        ASC(?name)";
    List<String> r = getRoots(model,prefixQuery,"name");
    if(r.get(0).toString().matches(".*\\d.*")) {
        prefixQuery = getRootsQuery;
        prefixQuery += "SELECT ?name \n" + "WHERE \n" + "{ \n" + "?name rdf:type
            ?type.\n" + "?type rdfs:subClassOf* "+ "qt:" + typeProduct + ".\n"
            + "}Order by str(?name)"; }
    return getRoots(model, prefixQuery,"name"); }

```

ภาพที่ 23 ชุดคำสั่ง SPARQL แสดงจำนวนสินค้าที่และชื่อสินค้า

1.3 กำหนด [ชื่อวัตถุคิ] จากภาพที่ 17 คลาส Product59 มีตัวอย่างข้อมูลที่เป็นสินค้า 2 ชนิด ได้แก่ “สีทาภายในบ้าน” และ “สีทาภายนอกบ้าน” ซึ่งสินค้าทั้ง 2 ชนิดมี “สารละลายสี” และ “สารเติมแต่งสี” เป็นส่วนผสม สำหรับการดึงข้อมูลดังกล่าวใช้ชุดคำสั่งแสดงดังภาพที่ 24 จากชุดคำสั่งทำให้ได้ข้อความ “สารละลายสี และ สารเติมแต่งสี” แทนข้อความ “[ชื่อวัตถุคิ]”

```

prefixQuery = getRootsQuery;
prefixQuery += "SELECT ?material \n" + "WHERE \n" + "{ \n" + "qt:" + typeProduct +
    "rdfs:subClassOf ?restriction. \n" + "?restriction owl:onProperty
qt:useResource. \n" + "?restriction owl:onClass ?material. \n" + "}"GROUP
BY(?material) ORDER BY ASC(?material)";
List<String> material = getRoots(model,prefixQuery,"material");

```

ภาพที่ 24 ชุดคำสั่ง SPARQL แสดงชื่อวัตถุดิบ

1.4 กำหนด [สัดส่วนการใช้ปัจจัยการผลิต] จากภาพที่ 22 สัดส่วนการใช้วัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ “สีทาภายในบ้าน” และ “สีทานอกบ้าน” กำหนดโดยการใช้ Object Property : useResource และกำหนดจำนวนคุณสมบัติที่มีได้ (cardinality constraints) ดังนี้

1) จำนวนที่มีส่วนประกอบเป็น “สารละลายสี” และ “สารเติมแต่งสี” ได้อย่างมากที่สุด (Maximum cardinality) คือ 4 (useResource max 4 สารละลายสี , useResource max 4 สารเติมแต่งสี)

2) จำนวนที่มีส่วนประกอบ “สารละลายสี” และ “สารเติมแต่งสี” ได้น้อยที่สุด (Minimum cardinality) คือ 1 (useResource min 1 สารละลายสี , useResource min 1 สารเติมแต่งสี)

นอกจากนี้การแสดงสัดส่วนการใช้ปัจจัยการผลิตมีการระบุหน่วยบอกริมาณของผลิตภัณฑ์ (“สีทาภายในบ้าน”, “สีทานอกบ้าน”) และของวัตถุดิบ (“สารละลายสี”, “สารเติมแต่งสี”) ด้วยการกำหนด Object Property:hasUnit (product59 hasUnit ตัน) และ (“สารละลายสี” hasUnit ตัน , “สารเติมแต่งสี hasUnit ตัน”) ชุดคำสั่งสำหรับแสดงหน่วยบอกริมาณของผลิตภัณฑ์ แสดงดังภาพที่ 25 และ ชุดคำสั่งสำหรับแสดงหน่วยบอกริมาณของวัตถุดิบแสดงดังภาพที่ 26 ผลลัพธ์ที่ได้จากชุดคำสั่งดังกล่าวจะได้หน่วยบอกริมาณของผลิตภัณฑ์และของวัตถุดิบเป็นคำว่า “ตัน”

```

public static String getStrUnitProduct(OntModel model, String typeProduct) {
    prefixQuery = getRootsQuery;
    prefixQuery += "SELECT ?unit \n" + "WHERE \n" + "{ \n"
        + "qt:" + typeProduct + " rdfs:subClassOf ?restriction. \n"
        + "?restriction owl:onProperty qt:hasUnit. \n"
        + "?restriction owl:allValuesFrom ?unit. \n"
        + "}"GROUP BY(?unit)";
    return getRoots(model, prefixQuery,"unit").get(0); }

```

ภาพที่ 25 ชุดคำสั่ง SPARQL แสดงหน่วยบอกริมาณของผลิตภัณฑ์

```
private static String getStrUnitFactor(OntModel model, String material){
    prefixQuery = getRootsQuery;
    prefixQuery += "SELECT ?unit " + "\n" +
        " WHERE { " + "\n" + " qt:" + material + " " + "rdfs:subClassOf ?restriction. " +
        "\n" + " ?restriction owl:allValuesFrom ?unit. " + "\n" +
        " }";
    return getRoots(model, prefixQuery, "unit").get(0); }

```

ภาพที่ 26 ชุดคำสั่ง SPARQL แสดงหน่วยบอกปริมาณของวัตถุดิบ

จากนั้นผู้วิจัยได้เขียนชุดคำสั่ง แสดงดังภาพที่ 27 และ ภาพที่ 28 เพื่อแสดงจำนวนวัตถุดิบที่มีได้มากที่สุด (Maximum cardinality) และน้อยที่สุด (Minimum cardinality) ของผลิตภัณฑ์ โดยตัวเลขค่ามากที่สุด (ในที่นี้คือ 4) และตัวเลขค่าน้อยที่สุด (ในที่นี้คือ 1) ที่ได้จากชุดคำสั่งจะถูกนำมาคำนวณเพื่อหาช่วงคะแนนตัวเลขระหว่าง 1 กับ 4 เพื่อกำหนดสัดส่วนการใช้ปริมาณ “สารละลายสี” และ “สารเติมแต่งสี” ของผลิตภัณฑ์ “สีทาภายในบ้าน” และ “สีทาภายนอกบ้าน” เมื่อได้ตัวเลขกำหนดสัดส่วนการใช้ปริมาณวัตถุดิบแล้ว จะนำผลลัพธ์ที่ได้จากชุดคำสั่งก่อนหน้านี้มารวมเป็นประโยชน์เพื่อนำไปแทนข้อความ [สัดส่วนการใช้ปัจจัยการผลิต] ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้เป็นดังนี้

สีทาภายนอกบ้าน 1 ตัน ใช้สารละลายสี 4 ตัน และใช้สารเติมแต่งสี 1 ตัน

สีทาภายในบ้าน 1 ตัน ใช้สารละลายสี 4 ตัน และใช้สารเติมแต่งสี 3 ตัน

```
private static int getUsedMaxProductFactor(OntModel model,String typeProduct){
    prefixQuery = getRootsQuery;
    prefixQuery += "SELECT (str(?max) AS ?strMax)" + "\n" +
        " WHERE { " + "\n" + " qt:" + typeProduct + " " +
        "rdfs:subClassOf ?restriction. " + "\n" +
        " ?restriction owl:onProperty qt:useResource. " + "\n" +
        " ?restriction owl:onClass ?material." + "\n" +
        " ?material rdfs:subClassOf ?class. " + "\n" +
        " ?restriction owl:maxQualifiedCardinality ?max. " + "\n" +
        " }GROUP BY(?max)";
    return getQueryCardinality(model, prefixQuery, "?strMax"); }

```

ภาพที่ 27 ชุดคำสั่ง SPARQL แสดงจำนวนวัตถุดิบที่มีได้มากที่สุด (Maximum cardinality)

```

private static int getUsedMinProductFactor(OntModel model,String typeProduct){
    prefixQuery = getRootsQuery;
    prefixQuery += "SELECT (str(?min) AS ?strMin)" + "\n" +
        " WHERE { " + "\n" + " qt:" + typeProduct + " " +
        " rdfs:subClassOf ?restriction. " + "\n" +
        " ?restriction owl:onProperty qt:useResource.\n" +
        " ?restriction owl:onClass ?material.\n" +
        " ?material rdfs:subClassOf ?class. " + "\n" +
        " ?restriction owl:minQualifiedCardinality ?min. " +
        "\n" + " } GROUP BY(?min)";
    return getQueryCardinality(model, prefixQuery, "?strMin"); }

```

ภาพที่ 28 ชุดคำสั่ง SPARQL แสดงจำนวนวัตถุคิที่มีได้น้อยที่สุด (Minimum cardinality)

1.5 กำหนด [การมีอยู่ของปัจจัยการผลิต] ในที่นี้ “การมีอยู่ของปัจจัยการผลิต” หมายถึงจำนวนคงเหลือหรือจำนวนคงอยู่ของวัตถุดิบ (“สารละลายสี”, “สารเติมแต่งสี”) ข้อความที่จะนำมาแทนข้อความ [การมีอยู่ของปัจจัยการผลิต] จะเป็นประโยคประกอบไปด้วย ตัวเลขที่ได้จากการสุ่มเลือกตัวเลขที่มีค่ามากกว่าค่าตัวเลข Maximum cardinality และ Minimum cardinality ที่กำหนดไว้ในคลาสผลิตภัณฑ์ กับข้อความที่อยู่ในเซตของข้อความ { "ทั้งหมด", "ไม่เกิน", "มากที่สุด", "เพียง", "น้อยที่สุด", "เหลืออยู่", "ต่ำสุด", "สูงสุด", "อย่างมาก", "อย่างมากที่สุด", "อย่างน้อย", "อย่างน้อยที่สุด"} บอกลักษณะมีการอยู่ของปัจจัยการผลิตโดยจะถูกสุ่มเลือกด้วยชุดคำสั่งที่ผู้วิจัยเขียนขึ้น ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้เป็นดังนี้

สารละลายสีทั้งหมด 5,624 ตัน และสารเติมแต่งสีไม่เกิน 766 ตัน

1.6 กำหนด [ผลตอบแทนของการผลิตสินค้า] สำหรับข้อความที่จะนำมาแทนข้อความ “[ผลตอบแทนของการผลิตสินค้า]” เป็นประโยคประกอบไปด้วย 1) ชื่อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากชุดคำสั่งที่อยู่ในภาพที่ 23 2) ข้อความที่ถูกสุ่มเลือกจากเซตของข้อความ {“ได้กำไร”, “มีต้นทุน”, “มีค่าใช้จ่าย”} 3) หน่วยบอกปริมาณที่ได้จากชุดคำสั่งที่อยู่ในภาพที่ 25 และ 3) ตัวเลขที่ได้จากการสุ่มเลือกตัวเลขระหว่าง 1 -100 ตัวอย่างผลลัพธ์เป็นดังนี้

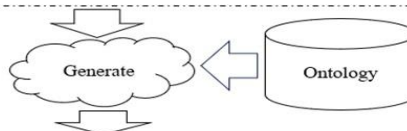
สีทาภายนอกบ้านมีค่าใช้จ่ายตันละ 73 บาท และสีทาภายในบ้านมีค่าใช้จ่ายตันละ 30 บาท

2. แม่แบบคำถามสำหรับรูปแบบของโจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นเวลา แสดงดังภาพที่ 29

3. แม่แบบคำถามสำหรับรูปแบบของโจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นวัตถุดิบและเวลา แสดงดังภาพที่ 30

Template-2

[ผู้ผลิต]ผลิตสินค้าจำนวน[ช่องว่าง]<จำนวนสินค้าที่ผลิต>[ช่องว่าง] <ชนิด|อย่าง>[ช่องว่าง] <ได้แก่คือ| อาทิเช่น|เช่น>[ช่องว่าง][ชื่อสินค้า][ช่องว่าง] <โดย|ซึ่ง>[สินค้าหนึ่งหน่วยบอกปริมาณสินค้ากระบวนการผลิตเครื่องจักร|แรงงานคน1|2|3|...|100 หน่วยเวลา] <ทั้งนี้|โดยที่> [การมีอยู่ของปัจจัยการผลิต][ช่องว่าง] [ผลตอบแทนของการผลิตสินค้า][ช่องว่าง] จึงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดว่า ควรผลิต[ชื่อสินค้า][ช่องว่าง]อย่างไรจึงจะ[วัตถุประสงค์การผลิต]



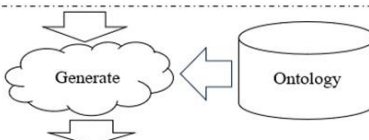
โจทย์รูปแบบที่ 2

บริษัทผลิตการค้ำจำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง อาทิเช่น ดินสอเขียนคิ้ว และลิปสติก โดยดินสอเขียนคิ้วหนึ่งชิ้นใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิตผลิตชิ้นแรก 1 นาที และชิ้นที่สอง 2 นาที ลิปสติกหนึ่งชิ้นใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิตผลิตชิ้นแรก 2 นาที และชิ้นที่สอง 2 นาที โดยที่เครื่องจักรมีเวลาอย่างน้อย 8,629 นาที ดินสอเขียนคิ้วมีต้นทุนชิ้นละ 2 บาท และลิปสติกมีต้นทุนชิ้นละ 3 บาท จึงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดว่าควรผลิต ดินสอเขียนคิ้ว และลิปสติก อย่างไม่รู้จะเสียดินทุนต่ำสุด

ภาพที่ 29 แม่แบบคำถามและตัวอย่าง โจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นเวลา

Template-3

[ผู้ผลิต]ผลิตสินค้าจำนวน[ช่องว่าง] <จำนวนสินค้าที่ผลิต>[ช่องว่าง] <ชนิด|อย่าง>[ช่องว่าง] <ได้แก่คือ| อาทิเช่น|เช่น>[ช่องว่าง][ชื่อสินค้า][ช่องว่าง] <โดย|ซึ่ง>[มีส่วนประกอบผลิตจาก|ใช้|ทำมาจาก>[ชื่อวัตถุดิบ] <ทั้งนี้|โดยที่> [สัดส่วนการใช้วัตถุดิบ][ช่องว่าง] [สัดส่วนการใช้เวลาในการผลิตโดยที่] [การมีอยู่ของวัตถุดิบ] [การมีอยู่ของเวลา][ช่องว่าง] [ผลตอบแทนของการผลิตสินค้า] จึงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดว่าควรผลิต[ชื่อสินค้า] อย่างไม่รู้จะ[วัตถุประสงค์การผลิต]



โจทย์รูปแบบที่ 3

สุกผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง อาทิเช่น เตียนนอนชั้นเดียว และเตียนนอนสองชั้น โดยผลิตจาก สีทาเนื้อไม้ เสา ไม้กระดานยาว และไม้รวบประดับ ทั้งนี้ เตียนนอนชั้นเดียว 1 ตัว ใช้สีทาเนื้อไม้ 11 ถัง ใช้เสา 4 ต้น ใช้ไม้กระดานยาว 11 แผ่น และใช้ไม้รวบประดับ 16 ท่อน เตียนนอนสองชั้น 1 ตัว ใช้สีทาเนื้อไม้ 14 ถัง ใช้เสา 11 ต้น ใช้ไม้กระดานยาว 7 แผ่น และใช้ไม้รวบประดับ 15 ท่อน เตียนนอนชั้นเดียวหนึ่งตัวใช้เวลาผลิต 6 นาที และเตียนนอนสองชั้นหนึ่งตัวใช้เวลาผลิต 4 นาที โดยที่สีทาเนื้อไม้มีเหลืออยู่ 9,585 ถัง เสามีอย่างน้อยที่สุด 4,371 ต้น ไม้กระดานยาวมีอย่างน้อย 330 แผ่น และไม้รวบประดับมีไม่เกิน 1,474 ท่อน และการผลิตใช้เวลาไม่เกิน 4,852 นาที เตียนนอนชั้นเดียวมีค่าใช้จ่ายตัวละ 76 บาท และเตียนนอนสองชั้นมีค่าใช้จ่ายตัวละ 51 บาท จึงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดว่าควรผลิต เตียนนอนชั้นเดียว และเตียนนอนสองชั้นอย่างไรจึงจะเสียดำ้จ่ายต่ำสุด

ภาพที่ 30 แม่แบบคำถามและตัวอย่าง โจทย์ที่มีเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นวัตถุดิบและเวลา

สำหรับการสร้างคำถามและคำตอบผู้วิจัยได้สร้างคำถามและคำตอบโดยการพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษาโปรแกรมจาวา (JAVA) และภาษาเจเอชพี (JSP) ร่วมกับออนโทโลยีที่สร้างไว้ดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลของโครงสร้างออนโทโลยีให้อยู่ในรูปแบบของ RDF (Resource Description Framework) โดยใช้ OWL (Ontology Web Language) ดึงข้อมูลจากคลาสที่กำหนดมาใส่แทนข้อความที่กำหนดไว้ในแม่แบบคำถามทั้ง 3 รูปแบบ ทั้งนี้แม่แบบคำถามถูกนำมาสร้างคำถามจะถูกสุ่มมาจากโปรแกรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น การใส่ข้อมูลในแม่แบบจะดึงข้อมูลมาเป็นลำดับ ตามที่กำหนดไว้ในแม่แบบคำถามของแต่ละรูปแบบ

การวัดประสิทธิภาพ (Evaluation) ของโจทย์และเฉลยคำตอบ

งานวิจัยนี้จะทำการวัดประเมินผลประสิทธิภาพของคำถามและคำตอบที่ระบบสร้างได้ 3 ด้าน คือ (1) ด้านความถูกต้องของโจทย์และเฉลยคำตอบ (2) ด้านความสอดคล้องของข้อมูลที่เป็นเนื้อหาโจทย์ (3) ด้านความเหมาะสมของลักษณะความยากและง่ายของโจทย์ วัดและประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ผู้สอนในรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณจำนวน 3 ท่าน ใช้รูปแบบการประเมินคำถามจะใช้มาตรวัดของ ลิเคิร์ต (Likert Rating Scales) (Jamieson, 2004) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตอบแบบสอบถามเลือกแสดงความคิดเห็น 5 ระดับ ดังนี้

ด้านความถูกต้องของ โจทย์และเฉลยคำตอบ แบ่งระดับความคิดเห็น ดังนี้

- 5 หมายถึง โจทย์และเฉลยคำตอบมีความถูกต้อง ไม่ต้องแก้ไข
- 4 หมายถึง โจทย์และเฉลยคำตอบมีความถูกต้อง แต่ต้องแก้ไขบางส่วน
- 3 หมายถึง โจทย์และเฉลยคำตอบมีความถูกต้องปานกลาง และต้องแก้ไข
- 2 หมายถึง โจทย์และเฉลยคำตอบมีความถูกต้องน้อย และต้องแก้ไข
- 1 หมายถึง โจทย์และเฉลยคำตอบมีความถูกต้องน้อยมาก และต้องแก้ไข

ด้านความสอดคล้องของข้อมูลที่เป็นเนื้อหาโจทย์ แบ่งระดับความคิดเห็นดังนี้

- 5 หมายถึง ข้อมูลใน โจทย์มีความสอดคล้องกัน ไม่ต้องแก้ไข
- 4 หมายถึง ข้อมูลใน โจทย์มีความสอดคล้องกันแต่ต้องแก้ไขบางส่วน
- 3 หมายถึง ข้อมูลใน โจทย์มีความสอดคล้องกันปานกลาง และต้องแก้ไข
- 2 หมายถึง ข้อมูลใน โจทย์มีความสอดคล้องกันน้อย และต้องแก้ไข
- 1 หมายถึง ข้อมูลใน โจทย์มีความสอดคล้องกันน้อยมาก และต้องแก้ไข

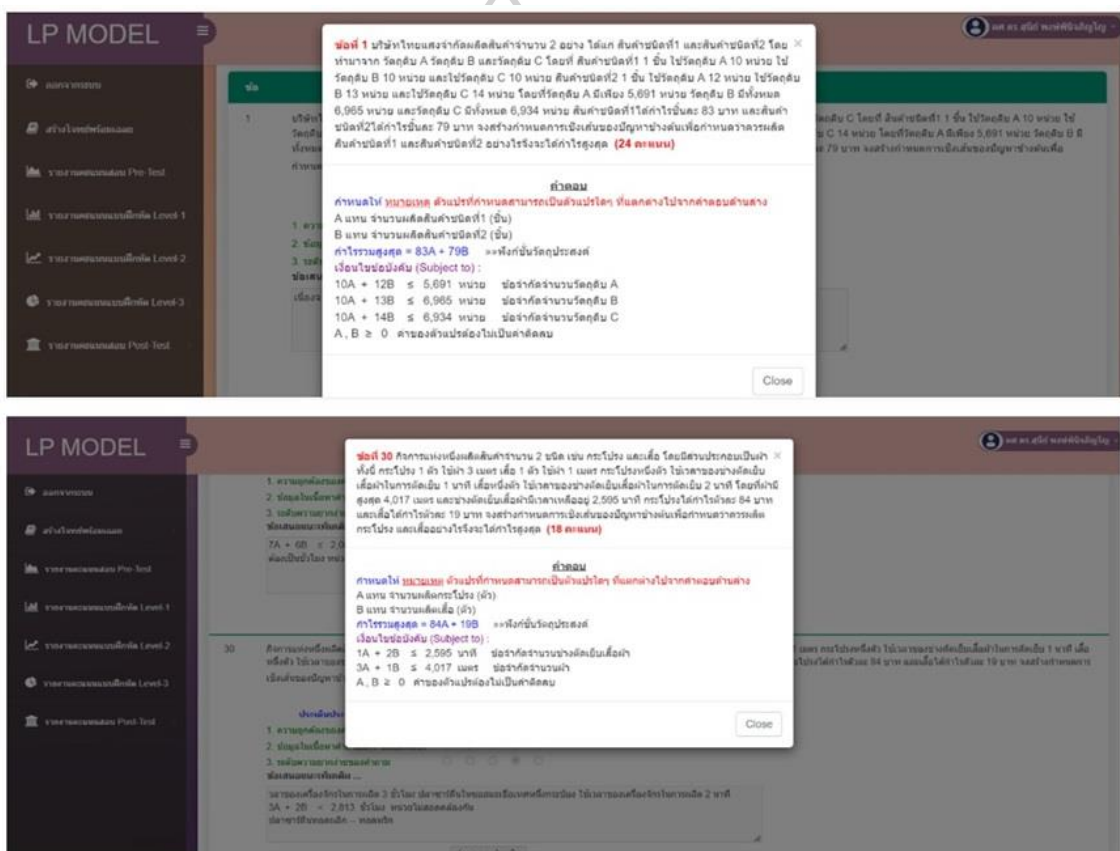
ด้านความเหมาะสมความความยากและง่ายของ โจทย์ แบ่งระดับความคิดเห็นดังนี้

- 5 หมายถึง โจทย์มีความยากมากที่สุด
- 4 หมายถึง โจทย์มีความยาก
- 3 หมายถึง โจทย์มีความยากปานกลาง

2 หมายถึง โจทย์ที่มีความง่าย

1 หมายถึง โจทย์ที่มีความง่ายมาก

ทั้งนี้ โจทย์และเฉลยคำตอบ ผู้วิจัยทำการสร้าง โจทย์พร้อมเฉลยสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ประเมิน จำนวน 30 โจทย์ในระบบที่ผู้วิจัยทำการพัฒนาขึ้น ซึ่ง โจทย์ที่สร้างขึ้นมี 3 รูปแบบ คือ 1) โจทย์ที่มีรูปแบบเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นวัตถุดิบเพียงอย่างเดียว 2) โจทย์ที่มีรูปแบบเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นเวลาเพียงอย่างเดียว และ 3) โจทย์ที่มีรูปแบบเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับทรัพยากรการผลิตที่เป็นวัตถุดิบและเวลา ตัวอย่าง โจทย์และเฉลยแสดงดังภาพที่ 31

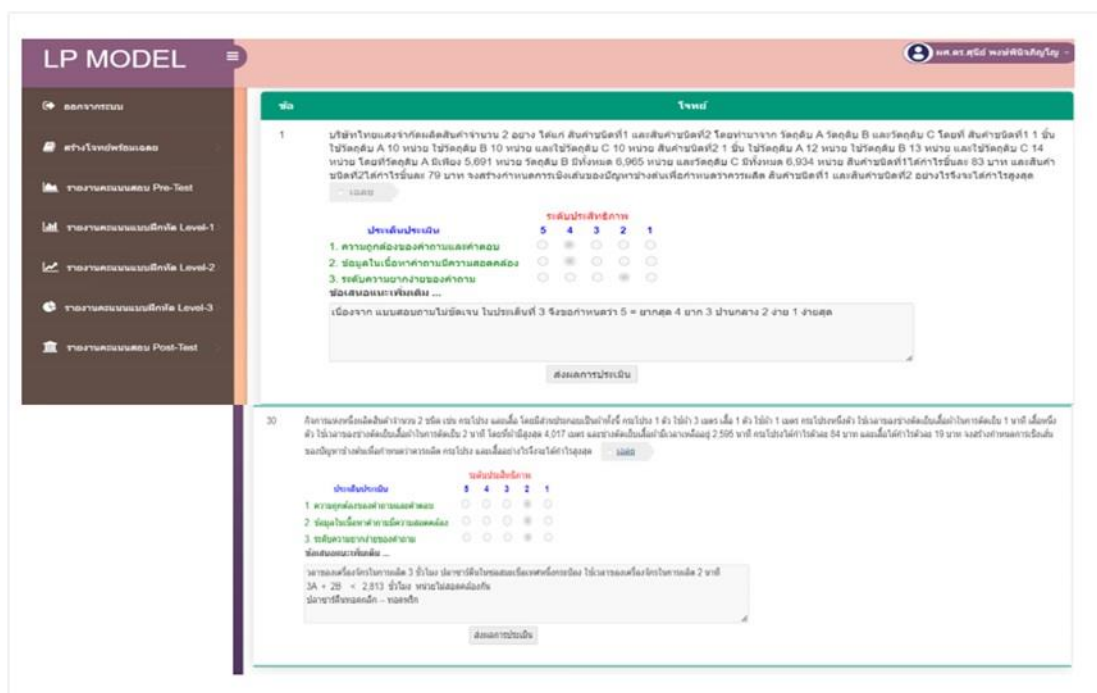


ภาพที่ 31 โจทย์และเฉลยคำตอบสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมิน

เมื่อผู้เชี่ยวชาญได้รับ โจทย์พร้อมเฉลยในแต่ละข้อ ผู้เชี่ยวชาญจะทำการประเมิน ประสิทธิภาพของ โจทย์ 3 ด้าน คือ 1) ด้านความถูกต้องของ โจทย์และเฉลยคำตอบ 2) ด้านความ สอดคล้องของข้อมูลที่เป็นเนื้อหา โจทย์ และ 3) ด้านความเหมาะสมของลักษณะความ ความยากและ ง่ายของ โจทย์ตามแบบพร้อมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในระบบ แสดงดังภาพที่ 32 และ ผลการประเมิน ประสิทธิภาพทั้ง 3 ด้าน ของ โจทย์แต่ละรูปแบบโดยผู้เชี่ยวชาญแสดงดังตารางที่ 6

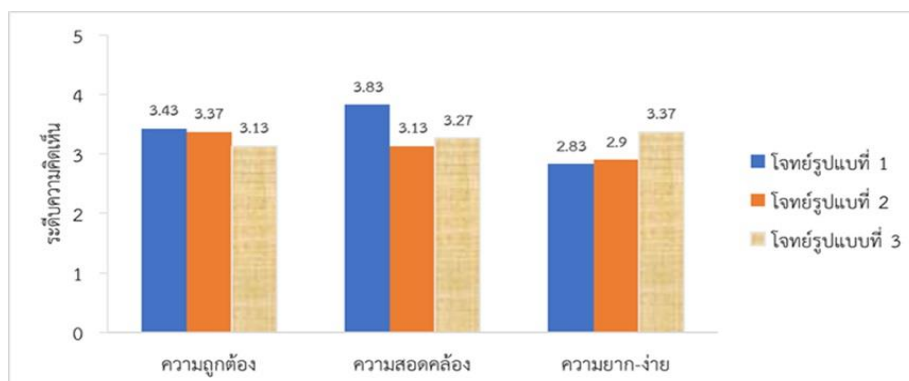
ตารางที่ 6 ผลการประเมินประสิทธิภาพทั้ง 3 ด้านของ โจทย์แต่ละรูปแบบ

รูปแบบ โจทย์	คะแนนเฉลี่ย			ค่าร้อยละ			ระดับ		
	ถูกต้อง	สอดคล้อง	ยาก-ง่าย	ถูกต้อง	สอดคล้อง	ยาก-ง่าย	ถูกต้อง	สอดคล้อง	ยาก-ง่าย
1	3.43	3.83	2.83	68.67	76.67	56.67	มาก	มาก	ปานกลาง
2	3.37	3.13	2.90	67.33	62.01	58.00	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
3	3.13	3.27	3.37	62.67	65.33	67.33	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง



ภาพที่ 32 แบบประเมินประสิทธิภาพ โจทย์และเฉลยสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

จากข้อมูลผลการประเมินประสิทธิภาพ โจทย์และเฉลยจากผู้เชี่ยวชาญแสดงดังตารางที่ 7 และภาพที่ 33 แสดงให้เห็นว่า โจทย์และเฉลยที่สร้างขึ้นจากระบบมีความถูกต้อง ความสอดคล้องของเนื้อหา และระดับความยาก-ง่ายของ โจทย์ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง สามารถนำไปใช้กับกลุ่มทดลองได้ แต่ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไข โจทย์ เติมเพศคำถาม และเฉลยให้มีความถูกต้องตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นสร้าง โจทย์และเฉลยรูปแบบละ 100 โจทย์จากระบบที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ซึ่ง โจทย์ดังกล่าวจะถูกนำไปเป็น โจทย์สำหรับแบบฝึกหัดให้ผู้เรียน ได้ฝึกเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น ระบบการสร้างคำถามและคำตอบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นในงานวิจัยนี้เป็นระบบที่เหมาะสมกับผู้เรียนที่มีความรู้เกี่ยวกับการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นมาก่อนจากการเรียนในชั้นเรียนที่สอนโดยผู้สอน ซึ่งระบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้จะถูกนำไปเป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนการเรียนรู้และพัฒนาทักษะในการพิจารณาวิเคราะห์ปัญหาในการสร้างตัวแบบการ โปรแกรมเชิงเส้นให้กับผู้เรียน



ภาพที่ 33 กราฟเปรียบเทียบผลการประเมินประสิทธิภาพ โจทย์และเฉลยจากผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบการสร้างคำถามและคำตอบอัตโนมัติสำหรับพัฒนาทักษะการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นตามกรอบทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย รายนะเอียมมีดังนี้

1) เริ่มแรกเมื่อผู้เรียนเข้ามาในระบบจะต้องทำการยืนยันด้วยการกรอกชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านในแบบฟอร์มที่กำหนดให้ โดยภายในระบบจะมีบทเรียนเนื้อหาขั้นตอนการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นให้ผู้เรียนเข้าไปเรียนรู้ก่อนที่จะเข้าไปทำแบบทดสอบก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดแบบฝึกหัดการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น และแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัด

2) สำหรับแบบทดสอบก่อนฝึกทำแบบฝึกหัด (Pre-test) และแบบทดสอบหลังฝึกทำแบบฝึกหัด (Post-test) ผู้วิจัยได้ทำการสร้างโจทย์และเฉลยคำตอบแต่ละรูปแบบจากระบบที่พัฒนาขึ้นแบบทดสอบละ จำนวน 12 โจทย์ ทั้งนี้แบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดผู้เรียนจะต้องทำโจทย์และข้อคำถามจำนวน 24 ข้อ โดย 12 ข้อแรกจะเป็นโจทย์ใหม่ และอีก 12 ข้อสุดท้ายจะเป็นโจทย์เดิมที่เคยทำตอน Pre-test ซึ่งแบบทดสอบดังกล่าวจะเป็นข้อคำถามแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จากนั้นนำแบบทดสอบดังกล่าวให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประเมินคุณภาพโดยตรวจสอบว่าโจทย์และข้อคำถามการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นของโจทย์แต่ละรูปแบบมีความถูกต้อง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ โดยมีเกณฑ์การประเมินให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง โจทย์และข้อคำถามมีความถูกต้องและสอดคล้องกับจุดประสงค์

0 หมายถึง โจทย์และข้อคำถามมีความถูกต้องแต่ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์/

โจทย์และข้อคำถามไม่มีความถูกต้องแต่สอดคล้องกับจุดประสงค์

-1 หมายถึง โจทย์และข้อคำถามไม่มีความถูกต้องและไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์

ทั้งนี้แบบประเมินคุณภาพของแบบทดสอบการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นสำหรับผู้เชี่ยวชาญผู้วิจัยจัดทำโดยใช้เครื่องมือการสร้างแบบสำรวจออนไลน์ (Application Google Forms) ตัวอย่างรูปแบบโจทย์และข้อคำถามของแบบทดสอบสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 รูปแบบโจทย์และข้อความของแบบทดสอบสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และกำหนดตัวแปรตัดสินใจ (decision variable) ได้ถูกต้องครบถ้วน				
โจทย์ (ปัญหา)	ข้อความ	คะแนน		
		+1	0	-1
ข้อ 1: นักศึกษากลุ่มหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด เช่น มะขามกวน และมะขามแก้ว โดยทำมาจาก น้ำตาล และเนื้อมะขาม โดยที่ มะขามกวน 1 ถู ใช้ น้ำตาล 1.00 กิโลกรัม และใช้เนื้อมะขาม 0.48 กิโลกรัม มะขามแก้ว 1 ถู ใช้ น้ำตาล 0.63 กิโลกรัม และใช้เนื้อมะขาม 0.82 กิโลกรัม โดยที่น้ำตาลมีเหลืออยู่ 3,105 กิโลกรัม และเนื้อมะขามมีอย่างมาก 5,965 กิโลกรัม มะขามกวนได้กำไรถูละ 70 บาท และมะขามแก้วได้กำไรถูละ 53 บาท นักศึกษากลุ่มนี้จะต้องผลิตมะขามกวน และมะขามแก้วอย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด	ข้อใดคือตัวแปรการตัดสินใจของปัญหาที่กำหนด? ก. A แทน จำนวนน้ำตาล B แทน จำนวนเนื้อมะขาม ข. A แทน จำนวนมะขามกวน B แทน จำนวนมะขามแก้ว ค. A แทน จำนวนมะขามกวน B แทน จำนวนน้ำตาล ง. A แทน จำนวนเนื้อมะขาม B แทน จำนวนมะขามกวน			
ข้อ 2: บริษัทไทยแสงจำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ โต๊ะขนาดพิเศษ และ โต๊ะขนาดมาตรฐาน ซึ่งโต๊ะขนาดพิเศษหนึ่งตัว ใช้เวลาประกอบ 7 นาที และใช้เวลาเตรียมวัสดุ 4 นาที โต๊ะขนาดมาตรฐานหนึ่งตัว ใช้เวลาประกอบ 9 นาที และใช้เวลาเตรียมวัสดุ 6 นาที ทั้งนี้เวลาในการประกอบมีเวลาสูงสุด 7,205 นาที และการเตรียมวัสดุมีเวลาไม่เกิน 437 นาที โต๊ะขนาดพิเศษมีต้นทุนตัวละ 56 บาท และโต๊ะขนาดมาตรฐานมีต้นทุนตัวละ 67 บาท บริษัทควรผลิต โต๊ะขนาดพิเศษ และ โต๊ะขนาดมาตรฐานอย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด	ข้อใดคือตัวแปรการตัดสินใจของปัญหาที่กำหนด? ก. X แทน จำนวน โต๊ะขนาดพิเศษ Y แทน จำนวน โต๊ะขนาดมาตรฐาน ข. X แทน จำนวนเวลาที่ใช้ประกอบ Y แทน จำนวนเวลาที่ใช้เตรียมวัสดุ ค. X แทน จำนวน โต๊ะขนาดพิเศษ Y แทน จำนวนเวลาที่ใช้ประกอบ ง. X แทน จำนวน โต๊ะขนาดมาตรฐาน Y แทน จำนวนเวลาที่ใช้เตรียมวัสดุ			
ข้อที่ 3: กลุ่มแม่บ้านในชนบทผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด คือ เตียงนอนชั้นเดียว และเตียงนอนสองชั้น ซึ่งทำมาจาก สีทาเนื้อไม้ เสา ไม้ กระดานยาว และ ไม้รวีประดับ ทั้งนี้เตียงนอน	ข้อใดคือตัวแปรการตัดสินใจของปัญหาที่กำหนด? ก. X1 แทน จำนวนไม้กระดานยาว X2 แทน จำนวนไม้รวีประดับ			

ตารางที่ 7 รูปแบบโจทย์และข้อความของแบบทดสอบสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และกำหนดตัวแปรตัดสินใจ (decision variable) ได้ถูกต้องครบถ้วน				
โจทย์ (ปัญหา)	ข้อความ	คะแนน		
		+1	0	-1
<p>ชั้นเดียว 1 ตัว ใช้สีทาเนื้อไม้ 3 ถึง ใช้เสา 16 ต้น กระดานยาว 11 แผ่น และใช้ไม้รี้วประดับ 12 ท่อนเตียงนอนสองชั้น 1 ตัว ใช้สีทาเนื้อไม้ 6 ถึง ใช้เสา 3 ต้น ใช้ไม้กระดานยาว 4 แผ่น และใช้ไม้รี้วประดับ 13 ท่อน เตียงนอนชั้นเดียว หนึ่งตัวใช้เวลาผลิต 420 นาที และเตียงนอนสองชั้นหนึ่งตัวใช้เวลาผลิต 300 นาที โดยที่สีทาเนื้อไม้มีอย่างมากที่สุด 4,652 ถึง เสามีอย่างน้อย 3,106 ต้น ไม้กระดานยาวมีอย่างมากที่สุด 8,347 แผ่น และไม้รี้วประดับมีต่ำสุด 7,510 ท่อน และเวลาที่ใช้ในการผลิตมีอย่างน้อย 3,288 นาที เตียงนอนชั้นเดียวมีต้นทุนตัวละ 43 บาท และเตียงนอนสองชั้นมีต้นทุนตัวละ 49 บาท กลุ่มแม่บ้านควรผลิต เตียงนอนชั้นเดียว และเตียงนอนสองชั้นอย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด</p>	<p>ข. X_1 แทน จำนวนสีทาเนื้อไม้ X_2 แทน จำนวนเสา</p> <p>ค. X_1 แทน จำนวนเตียงนอนชั้นเดียว X_2 แทน จำนวนเตียงนอนสองชั้น</p> <p>ง. X_1 แทน จำนวนเวลาผลิต X_2 แทน จำนวนเวลาที่ใช้เตรียมวัสดุ</p>			
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ถูกต้อง				
<p>ข้อ 4: ครอบครัวหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด อาทิเช่น กระเป๋าสะพาย และกระเป๋าเงิน ซึ่งทำมาจากวัสดุประเภทที่ 1 วัสดุประเภทที่ 2 และวัสดุประเภทที่ 3 โดยที่กระเป๋าสะพาย 1 ใบ ใช้วัสดุประเภทที่ 1 17 หน่วย ใช้วัสดุประเภทที่ 2 16 หน่วย และใช้วัสดุประเภทที่ 3 15 หน่วย กระเป๋าเงิน 1 ใบ ใช้วัสดุประเภทที่ 1 15 หน่วย ใช้วัสดุประเภทที่ 2 15 หน่วย และใช้วัสดุประเภทที่ 3 17 หน่วย โดยที่วัสดุประเภทที่ 1 มี ทั้งหมด 6,264 หน่วย</p>	<p>จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ ข้อใด? เมื่อกำหนดให้</p> <p>X_1 เป็นจำนวนกระเป๋าสะพาย X_2 เป็นจำนวนกระเป๋าเงิน</p> <p>ก. กำไรรวมสูงสุด = $4X_1 + 96X_2$ ข. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $96X_1 + 4X_2$ ค. กำไรรวมสูงสุด = $16X_1 + 15X_2$ ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $17X_1 + 16X_2$</p>			

ตารางที่ 7 รูปแบบโจทย์และข้อความของแบบทดสอบสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ ถูกต้อง				
โจทย์ (ปัญหา)	ข้อความ	คะแนน		
		+1	0	-1
<p>วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ ถูกต้อง</p>				
<p>วัตถุประสงค์ประเภทที่ 2 มีสูงสุด 3,552 หน่วย และ วัตถุประสงค์ประเภทที่ 3 มีอย่างมากที่สุด 5,592 หน่วย กระเป๋าสะพายมีต้นทุนใบละ 96 บาท และกระเป๋าเงินมีต้นทุนใบละ 4 บาท ครอบครัวนี้ควรผลิต กระเป๋าสะพาย และ กระเป๋าเงิน อย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด</p>				
<p>ข้อ 5: บริษัทนั้นทึกาจำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง ได้แก่ ปลาซาร์ดินทอดพริก และปลา ซาร์ดินในซอสมะเขือเทศ ซึ่งปลาซาร์ดินทอด พริกหนึ่งกระป๋อง ใช้เวลาของเครื่องจักรในการ ผลิต 5 ชั่วโมง ปลาซาร์ดินในซอสมะเขือเทศ หนึ่งกระป๋อง ใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิต 3 ชั่วโมง โดยที่เครื่องจักรมีเวลา อย่างมากที่สุด 8,063 ปลาซาร์ดินทอดพริกมี ต้นทุนกระป๋องละ 48 บาท และปลาซาร์ดินใน ซอสมะเขือเทศ มีต้นทุนกระป๋องละ 60 บาท บริษัทนั้นทึกาควรผลิต ปลาซาร์ดินทอดพริก และปลาซาร์ดินในซอสมะเขือเทศ อย่างไรจึง จะเสียต้นทุนต่ำสุด</p>	<p>จากสถานการณ์นี้ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ข้อใด? เมื่อกำหนดให้ X เป็นจำนวนปลาซาร์ดินทอดพริก Y เป็นจำนวนปลาซาร์ดินในซอส มะเขือเทศ ก. กำไรรวมสูงสุด = $5X + 3Y$ ข. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $3X + 5Y$ ค. กำไรรวมสูงสุด = $48X + 60Y$ ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $48X + 60Y$</p>			
<p>ข้อ 6: บริษัทแห่งหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 3 อย่าง เช่น สินค้าเกรดเอ สินค้าเกรดบี และสินค้าเกรด ซี ซึ่งมีส่วนประกอบเป็น ไม้ประเภทที่หนึ่ง และไม้ประเภทที่สอง ทั้งนี้ สินค้าเกรดเอ 1 หน่วย ใช้ไม้ประเภทที่หนึ่ง 4 ตารางเมตร และ ใช้ไม้ประเภทที่สอง 9 ตารางเมตร สินค้าเกรดบี 1 หน่วย ใช้ไม้ประเภทที่หนึ่ง 9 ตารางเมตร และใช้ไม้ประเภทที่สอง 7 ตารางเมตร สินค้า เกรดซี 1 หน่วย ใช้ไม้ประเภทที่หนึ่ง 5 ตาราง เมตร และใช้ไม้</p>	<p>จากสถานการณ์นี้ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ข้อใด? เมื่อกำหนดให้ X1 เป็นจำนวนสินค้าเกรดเอ X2 เป็นจำนวนสินค้าเกรดบี X3 เป็นจำนวนสินค้าเกรดซี ก. กำไรรวมสูงสุด = $4X1 + 9X2 + 7X3$ ข. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $7X1 + 5X2 + 10X3$ ค. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $35X1 + 83X2 + 7X3$</p>			

ตารางที่ 7 รูปแบบโจทย์และข้อคำถามของแบบทดสอบสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ ถูกต้อง				
โจทย์ (ปัญหา)	ข้อคำถาม	คะแนน		
		+1	0	-1
<p>ประเภทที่สอง 1 ตารางเมตร ซึ่งสินค้าเกรดเอ หนึ่งหน่วยใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิต ขั้นตอนที่หนึ่ง 7 นาที ผลิตขั้นตอนที่สอง 8 นาที และผลิตขั้นตอนที่สาม 10 นาที สินค้าเกรดบีหนึ่งหน่วยใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิตขั้นตอนที่หนึ่ง 9 นาที ผลิตขั้นตอนที่สอง 10 นาที และผลิตขั้นตอนที่สาม 7 นาที สินค้าเกรดซีหนึ่งหน่วยใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิตขั้นตอนที่หนึ่ง 9 นาที ผลิต ขั้นตอนที่สอง 8 นาที และผลิตขั้นตอนที่สาม 10 นาที โดยไม้ประเภทที่หนึ่งมีทั้งหมด 5,044 ตารางเมตร ไม้ประเภทที่สองมีอย่างมากที่สุด 8,607 ตารางเมตรและเครื่องจักรมีเวลาทั้งหมด 2,121 นาที สินค้าเกรดเอมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 35 บาท สินค้าเกรดบีมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 83 บาท และสินค้าเกรดซีมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 7 บาท และบริษัทควรผลิต สินค้าเกรดเอ สินค้าเกรดบี และสินค้าเกรดซีอย่างไรจึงจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด</p>	<p>ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $9X_1 + 10X_2 + 10X_3$</p>			
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และระบุฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ (constraints) ได้ถูกต้อง				
<p>ข้อ 7: บริษัท SilveX Products ผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด เช่น สินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง โดยใช้วัตถุดิบ ก วัตถุดิบ ข และวัตถุดิบ ค เป็นส่วนผสม ทั้งนี้ สินค้าชนิดที่หนึ่ง 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบ ก 14 หน่วย ใช้วัตถุดิบ ข 10 หน่วย และใช้วัตถุดิบ ค 12 หน่วย สินค้าชนิดที่สอง 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบ ก 9 หน่วย ใช้วัตถุดิบ ข 9 หน่วย และใช้วัตถุดิบ ค 13 หน่วย โดยที่บริษัทมี</p>	<p>ข้อใดเป็นฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับเพื่อประกอบ การตัดสินใจแก้ปัญหาของสถานการณ์นี้ ? เมื่อกำหนดให้ X_1 เป็นจำนวนสินค้าชนิดที่หนึ่ง X_2 เป็นจำนวนสินค้าชนิดที่สอง</p> <p>ก. $58X_1 + 96X_2 \leq 5,444$ $14X_1 + 9X_2 \leq 9,908$</p>			

ตารางที่ 7 รูปแบบโจทย์และข้อความของแบบทดสอบสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และระบุฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ (constraints) ได้ถูกต้อง				
โจทย์ (ปัญหา)	ข้อความ	คะแนน		
		+1	0	-1
<p>วัตถุดิบ ก มากที่สุด 5,444 หน่วย วัตถุดิบ ข มีอย่างมาก 9,908 หน่วย และวัตถุดิบ ค มีเพียง 1,476 หน่วย สินค้าชนิดที่หนึ่งมีกำไรขึ้นละ 58 บาท และสินค้าชนิดที่สองมีกำไรขึ้นละ 96 บาท บริษัทควรผลิต สินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง อย่างไรจึงจะได้กำไรมากที่สุด</p>	<p>ข. $14X_1 + 9X_2 \leq 5,444$ $10X_1 + 9X_2 \leq 9,908$ $12X_1 + 13X_2 \leq 1,476$ ค. $14X_1 + 9X_2 \leq 5,444$ $10X_1 + 9X_2 \leq 9,908$ $12X_1 + 13X_1 \leq 1,476$ $X_1, X_2 \geq 0$ ง. $14X_1 + 9X_2 \leq 5,444$ $10X_1 + 9X_2 \leq 9,908$ $12X_1 + 13X_2 \leq 1,476$ $58X_1 + 96X_2 \leq 152$</p>			
<p>ข้อ 8: นักศึกษากลุ่มหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง ได้แก่ ไม้เทนนิส และไม้แบดมินตัน โดยไม้เทนนิสหนึ่งอันใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 ชั่วโมง และใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 6 ชั่วโมง ไม้แบดมินตันหนึ่งอันใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 ชั่วโมง และใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 6 ชั่วโมง โดยที่เครื่องจักร A มีเวลาเพียง 1,438 ชั่วโมง และเครื่องจักร B มีเวลาอย่างมาก 2,940 ชั่วโมง ไม้เทนนิสมีต้นทุนอันละ 90 บาท และไม้แบดมินตันมีต้นทุนอันละ 52 บาท นักศึกษากลุ่มนี้ควรผลิต ไม้เทนนิส และไม้แบดมินตันอย่างไร จึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด</p>	<p>ข้อใดเป็นฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับเพื่อประกอบ การตัดสินใจแก้ปัญหาของ สถานการณ์นี้ ? เมื่อกำหนดให้ X เป็นจำนวนไม้เทนนิส Y เป็นจำนวนไม้แบดมินตัน ก. $3X + 3Y \leq 1,438$ $6X + 6Y \leq 2,940$ ข. $3X + 3Y \leq 1,438$ $6X + 6Y \leq 2,940$ $X, Y \geq 0$ ค. $3X + 3Y \leq 1,438$ $6X + 6Y \leq 2,940$ $90X + 52Y \leq 142$ $X, Y \geq 0$</p>			

ตารางที่ 7 รูปแบบโจทย์และข้อความของแบบทดสอบสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และระบุฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ (constraints) ได้ถูกต้อง				
โจทย์ (ปัญหา)	ข้อความ	คะแนน		
		+1	0	-1
	$\begin{aligned} \text{ง. } 6X + 6Y &\leq 1,438 \\ 3X + 3Y &\leq 2,940 \\ 90X + 52Y &\leq 142 \\ X, Y &\geq 0 \end{aligned}$			
<p>ข้อ 9: บริษัทไทยเจริญจำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง เช่น รถยนต์บังคับแบบบรทุก และ รถยนต์บังคับแบบสปอร์ต ซึ่งมีส่วนประกอบเป็น ตัวรถ และเครื่องยนต์บังคับ โดยที่ รถยนต์บังคับแบบบรทุก 1 หน่วย ใช้ตัวรถ 1 คัน และใช้เครื่องยนต์บังคับ 1 ตัว รถยนต์บังคับแบบสปอร์ต 1 หน่วย ใช้ตัวรถ 1 คัน และใช้เครื่องยนต์บังคับ 1 ตัว รถยนต์บังคับแบบบรทุกหนึ่งหน่วยใช้เวลาผลิต 11 ชั่วโมง และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ตหนึ่งหน่วยใช้เวลาผลิต 16 ชั่วโมง โดยที่ตัวรถมีอย่างมากที่สุด 7,671 คัน และเครื่องยนต์บังคับมีอย่างน้อยที่สุด 9,532 ตัว และการผลิตมีเวลาเหลืออยู่ 2,955 ชั่วโมง รถยนต์บังคับแบบบรทุกมีต้นทุนหน่วยละ 55 บาท และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ตมีต้นทุนหน่วยละ 60 บาท บริษัทไทยเจริญควรผลิต รถยนต์บังคับแบบบรทุก และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ตอย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด</p>	<p>เมื่อกำหนดให้</p> <p>X_1 เป็นจำนวนรถยนต์บังคับแบบบรทุก</p> <p>X_2 เป็นจำนวนรถยนต์บังคับแบบสปอร์ต</p> <p>ข้อใดเป็นฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับเพื่อประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหาเรื่องนี้?</p> <p>ก. $X_1 + X_2 \leq 9,532$</p> <p>$11X_1 + 16X_2 \leq 2,955$</p> <p>ข. $X_1 + X_2 \geq 9,532$</p> <p>$X_1 + X_2 \leq 7,671$</p> <p>$11X_1 + 16X_2 \leq 2,955$</p> <p>ค. $X_1 + X_2 \leq 9,532$</p> <p>$X_1 + X_2 \leq 7,671$</p> <p>$11X_1 + 16X_2 \leq 2,955$</p> <p>$X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ง. $11X_1 + 16X_2 \geq 9,532$</p> <p>$X_1 + X_2 \leq 7,671$</p> <p>$X_1 + X_2 \leq 2,955$</p> <p>$55X_1 + 60X_2 \leq 115$</p> <p>$X_1, X_2 \geq 0$</p>			

ตารางที่ 7 รูปแบบโจทย์และข้อคำถามของแบบทดสอบสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม : ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และสามารถสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาที่กำหนดให้ ได้อย่างถูกต้อง				
โจทย์ (ปัญหา)	ข้อคำถาม	คะแนน		
		+1	0	-1
<p>ข้อ 10: บริษัทสากล จำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง คือ วัสดุเอ และวัสดุบี โดยทำมาจากวัตถุดิบ ทั้งนี้ วัสดุเอ 1 หน่วย ใช้วัตถุดิบ 3 หน่วย วัสดุบี 1 หน่วย ใช้วัตถุดิบ 2 หน่วย โดยที่วัตถุดิบมีมากที่สุด 979 หน่วย วัสดุเอมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 5 บาท และวัสดุบีมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 91 บาท บริษัทควรผลิต วัสดุบี และวัสดุเอ อย่างไรจึงจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด</p>	<p>ข้อใดเป็นตัวแทนกำหนดการเชิงเส้นแสดงปัญหาของสถานการณ์นี้ ?</p> <p>ก. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $5X_1 + 91X_2$ $3X_1 + 2X_2 \leq 979$ $X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ข. $3X_1 + 2X_2 \leq 979$ $X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ค. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $3X_1 + 2X_2$ $5X_1 + 91X_2 \leq 979$</p> <p>ง. กำไรรวมสูงสุด = $3X_1 + 2X_2$ $5X_1 + 91X_2 \leq 979$ $X_1, X_2 \geq 0$</p>			
<p>ข้อ 11: บริษัท A ผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด คือสินค้า ก และสินค้า ข โดยสินค้า ก หนึ่งหน่วยใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 4 ชั่วโมง ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 3 ชั่วโมง และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 4 ชั่วโมง สินค้า ข หนึ่งหน่วยใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 ชั่วโมง ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 2 ชั่วโมง และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 2 ชั่วโมง ทั้งนี้เครื่องจักร A มีเวลาเพียง 765 ชั่วโมง เครื่องจักร B มีเวลาเพียง 713 ชั่วโมง และเครื่องจักร C มีเวลาน้อยที่สุด 363 ชั่วโมง สินค้า ก มีต้นทุนหน่วยละ 11 บาท และสินค้า ข มีต้นทุนหน่วยละ 10 บาท บริษัท A ควรผลิต สินค้า ก และสินค้า ข อย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด</p>	<p>ข้อใดเป็นตัวแทนกำหนดการเชิงเส้นแสดงปัญหาของสถานการณ์นี้ ?</p> <p>ก. กำไรรวมสูงสุด = $11A + 10B$ $4A + 3B \leq 765$ $3A + 4B \leq 7,133$ $4A + 2B \geq 363$</p> <p>ข. กำไรรวมสูงสุด = $11A + 10B$ $4A + 3B \leq 765$ $A + 2B \leq 713$ $4A + 2B \geq 363$ $A, B \geq 0$</p> <p>ค. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $11A + 10B$ $4A + 3B \leq 765$ $3A + 4B \leq 713$ $4A + 2B \geq 363$</p>			

ตารางที่ 7 รูปแบบโจทย์และข้อคำถามของแบบทดสอบสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม : ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และสามารถสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง				
โจทย์ (ปัญหา)	ข้อความ	คะแนน		
		+1	0	-1
	ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $11A + 10B$ $4A + 3B \leq 765$ $3A + 2B \leq 713$ $4A + 2B \geq 363$ $A, B \geq 0$			
ข้อ 12: บริษัท A ผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ลูกบาสเกตบอล และลูกฟุตบอล ซึ่งทำมาจากยาง และหนัง โดยลูกบาสเกตบอล 1 ลูก ใช้ยาง 1 กิโลกรัม และใช้หนัง 3 ตารางฟุต ลูกฟุตบอล 1 ลูก ใช้ยาง 1 กิโลกรัม และใช้หนัง 3 ตารางฟุต ลูกบาสเกตบอลหนึ่งลูกใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 นาที ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 1 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 6 นาที ลูกฟุตบอลหนึ่งลูกใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 6 นาที ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 1 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 4 นาที โดยที่ยางมีเหลืออยู่ 8,165 กิโลกรัม และหนังมีมากที่สุด 6,415 ตารางฟุต และเครื่องจักร A มีเวลามากที่สุด 4,256 นาที เครื่องจักร B มีเวลาอย่างน้อยที่สุด 4,042 นาที และเครื่องจักร C มีเวลาไม่เกิน 7,593 นาที ลูกบาสเกตบอลมีกำไรลูกละ 65 บาท และลูกฟุตบอลมีกำไรลูกละ 63 บาท บริษัท A ควรผลิต ลูกบาสเกตบอล และลูกฟุตบอลอย่างไรจึงจะได้กำไรมากที่สุด	ข้อใดเป็นตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นแสดงปัญหาของสถานการณ์นี้ ? ก. กำไรรวมต่ำสุด = $6X_1 + 4X_2$ $X_1 + 3X_2 \geq 4,042$ $X_1 + X_2 \leq 8,165$ $3X_1 + X_2 \leq 4,256$ $X_1 + 4X_2 \leq 7,593$ ข. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $65X_1 + 63X_2$ $X_1 + 3X_2 \geq 4,042$ $X_1 + X_2 \leq 8,165$ $3X_1 + X_2 \leq 4,256$ $X_1 + 4X_2 \leq 7,593$ $X_1, X_2 \geq 0$ ค. กำไรรวมสูงสุด = $65X_1 + 63X_2$ $X_1 + X_2 \leq 8,165$ $3X_1 + 3X_2 \leq 6,415$ $3X_1 + 6X_2 \leq 4,256$ $X_1 + X_2 \geq 4,042$ $6X_1 + 4X_2 \leq 7,593$ $X_1, X_2 \geq 0$ ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $65X_1 + 63X_2$ $X_1 + X_2 \leq 8,165$ $3X_1 + 3X_2 \leq 6,415$ $3X_1 + 6X_2 \leq 4,256$ $X_1 + X_2 \geq 4,042$			

3) นำแบบประเมินประสิทธิภาพของแบบทดสอบเสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ผู้สอนรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) เพื่อพิจารณาว่าโจทย์และข้อคำถามวัดได้ตรงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ ถ้าแน่ใจว่าตรงจะได้ “+1” ถ้าแน่ใจว่าไม่ตรงจะได้ “-1” และถ้าไม่แน่ใจว่าตรงหรือไม่จะได้ “0” จากนั้นนำค่าการพิจารณามาคำดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence: IOC) และคัดเลือกโจทย์และข้อคำถามที่มีดัชนีความสอดคล้องที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จึงจะถือได้ว่าวัดได้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งตัวอย่างโจทย์และข้อคำถามสำหรับแบบทดสอบก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัด ดังแสดงในตารางที่ 15 มีค่า IOC เท่ากับ 1 (ค่าดัชนีความสอดคล้องรายชื่อแสดงในภาคผนวก ก) นั้นหมายความว่ารูปแบบโจทย์และข้อคำถามดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นแบบทดสอบได้

การออกแบบและพัฒนาแบบฝึกหัดสำหรับการเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น

ดำเนินการออกแบบและพัฒนาแบบฝึกหัดสำหรับเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น 3 ระดับการเรียนรู้ นักศึกษาต้องฝึกทำทั้ง 3 ระดับการเรียนรู้ ดังนี้

ระดับการเรียนรู้ระดับที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ

ระดับการเรียนรู้ระดับที่ 2 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ระดับการเรียนรู้ระดับที่ 3 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขข้อบังคับ

โจทย์สำหรับแบบฝึกหัดทั้ง 3 ระดับการเรียนรู้จะประกอบไปด้วยโจทย์ 3 รูปแบบ ทั้งนี้ ผู้เรียนต้องทำแบบฝึกหัดกับโจทย์แต่ละรูปแบบในแต่ละระดับการเรียนรู้ โดยเลือกคำตอบให้ถูกต้องเพียงครั้งเดียว ถ้าหากผู้เรียนยังเลือกคำตอบผิดก็จะต้องทำโจทย์ใหม่ในรูปแบบโจทย์เดิมซ้ำ (โปรแกรมจะแสดงโจทย์ให้ใหม่ในรูปแบบโจทย์เดิม) ไปจนกว่าผู้เรียนจะสามารถเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงครั้งเดียวได้ ระหว่างที่ผู้เรียนฝึกทำแบบฝึกหัดในแต่ละโจทย์และในแต่ละระดับการเรียนรู้ ผู้เรียนจะเห็นสถานะ (progress) ความสำเร็จค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ (คิดเป็น %) ซึ่งผู้เรียนต้องมีค่าระดับการเรียนรู้ 100% จึงจะสามารถผ่านไปทำโจทย์รูปแบบอื่นและแบบฝึกหัดของระดับการเรียนรู้ระดับถัดไป รายละเอียดในการกำหนดค่าคะแนน (%) มีดังนี้

1. การกำหนดค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ ระดับที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ แบบฝึกหัดของระดับการเรียนรู้ที่ 1 แบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1.1 ระบุจำนวนตัวแปร

1.2 ระบุตัวอักษรแทนตัวแปร สำหรับขั้นตอนนี้ผู้เรียนสามารถเลือกตัวอักษรใดๆ ก็ได้ในรายการตัวเลือกคำตอบ คำตอบที่ผู้เรียนเลือกตอบไม่มีคำตอบใดเป็นคำตอบที่ผิด จึงไม่นำมาคิดค่าคะแนนการเรียนรู้

1.3 ระบุข้อมูลแทนตัวแปร

การคิดค่าคะแนนคิดเฉพาะขั้นตอนที่ 1 และ ขั้นตอนที่ 2 โดยแบ่งสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องออกเป็นขั้นตอนละ 50% เมื่อรวมเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของทั้ง 2 ขั้นตอนจะได้เป็น 100% ดังนี้

วิธีการคำนวณและตัวอย่าง กำหนดให้

V = จำนวนครั้งการเลือกจำนวนตัวแปรผิด

D = จำนวนครั้งการเลือกข้อมูลแทนตัวแปรผิด

SV = จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุจำนวนตัวแปร

SD = จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุข้อมูลแทนตัวแปร

ดังนั้น ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (%) = $((SV-V)/SV) * 50$

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (%) = $((SD-D)/SD) * 50$

ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 1 (100%) เท่ากับ

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (50%) +

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (50%)

ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้จะถูกนำไปแสดงที่แถบสถานะ (Progress bar) ดังแสดงในตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ (1) การคิดค่าคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 1- การระบุจำนวนตัวแปร

จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุจำนวนตัวแปร 10 ครั้ง จำนวนครั้งการเลือกจำนวนตัวแปรผิด 5 ครั้ง ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร $((10- 5)/10) * 50 = 25%$ ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 1 มีค่าเท่ากับ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (25%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (0%) = 25%



ภาพที่ 34 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 1 ของตัวอย่างที่ (1)

ตัวอย่างที่ (2) จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุจำนวนตัวแปร 1 ครั้ง จำนวนครั้งการเลือกจำนวนตัวแปรผิด 0 ครั้ง ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร $((1-0)/1) * 50 = 50%$ ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 1 มีค่าเท่ากับ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (50%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (0%) = 50%



ภาพที่ 35 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 1 ของตัวอย่างที่ (2)

ตัวอย่างที่ (3) การคิดค่าคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 1 – การระบุข้อมูลแทนตัวแปร จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุข้อมูลแทนตัวแปร 5 ครั้ง จำนวนครั้งการเลือกข้อมูลแทนตัวแปรผิด 3 ครั้ง ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร $((5-3)/5) * 50 = 20\%$ ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 1 เท่ากับ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (25%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (20%) = 45%



ภาพที่ 36 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 1 ของตัวอย่างที่ (3)

ตัวอย่างที่ (4) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (50%) และค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (20%) ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 1 มีค่าเท่ากับ 70%



ภาพที่ 37 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 1 ของตัวอย่างที่ (4)

ตัวอย่างที่ (5) จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุข้อมูลแทนตัวแปร จำนวนครั้งการเลือกจำนวนตัวแปรผิด 0 ครั้ง และจำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมด 1 ครั้ง ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร $((1-0)/1) * 50 = 50\%$ ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 1 เท่ากับ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (25%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (50%) = 75%



ภาพที่ 38 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 1 ของตัวอย่างที่ (5)

ตัวอย่างที่ (6) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (50%) และค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (50%) ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 1 มีค่าเท่ากับ 100%



ภาพที่ 39 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 1 ของตัวอย่างที่ (6)

จากตัวอย่างที่ (1) – (6) เป็นตัวอย่างแสดงค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ ซึ่งผู้เรียนต้องมีค่าระดับการเรียนรู้ 100% ในโจทย์แต่ละรูปแบบ จึงจะสามารถทำแบบฝึกหัดของระดับการเรียนรู้ระดับที่ 2 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์

2. การกำหนดค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ ระดับที่ 2 การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์แบบฝึกหัดของระดับการเรียนรู้ที่ 2 แบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

2.1 ระบุจำนวนตัวแปร ตัวอักษรแทนตัวแปร และระบุข้อมูลแทนตัวแปร สำหรับการระบุตัวอักษรแทนตัวแปร ผู้เรียนสามารถเลือกตัวอักษรใดๆ ก็ได้ในรายการตัวเลือกคำตอบ คำตอบที่ผู้เรียนเลือกตอบไม่มีคำตอบใดเป็นคำตอบที่ผิดจึงไม่นำมาคิดค่าคะแนนการเรียนรู้

2.2 เขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยการระบุจุดประสงค์ที่โจทย์ต้องการ และระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า

การคิดค่าคะแนนการเรียนรู้มีการแบ่งสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง เป็นดังนี้

1) ค่าคะแนนการเรียนรู้ของการระบุจำนวนตัวแปรคิดเป็น 25% และการระบุข้อมูลแทนตัวแปร คิดเป็น 25%

2) ค่าคะแนนการเรียนรู้การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ด้วยการระบุวัตถุประสงค์ที่โจทย์ต้องการ คิดเป็น 25% และการระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า คิดเป็น 25%

วิธีการคำนวณและตัวอย่าง กำหนดให้

V = จำนวนครั้งการเลือกจำนวนตัวแปรผิด

D = จำนวนครั้งการเลือกข้อมูลแทนตัวแปรผิด

A = จำนวนครั้งการเลือกวัตถุประสงค์ที่โจทย์ต้องการผิด

P = จำนวนครั้งการเลือกตัวเลขมูลค่าสินค้าผิด

SV = จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุจำนวนตัวแปร

SD = จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุข้อมูลแทนตัวแปร

SA = จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุวัตถุประสงค์ของโจทย์

SP = จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร = $((SV-V)/SV) * 25$

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร = $((SD-D)/SD) * 25$

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระบุวัตถุประสงค์ของโจทย์ = $((SA-A)/SA) * 25$

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า = $((SP-P)/SP) * 25$

ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 (100%) เท่ากับ

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (25%) +

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (25%) +

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ของโจทย์ (25%) +

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (25%)

ตัวอย่างที่ (7) การคิดค่าคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 – การระบุจำนวนตัวแปร จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุจำนวนตัวแปร 10 ครั้ง และจำนวนครั้ง การเลือกจำนวนตัวแปรผิด 5 ครั้ง ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร = $((10-5)/10) * 25 = 13\%$ ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ ค่าระดับคะแนน การเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (13%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ของโจทย์ (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การ ระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (0%) = 13%



13%

ภาพที่ 40 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (7)

ตัวอย่างที่ (8) จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุจำนวนตัวแปร 1 ครั้ง จำนวนครั้งการเลือกจำนวนตัวแปรผิด 0 ครั้ง ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร $((1-0)/1) * 25 = 25\%$ ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ ค่าระดับ คะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (25%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทน ตัวแปร (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ของโจทย์ (0%) + ค่าระดับคะแนน การเรียนรู้การระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (0%) = 25%



25%

ภาพที่ 41 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (8)

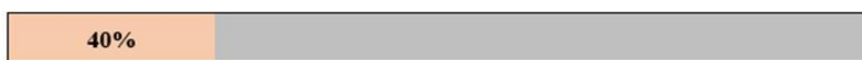
ตัวอย่างที่ (9) การคิดค่าคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 – การระบุข้อมูลแทนตัวแปร จำนวน ครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุข้อมูลแทนตัวแปร 5 ครั้ง และจำนวนครั้งการเลือกข้อมูล แทนตัวแปรผิด 2 ครั้ง ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร $((5-2)/5) * 25 = 15\%$ ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุ จำนวนตัวแปร (13%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (15%) + ค่าระดับ คะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ของโจทย์ (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลข มูลค่าสินค้า (0%) = 28%



28%

ภาพที่ 42 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (9)

ตัวอย่างที่ (10) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (25%) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (15%) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ของโจทย์ (0%) และ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (0%) ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 40%



ภาพที่ 43 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (10)

ตัวอย่างที่ (11) จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุข้อมูลแทนตัวแปร จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมด 5 ครั้ง และจำนวนครั้งการเลือกข้อมูลแทนตัวแปรผิด 0 ครั้ง ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร = $((5-0)/5) * 25 = 25%$ ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (13%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (25%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ที่โจทย์ต้องการ (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (0%) = 38%



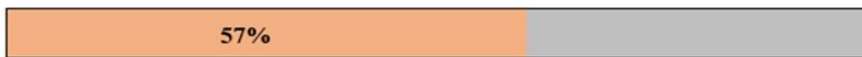
ภาพที่ 44 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (11)

ตัวอย่างที่ (12) การคิดค่าคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 – การระบุวัตถุประสงค์ จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุวัตถุประสงค์ 3 ครั้ง จำนวนครั้งการเลือกจุดประสงค์ของโจทย์ผิด 1 ครั้ง และค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจุดประสงค์ของโจทย์ $((3-1)/3) * 25 = 17%$ ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (13%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (15%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ที่โจทย์ต้องการ (17%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (0%) = 45%



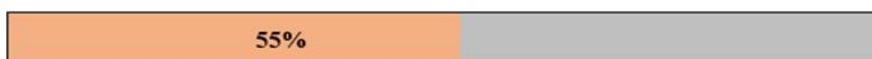
ภาพที่ 45 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (12)

ตัวอย่างที่ (13) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (25%) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (15%) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ของโจทย์ (17%) และ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (0%) ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 57%



ภาพที่ 46 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (13)

ตัวอย่างที่ (14) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (13%) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (25%) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ที่โจทย์ต้องการ (17%) และ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (0%) ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 55%



ภาพที่ 47 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (14)

ตัวอย่างที่ (15) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (25%) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (25%) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ของโจทย์ (17%) และ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (0%) ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 67%



ภาพที่ 48 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (15)

ตัวอย่างที่ (16) จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุวัตถุประสงค์ 1 ครั้ง และ จำนวนครั้งการเลือกจุดประสงค์ที่โจทย์ต้องการผิด 0 ครั้ง ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ = $\frac{(1-0)}{1} * 25 = 25\%$ ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (13%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (15%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ที่โจทย์ต้องการ (25%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (0%) = 53%



ภาพที่ 49 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (16)

ตัวอย่างที่ (17) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (25%) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (25%) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ของโจทย์ (25%) และ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (0%) ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 75%



ภาพที่ 50 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (17)

ตัวอย่างที่ (18) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (25%) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (25%) ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ของโจทย์ (25%) และ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (25%) ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 100%



ภาพที่ 51 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 2 ในตัวอย่างที่ (18)

จากตัวอย่างที่ (7) – (18) เป็นตัวอย่างแสดงค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 2 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งผู้เรียนต้องมีค่าระดับการเรียนรู้ 100% ในโจทย์แต่ละรูปแบบจึงจะสามารถทำแบบฝึกหัดของระดับการเรียนรู้ระดับที่ 3 การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ

3. การกำหนดค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 3 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับแบบฝึกหัดของระดับการเรียนรู้ที่ 3 แบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

3.1 ระบุจำนวนตัวแปร ตัวอักษรแทนตัวแปร และระบุข้อมูลแทนตัวแปร สำหรับการระบุตัวอักษรแทนตัวแปร ผู้เรียนสามารถเลือกตัวอักษรใดๆ ก็ได้ในรายการตัวเลือกคำตอบ คำตอบที่ผู้เรียนเลือกตอบไม่มีคำตอบใดเป็นคำตอบที่ผิดจึงไม่นำมาคิดค่าคะแนนการเรียนรู้

3.2 เขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ผู้เรียนต้องระบุวัตถุประสงค์ที่โจทย์ต้องการ และตัวเลขมูลค่าสินค้า

3.3 เขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ สำหรับขั้นตอนนี้ผู้เรียนต้องระบุข้อมูลต่อไปนี้

- 1) ตัวเลขปริมาณการใช้ทรัพยากร
- 2) เครื่องหมายแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร
- 3) ตัวเลขปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร
- 4) หน่วยบอกปริมาณของทรัพยากร

การคิดค่าคะแนนการเรียนรู้มีการแบ่งสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง มีดังนี้

1) ค่าคะแนนการเรียนรู้ของการระบุจำนวนตัวแปรค่าคะแนน 5% และการระบุข้อมูลแทนตัวแปร ค่าคะแนน 10%

2) ค่าคะแนนการเรียนรู้การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ด้วยการระบุวัตถุประสงค์ของโจทย์ค่าคะแนน 5% และการระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า ค่าคะแนน 20%

3) ค่าคะแนนการเรียนรู้การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ ด้วยการระบุข้อมูลต่อไปนี้

- 3.1) ตัวเลขปริมาณการใช้ทรัพยากร ค่าคะแนน 20%
- 3.2) เครื่องหมายแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร ค่าคะแนน 10%
- 3.3) ตัวเลขปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร ค่าคะแนน 20%

3.4) หน่วยบอกปริมาณของทรัพยากร ค่าคะแนน 10%

วิธีการคำนวณและตัวอย่าง กำหนดให้

V = จำนวนครั้งการเลือกจำนวนตัวแปรผิด

D = จำนวนครั้งการเลือกข้อมูลแทนตัวแปรผิด

A = จำนวนครั้งการเลือกจุดประสงค์ที่โจทย์ต้องการผิด

P = จำนวนครั้งการเลือกตัวเลขมูลค่าสินค้าผิด

F = จำนวนครั้งการเลือกตัวเลขปริมาณการใช้ทรัพยากรผิด

O = จำนวนครั้งการเลือกเครื่องหมายแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากรผิด

M = จำนวนครั้งการเลือกตัวเลขปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากรผิด

U = จำนวนครั้งการเลือกหน่วยบอกปริมาณของทรัพยากรผิด

SV = จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุจำนวนตัวแปร

SD = จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุข้อมูลแทนตัวแปร

SA = จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุวัตถุประสงค์ของโจทย์

SP = จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า

SF = จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุตัวเลขปริมาณการใช้

ทรัพยากร

SO = จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุเครื่องหมายแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร

SM = จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุตัวเลขปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร

SU = จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุหน่วยบอกปริมาณของทรัพยากร

ดังนั้น ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร = $((SV-V)/SV) * 5$

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร = $((SD-D)/SD) * 10$

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้วัตถุประสงค์ของโจทย์ = $((SA-A)/SA) * 5$

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า = $((SP-P)/SP) * 20$

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระบุตัวเลขปริมาณการใช้ทรัพยากร เท่ากับ

$((SF-F)/SF) * 20$

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระบุเครื่องหมายแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร

$((SO-O)/SO) * 10$

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับตัวเลขปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร เท่ากับ

$$((SM-M)/SM) * 20$$

ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับหน่วยบอกปริมาณของทรัพยากร เท่ากับ

$$((SU-U)/SU) * 10$$

ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 3 (100%) เท่ากับ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับจำนวนตัวแปร (5%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับข้อมูลแทนตัวแปร (10%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับวัตถุประสงค์ที่โจทย์ต้องการ (5%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับตัวเลขมูลค่าสินค้า (20%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับตัวเลขปริมาณการใช้ทรัพยากร (20%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับเครื่องหมายแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร (10%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับตัวเลขปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร (20%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับหน่วยบอกปริมาณของทรัพยากร (10%)

ตัวอย่างที่ (19) จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุจำนวนตัวแปร 1 ครั้ง จำนวนครั้งการเลือกจำนวนตัวแปรผิด 0 ครั้ง ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร = $((1-0)/1) * 5 = 5\%$

ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 3 มีค่าเท่ากับ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับจำนวนตัวแปร (5%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับข้อมูลแทนตัวแปร (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับวัตถุประสงค์ของโจทย์ (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับตัวเลขมูลค่าสินค้า (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับตัวเลขปริมาณการใช้ทรัพยากร (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับเครื่องหมายแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุหน่วยบอกปริมาณของทรัพยากร (0%) = 5%

5%

ภาพที่ 52 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 3 ในตัวอย่างที่ (19)

ตัวอย่างที่ (20) จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุข้อมูลแทนตัวแปร 5 ครั้ง จำนวนครั้งการเลือกข้อมูลแทนตัวแปรผิด 0 ครั้ง ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร = $((5-0)/5) * 10 = 10\%$ ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 3 มีค่าเท่ากับ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับจำนวนตัวแปร (5%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับข้อมูลแทนตัวแปร (10%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับวัตถุประสงค์ที่โจทย์ต้องการ (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับตัวเลขมูลค่าสินค้า (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับตัวเลขปริมาณการใช้ทรัพยากร (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับเครื่องหมายแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร

(0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับตัวเลขปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุหน่วยบอกปริมาณของทรัพยากร (0%) = 15%



ภาพที่ 53 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 3 ในตัวอย่างที่ (20)

ตัวอย่างที่ (21) จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุวัตถุประสงค์ประสงค์ของโจทย์ 1 ครั้ง และจำนวนครั้งการเลือกจุดประสงค์ที่โจทย์ต้องการผิด 0 ครั้ง ซึ่งค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ประสงค์ของโจทย์ เท่ากับ $((1-0)/1) * 5 = 5\%$ ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 3 มีค่าเท่ากับ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (5%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (10%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ประสงค์ของโจทย์ (5%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขปริมาณการใช้ทรัพยากร (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุเครื่องหมายแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุหน่วยบอกปริมาณของทรัพยากร (0%) = 20%



ภาพที่ 54 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 3 ในตัวอย่างที่ (21)

ตัวอย่างที่ (22) จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า 5 ครั้ง จำนวนครั้งการเลือกตัวเลขมูลค่าสินค้าผิด 0 ครั้ง โดยค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า เท่ากับ $(5-0)/5 * 20 = 20\%$ ดังนั้น ผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 3 มีค่าเท่ากับ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุจำนวนตัวแปร (5%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุข้อมูลแทนตัวแปร (10%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุวัตถุประสงค์ที่โจทย์ต้องการ (5%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (20%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขปริมาณการใช้ทรัพยากร (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุเครื่องหมายแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร (0%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุหน่วยบอกปริมาณของทรัพยากร (0%) = 40%



ภาพที่ 55 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 3 ในตัวอย่างที่ (22)

ตัวอย่างที่ (23) จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุตัวเลขปริมาณการใช้ทรัพยากร 5 ครั้ง และจำนวนครั้งการเลือกตัวเลขปริมาณการใช้ทรัพยากรผิด 0 ครั้ง ค่าระดับ

เรียนรู้การระบุเครื่องหมายแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร (10%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุตัวเลขปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร (20%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุหน่วยบอกปริมาณของทรัพยากร (0%) เท่ากับ 90%



ภาพที่ 58 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 3 ในตัวอย่างที่ (25)

ตัวอย่างที่ (26) จำนวนครั้งการเลือกคำตอบทั้งหมดในการระบุหน่วยบอกปริมาณของทรัพยากร 5 ครั้ง จำนวนครั้งการเลือกหน่วยบอกปริมาณของทรัพยากรผิด 0 ครั้ง ทั้งนี้ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้การระบุหน่วยบอกปริมาณของทรัพยากร เท่ากับ $((5-0)/5) * 10 = 10\%$ ดังนั้นผลรวมค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 3 มีค่าเท่ากับ ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระบุจำนวนตัวแปร (5%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระบุข้อมูลแทนตัวแปร (10%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระบุวัตถุประสงค์ที่โจทย์ต้องการ (5%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระบุตัวเลขมูลค่าสินค้า (20%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระบุตัวเลขปริมาณการใช้ทรัพยากร (20%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระบุเครื่องหมายแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร (10%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระบุตัวเลขปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร (20%) + ค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระบุหน่วยบอกปริมาณของทรัพยากร (10%) เท่ากับ 100%



ภาพที่ 59 แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนนเรียนรู้ระดับที่ 3 ในตัวอย่างที่ (26)

จากตัวอย่างที่ (19) – (26) เป็นตัวอย่างแสดงค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ระดับที่ 3 เรื่องการเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขข้อบังคับ ซึ่งผู้เรียนต้องมีค่าระดับการเรียนรู้ 100% ในโจทย์แต่ละรูปแบบจึงจะสามารถทำแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัด ทั้งนี้ก่อนดำเนินการใช้เครื่องมือผู้วิจัยได้ดำเนินการเรียนการสอนตามปกติโดยอธิบายเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น และชี้แจงวิธีการใช้เครื่องมือดังกล่าวให้กับกลุ่มตัวอย่างทดลอง โดยมีรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลการทดลองดังนี้

1. ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ผู้เรียนจะถูกจัดเก็บโดยระบบการสร้างคำถามและคำตอบอัตโนมัติ โดยระบุหมายเลขรหัสลำดับให้กับผู้เรียนที่ถูกนำมาใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 132 คน ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีจำนวน 80 คน และนักศึกษาระดับปริญญาโท 52 คน ซึ่งหมายเลขลำดับดังกล่าวจะไม่สามารถเชื่อมโยงถึงเจ้าของข้อมูลได้

2. การรวบรวมข้อมูลจากการทำแบบทดสอบก่อนฝึกทำแบบฝึกหัด ระบบจะตรวจคำตอบที่ถูกต้องและคิดค่าคะแนนความถูกต้องแจ้งให้ผู้เรียนทราบ

3. การรวบรวมข้อมูลจากการทำแบบฝึกหัดของผู้เรียน ระบบจะเก็บสถิติการคลิกเลือกคำตอบทั้งหมด (คำตอบถูก และคำตอบที่ไม่ถูกต้อง) ของการทำแบบฝึกหัดในแต่ละระดับการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะทำแบบฝึกหัดในระดับต่อไปได้ต้องทำจนกว่าจะสามารถเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงครั้งเดียวกับโจทย์แต่ละรูปแบบ เพื่อวัดว่าการที่ผู้เรียนตอบถูกไม่ได้เกิดจากการที่เลือกคำตอบแบบสุ่มคำตอบ (เดา) ของผู้เรียนเอง

4. การรวบรวมข้อมูลจากการทำแบบทดสอบหลังจากทำแบบฝึกหัด ผู้เรียนจะทำแบบทดสอบได้ต้องผ่านการฝึกทำแบบฝึกหัดทั้ง 3 ระดับการเรียนรู้ โดยในแต่ละระดับการเรียนรู้ จะมีค่าระดับผลสัมฤทธิ์แจ้งให้ผู้เรียนทราบว่าสามารถที่จะทำแบบทดสอบได้หรือไม่ ค่าระดับผลสัมฤทธิ์ที่แสดงให้ผู้เรียนเห็นจะเป็นค่าระดับคะแนน (%) ที่ผู้เรียนจะต้องตอบตามรูปแบบของโจทย์ที่ได้รับ

การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

ผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

1. ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด (Pre-test) และแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัด (Post-test) ด้านความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างโจทย์ 3 รูปแบบที่มีเนื้อหาโจทย์แตกต่างกัน พร้อมกับข้อคำถามจำนวน 12 ข้อ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน จากนั้นผลการตรวจสอบความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาดัชนีความสอดคล้องระหว่าง โจทย์และข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Item Objective Congruence: IOC) โดยใช้สูตรที่กล่าวไว้ในสมการที่ 1 หัวข้อ 2.2.1.1 (บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง)

2. ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด (Pre-test) และแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัด (Post-test) ด้านความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยวิธีหาความคงที่ภายใน โดยใช้ KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) เพื่อหาความสัมพันธ์ข้อสอบแต่ละข้อในแบบทดสอบมีความสัมพันธ์กับข้ออื่นๆ ในฉบับเดียวกันหรือไม่ และมีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบทั้งฉบับอย่างไร โดยใช้สูตร KR-20 ตามที่ได้กล่าวไว้ในสมการที่ 2 (บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง)

3. ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนและหลังทำแบบฝึกหัด ด้านความยากง่าย (Difficulty) โดยพิจารณาความยากง่ายของแบบทดสอบรายข้อโดยใช้สูตรที่กล่าวไว้ในสมการที่ 3 หัวข้อ 2.2.3.2 (บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง)

4. ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนและหลังทำแบบฝึกหัด ด้านความสามารถของแบบทดสอบในการจำแนกกลุ่มตัวอย่าง (กลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน) โดยใช้สูตรหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบตามที่กล่าวไว้ใน สมการที่ 4 หัวข้อ 2.2.4 (บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง)

5. วัดประสิทธิภาพของระบบ (E_1/E_2) ด้วยวิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตรที่กล่าวไว้ในสมการที่ 5 และสมการที่ 6 ในหัวข้อ 2.4.3.1 (บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง)

6. วัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัด ด้วยการหาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficient of variation: C.V.) และทดสอบความแตกต่างโดยใช้สถิติ t-test (t-test dependent) รายละเอียดมีดังนี้

6.1 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ใช้สูตรดังนี้ (Ferguson, 1981: 49)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ \bar{x} คือ คะแนนเฉลี่ย

$\sum x$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

สมการที่ 8

6.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้สูตรดังนี้ (Ferguson, 1981: 68)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$(\sum X)^2$ คือ ผลรวมของคะแนนแต่ละตัว ยกกำลัง สอง

n คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

สมการที่ 9

6.3 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficient of variation: C.V.) เป็นเปอร์เซ็นต์สัดส่วนระหว่าง S.D. และค่าเฉลี่ย

$$C.V. = \frac{S.D.}{\bar{x}} \times 100$$

สมการที่ 10

6.4 ทดสอบค่าที (t-test) เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ก่อนและหลังจากการทำแบบฝึกหัด คำนวณโดยใช้กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test Dependent) โดยใช้สูตรดังนี้ (Ferguson, 1981: 167)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

สมการที่ 11

เมื่อ t คือ ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบค่าวิกฤต เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

D คือ ผลต่างระหว่างคู่คะแนน

n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

7. วัดระดับความก้าวหน้าทางการเรียนโดยวิธี Average normalized gain 3 ระดับ คือ low gain ($g \leq 0.3$), medium gain ($0.3 < g < 0.7$) และ high gain ($g \geq 0.7$) (Hake, 1998) โดยใช้สูตรที่กล่าวไว้ในสมการที่ 7 ในหัวข้อ 2.5 (บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง) ทั้งนี้รายละเอียดในแต่ละส่วนจะกล่าวต่อไปในบทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย



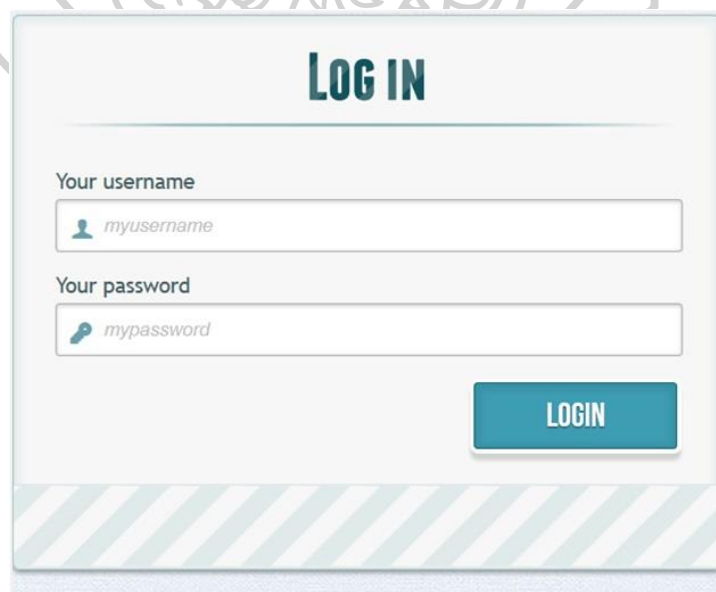
บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบการสร้างคำถามอัตโนมัติสำหรับเนื้อหาการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น โดยใช้แนวทางผสมระหว่างการใช้แม่แบบคำถาม (Template-based) ร่วมกับวิธีการใช้ฐานความรู้เชิงความหมาย (Semantic-based) และสร้างระบบการสร้างคำตอบและระบบช่วยเหลือผู้เรียนอัตโนมัติในการเรียนรู้การสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งนำเสนอผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 4 ตอนตามวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

ผลการพัฒนาระบบการสร้างคำถาม คำตอบและระบบช่วยเหลือผู้เรียนอัตโนมัติ

ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาวิธีการสร้างคำถามอัตโนมัติโดยใช้ออนโทโลยีในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) โดยผู้วิจัยได้ใช้ Protégé 5.5.0 ในการสร้างฐานความรู้ออนโทโลยีสำหรับการสร้างโจทย์คำถามโปรแกรมเชิงเส้นในโดเมนสัดส่วนการผลิต ใช้ภาษา SPARQL ในการเขียนคิวรี (Query) ข้อมูลจากฐานความรู้ออนโทโลยี และพัฒนาระบบด้วยการใช้ภาษาโปรแกรม JAVA และภาษาโปรแกรม JSP ในที่นี้ผู้วิจัยขอเสนอผลการดำเนินการสร้างคำถามอัตโนมัติสำหรับใช้ในการวัดประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียน ทั้งนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นออกแบบตามกรอบทฤษฎีการเรียนรู้ของกาย์ รายละเอียดของผลการพัฒนาระบบการสร้างคำถามอัตโนมัติ มีดังนี้

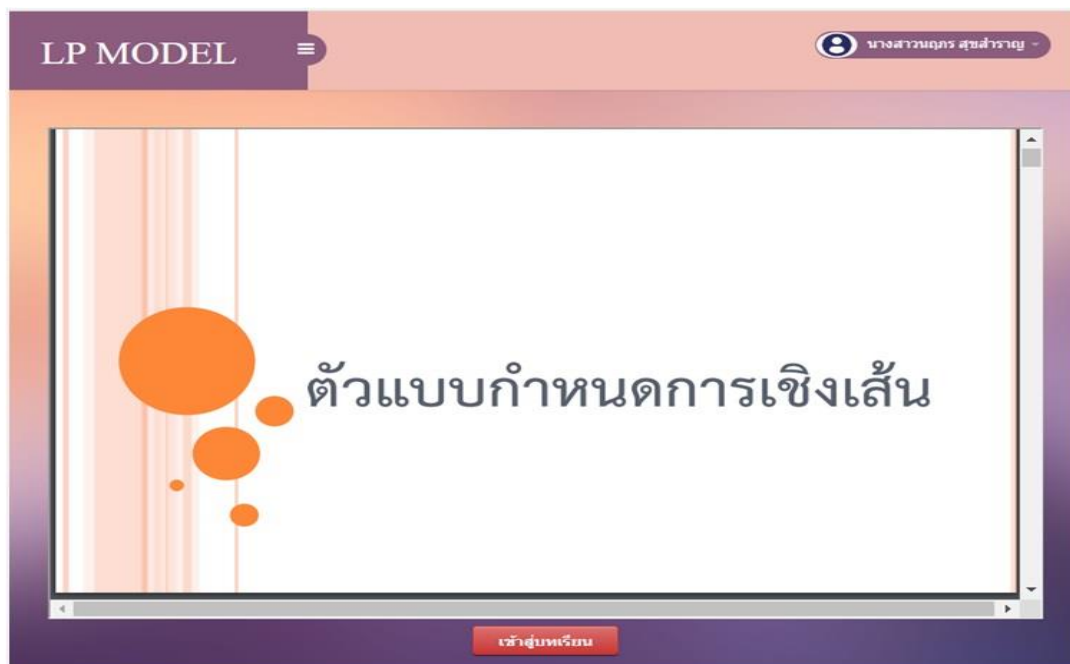


The image shows a login interface with the following elements:

- Title:** LOG IN
- Username Field:** Labeled "Your username" with a user icon and the placeholder text "myusername".
- Password Field:** Labeled "Your password" with a key icon and the placeholder text "mypassword".
- Login Button:** A blue button with the text "LOGIN".

ภาพที่ 60 หน้าต่างยืนยันตัวตน

เมื่อผู้เรียนเข้ามาในระบบจะต้องทำการยืนยันตัวตนโดยใส่ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านผู้วิจัยจะเป็นผู้กำหนดให้โดยให้ใส่ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านเป็นรหัสนักศึกษาของแต่ละคน หน้าต่างยืนยันตัวตนแสดงภาพที่ 60 หากข้อมูลการยืนยันตัวตนของผู้เรียนถูกต้อง ผู้เรียนจะพบกับเนื้อหาวิธีการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น สำหรับให้ผู้เรียน ได้อ่านบททวนความรู้ที่ได้จากการเรียนในชั้นเรียน โดยอาจารย์ผู้สอน (ภาพที่ 61)



ภาพที่ 61 เนื้อหาบททวนการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น

สรุปเชิง

แบบฝึกหัดการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นออนไลน์ มีแบบฝึกหัดให้ผู้เรียนทำ 3 ระดับการเรียนรู้ ผู้เรียนต้องฝึกทำแบบฝึกหัดทั้ง 3 ระดับการเรียนรู้ ดังนี้

1. ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และกำหนดตัวแปรการตัดสินใจ (decision variable) ได้ถูกต้องครบถ้วน
2. ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้อย่างถูกต้อง
3. ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และระบุฟังก์ชันเงื่อนไขขอบเขต (constraints) ได้ถูกต้อง

เงื่อนไข:

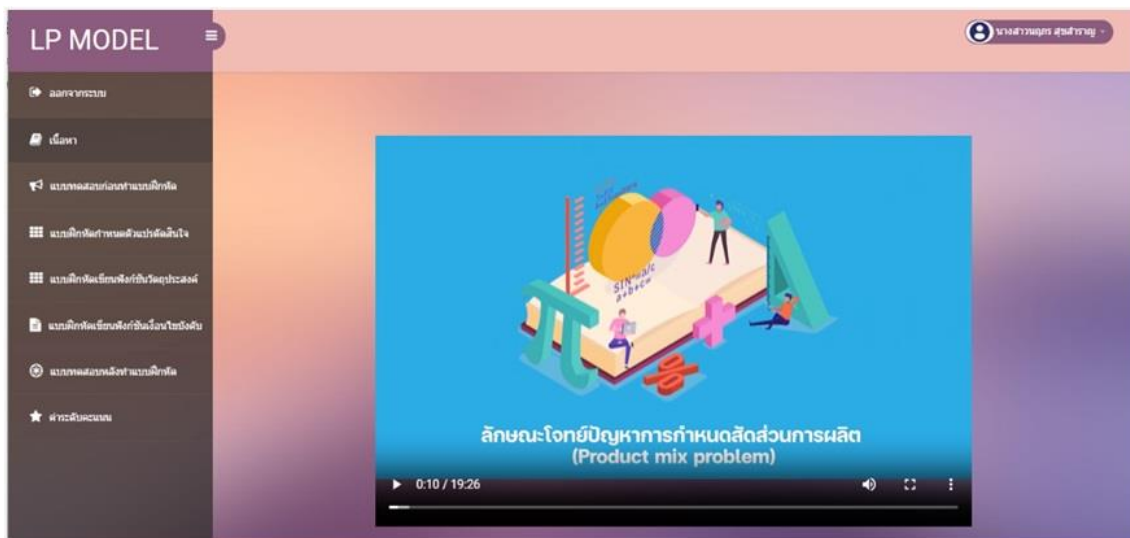
1. ผู้เรียนจะต้องทำแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดให้แล้วเสร็จก่อนจึงจะเข้าไปทำแบบฝึกหัดแต่ละระดับการเรียนรู้ได้
2. ผู้เรียนจะต้องทำแบบฝึกหัดแต่ละระดับการเรียนรู้ให้แล้วเสร็จก่อนจึงจะเข้าไปทำแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดได้

สถานะคะแนน

ระดับที่	การเรียนรู้	สถานะ	คะแนน
1	กำหนดตัวแปรตัดสินใจ	ยังไม่ได้คะแนน	0%
2	เขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์	ยังไม่ได้คะแนน	0%
3	เขียนฟังก์ชันเงื่อนไขขอบเขต	ยังไม่ได้คะแนน	0%

ภาพที่ 62 หน้าจอแสดงค่าระดับคะแนนของการทำแบบทดสอบและแบบฝึกหัดกรณีผู้เรียนยังไม่ได้ดำเนินการใดๆ

ภาพที่ 62 แสดงคำชี้แจงและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัดจากผู้เรียน รวมถึงแสดงค่าระดับคะแนนการทำแบบทดสอบก่อนและหลังทำแบบฝึกหัด และค่าระดับคะแนนการทำแบบฝึกหัดทั้ง 3 ระดับการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้เรียนจะทำแบบฝึกหัดทั้ง 3 ระดับการเรียนรู้ได้ ต้องทำแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดก่อน ซึ่งผู้เรียนสามารถเข้าไปทบทวนเนื้อหาการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นในรูปแบบสื่อวีดิโอก่อนที่จะทำแบบทดสอบได้โดยการเลือกเมนูเนื้อหา แสดงดังภาพที่ 63 และ แบบทดสอบ (pre-test) แสดงดังภาพที่ 64



ภาพที่ 63 วิดีโอบทเรียนการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น



ภาพที่ 64 หน้าจอแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด (pre-test)

ภาพที่ 64 แสดงหน้าจอแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด (pre-test) ผู้เรียนจะต้องทำข้อสอบแบบเลือกคำตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ หากผู้เรียนเลือกคำตอบถูกจะได้ 1 คะแนน แต่ถ้าหากเลือกคำตอบผิดคะแนนที่ได้จะเป็น 0 คะแนน โดยผู้เรียนจะทราบคะแนนที่ได้ในแต่ละข้อ ทั้งนี้ โจทย์แต่ละข้อจะมีการจับเวลาในการทำข้อละ 10 นาที หากเวลาหมดก่อนที่ผู้เรียนจะทำ

แบบทดสอบเสร็จ จะมีข้อความแจ้งเตือน “หมดเวลา” แต่ผู้เรียนสามารถทำแบบทดสอบต่อไปได้ จนกว่าจะสำเร็จ เมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบครบทั้ง 12 ข้อแล้วจะทราบค่าระดับคะแนน (%) จำนวนข้อที่ตอบถูก และจำนวนข้อที่ตอบผิด แสดงดังภาพที่ 65

คำชี้แจง

แบบฝึกหัดการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เชิงเส้นสองตัวแปร มีแบบฝึกหัดให้ผู้เรียนฝึกทำ 3 ระดับการเรียนรู้ ผู้เรียนต้องฝึกทำแบบฝึกหัดทั้ง 3 ระดับการเรียนรู้ ดังนี้

- 1 ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และกำหนดตัวแปรการผลิต (decision variable) ได้ถูกต้องครบถ้วน
- 2 ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ถูกต้อง
- 3 ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และระบุฟังก์ชันเงื่อนไข (constraints) ได้ถูกต้อง

เงื่อนไข:

1. ผู้เรียนจะต้องทำแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดในแต่ละระดับการเรียนรู้จึงจะเข้าทำแบบฝึกหัดและระดับการเรียนรู้ได้
2. ผู้เรียนจะต้องทำแบบฝึกหัดและระดับการเรียนรู้ให้แล้วเสร็จก่อนจึงจะเข้าทำแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดได้

คำอธิบายคะแนน

แบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด	ระดับที่	การเรียนรู้	สถานะ	คะแนน
แบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด ✓ 7 ข้อ ✗ 5 ข้อ 7/12 58%	1	กำหนดตัวแปรการผลิต	ยังไม่ฝึกหัด	0% 0
แบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด ✗ 0 ข้อ ✓ 0 ข้อ 0/0 0%	2	เขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์	ยังไม่ฝึกหัด	0% 0
	3	เขียนฟังก์ชันเงื่อนไข	ยังไม่ฝึกหัด	0% 0

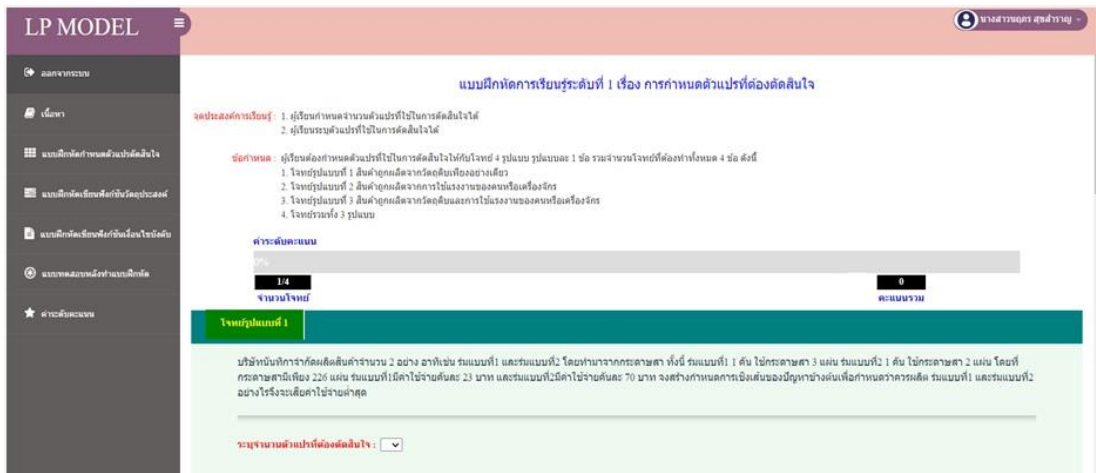
ภาพที่ 65 หน้าจอแสดงค่าระดับคะแนนของแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด (pre-test)

เมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด (pre-test) และทราบค่าระดับคะแนน ผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกหัดแต่ละระดับการเรียนรู้ ซึ่งมีแบบฝึกหัดการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นให้ผู้เรียนได้ฝึกทำ 3 ระดับการเรียนรู้ ดังนี้

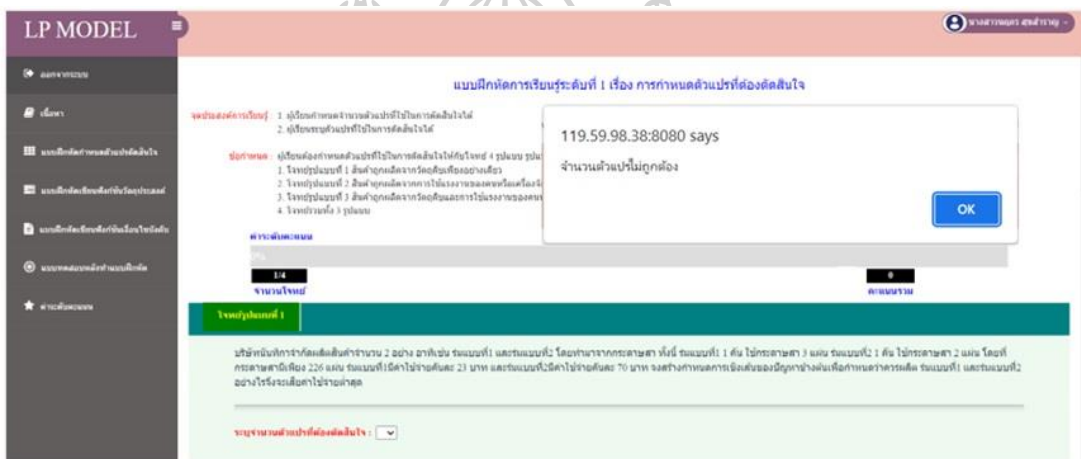
แบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ระดับที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ (ภาพที่ 66) มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความรู้และความเข้าใจของผู้เรียนในการกำหนดตัวแปรตัดสินใจ ผู้เรียนต้องสามารถกำหนดจำนวนตัวแปรและระบุตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจได้ โดยมีข้อกำหนดว่าผู้เรียนต้องกำหนดตัวแปรตัดสินใจให้กับโจทย์ 4 ข้อ ดังนี้

- 1) โจทย์รูปแบบที่ 1 สินค้าถูกผลิตจากวัตถุดิบเพียงอย่างเดียว
- 2) โจทย์รูปแบบที่ 2 สินค้าถูกผลิตจากการใช้แรงงานของคนหรือเครื่องจักร
- 3) โจทย์รูปแบบที่ 3 สินค้าถูกผลิตจากวัตถุดิบและการใช้แรงงานของคนหรือเครื่องจักร
- 4) โจทย์รวม 3 รูปแบบ เป็นรูปแบบโจทย์ใดรูปแบบหนึ่งจากโจทย์ 3 รูปแบบข้างต้น

จะถูกสุ่มโดยระบบ



ภาพที่ 66 หน้าจอแสดงแบบฝึกหัดการเรียนรู้ระดับที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ



ภาพที่ 67 หน้าจอแสดงข้อความแจ้งเตือนกรณีผู้เรียนระบุจำนวนตัวแปรไม่ถูกต้อง

จากภาพที่ 66 กรณีผู้เรียนเลือกคำตอบผิดจะมีข้อความแจ้งเตือน “ระบุจำนวนตัวแปรไม่ถูกต้อง” (ภาพที่ 67) ทั้งนี้โปรแกรมจะเก็บจำนวนครั้งในการคลิกเลือกคำตอบและจำนวนครั้งทั้งหมดในคลิกเลือกคำตอบ หากผู้เรียนเลือกคำตอบผิดมากกว่า 2 ครั้ง โปรแกรมจะมีตัวช่วยแสดงคำตอบที่ถูกต้องปรากฏให้เห็นอยู่ในจอทซ์ (ภาพที่ 68) ในระหว่างที่ผู้เรียนเลือกคำตอบ จำนวนครั้งในการเลือกคำตอบผิดและคำตอบถูก และจำนวนครั้งในการเลือกคำตอบทั้งหมดจะถูกนำไปคิดคะแนนและนำค่าระดับคะแนนที่คิดได้แสดงบนแถบสถานะ การคำนวณค่าระดับคะแนนใช้วิธีการคำนวณตามที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย โดยค่าระดับคะแนน จำนวนจอทซ์ที่ผู้เรียนต้องทำจะปรากฏบนแถบสถานะด้านบน (ภาพที่ 69) ผู้เรียนต้องเลือกคำตอบจนกว่าจะถูกต้อง จึงจะสามารถทำแบบฝึกหัดในขั้นตอนการกำหนดตัวอักษรให้กับตัวแปรได้

คำระดับคะแนน
0%

จำนวนโจทย์ 1/4 คะแนนรวม 0

โจทย์แบบที่ 1

อุตสาหกรรมครัวเรือนแห่งหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง เช่น สินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง ซึ่งใช้วัตถุดิบประเภทที่ 1 และวัตถุดิบประเภทที่ 2 เป็นส่วนประกอบ ทั้งนี้ สินค้าชนิดที่หนึ่ง 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบประเภทที่ 1 13 หน่วย และใช้วัตถุดิบประเภทที่ 2 14 หน่วย สินค้าชนิดที่สอง 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบประเภทที่ 1 11 หน่วย และใช้วัตถุดิบประเภทที่ 2 9 หน่วย โดยที่วัตถุดิบประเภทที่ 1 มีเพียง 2,941 หน่วย และวัตถุดิบประเภทที่ 2 มีเหลืออยู่ 1,871 หน่วย สินค้าชนิดที่หนึ่งมีต้นทุนชิ้นละ 43 บาท และสินค้าชนิดที่สองมีต้นทุนชิ้นละ 52 บาท จงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดว่าควรผลิตสินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง อย่างใดจึงจะเสียดต้นทุนต่ำสุด

ระบุจำนวนตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ:

ภาพที่ 68 หน้าจอแสดงตัวช่วย (hint) แสดงคำตอบจำนวนตัวแปรที่ต้อง

คำระดับคะแนน
12%

จำนวนโจทย์ 1/4 คะแนนรวม 1

โจทย์แบบที่ 1

อุตสาหกรรมครัวเรือนแห่งหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง เช่น สินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง ซึ่งใช้วัตถุดิบประเภทที่ 1 และวัตถุดิบประเภทที่ 2 เป็นส่วนประกอบ ทั้งนี้ สินค้าชนิดที่หนึ่ง 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบประเภทที่ 1 13 หน่วย และใช้วัตถุดิบประเภทที่ 2 14 หน่วย สินค้าชนิดที่สอง 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบประเภทที่ 1 11 หน่วย และใช้วัตถุดิบประเภทที่ 2 9 หน่วย โดยที่วัตถุดิบประเภทที่ 1 มีเพียง 2,941 หน่วย และวัตถุดิบประเภทที่ 2 มีเหลืออยู่ 1,871 หน่วย สินค้าชนิดที่หนึ่งมีต้นทุนชิ้นละ 43 บาท และสินค้าชนิดที่สองมีต้นทุนชิ้นละ 52 บาท จงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดว่าควรผลิตสินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง อย่างใดจึงจะเสียดต้นทุนต่ำสุด

ระบุจำนวนตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ: ตัวแปรตัวที่ 1 กำหนดให้เป็นตัวอักษร:
ตัวแปรตัวที่ 2 กำหนดให้เป็นตัวอักษร:

ภาพที่ 69 หน้าจอแสดงค่าระดับคะแนนระบุจำนวนตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ

สำหรับขั้นตอนระบุตัวอักษรให้กับตัวแปรที่ใช้การตัดสินใจ ผู้เรียนสามารถเลือกคำตอบใดๆ ก็ได้ในตัวเลือกคำตอบ คำตอบที่ผู้เรียนเลือกตอบไม่มีคำตอบใดเป็นคำตอบที่ผิด จึงไม่นำมาคิดค่าคะแนนการเรียนรู้ แต่ทั้งนี้ผู้เรียนต้องเลือกคำตอบใดคำตอบหนึ่ง หากไม่ทำการเลือกคำตอบจะไม่สามารถทำขั้นตอนกำหนดข้อมูลแทนตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ (ภาพที่ 70)

คำระดับคะแนน
12%

จำนวนโจทย์ 1/4 คะแนนรวม 1

โจทย์แบบที่ 1

อุตสาหกรรมครัวเรือนแห่งหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง เช่น สินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง ซึ่งใช้วัตถุดิบประเภทที่ 1 และวัตถุดิบประเภทที่ 2 เป็นส่วนประกอบ ทั้งนี้ สินค้าชนิดที่หนึ่ง 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบประเภทที่ 1 13 หน่วย และใช้วัตถุดิบประเภทที่ 2 14 หน่วย สินค้าชนิดที่สอง 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบประเภทที่ 1 11 หน่วย และใช้วัตถุดิบประเภทที่ 2 9 หน่วย โดยที่วัตถุดิบประเภทที่ 1 มีเพียง 2,941 หน่วย และวัตถุดิบประเภทที่ 2 มีเหลืออยู่ 1,871 หน่วย สินค้าชนิดที่หนึ่งมีต้นทุนชิ้นละ 43 บาท และสินค้าชนิดที่สองมีต้นทุนชิ้นละ 52 บาท จงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดว่าควรผลิตสินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง อย่างใดจึงจะเสียดต้นทุนต่ำสุด

ระบุจำนวนตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ: ตัวแปรตัวที่ 1 กำหนดให้เป็นตัวอักษร: A กำหนดให้ตัวแปร A แทนจำนวนผลิต
ตัวแปรตัวที่ 2 กำหนดให้เป็นตัวอักษร: B กำหนดให้ตัวแปร B แทนจำนวนผลิต

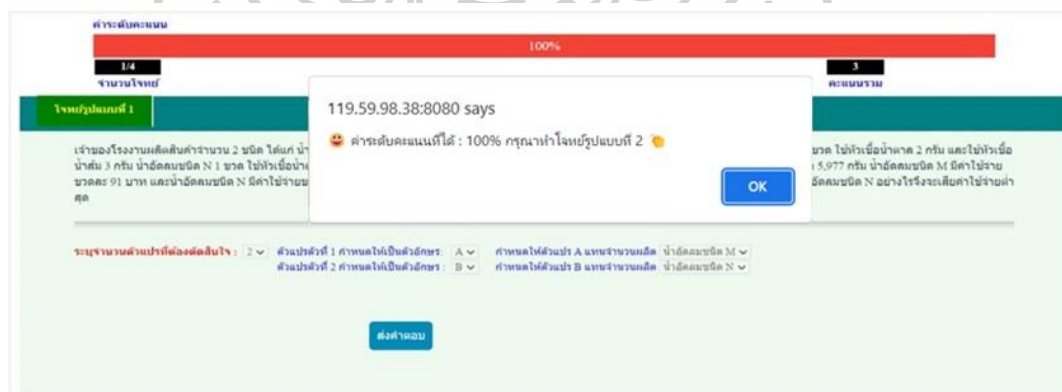
ภาพที่ 70 หน้าจอแสดงขั้นตอนกำหนดข้อมูลแทนตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ

ขั้นตอนกำหนดข้อมูลแทนตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ กรณีที่ผู้เรียนเลือกคำตอบผิด จะมีข้อความแจ้งเตือน “ระบุข้อมูลแทนตัวแปรไม่ถูกต้อง” หากผู้เรียนเลือกคำตอบผิดมากกว่า 2 ครั้ง โปรแกรมจะมีตัวช่วยแสดงคำตอบที่ถูกต้องปรากฏให้เห็นอยู่ในจอทซ์ (ภาพที่ 71)



ภาพที่ 71 หน้าจอแสดงตัวช่วย (hint) คำตอบที่ถูกต้องในการกำหนดข้อมูลแทนตัวแปร

โปรแกรมจะเก็บจำนวนครั้งในการเลือกคำตอบผิดและเก็บจำนวนครั้งทั้งหมดในการเลือกคำตอบและนำไปคิดค่าระดับคะแนน ค่าระดับคะแนนที่คิดได้จะถูกนำไปรวมกับค่าระดับคะแนนของขั้นตอนระบุจำนวนตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ ผลรวมค่าระดับคะแนน (%) จะถูกนำไปแสดงที่แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนน หากค่าระดับคะแนนในแถบสถานะยังไม่สามารถแสดงค่าระดับคะแนนได้ 100% ผู้เรียนต้องทำจอทซ์รูปแบบที่ 1 ซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะตอบจำนวนตัวแปร และกำหนดข้อมูลแทน ตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ ได้ถูกต้องในครั้งเดียว หากแถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนน 100% ดังภาพที่ 72 จึงจะสามารถทำจอทซ์รูปแบบที่ 2 และจอทซ์รูปแบบอื่นๆ จนครบจอทซ์ทั้ง 4 ข้อ (ภาพที่ 73)



ภาพที่ 72 หน้าจอแสดงค่าระดับคะแนนขั้นตอนกำหนดข้อมูลแทนตัวแปรกรณีเลือกคำตอบถูกต้องเพียงครั้งเดียว



ภาพที่ 73 หน้าจอแสดงสถานะการทำแบบฝึกหัดครบโจทย์ทั้ง 4 ข้อ ของระดับการเรียนรู้ที่ 1 เมื่อผู้เรียนทำแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ระดับที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปรตัดสินใจครบทั้ง 4 โจทย์และค่าระดับคะแนนรวมของ โจทย์ทั้ง 4 ข้อ มีค่าระดับคะแนน 100% ผู้เรียนจะทราบความก้าวหน้าในการทำแบบฝึกหัดในระดับการเรียนรู้ที่ทำแล้วโดยสถานะการทำแบบฝึกหัดจะขึ้นข้อความ “ดำเนินการแล้ว” (ภาพที่ 74)



ภาพที่ 74 หน้าจอแสดงสถานะค่าระดับคะแนนการทำแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ที่ 1 ครบถ้วนทำครบทุกข้อ หากผู้เรียนไม่สามารถทำแบบฝึกหัดให้ครบทั้ง 4 ข้อภายในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ผู้เรียนสามารถย้อนกลับมาทำต่อได้ในภายหลัง แต่ทั้งนี้สถานะค่าระดับคะแนนการทำแบบฝึกหัดจะขึ้นสถานะข้อความ “อยู่ระหว่างการดำเนินการ” (ภาพที่ 75) นอกจากนี้ผู้เรียนสามารถเข้ามาดูคำตอบที่เคยตอบสำหรับบททวนความเข้าใจภายหลังได้ (ภาพที่ 76)

คำชี้แจง

แบบฝึกหัดการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นออนไลน์ มีแบบฝึกหัดให้ผู้เรียนฝึกทำ 3 ระดับการเรียนรู้ ผู้เรียนต้องฝึกทำแบบฝึกหัดทั้ง 3 ระดับการเรียนรู้ ดังนี้

- 1 ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และกำหนดตัวแปรการตัดสินใจ (decision variable) ได้ถูกต้องครบถ้วน
- 2 ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ถูกต้อง
- 3 ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และระบุฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ (constraints) ได้ถูกต้อง

เงื่อนไข:

- 1 ผู้เรียนจะต้องทำแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดในหัวข้อเสร็จก่อนจึงจะเข้าไปทำแบบฝึกหัดแต่ละระดับการเรียนรู้ได้
- 2 ผู้เรียนจะต้องทำแบบฝึกหัดแต่ละระดับการเรียนรู้ในหัวข้อเสร็จก่อนจึงจะเข้าไปทำแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดได้

คำระดับคะแนน

แบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด 58%

✓ 7 ข้อ ✗ 4 ข้อ 🕒 7/12 ⌚ 8.77 u.

แบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัด 0%

❌ ไม่ได้อ่าน

ระดับที่	การเรียนรู้	สถานะ	คะแนน
1	กำหนดตัวแปรตัดสินใจ	ดูรายละเอียด	25% ↓
2	เขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์	ดูไม่ได้	0% ↓
3	เขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ	ดูไม่ได้	0% ↓

ภาพที่ 75 หน้าจอแสดงสถานะค่าระดับคะแนนการทำแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ที่ 1 กรณีทำไม่ครบทุกข้อ

โจทย์รูปแบบที่ 1
โจทย์รูปแบบที่ 2
โจทย์รูปแบบที่ 3
โจทย์รวม 3 รูปแบบ

เจ้าของบริษัทขนส่งสินค้าจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ น้าฉัตรชนิด M และน้าฉัตรชนิด N โดยทำมาจาก ฟรุ๊ตน้ำแดง และฟรุ๊ตน้ำส้ม ทั้งนี้ น้าฉัตรชนิด M 1 ขวด ใช้ฟรุ๊ตน้ำแดง 2 กรัม และใช้ฟรุ๊ตน้ำส้ม 3 กรัม น้าฉัตรชนิด N 1 ขวด ใช้ฟรุ๊ตน้ำแดง 2 กรัม และใช้ฟรุ๊ตน้ำส้ม 1 กรัม โดยที่ฟรุ๊ตน้ำแดงมีเพียง 2,562 กรัม และฟรุ๊ตน้ำส้มมีเพียง 5,977 กรัม น้าฉัตรชนิด M ผลิตได้จำนวนขวด 91 ขวด และน้าฉัตรชนิด N ผลิตได้จำนวนขวด 66 ขวด จงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดจำนวนการผลิต น้าฉัตรชนิด M และน้าฉัตรชนิด N อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด

ระบุจำนวนตัวแปรที่ตัดสินใจ: 2 ตัวแปรตัวที่ 1 ส่วนลดให้เป็นตัวอักษร: A ส่วนลดให้ตัวแปร A และจำนวนการผลิต: น้าฉัตรชนิด M
ตัวแปรตัวที่ 2 ส่วนลดให้เป็นตัวอักษร: B ส่วนลดให้ตัวแปร B และจำนวนการผลิต: น้าฉัตรชนิด N

โจทย์รูปแบบที่ 1
โจทย์รูปแบบที่ 2
โจทย์รูปแบบที่ 3
โจทย์รวม 3 รูปแบบ

ร้านส่วนแบ่งเครื่องดื่มสดมีจำนวน 3 ชนิด เช่น เฉาก๊วย ใต้อกม และใต้อกมเขียว ซึ่งแต่ละชนิดมีตัวใส่กระดาษของข้างในกระดาษ 2 ชิ้นใน 1 ชั่วโมง หรือ 4 ชิ้นใน 2 ชั่วโมง และประกอบ 3 ชิ้นใน 1 ชั่วโมง โดยที่กระดาษมีตัวใส่กระดาษของข้างในกระดาษ 3 ชิ้นใน 1 ชั่วโมง หรือ 4 ชิ้นใน 2 ชั่วโมง และประกอบ 3 ชิ้นใน 1 ชั่วโมง หรือ 4 ชิ้นใน 2 ชั่วโมง โดยที่กระดาษมีตัวใส่กระดาษของข้างในกระดาษ 11 นาที และใต้อกมเขียวมีตัวใส่กระดาษ 39 นาที จงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดจำนวนการผลิต เฉาก๊วย ใต้อกม และใต้อกมเขียว อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด

ระบุจำนวนตัวแปรที่ตัดสินใจ: 3 ตัวแปรตัวที่ 1 ส่วนลดให้เป็นตัวอักษร: A ส่วนลดให้ตัวแปร A และจำนวนการผลิต: เฉาก๊วย
ตัวแปรตัวที่ 2 ส่วนลดให้เป็นตัวอักษร: B ส่วนลดให้ตัวแปร B และจำนวนการผลิต: ใต้อกม
ตัวแปรตัวที่ 3 ส่วนลดให้เป็นตัวอักษร: C ส่วนลดให้ตัวแปร C และจำนวนการผลิต: ใต้อกมเขียว

โจทย์รูปแบบที่ 1
โจทย์รูปแบบที่ 2
โจทย์รูปแบบที่ 3
โจทย์รวม 3 รูปแบบ

อุตสาหกรรมผลิตผ้าจำนวน 2 อย่าง ฉากผ้าและ เสื้อผ้าขนสัตว์ โดยผลิตจาก ลินินเนื้อไม่เสถียร ไนลอนขนยาว และใยวีร์ระดับพรีเมียม เสื้อผ้าขนสัตว์ 1 ตัว ใช้ลินินเนื้อไม่เสถียร 11 กิโลกรัม เนื้อผ้า 4 กิโลกรัม และใยวีร์ระดับพรีเมียม 16 กิโลกรัม เสื้อผ้าขนสัตว์ 1 ตัว ใช้ลินินเนื้อไม่เสถียร 14 กิโลกรัม เนื้อผ้า 11 กิโลกรัม และใยวีร์ระดับพรีเมียม 15 กิโลกรัม โดยที่ลินินเนื้อไม่เสถียรมีตัวใส่กระดาษ 4 นาที และเสื้อผ้าขนสัตว์มีตัวใส่กระดาษ 4 นาที โดยที่ลินินเนื้อไม่เสถียรมีตัวใส่กระดาษ 9,585 กิโลกรัม และเสื้อผ้าขนสัตว์มีตัวใส่กระดาษ 4,371 กิโลกรัม โดยที่ลินินเนื้อไม่เสถียรมีตัวใส่กระดาษ 1,474 กิโลกรัม และใยวีร์ระดับพรีเมียมมีตัวใส่กระดาษ 4,852 กิโลกรัม เสื้อผ้าขนสัตว์มีตัวใส่กระดาษ 76 นาที และเสื้อผ้าขนสัตว์มีตัวใส่กระดาษ 51 นาที จงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดจำนวนการผลิต เสื้อผ้าขนสัตว์ และเสื้อผ้าขนสัตว์อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด

ระบุจำนวนตัวแปรที่ตัดสินใจ: 2 ตัวแปรตัวที่ 1 ส่วนลดให้เป็นตัวอักษร: A ส่วนลดให้ตัวแปร A และจำนวนการผลิต: เสื้อผ้าขนสัตว์
ตัวแปรตัวที่ 2 ส่วนลดให้เป็นตัวอักษร: B ส่วนลดให้ตัวแปร B และจำนวนการผลิต: เสื้อผ้าขนสัตว์

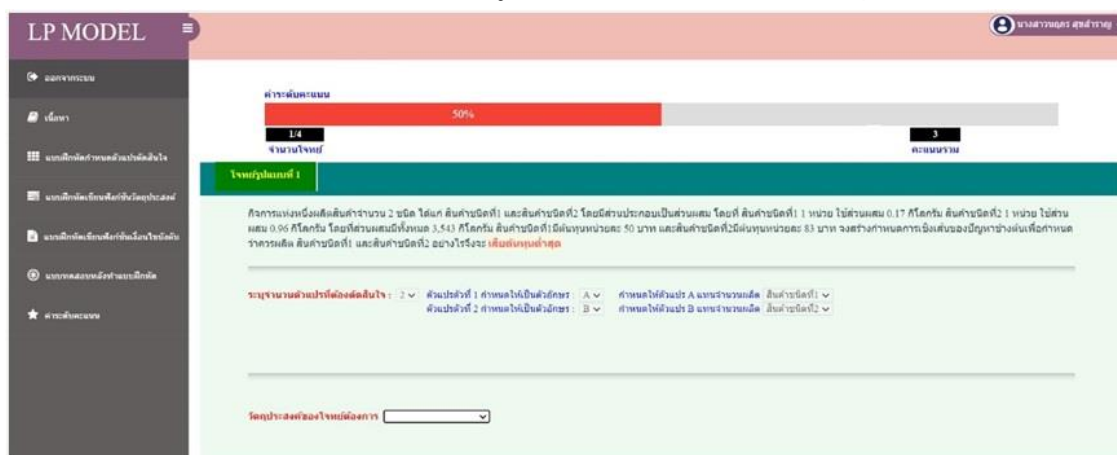
โจทย์รูปแบบที่ 1
โจทย์รูปแบบที่ 2
โจทย์รูปแบบที่ 3
โจทย์รวม 3 รูปแบบ

โรงงานแห่งหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุมชน และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุมชน โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุมชนหนึ่งเครื่องใช้กระดาษ 2 ชิ้นใน 1 ชั่วโมง หรือ 4 ชิ้นใน 2 ชั่วโมง และใช้กระดาษ 2 ชิ้นใน 1 ชั่วโมง หรือ 4 ชิ้นใน 2 ชั่วโมง โดยที่กระดาษมีตัวใส่กระดาษของข้างในกระดาษ 11 นาที และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุมชนมีตัวใส่กระดาษ 39 นาที จงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดจำนวนการผลิต เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุมชน และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุมชน อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด

ระบุจำนวนตัวแปรที่ตัดสินใจ: 2 ตัวแปรตัวที่ 1 ส่วนลดให้เป็นตัวอักษร: A ส่วนลดให้ตัวแปร A และจำนวนการผลิต: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุมชน
ตัวแปรตัวที่ 2 ส่วนลดให้เป็นตัวอักษร: B ส่วนลดให้ตัวแปร B และจำนวนการผลิต: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุมชน

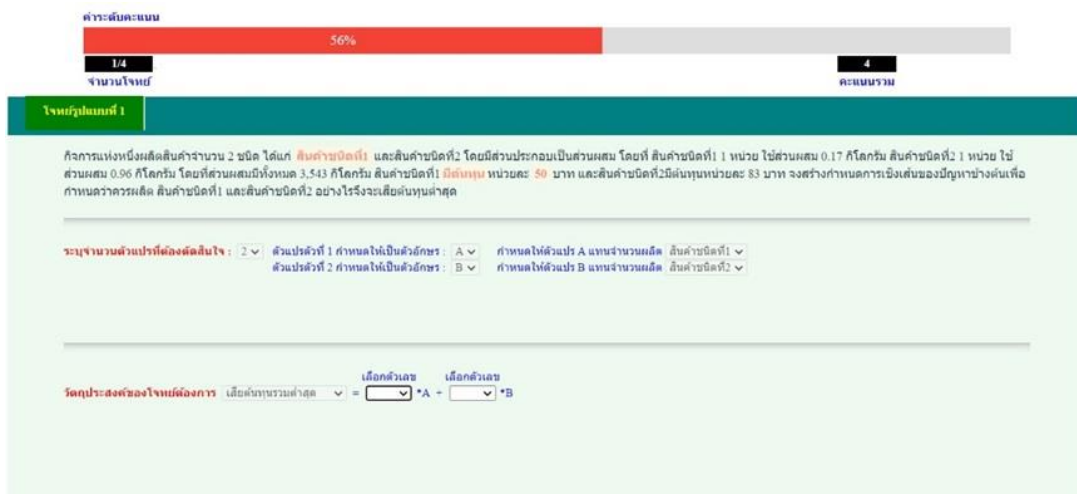
ภาพที่ 76 หน้าจอแสดงคำตอบของโจทย์แต่ละรูปแบบของแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ระดับที่ 1

แบบฝึกหัดการเรียนรู้ ระดับที่ 2 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ผู้เรียนจะเริ่มฝึกทำตั้งแต่ขั้นตอนการกำหนดตัวแปร ซึ่งในขั้นตอนการกำหนดตัวแปรหากผู้เรียนเลือกคำตอบไม่ถูกต้อง โปรแกรมจะไม่มีตัวช่วยแสดงคำตอบที่ถูกต้องให้เหมือนกับฝึกทำในระดับการเรียนรู้ระดับที่ 1 แนวปฏิบัติในการทำแบบฝึกหัดผู้เรียนจะปฏิบัติเช่นเดียวกับแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ ระดับที่ 1 การคำนวณค่าระดับคะแนนใช้วิธีการคำนวณตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัยหัวข้อ การกำหนดค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ ระดับที่ 2 การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์

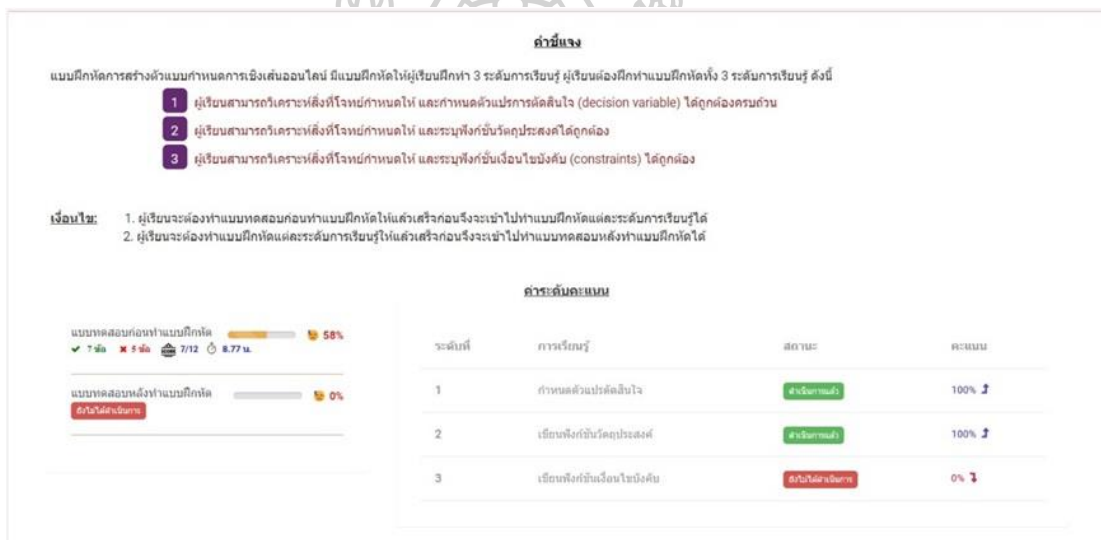


ภาพที่ 77 หน้าจอแสดงตัวช่วย (hint) แสดงคำตอบวัตถุประสงค์ของโจทย์ที่ถูกต้อง

กรณีผู้เรียนเลือกวัตถุประสงค์ของโจทย์ที่ต้องการฝึกจะมีข้อความแจ้งเตือน “ระบุวัตถุประสงค์ที่โจทย์ต้องการไม่ถูกต้อง!!” โปรแกรมจะเก็บจำนวนครั้งในการเลือกคำตอบผิดและจำนวนครั้งทั้งหมดในการเลือกคำตอบ ในระหว่างที่ผู้เรียนเลือกคำตอบ จำนวนครั้งในการเลือกคำตอบผิด คำตอบถูก และจำนวนครั้งในการเลือกคำตอบทั้งหมดจะถูกนำไปคิดคะแนน ค่าระดับคะแนนที่คิดได้จะถูกนำไปรวมกับค่าระดับคะแนนของขั้นตอนระบุจำนวนตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ และขั้นตอนกำหนดข้อมูลแทนตัวแปร ผลรวมค่าระดับคะแนน (%) จะถูกนำไปแสดงที่แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนน ทั้งนี้โปรแกรมจะมีตัวช่วยแสดงคำตอบที่ถูกต้อง (hint) ถ้าหากตอบวัตถุประสงค์ที่โจทย์ต้องการผิดมากกว่า 2 ครั้ง (ภาพที่ 77) และเมื่อผู้เรียนเลือกคำตอบวัตถุประสงค์ของโจทย์ที่ต้องการได้ถูกต้องในครั้งเดียวได้ ผู้เรียนต้องทำระบุตัวเลขที่เป็นมูลค่าของสินค้า หากระบุตัวเลขแทนมูลค่าสินค้าผิดมากกว่า 2 ครั้ง โปรแกรมจะแสดงคำตอบที่ถูกต้องให้ในโจทย์ (ภาพที่ 78) และหากผู้เรียนสามารถระบุตัวแปร วัตถุประสงค์ของโจทย์ และมูลค่าของสินค้าได้ถูกต้องเพียงครั้งเดียวโดยมีค่าระดับคะแนน 100% ผู้เรียนจะเห็นคะแนนความก้าวหน้าในการทำแบบฝึกหัด (ภาพที่ 79) โดยสามารถดูคำตอบที่ถูกต้องสำหรับบททวนความเข้าใจภายหลังได้เช่นเดียวกับแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ระดับที่ 1 (ภาพที่ 80)



ภาพที่ 78 หน้าจอแสดงตัวช่วย (hint) แสดงคำตอบมูลค่าสินค้าที่ถูกต้อง



ภาพที่ 79 หน้าจอแสดงสถานะค่าระดับคะแนนการทำแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ที่ 2 กรณีทำครบทุกข้อ

แบบฝึกหัดการเรียนรู้ ระดับที่ 3 เรื่องการเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ ผู้เรียนจะเริ่มฝึกทำตั้งแต่ขั้นตอนการกำหนดตัวแปร และระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งในขั้นตอนการกำหนดตัวแปรและขั้นตอนระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์หากผู้เรียนเลือกคำตอบไม่ถูกต้อง โปรแกรมจะไม่มีตัวช่วยแสดงคำตอบที่ถูกต้องให้เหมือนกับฝึกทำในระดับการเรียนรู้ระดับที่ 1 และระดับที่ 2 แนวปฏิบัติในการทำแบบฝึกหัดผู้เรียนจะปฏิบัติเช่นเดียวกับแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ก่อนหน้า ในระหว่างที่ผู้เรียนเลือกคำตอบ จำนวนครั้งในการเลือกคำตอบผิด คำตอบถูก และจำนวนครั้งในการเลือกคำตอบทั้งหมดจะถูกนำไปคิดคะแนน ค่าระดับคะแนนที่คิดได้จะถูกนำไปรวมกับค่าระดับคะแนนระบุจำนวนตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ คะแนนกำหนดข้อมูลแทนตัวแปร คะแนนระบุวัตถุประสงค์ที่โจทย์ต้องการ คะแนนระบุตัวเลขแทนมูลค่าสินค้า คะแนนระบุตัวเลขจำนวนการใช้

ทรัพยากรของสินค้า คะแนนระบุเครื่องหมายแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร คะแนนระบุจำนวนทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่ และคะแนนระบุหน่วยบอกปริมาณทรัพยากรการผลิต ผลรวมค่าระดับคะแนน (%) จะถูกนำไปแสดงที่แถบสถานะแสดงค่าระดับคะแนน การคำนวณค่าระดับคะแนนใช้วิธีการคำนวณตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย หัวข้อ การกำหนดค่าระดับคะแนนการเรียนรู้ ระดับที่ 3 การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ

The screenshot displays four examples of linear equations in one variable, each presented in a structured format within a learning management system. Each example consists of a word problem, a list of variables, a linear equation, and a solution.

- Example 1:** A word problem about a factory's production of two types of products. The variables are defined as the number of units of each product. The equation is $2x + 3y = 43$, where x and y are the number of units of products A and B, respectively.
- Example 2:** A word problem about a factory's production of two types of products. The variables are defined as the number of units of each product. The equation is $4x + 7y = 42$, where x and y are the number of units of products A and B, respectively.
- Example 3:** A word problem about a factory's production of two types of products. The variables are defined as the number of units of each product. The equation is $5x + 7y = 57$, where x and y are the number of units of products A and B, respectively.
- Example 4:** A word problem about a factory's production of two types of products. The variables are defined as the number of units of each product. The equation is $3x + 3y = 34$, where x and y are the number of units of products A and B, respectively.

ภาพที่ 80 หน้าจอแสดงคำตอบของโจทย์แต่ละรูปแบบของแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ระดับที่ 2

สำหรับแบบฝึกหัดเรียนรู้ระดับที่ 3 การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ ประกอบด้วย ขั้นตอนการเขียนฟังก์ชัน 3 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1) ขั้นตอนระบุตัวเลขปริมาณการใช้ทรัพยากร กรณีผู้เรียนกรณีผู้เรียนเลือกตัวเลข จำนวนการใช้ทรัพยากรของสินค้าฝักจะมีข้อความแจ้งเตือน “ระบุจำนวนการใช้ทรัพยากรไม่ถูกต้อง!!!” ถ้าหากระบุตัวเลขแทนปริมาณการใช้ทรัพยากร ฝักมากกว่า 2 ครั้ง โปรแกรมจะแสดงตัวช่วยเลือกคำตอบที่ถูกต้องให้ในจอทซ์ (ภาพที่ 81)

ค่าระดับคะแนน 40%

จำนวนโจทย์ 1/4 คะแนนรวม 6

โจทย์ประเภทที่ 1

ครอบครัวหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ มะขามกวน และมะขามแก้ว ซึ่งทำมาจาก น้ำตาล และเนื้อมะขาม โดยที่ มะขามกวน 1 ก้อน ใช้น้ำตาล 0.09 กิโลกรัม และใช้เนื้อมะขาม 0.64 กิโลกรัม มะขามแก้ว 1 ก้อน ใช้น้ำตาล 0.15 กิโลกรัม และใช้เนื้อมะขาม 0.74 กิโลกรัม โดยที่น้ำตาลมีมากที่สุด 6.348 กิโลกรัม และเนื้อมะขามมีสูงสุด 4.634 กิโลกรัม มะขามกวนได้กำไรสูงสุด 80 บาท และมะขามแก้วได้กำไรสูงสุด 57 บาท จงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดว่าควรผลิต มะขามกวน และมะขามแก้ว อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด

ระบุจำนวนหน่วยแปรที่ต้องตัดสินใจ : 2 ตัวแปรตัวที่ 1 กำหนดให้เป็นตัวอักษร : X กำหนดให้ตัวแปร X แทนจำนวนฝัก มะขามกวน
ตัวแปรตัวที่ 2 กำหนดให้เป็นตัวอักษร : Y กำหนดให้ตัวแปร Y แทนจำนวนฝัก มะขามแก้ว

วัตถุประสงค์ของโจทย์ต้องการ กำไรรวมสูงสุด = 80 * X + 57 * Y

ฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ: เลือกตัวเลข *X + *Y

ภาพที่ 81 หน้าจอแสดงตัวช่วย (hint) แสดงคำตอบจำนวนการใช้ทรัพยากรที่ถูกต้อง

2) ขั้นตอนระบุเครื่องหมายแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร กรณีผู้เรียนเลือกตัวเลข จำนวนการใช้ทรัพยากรของสินค้าฝักจะมีข้อความแจ้งเตือน “ระบุเครื่องหมายไม่ถูกต้อง!!!” ถ้าหากระบุเครื่องหมาย ฝักมากกว่า 2 ครั้ง โปรแกรมจะแสดงตัวช่วยเลือกคำตอบที่ถูกต้องให้ในจอทซ์ (ภาพที่ 82)

ค่าระดับคะแนน 46%

จำนวนโจทย์ 1/4 คะแนนรวม 8

โจทย์ประเภทที่ 1

ครอบครัวหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ มะขามกวน และมะขามแก้ว ซึ่งทำมาจาก น้ำตาล และเนื้อมะขาม โดยที่ มะขามกวน 1 ก้อน ใช้น้ำตาล 0.09 กิโลกรัม และใช้เนื้อมะขาม 0.64 กิโลกรัม มะขามแก้ว 1 ก้อน ใช้น้ำตาล 0.15 กิโลกรัม และใช้เนื้อมะขาม 0.74 กิโลกรัม โดยที่น้ำตาล มีมากที่สุด : (5) 6.348 กิโลกรัม และเนื้อมะขามมีสูงสุด 4.634 กิโลกรัม มะขามกวนได้กำไรสูงสุด 80 บาท และมะขามแก้วได้กำไรสูงสุด 57 บาท จงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดว่าควรผลิต มะขามกวน และมะขามแก้ว อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด

ระบุจำนวนหน่วยแปรที่ต้องตัดสินใจ : 2 ตัวแปรตัวที่ 1 กำหนดให้เป็นตัวอักษร : X กำหนดให้ตัวแปร X แทนจำนวนฝัก มะขามกวน
ตัวแปรตัวที่ 2 กำหนดให้เป็นตัวอักษร : Y กำหนดให้ตัวแปร Y แทนจำนวนฝัก มะขามแก้ว

วัตถุประสงค์ของโจทย์ต้องการ กำไรรวมสูงสุด = 80 * X + 57 * Y

ฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ: เลือกตัวเลข เลือกตัวเลข เลือกเครื่องหมาย *X + *Y *Y

ข้อจำกัด: จำนวนของน้ำตาล

ภาพที่ 82 หน้าจอแสดงตัวช่วย (hint) แสดงเครื่องหมายที่เป็นคำตอบที่ถูกต้อง

3) ขั้นตอนระบุจำนวนปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ กรณีผู้เรียนเลือกตัวเลขจำนวนการใช้ทรัพยากรของสินค้าผิดจะมีข้อความแจ้งเตือน “ระบุจำนวนทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่ไม่ถูกต้อง!!!” ถ้าหากระบุตัวเลขแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากร ผิดมากกว่า 2 ครั้ง โปรแกรมจะแสดงตัวช่วยเลือกคำตอบที่ถูกต้องไว้ในจอทซ์ (ภาพที่ 83)



ภาพที่ 83 หน้าจอแสดงตัวช่วย (hint) แสดงตัวเลขแทนปริมาณการมีอยู่ของทรัพยากรที่ถูกต้อง



ภาพที่ 84 หน้าจอแสดงสถานะค่าระดับคะแนนการทำแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ที่ 3 กรณีทำครบทุกข้อ

หากผู้เรียนสามารถกำหนดตัวแปร ระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และระบุค่าต่างๆ ให้กับฟังก์ชันเงื่อนไขข้อบังคับได้ถูกต้องเพียงครั้งเดียวโดยมีค่าระดับคะแนน 100% ผู้เรียนจะเห็นคะแนนความก้าวหน้าในการทำแบบฝึกหัด (ภาพที่84) และสามารถดูคำตอบที่ถูกต้องสำหรับทบทวนความเข้าใจภายหลังได้เช่นเดียวกับแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ก่อนหน้า (ภาพที่ 85 – ภาพที่ 86)

โจทย์รูปแบบที่ 1 **โจทย์รูปแบบที่ 2** **โจทย์รูปแบบที่ 3** **โจทย์รวม 3 รูปแบบ**

บริษัทไทยเคจจิวเคล็ดสินค้าจำนวน 2 อย่าง ได้แก่ สินค้าชนิดที่ 1 และสินค้าชนิดที่ 2 โดยทำมาจาก วัสดุ A วัสดุ B และวัสดุ C โดยที่ สินค้าชนิดที่ 1 ใช้ วัสดุ A 10 หน่วย วัสดุ B 10 หน่วย และวัสดุ C 10 หน่วย สินค้าชนิดที่ 2 ใช้ วัสดุ A 12 หน่วย วัสดุ B 13 หน่วย และวัสดุ C 14 หน่วย โดยที่ วัสดุ A มีเพียง 5,691 หน่วย วัสดุ B มีเพียง 6,965 หน่วย และวัสดุ C มีเพียง 6,934 หน่วย สินค้าชนิดที่ 1 ได้กำไรร้อยละ 83 บาท และสินค้าชนิดที่ 2 ได้กำไรร้อยละ 79 บาท จงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดราคาการผลิต สินค้าชนิดที่ 1 และสินค้าชนิดที่ 2 อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด

ระบุจำนวนตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ : 2 ตัวแปรตัวที่ 1 กำหนดให้เป็นตัวอักษร : A กำหนดให้ตัวแปร A แทนจำนวนการผลิต : สินค้าชนิดที่ 1
 ตัวแปรตัวที่ 2 กำหนดให้เป็นตัวอักษร : B กำหนดให้ตัวแปร B แทนจำนวนการผลิต : สินค้าชนิดที่ 2

เลือกตัวเลข เลือกตัวเลข

วัตถุประสงค์ของใจที่ต้องการ : กำไรรวมสูงสุด = 83 * A + 79 * B

ฟังก์ชันเงื่อนไขข้อบังคับ :

เลือกตัวเลข	เลือกตัวเลข	เลือกเครื่องหมาย	เลือกตัวเลข	เลือกหน่วยกบปริมาณ	
10	*A =	12	*B	≤	5,691
10	*A =	13	*B	≤	6,965
10	*A =	14	*B	≤	6,934

ข้อจำกัด : จำนวนของวัสดุ A
 ข้อจำกัด : จำนวนของวัสดุ B
 ข้อจำกัด : จำนวนของวัสดุ C

โจทย์รูปแบบที่ 1 **โจทย์รูปแบบที่ 2** **โจทย์รูปแบบที่ 3** **โจทย์รวม 3 รูปแบบ**

ร้านค้าแห่งหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด เช่น สินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง ซึ่ง สินค้าชนิดที่หนึ่งหนึ่งชิ้น ใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิต 4 นาที และสินค้าชนิดที่สองหนึ่งชิ้น ใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิต 4 นาที ทั้งนี้เครื่องจักรเดียวสามารถผลิต 3,838 นาที สินค้าชนิดที่หนึ่งได้กำไรร้อยละ 12 บาท และสินค้าชนิดที่สองได้กำไรร้อยละ 71 บาท จงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดราคาการผลิต สินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด

ระบุจำนวนตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ : 2 ตัวแปรตัวที่ 1 กำหนดให้เป็นตัวอักษร : A กำหนดให้ตัวแปร A แทนจำนวนการผลิต : สินค้าชนิดที่หนึ่ง
 ตัวแปรตัวที่ 2 กำหนดให้เป็นตัวอักษร : B กำหนดให้ตัวแปร B แทนจำนวนการผลิต : สินค้าชนิดที่สอง

เลือกตัวเลข เลือกตัวเลข

วัตถุประสงค์ของใจที่ต้องการ : กำไรรวมสูงสุด = 12 * A + 71 * B

ฟังก์ชันเงื่อนไขข้อบังคับ :

เลือกตัวเลข	เลือกตัวเลข	เลือกเครื่องหมาย	เลือกตัวเลข	เลือกหน่วยกบปริมาณ	
4	*A =	4	*B	≤	3,838

ข้อจำกัด : เวลาของเครื่องจักร

ภาพที่ 85 คำตอบของ โจทย์แต่ละรูปแบบในแบบฝึกหัดระดับการศึกษาระดับที่ 3 (1)

โจทย์รูปแบบที่ 1 **โจทย์รูปแบบที่ 2** **โจทย์รูปแบบที่ 3** **โจทย์รวม 3 รูปแบบ**

บริษัทที่ประกอบธุรกิจไทยเคล็ดสินค้าจำนวน 2 ชนิด คือ เก๋ซี่ และโล๊ะ ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นผงไม้ทั้งนี้ เก๋ซี่ 1 ตัว ใช้ผงไม้ 27 ฟูล โล๊ะ 1 ตัว ใช้ผงไม้ 27 ฟูล เก๋ซี่หนึ่งตัว ใช้เวลาของแรงงานคนในการประกอบ 4 นาที โล๊ะหนึ่งตัว ใช้เวลาของแรงงานคนในการประกอบ 4 นาที โดยที่ผงไม้ที่มีอยู่ทั้งหมด 2,721 ฟูล และแรงงานคนมีเวลาพร้อมที่สุด 2,038 นาที เก๋ซี่ได้กำไรค่าละ 46 บาท และโล๊ะได้กำไรค่าละ 64 บาท จงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดราคาการผลิต เก๋ซี่ และโล๊ะอย่างไรจึงจะได้กำไรค่าละ

ระบุจำนวนตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ : 2 ตัวแปรตัวที่ 1 กำหนดให้เป็นตัวอักษร : X กำหนดให้ตัวแปร X แทนจำนวนการผลิต : เก๋ซี่
 ตัวแปรตัวที่ 2 กำหนดให้เป็นตัวอักษร : Y กำหนดให้ตัวแปร Y แทนจำนวนการผลิต : โล๊ะ

เลือกตัวเลข เลือกตัวเลข

วัตถุประสงค์ของใจที่ต้องการ : เมื่อได้กำไรรวมค่าละ = 46 * X + 64 * Y

ฟังก์ชันเงื่อนไขข้อบังคับ :

เลือกตัวเลข	เลือกตัวเลข	เลือกเครื่องหมาย	เลือกตัวเลข	เลือกหน่วยกบปริมาณ	
27	*X =	27	*Y	≥	2,721
4	*X =	4	*Y	≥	2,038

ข้อจำกัด : จำนวนของผงไม้
 ข้อจำกัด : จำนวนของแรงงาน

โจทย์รูปแบบที่ 1 **โจทย์รูปแบบที่ 2** **โจทย์รูปแบบที่ 3** **โจทย์รวม 3 รูปแบบ**

บริษัทที่ประกอบธุรกิจไทยเคล็ดสินค้าจำนวน 4 ชนิด อาทิเช่น วัสดุ A วัสดุ B วัสดุ C และวัสดุ D โดย ใช้ น้ำมัน ข้าว และไข่ เป็นส่วนประกอบ โดยที่ วัสดุ A 1 กิโลกรัม ใช้ น้ำมัน 1 ลิตร ข้าว 1 กิโลกรัม และไข่ 1 ฟอง วัสดุ B 1 กิโลกรัม ใช้ น้ำมัน 1 ลิตร ข้าว 1 กิโลกรัม และไข่ 2 ฟอง วัสดุ C 1 กิโลกรัม ใช้ น้ำมัน 1 ลิตร ข้าว 1 กิโลกรัม และไข่ 1 ฟอง วัสดุ D 1 กิโลกรัม ใช้ น้ำมัน 1 ลิตร ข้าว 2 กิโลกรัม และไข่ 2 ฟอง โดยที่ น้ำมันมีอยู่ 6,665 ลิตร ข้าวมีอยู่ 8,695 กิโลกรัม และไข่มีอยู่ 2,761 ฟอง วัสดุ A ได้กำไรค่าละ 16 บาท วัสดุ B ได้กำไรค่าละ 94 บาท วัสดุ C ได้กำไรค่าละ 31 บาท และวัสดุ D ได้กำไรค่าละ 71 บาท จงสร้างกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาข้างต้นเพื่อกำหนดราคาการผลิต วัสดุ A วัสดุ B วัสดุ C และวัสดุ D อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด

ระบุจำนวนตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ : 4 ตัวแปรตัวที่ 1 กำหนดให้เป็นตัวอักษร : A กำหนดให้ตัวแปร A แทนจำนวนการผลิต : วัสดุ A
 ตัวแปรตัวที่ 2 กำหนดให้เป็นตัวอักษร : B กำหนดให้ตัวแปร B แทนจำนวนการผลิต : วัสดุ B
 ตัวแปรตัวที่ 3 กำหนดให้เป็นตัวอักษร : C กำหนดให้ตัวแปร C แทนจำนวนการผลิต : วัสดุ C
 ตัวแปรตัวที่ 4 กำหนดให้เป็นตัวอักษร : D กำหนดให้ตัวแปร D แทนจำนวนการผลิต : วัสดุ D

เลือกตัวเลข เลือกตัวเลข เลือกตัวเลข เลือกตัวเลข

วัตถุประสงค์ของใจที่ต้องการ : กำไรรวมสูงสุด = 16 * A + 94 * B + 31 * C + 71 * D

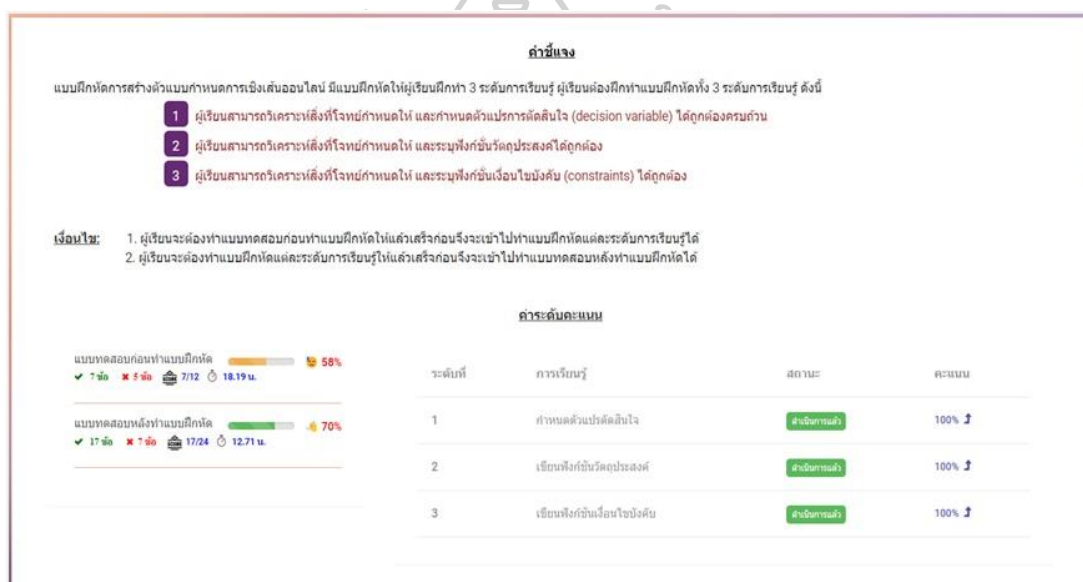
ฟังก์ชันเงื่อนไขข้อบังคับ :

เลือกตัวเลข	เลือกตัวเลข	เลือกตัวเลข	เลือกตัวเลข	เลือกเครื่องหมาย	เลือกตัวเลข	เลือกหน่วยกบปริมาณ			
1	*A =	1	*B =	1	*C =	1	*D	≤	6,665
1	*A =	1	*B =	1	*C =	2	*D	≤	8,695
1	*A =	2	*B =	1	*C =	2	*D	≤	2,761

ข้อจำกัด : จำนวนของน้ำมัน
 ข้อจำกัด : จำนวนของข้าว
 ข้อจำกัด : จำนวนของไข่

ภาพที่ 86 คำตอบของ โจทย์แต่ละรูปแบบในแบบฝึกหัดระดับการศึกษาระดับที่ 3 (2)

หลังจากผู้เรียนทำแบบฝึกหัดได้ค่าคะแนน 100% ทั้ง 3 ระดับการเรียนรู้ ผู้เรียนต้องทำแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัด (post-test) แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 24 ข้อ ทั้งนี้แบบทดสอบ 12 ข้อแรกจะเป็นโจทย์ใหม่ ส่วน 12 ข้อหลังจะเป็นโจทย์เดิมที่ผู้เรียนเคยทำแล้วในแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด (pre-test) หากผู้เรียนเลือกคำตอบถูกต้องจะได้ 1 คะแนน แต่ถ้าหากเลือกคำตอบผิดคะแนนที่ได้จะเป็น 0 คะแนน โดยผู้เรียนจะทราบคะแนนที่ได้ในแต่ละข้อ ทั้งนี้โจทย์แต่ละข้อจะมีการจับเวลาในการทำข้อละ 10 นาที ทั้งนี้หากเวลาหมดก่อนที่ผู้เรียนจะทำแบบทดสอบเสร็จ จะมีข้อความแจ้งเตือน “หมดเวลา” แต่ผู้เรียนสามารถทำแบบทดสอบต่อไปได้จนกว่าจะทำเสร็จ เมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบครบทั้ง 24 ข้อแล้วจะทราบค่าระดับคะแนนที่ได้ (%) จำนวนข้อที่ตอบถูก และจำนวนข้อที่ตอบผิด (ภาพที่ 87)



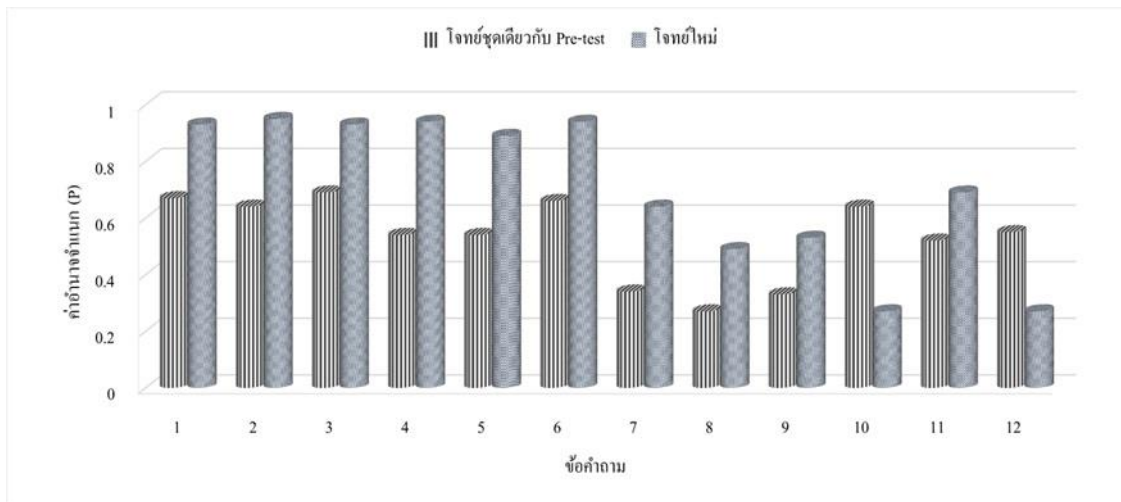
ภาพที่ 87 หน้าจอแสดงค่าระดับคะแนนของแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัด (post-test)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น

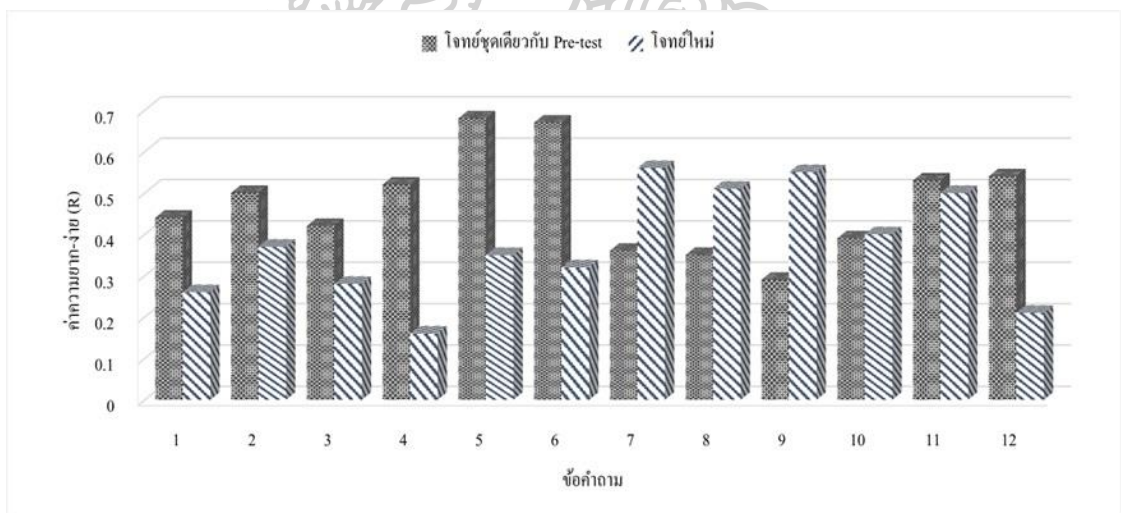
ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น 3 ระดับการเรียนรู้ จำนวน 12 ข้อ มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 ซึ่งแสดงว่าคุณภาพของแบบทดสอบ โจทย์และข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้อยู่ในเกณฑ์ “ใช้ได้” ทุกข้อ (ค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อแสดงในภาคผนวก ก)

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบเป็นรายชื่อของแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดที่มีโจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด (pre-test) และแบบทดสอบสอบที่เป็นโจทย์ใหม่ โดยหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) (รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ข และภาคผนวก ค) พบว่า ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบหลังทำ

แบบฝึกหัด (post-test) ของทั้ง 2 ชุด มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.29-0.68 (ภาพที่ 88) และค่าความยาก-ง่ายอยู่ระหว่าง 0.27-0.69 (ภาพที่ 89) นั่นหมายความว่าแบบทดสอบที่ใช้ในการทดลองในภาพรวมสามารถจำแนกผู้เรียนได้ และมีระดับความยากและง่ายในระดับปานกลาง ในส่วนของค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.64 หรือ 64% ซึ่งคุณภาพของแบบทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้



ภาพที่ 88 กราฟเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัด



ภาพที่ 89 กราฟเปรียบเทียบค่าความยาก-ง่ายของแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัด

ประสิทธิภาพและดัชนีประสิทธิผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้เป็นรูปแบบของแบบฝึกหัด 3 ระดับการเรียนรู้ให้ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างฝึกทักษะการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น โจทย์สำหรับแบบฝึกหัดทั้ง 3 ระดับการเรียนรู้จะประกอบไปด้วยโจทย์ 3 รูปแบบ ทั้งนี้ ผู้เรียนต้องทำแบบฝึกหัดกับโจทย์แต่ละรูปแบบในแต่ละระดับการเรียนรู้ โดยเลือกคำตอบให้ถูกต้องเพียงครั้งเดียว จากผลการวิเคราะห์ค่า

ระดับคะแนนแต่ละระดับการเรียนรู้ เพื่อนำมาหาคะแนนประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังทำแบบฝึกหัดด้วย โจทย์และข้อคำถามเดียวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนทำแบบฝึกหัดกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังทำแบบฝึกหัดด้วย โจทย์และข้อคำถามชุดใหม่ เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เทียบกับเกณฑ์ 80/80 ประสิทธิภาพของกระบวนการโดยรวมมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 90.38 และจากการพิจารณาคะแนนประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ผู้เรียนได้ทำคะแนนเฉลี่ยแบบฝึกหัดในภาพรวมสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ โดยทุกแบบฝึกหัดได้ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) สูงกว่าเกณฑ์ค่าเฉลี่ย (91.12 ± 11.12 แบบฝึกหัดเรื่อง การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ และ 90 ± 10 แบบฝึกหัดเรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์) และแบบฝึกหัดเรื่อง การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ (90.00 ± 10) เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพโดยรวมหลังจากผู้เรียนได้ฝึกทำแบบฝึกหัด (E_2) พบว่า ประสิทธิภาพโดยรวมเมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วย โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 80.81 (80.81 ± 0.81) และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.5914 ซึ่งแสดงว่าผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น 0.5914 หรือคิดเป็นร้อยละ 59.14 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพโดยรวมเมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบกับโจทย์ใหม่ พบว่า ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 70.45 (70.45 ± 9.55) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.3710 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น 0.3710 หรือคิดเป็นร้อยละ 37.10

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัด

การวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน แบ่งผลการเรียนออกเป็น 3 ระดับการเรียนรู้ ได้แก่ ระดับการเรียนรู้ระดับที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ ระดับการเรียนรู้ระดับที่ 2 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และ ระดับการเรียนรู้ระดับที่ 3 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และจำแนกกลุ่มผู้เรียน 5 กลุ่ม (คะแนนดีเยี่ยม 10-12 คะแนน คะแนนดี 9 คะแนน คะแนนปานกลาง 8 คะแนน คะแนนน้อย 6-7 คะแนน และ คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ 0-5 คะแนน) ด้วยวิธีการแบ่งตามเกณฑ์กำหนดโดยตรง (Fixed Criteria) โดยนำคะแนนที่ผู้เรียนทำได้มาคิดสัดส่วนช่วงคะแนนเทียบกับ 100 (ตารางที่ 8) โดยวิเคราะห์ผลการวิจัยดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัดรายชั้นเรียน

จากการวิเคราะห์คะแนนสอบก่อนทำแบบฝึกหัด พบว่ามีผู้เรียนที่ได้คะแนนดีเยี่ยมจำนวน 16 คน (ร้อยละ 12.12) คะแนนอยู่เกณฑ์ดี จำนวน 15 คน (ร้อยละ 11.36) ระดับปานกลางจำนวน 18 คน (ร้อยละ 13.64) โดยมีผู้เรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์แต่ได้คะแนนน้อย (อ่อน) จำนวน 33 คน (ร้อยละ 25) และมีผู้เรียนจำนวน 50 คน (ร้อยละ 37.88) มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ เมื่อ

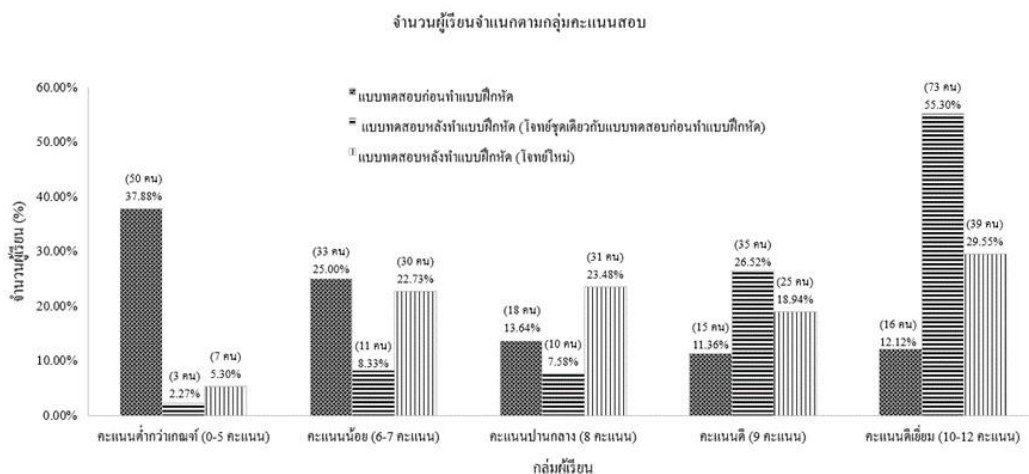
ผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางในงานวิจัยนี้และมีการทดสอบหลังฝึกทำแบบฝึกหัดด้วยแบบทดสอบชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด และ โจทย์ใหม่ พบว่าคะแนนทดสอบด้วยโจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80.81 อยู่ในระดับดีมาก โดยมีผู้เรียนที่มีผลคะแนนอยู่ในระดับดีเยี่ยม 73 คน (ร้อยละ 55.30) ระดับดี 35 คน (ร้อยละ 26.52) ระดับปานกลาง 10 คน (ร้อยละ 7.58) ระดับคะแนนผ่านเกณฑ์แต่ได้คะแนนน้อย (อ่อน) จำนวน 11 คน (ร้อยละ 8.33) และระดับอ่อนมากคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 3 คน (ร้อยละ 2.27)

ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินจำแนกกลุ่มผู้เรียน

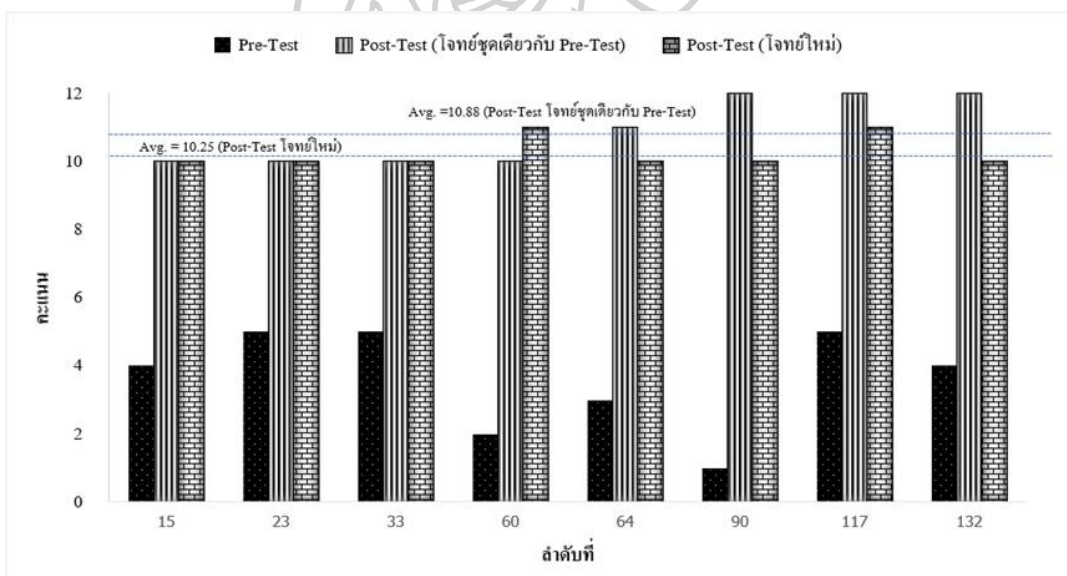
เกณฑ์ในการประเมิน	คะแนน	สัดส่วนช่วงคะแนน (เทียบกับ 100)	กลุ่มผู้เรียน
80-100	12	$(12 * 100)/12 = 100$	คะแนนดีเยี่ยม (10-12 คะแนน)
	11	$(11 * 100)/12 = 91.97$	
	10	$(10 * 100)/12 = 83.33$	
70-79	9	$(9 * 100)/12 = 75$	คะแนนดี (9 คะแนน)
60 – 69	8	$(8 * 100)/12 = 66.67$	คะแนนปานกลาง (8 คะแนน)
50-59	7	$(7 * 100)/12 = 58.33$	คะแนนน้อย (6-7 คะแนน)
	6	$(6 * 100)/12 = 50$	
0-49	5	$(5 * 100)/12 = 41.67$	คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ (0-5 คะแนน)
	4	$(4 * 100)/12 = 33.33$	
	3	$(3 * 100)/12 = 25$	
	2	$(2 * 100)/12 = 16.67$	
	1	$(1 * 100)/12 = 8.33$	
	0	$(0 * 100)/12 = 0$	

หากพิจารณาคะแนนทดสอบด้วยโจทย์ใหม่ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 70.45 อยู่ในระดับดี มีผู้เรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับดีเยี่ยมจำนวน 39 คน (ร้อยละ 29.55) ระดับดี 25 คน (ร้อยละ 18.94) ระดับปานกลาง 31 คน (ร้อยละ 23.48) ระดับอ่อน 30 คน (ร้อยละ 22.73) และคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 7 คน (ร้อยละ 5.30) ดังภาพที่ 90 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ผู้เรียนจำนวน 30 คน สามารถทำคะแนนสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วยโจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด และ โจทย์ใหม่ ยกกระดับขึ้นไปอยู่เกณฑ์ระดับดีเยี่ยม ดังนี้ 8 คน เป็นผู้เรียนที่มีคะแนนทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดไม่ผ่านเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 16 จากผู้เรียนที่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 50 คน โดยมีคะแนนรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 10.88 คะแนน และ 10.25

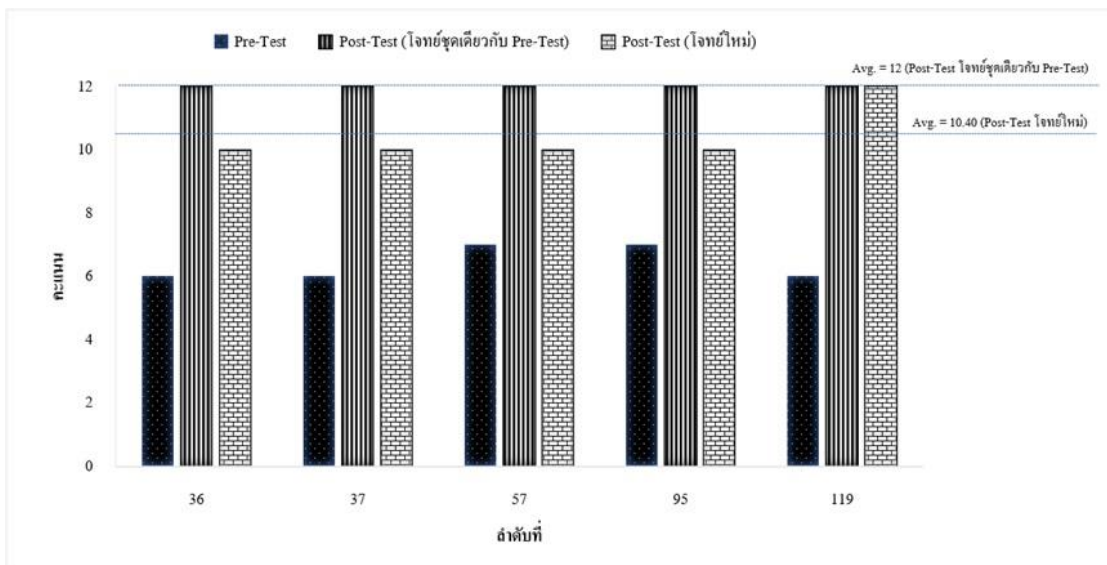
คะแนน (ภาพที่ 91) และผู้เรียนอีก 5 คน (ภาพที่ 92) คิดเป็นร้อยละ 14.71 จากผู้เรียนที่มีคะแนนทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดอยู่ในเกณฑ์ผ่านแต่ได้คะแนนน้อยทั้งหมด 34 คน มีคะแนนแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดอยู่ในเกณฑ์ระดับดีเยี่ยม โดยคะแนนรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 12 คะแนน และ 10.40 คะแนน



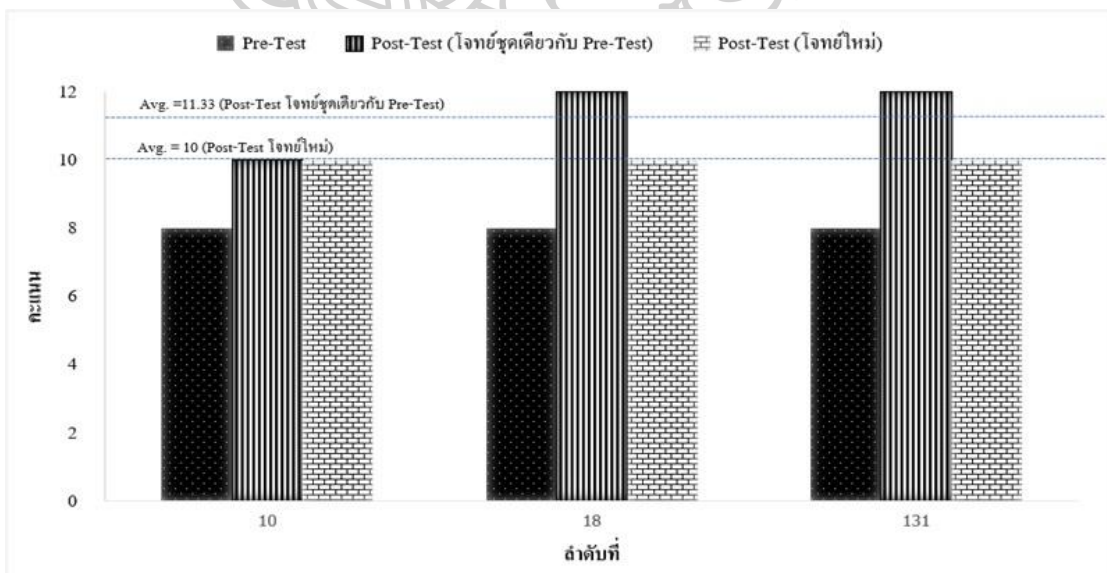
ภาพที่ 90 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน-หลังทำแบบฝึกหัดรายชั้นเรียน



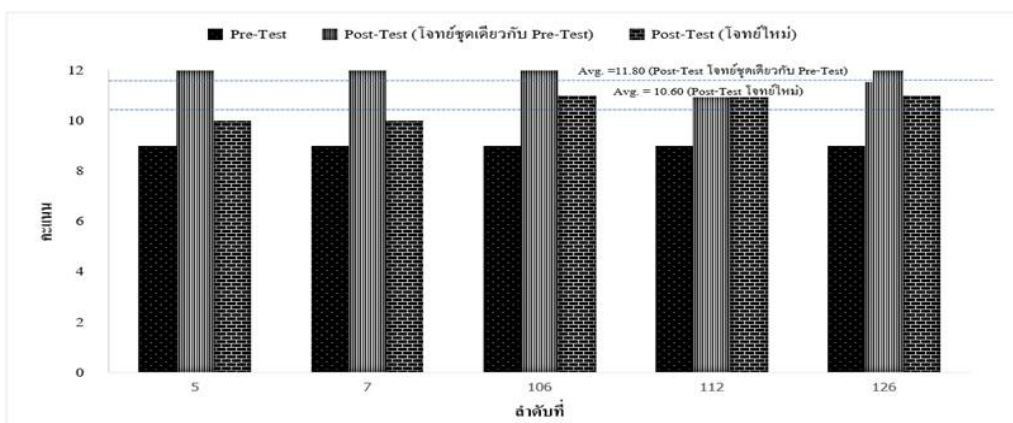
ภาพที่ 91 การเปลี่ยนแปลงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่มีคะแนนแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดไม่ผ่านเกณฑ์



ภาพที่ 92 การเปลี่ยนแปลงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่มีคะแนนแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดผ่านเกณฑ์แต่คะแนนน้อย นอกจากนี้มีผู้เรียน 3 คน เดิมเป็นผู้เรียนที่มีคะแนนสอบก่อนทำแบบฝึกหัดอยู่ระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 16.67 จากผู้เรียนที่มีคะแนนระดับปานกลางทั้งหมด 18 คน หลังได้รับการฝึกทำแบบฝึกหัดทำให้มีผลการเรียนอยู่ในระดับดีเยี่ยม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 11.33 จากการทำแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วย โจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด และมีคะแนนรวมเฉลี่ย 10 คะแนน เมื่อทำแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วย โจทย์ชุดใหม่ (ภาพที่ 93)

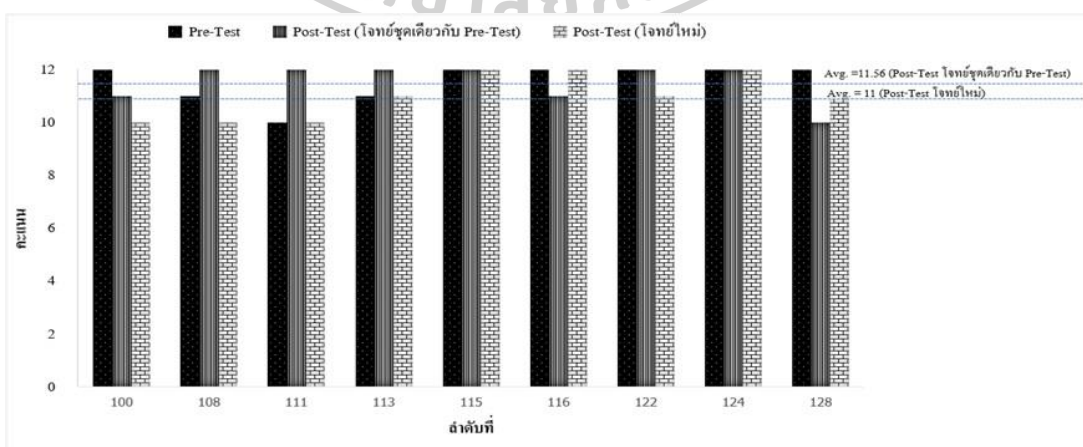


ภาพที่ 93 การเปลี่ยนแปลงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่มีคะแนนแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดอยู่ในระดับปานกลาง



ภาพที่ 94 การเปลี่ยนแปลงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่มีคะแนนแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดอยู่ในเกณฑ์ดี

ผู้เรียนจำนวน 5 คน (ภาพที่ 94) ที่ได้คะแนนแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 33.33 จากผู้เรียนที่มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด 15 คน สามารถทำคะแนนแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วย โจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด และ โจทย์ใหม่อยู่ในระดับดีเยี่ยม โดยมีคะแนนรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 11.80 คะแนน จากการทำแบบทดสอบด้วย โจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด และเมื่อทำแบบทดสอบด้วย โจทย์ใหม่มีคะแนนรวมเฉลี่ย 10.60 คะแนน นอกจากนี้ยังพบว่าผู้เรียนจำนวน 9 คน ที่ได้คะแนนแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดีเยี่ยมคิดเป็นร้อยละ 56.25 จากผู้เรียนที่มีคะแนนระดับดีเยี่ยมทั้งหมด 16 คน ยังคงสามารถทำคะแนนแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดทั้ง 2 ชุด อยู่ในเกณฑ์ระดับดีเยี่ยม โดยมีคะแนนรวมเฉลี่ย 11.56 คะแนน เมื่อทำแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วย โจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด และมีคะแนนรวมเฉลี่ย 11 คะแนน จากการทำแบบทดสอบด้วย โจทย์ชุดใหม่ (ภาพที่ 95)



ภาพที่ 95 การเปลี่ยนแปลงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่มีคะแนนแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดระดับดีเยี่ยม

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนฝึกทำแบบฝึกหัด (ร้อยละ 53.16) กับคะแนนสอบหลังทำแบบฝึกหัด โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนฝึกทำแบบฝึกหัด (ร้อยละ 80.81) และคะแนนสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วยโจทย์ใหม่ (ร้อยละ 70.45) ด้วยสถิติค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($t=14.94$) และ ($t=8.94$) ตามลำดับ ตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่าระบบการสร้างคำถามอัตโนมัติสำหรับการเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น

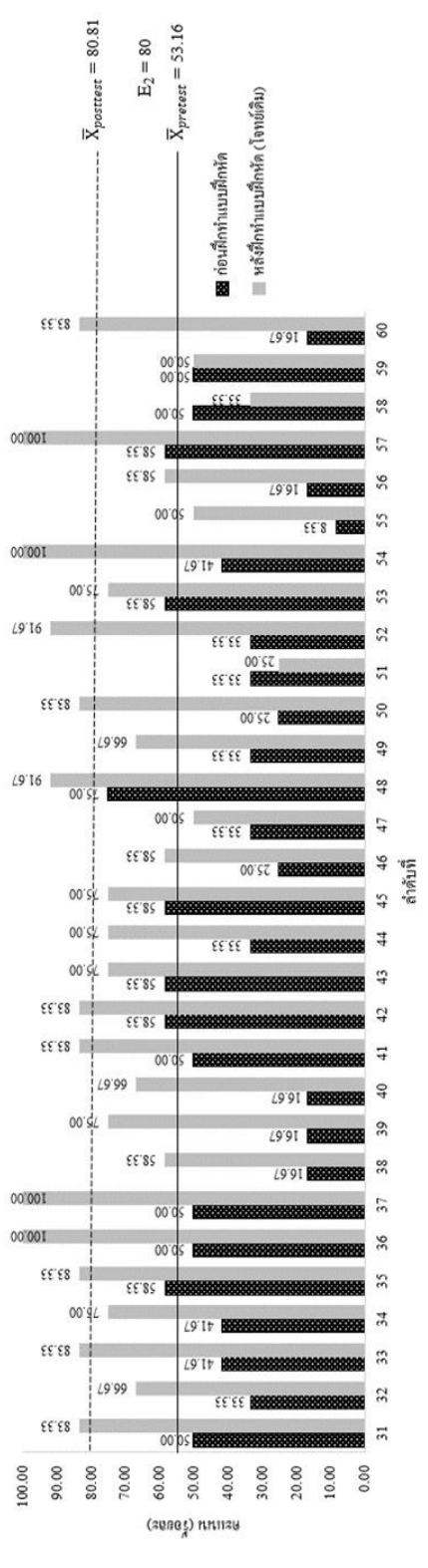
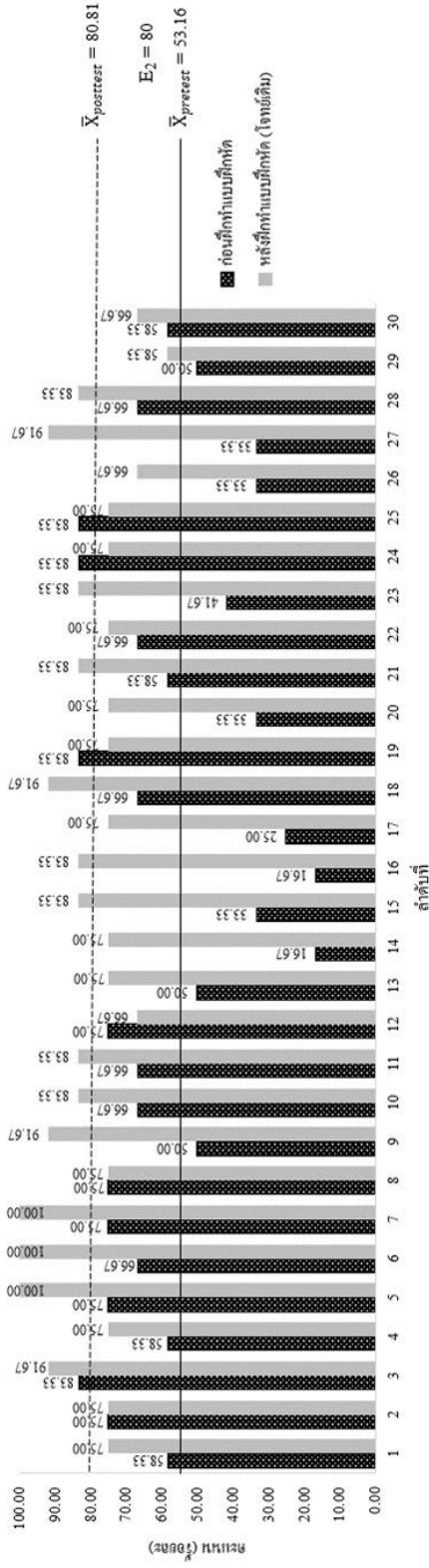
ตารางที่ 9 ตารางเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัด

Pre-test		Post-test (โจทย์เดิม)		t	C.V.	p	Post-test (โจทย์ใหม่)		t	C.V.	p
Mean	S.D.	Mean	S.D.				Mean	S.D.			
6.38	2.76	9.70	1.77	14.91*	28.47	0.00	8.45	1.75	8.94*	20.75	0.00

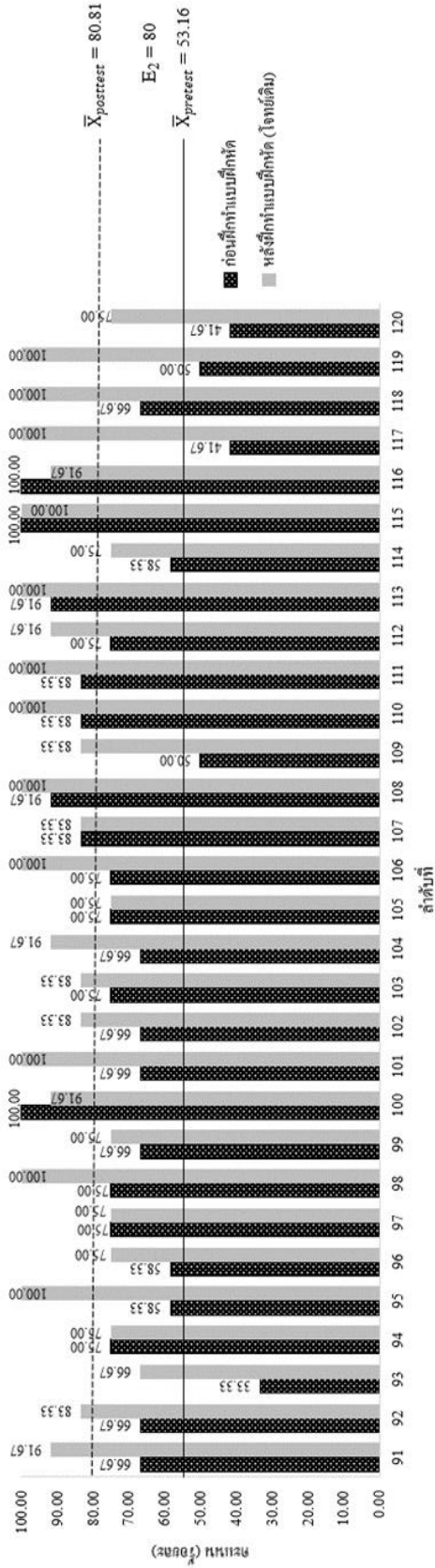
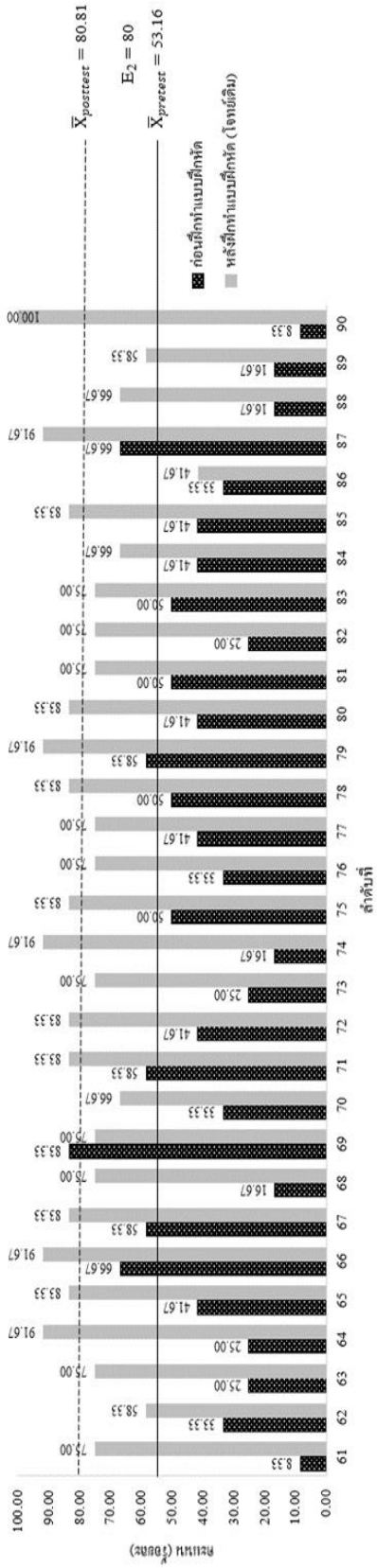
* $p < .05$

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังฝึกทำแบบฝึกหัดรายบุคคล

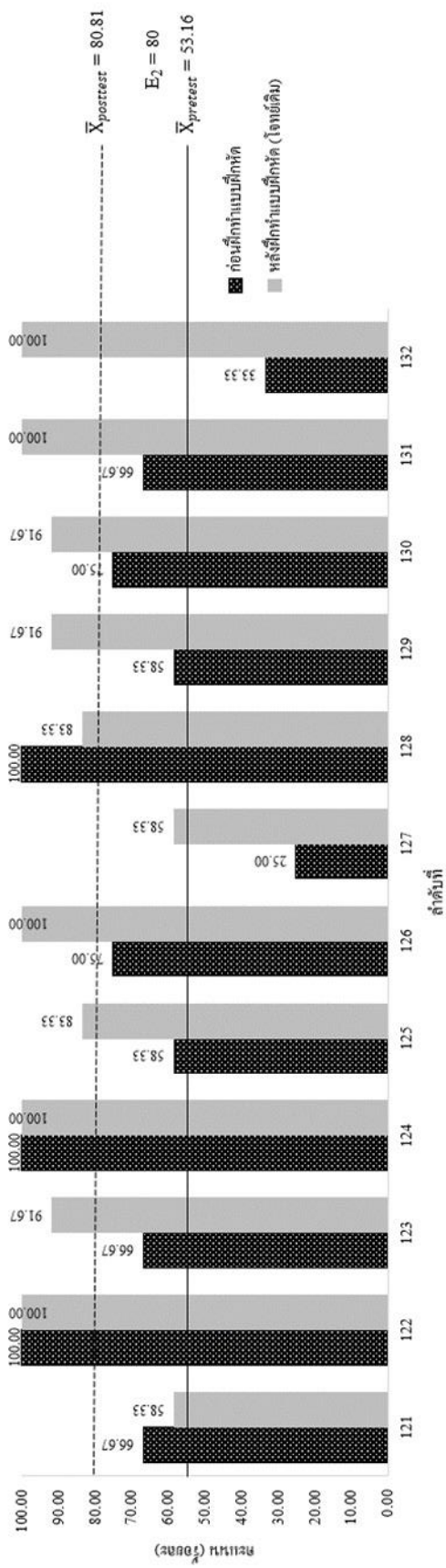
จากการวิเคราะห์คะแนนสอบก่อนทำแบบฝึกหัดของผู้เรียน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 53.16 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ โดยมีผู้เรียนที่ได้คะแนนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยจำนวน 67 คน และต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยจำนวน 65 คน คิดเป็นร้อยละ 50.76 และร้อยละ 49.24 ตามลำดับ ในส่วนของคะแนนสอบหลังทำแบบฝึกหัดโดยสอบกับโจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80.81 อยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้มีผู้เรียนได้คะแนนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยจำนวน 73 คน และต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยจำนวน 59 คน คิดเป็นร้อยละ 55.30 และ 44.70 ตามลำดับ ในส่วนของคะแนนสอบหลังทำแบบฝึกหัดโดยสอบกับโจทย์ใหม่ พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 70.45 อยู่ในระดับดี ซึ่งมีผู้เรียนได้คะแนนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยจำนวน 64 คน และต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยจำนวน 68 คน คิดเป็นร้อยละ 48.48 และ 51.52 ตามลำดับ ทั้งนี้มีผู้เรียนได้คะแนนสูงกว่าค่ามาตรฐาน E2 จำนวน 73 คน และต่ำกว่าค่ามาตรฐาน E2 จำนวน 59 คน จากการสอบกับแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดที่มีโจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด คิดเป็นร้อยละ 55.30 และ 44.70 ตามลำดับ (ภาพที่ 96 - ภาพที่ 98) และจากการสอบกับแบบทดสอบด้วยโจทย์ใหม่ มีผู้เรียนได้คะแนนสูงกว่าค่ามาตรฐาน E2 จำนวน 39 คน และต่ำกว่าค่ามาตรฐาน E2 จำนวน 93 คน คิดเป็นร้อยละ 29.55 และ 70.45 ตามลำดับ (ภาพที่ 99 - ภาพที่ 101)



ภาพที่ 96 เปรียบเทียบคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังฝึกทำแบบฝึกหัดจากรูปแบบทดสอบ โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดรายบุคคล

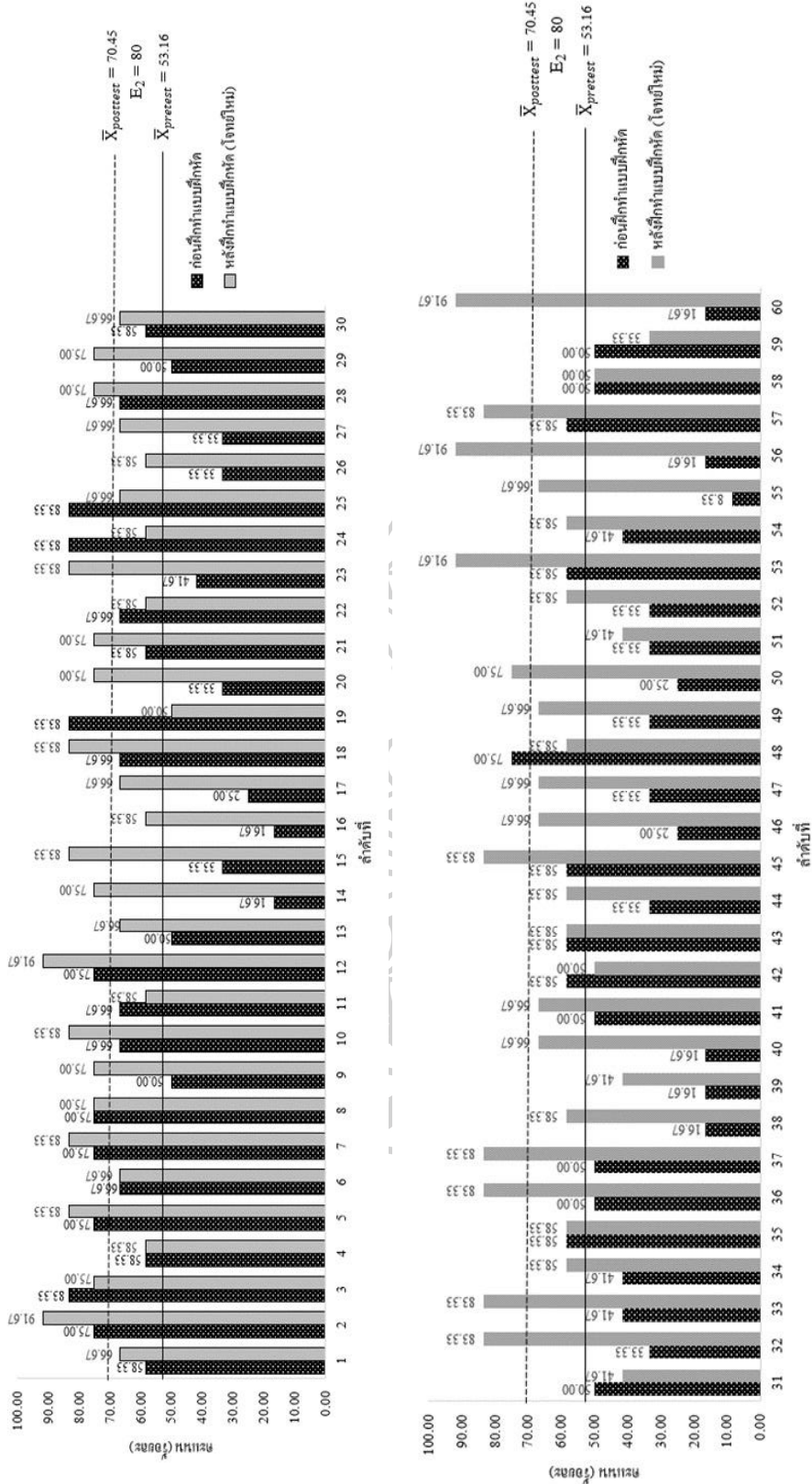


ภาพที่ 97 เปรียบเทียบคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังฝึกทำแบบฝึกหัดจากการทำแบบทดสอบ โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดที่ตราส่วนบุคคล (ต่อ)

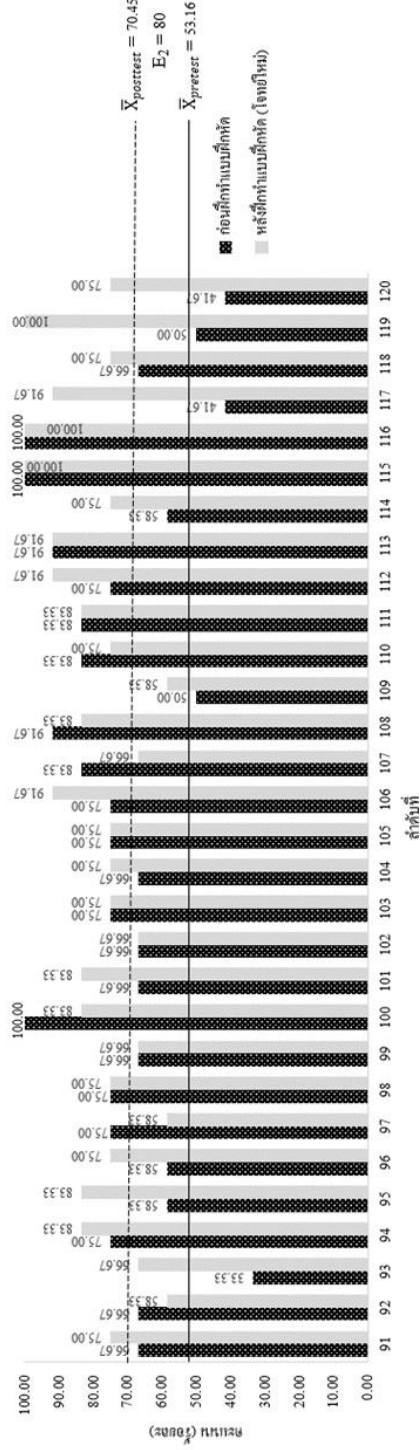
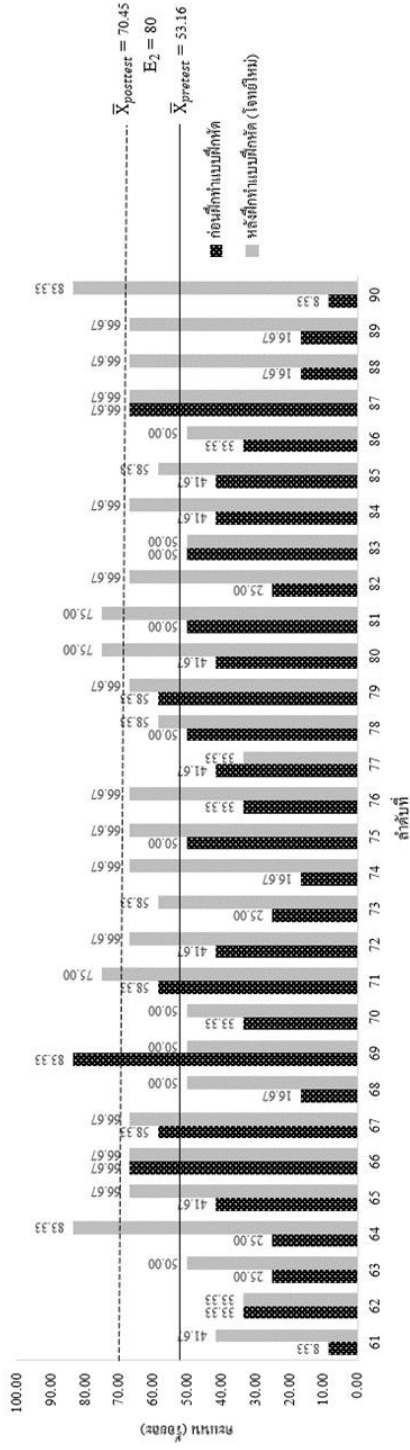


ภาพที่ 98 เปรียบเทียบคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังฝึกทำแบบฝึกหัดจากการทำแบบทดสอบ โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดรายบุคคล (ต่อ)

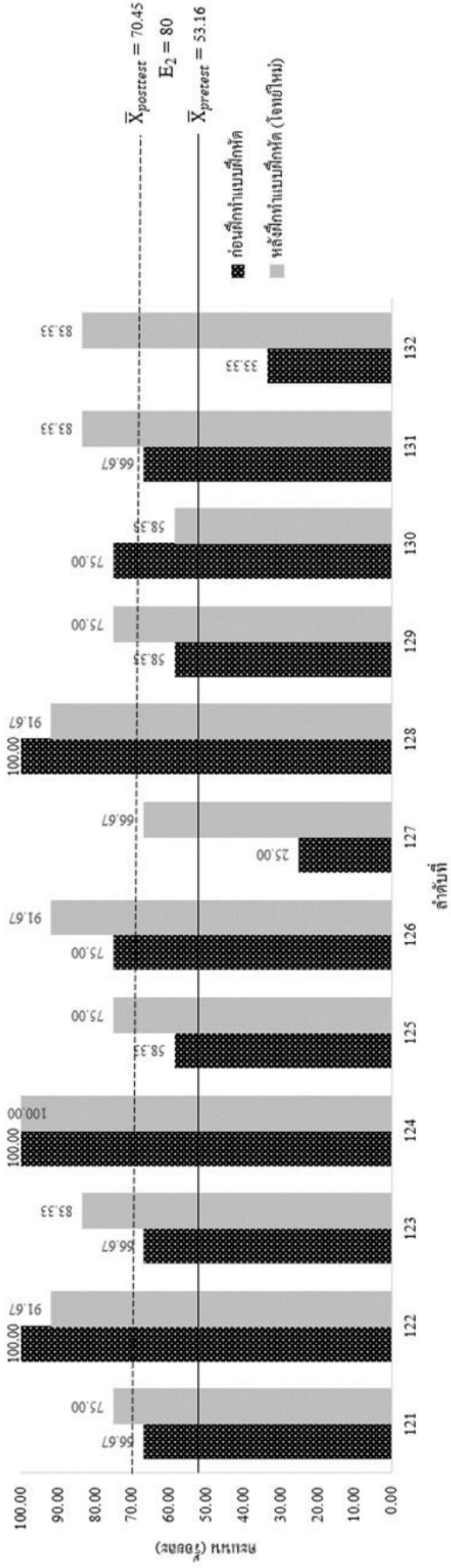




ภาพที่ 99 เปรียบเทียบคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังฝึกทำแบบฝึกหัดจากการทำงานแบบทดสอบกับโจทย์ใหม่รายบุคคล



ภาพที่ 100 เปรียบเทียบคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังฝึกทำแบบฝึกหัดจากการทำแบบทดสอบกับโจทย์ใหม่รายบุคคล (ต่อ)

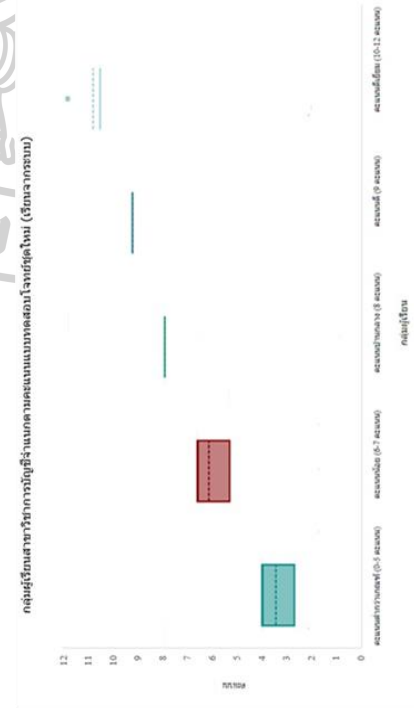
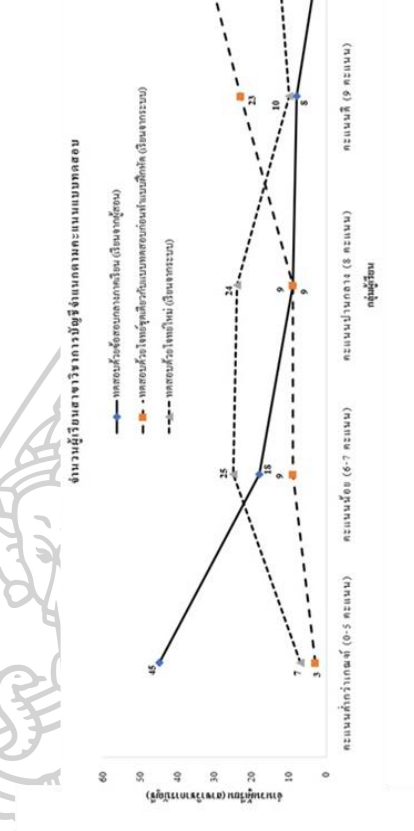
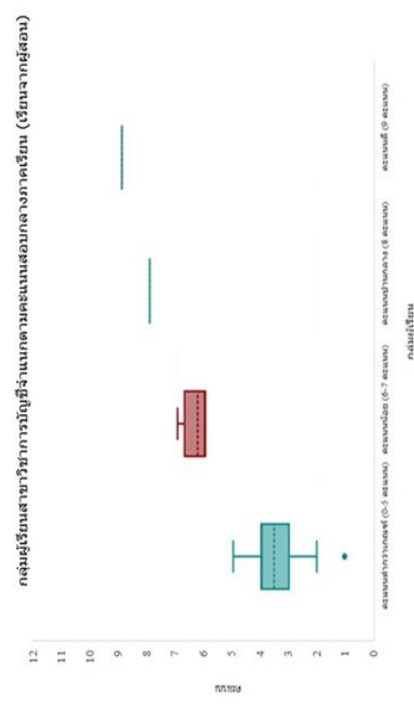
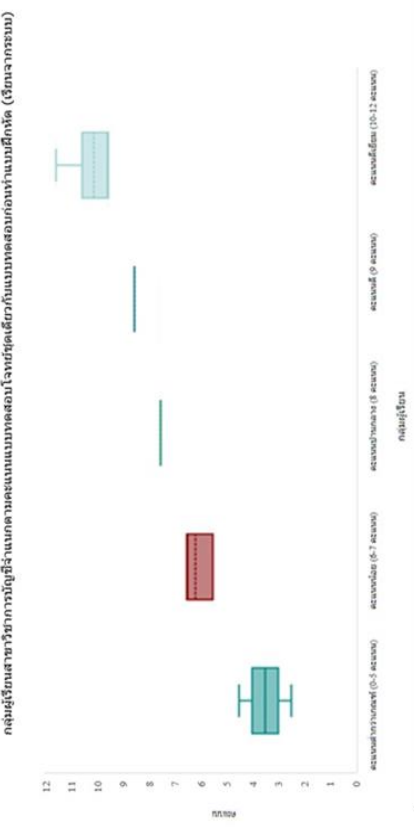


ภาพที่ 101 เปรียบเทียบคะแนนร้อยละของผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังฝึกทำแบบฝึกหัดจากการทำงานแบบทดสอบกับ โจทย์ใหม่
 รายงานชุด (ต่อ)

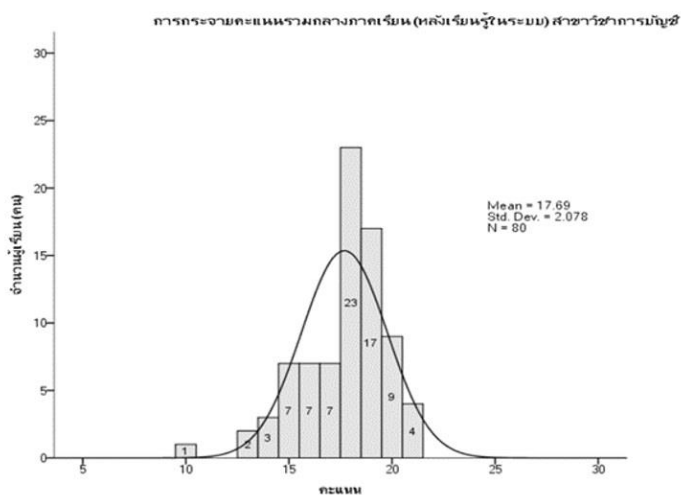
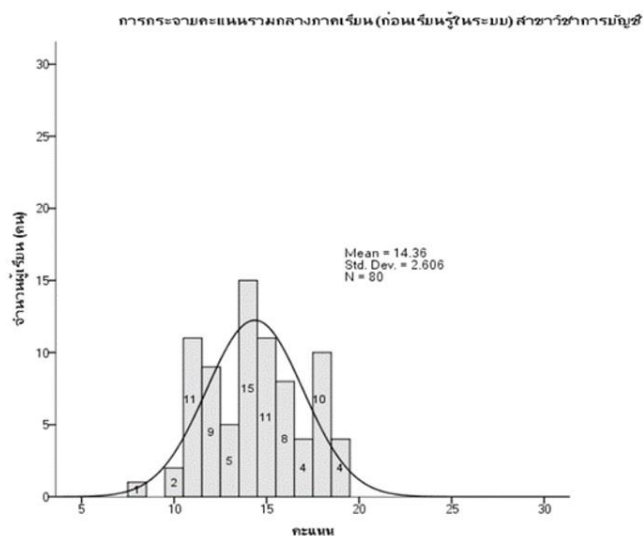
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ในรายวิชาแยกตามสาขาวิชา

การวัดผลการเรียนรู้ในรายวิชาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 132 คน แยกตามสาขาวิชาของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้เรียนสาขาวิชาการบัญชีจำนวน 80 คน และผู้เรียนสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจจำนวน 52 คน กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 สาขาวิชาได้รับการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนโดยอาจารย์ผู้สอนในรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ และได้รับการวัดผลการเรียนรู้โดยทำข้อสอบกลางภาคเรียนในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นจากข้อสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ จัดทำโดยอาจารย์ประจำวิชา จากการวิเคราะห์คะแนนวัดผลการเรียนรู้ในรายวิชาด้วยวิธีการทำข้อสอบกลางภาคเรียนของผู้เรียนสาขาวิชาการบัญชี พบว่า ในภาพรวมผู้เรียนส่วนใหญ่มีผลคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์จำนวน 45 คน (ร้อยละ 56.25) โดยมีผู้เรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 9 คน (ร้อยละ 11.25) และได้คะแนนน้อย จำนวน 18 คน (ร้อยละ 22.50) มีเพียง 8 คนมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ดี (ร้อยละ 10) ทั้งไม่มีผู้เรียนคนใดเลยมีผลคะแนนอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม (ภาพที่ 102)

จากภาพที่ 102 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ที่ได้คะแนนสอบกลางภาคของหน่วยการเรียนรู้เรื่องตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นต่ำหรือมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์อาจจะส่งผลให้คะแนนกลางภาครวมอยู่ในเกณฑ์ไม่ผ่านเช่นเดียวกัน แนวทางการแก้ปัญหาผู้สอนจึงจัดกิจกรรมส่งเสริมทักษะการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น โดยให้ผู้เรียนฝึกทักษะและเรียนรู้การสร้างตัวแบบจากแบบฝึกหัดที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ หลังจากผู้เรียนได้ฝึกทำแบบฝึกหัดและทำแบบทดสอบด้วยโจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด พบว่า ผู้เรียนส่วนมาก จำนวน 36 คน (ร้อยละ 45) มีผลคะแนนอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม รองลงมามีผลคะแนนอยู่ในเกณฑ์ดี จำนวน 23 คน (ร้อยละ 28.75) ระดับปานกลางจำนวน 9 คน (ร้อยละ 11.25) และจำนวนผู้เรียนที่มีคะแนนน้อยและไม่ผ่านเกณฑ์ลดลง โดยมี 9 คนที่ได้คะแนนน้อย (ร้อยละ 11.25) และมีเพียง 3 คน (ร้อยละ 3.75) ที่ยังมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ และเมื่อพิจารณาผลคะแนนจากการทดสอบด้วยโจทย์ใหม่ พบว่า ผู้เรียนโดยส่วนใหญ่จำนวน 25 คน (ร้อยละ 31.25) คะแนนผ่านเกณฑ์แต่ได้คะแนนน้อย รองลงมามีคะแนนอยู่ระดับปานกลางจำนวน 24 คน (ร้อยละ 30) จำนวน 10 คน (ร้อยละ 12.5) มีผลคะแนนอยู่ในเกณฑ์ดี และจำนวน 14 คน (ร้อยละ 17.5) มีผลคะแนนอยู่ในระดับดีเยี่ยม และมีเพียง 7 คน (ร้อยละ 8.75) ที่ยังมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ และเมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เรียนสาขาวิชาการบัญชีจากคะแนนรวมกลางภาคเรียนในรายวิชา ภาพที่ 103 แสดงให้เห็นว่า หลังจากผู้เรียนได้เข้าไปเรียนรู้อการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นตามแนวทางในงานวิจัยนี้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเพิ่มขึ้น

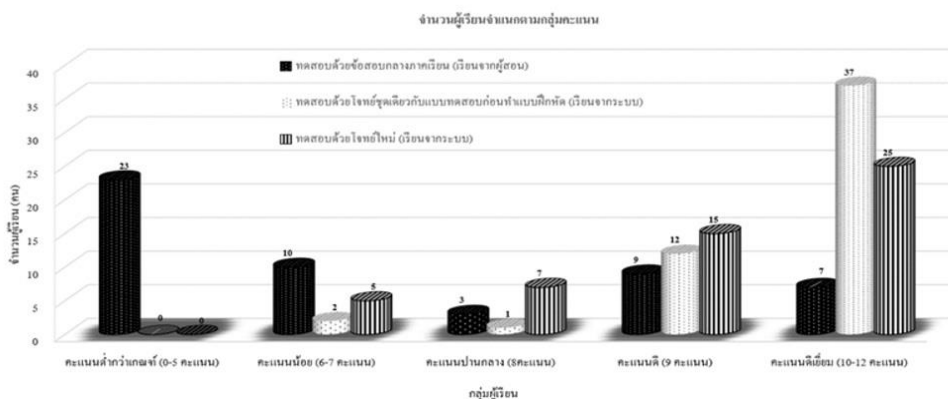


ภาพที่ 102 กลุ่มผู้เรียนจำนวนและจำนวนผู้เรียนสาขาวิชาการบัญชีจำนวนตามคะแนนสอบ

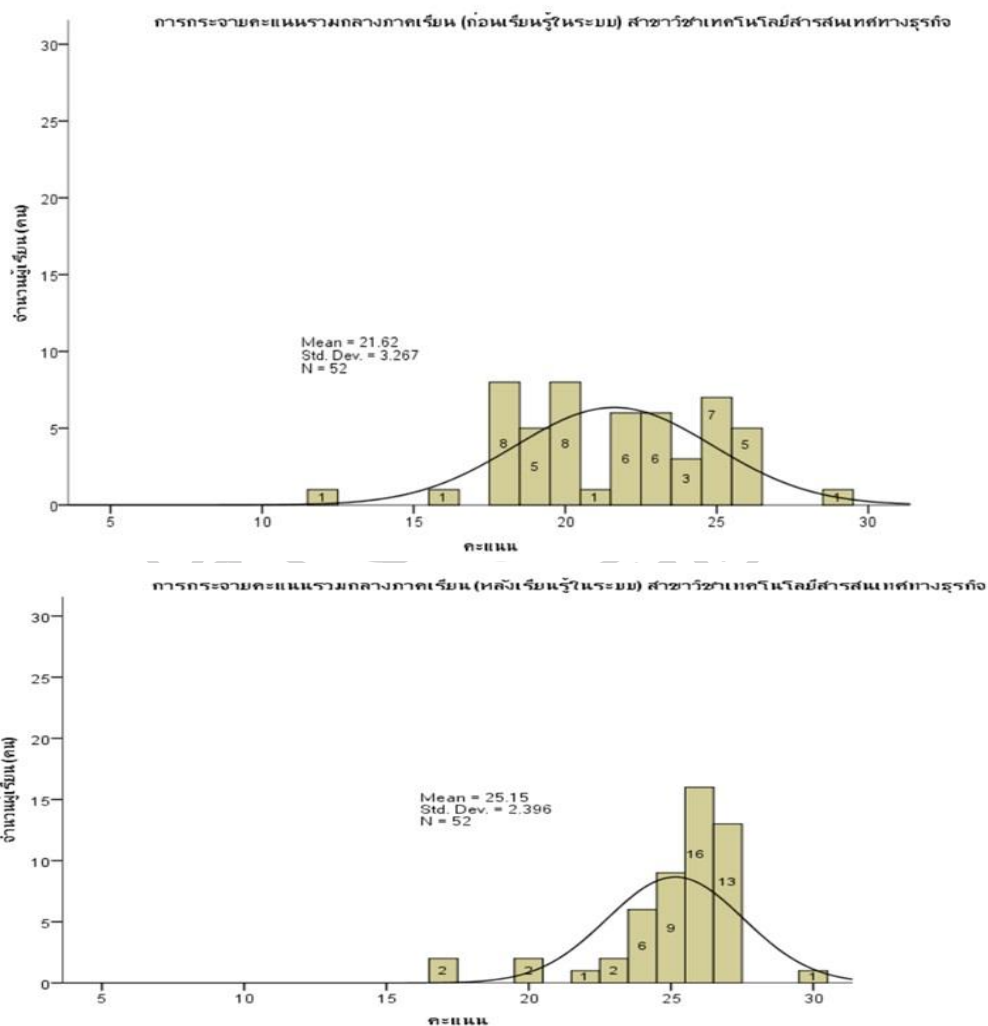


ภาพที่ 103 เปรียบเทียบการกระจายคะแนนรวมกลางภาคเรียนของผู้เรียนสาขาวิชาการบัญชี

สำหรับคะแนนวัดผลการเรียนรู้ในรายวิชาด้วยวิธีการทำข้อสอบกลางภาคเรียนของผู้เรียนสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ (ภาพที่ 104) พบว่า ในภาพรวมผู้เรียนส่วนใหญ่มีผลคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์จำนวน 23 คน (ร้อยละ 44.23) โดยมีผู้เรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 23.08 และได้คะแนนน้อยจำนวน 10 คน ร้อยละ 19.23 ที่มีผู้เรียนจำนวน 9 คน (ร้อยละ 17.31) มีผลคะแนนอยู่ในเกณฑ์ดี และดีเยี่ยม 7 คน (ร้อยละ 13.46) และเมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เรียนสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจจากคะแนนรวมกลางภาคเรียนในรายวิชา ภาพที่ 105 แสดงให้เห็นว่า หลังจากผู้เรียนได้รับการส่งเสริมการเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นตามแนวทางในวิจัยนี้ ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับผู้เรียนสาขาวิชาการบัญชี



ภาพที่ 104 จำนวนผู้เรียนสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจจำแนกตามกลุ่มคะแนนทดสอบ

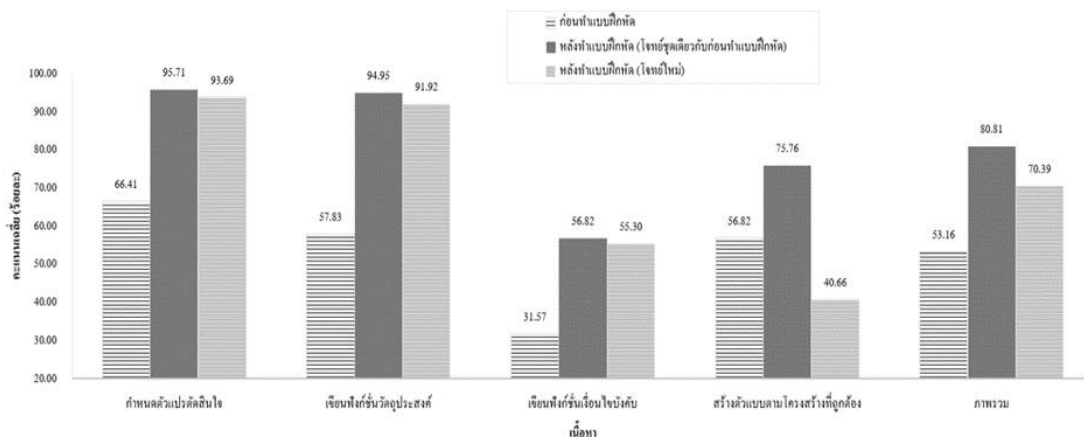


ภาพที่ 105 เปรียบเทียบการกระจายคะแนนรวมกลางภาคเรียนของผู้เรียนสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัดรายเนื้อหา

จากการวิเคราะห์คะแนนสอบก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดในภาพรวม พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 53.16 โดยมีเนื้อหาที่ได้คะแนนจากการจัดการเรียนรู้สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมจำนวน 3 เนื้อหา (เนื้อหาที่ 1 เรื่อง กำหนดตัวแปรตัดสินใจ เนื้อหาที่ 2 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และเนื้อหาที่ 4 เรื่อง การสร้างตัวแบบตามโครงสร้างที่ถูกต้อง) และต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมจำนวน 1 เนื้อหา (เนื้อหาที่ 3 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ) ในส่วนของคะแนนสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วยโจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดในภาพรวม พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80.81 โดยมีเนื้อหาที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมจำนวน 2 เนื้อหา (เนื้อหาที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ และ เนื้อหาที่ 2 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์) และต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมจำนวน 2 เนื้อหา (เนื้อหาที่ 3 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ และเนื้อหาที่ 4 เรื่อง การสร้างตัวแบบตามโครงสร้างที่ถูกต้อง) สำหรับคะแนนสอบหลังฝึกทำแบบฝึกหัดด้วยโจทย์ใหม่ พบว่าในภาพรวมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 70.39 โดยมี 2 เนื้อหา (เนื้อหาที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ และเนื้อหาที่ 2 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์) มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยในภาพรวม และอีก 2 เนื้อหา (เนื้อหาที่ 3 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ และเนื้อหาที่ 4 เรื่อง การสร้างตัวแบบตามโครงสร้างที่ถูกต้อง) มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยในภาพรวม ทั้งนี้ผู้เรียนสอบได้คะแนนในรายเนื้อหาสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน E2 จำนวน 2 เนื้อหา (เนื้อหาที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ และเนื้อหาที่ 2 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์) และต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน E2 จำนวน 2 เนื้อหา (เนื้อหาที่ 3 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ และเนื้อหาที่ 4 เรื่อง การสร้างตัวแบบตามโครงสร้างที่ถูกต้อง) และเมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายเนื้อหา พบว่า เนื้อหาที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังฝึกทำแบบฝึกหัดมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ เท่ากับร้อยละ 95.71 จากการทดสอบด้วยโจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด และมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 93.69 จากการทดสอบด้วยโจทย์ใหม่ รองลงมาคือ เนื้อหาที่ 2 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 94.95 (ทดสอบกับ โจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด) และ 91.92 (ทดสอบกับ โจทย์ใหม่) ทั้งนี้เนื้อหาที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนน้อยที่สุดคือ เนื้อหาที่ 3 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 56.82 (ทดสอบกับ โจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด) และ 55.30 (ทดสอบกับ โจทย์ใหม่) ทั้งนี้สำหรับเนื้อหาที่ 4 เรื่อง การสร้างตัวแบบตามโครงสร้างที่ถูกต้องมี

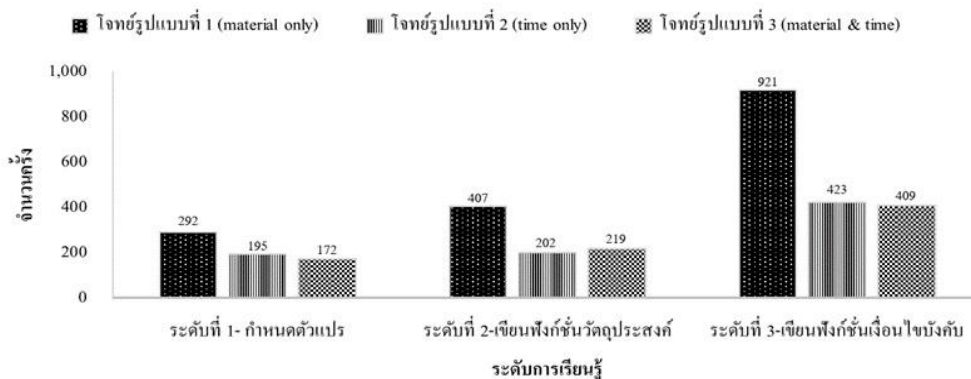
คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 75.76 (ทดสอบกับ โจทย์เดียวกับแบบทดสอบ ก่อนทำแบบฝึกหัด) แต่เมื่อผู้เรียนทดสอบกับแบบทดสอบที่เป็น โจทย์ใหม่กลับพบว่าคะแนนเฉลี่ย ลดลงเท่ากับร้อยละ 40.66 (ภาพที่ 106)



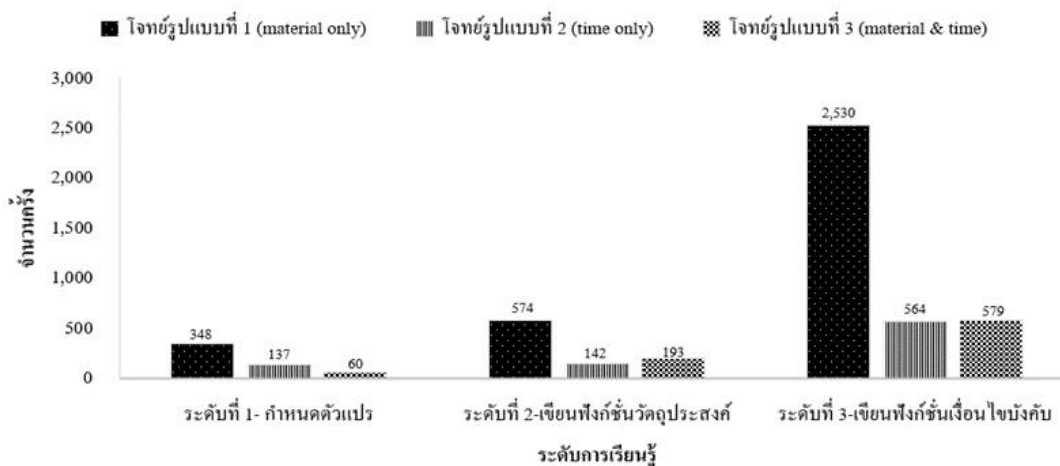
ภาพที่ 106 คะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายเนื้อหา

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในการฝึกทักษะการสร้างตัวแบบ กำหนดการเชิงเส้น 3 ระดับการเรียนรู้กับรูปแบบโจทย์ที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ (ภาพที่ 107) พบว่า ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับกับ โจทย์ทั้ง 3 รูปแบบจำนวนมากที่สุด โดยฝึกกับ โจทย์รูปแบบที่ 1 จำนวน 921 โจทย์ รูปแบบที่ 2 จำนวน 423 โจทย์ และรูปแบบที่ 3 จำนวน 409 โจทย์ แบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ระดับที่ 2 เรื่อง การเขียน ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ใช้ โจทย์รูปแบบที่ 1 จำนวน 407 โจทย์ รูปแบบที่ 2 จำนวน 202 โจทย์ และ รูปแบบที่ 3 จำนวน 219 โจทย์ สำหรับแบบฝึกหัดระดับการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการกำหนดตัวแปร ผู้เรียนใช้ โจทย์รูปแบบที่ 1 จำนวน 292 โจทย์ รูปแบบที่ 2 จำนวน 195 และใช้ โจทย์รูปแบบที่ 3 จำนวน 172 โจทย์ ทั้งนี้จำนวนครั้งในเลือกคำตอบทั้งหมดของ โจทย์รูปแบบที่ 1 ของแบบฝึกหัด ระดับที่ 3 มีจำนวนครั้งในเลือกคำตอบมากที่สุดถึง 13,197 ครั้ง จำนวนครั้งในเลือกคำตอบผิด 2,530 ครั้ง จำนวนครั้งในการเลือกคำตอบ โจทย์รูปแบบที่ 2 4,788 ครั้ง โดยจำนวนครั้งเลือกคำตอบ ผิด 564 ครั้ง และจำนวนครั้งเลือกคำตอบของ โจทย์รูปแบบที่ 3 ผู้เรียนเลือกคำตอบทั้งหมด 6,415 ครั้ง เลือกคำตอบผิด 579 ครั้ง ในส่วนของแบบฝึกหัดระดับที่ 2 ผู้เรียนเลือกคำตอบของ โจทย์ รูปแบบที่ 1 จำนวน 1,913 ครั้ง เลือกคำตอบผิด 574 ครั้ง เลือกคำตอบของ โจทย์รูปแบบที่ 2 จำนวน 770 ครั้ง เลือกคำตอบผิด 142 ครั้ง จำนวนครั้งเลือกคำตอบของ โจทย์รูปแบบที่ 3 ของแบบฝึกหัด ระดับที่ 2 ผู้เรียนเลือกคำตอบทั้งหมด 912 ครั้ง เลือกคำตอบผิด 193 ครั้ง

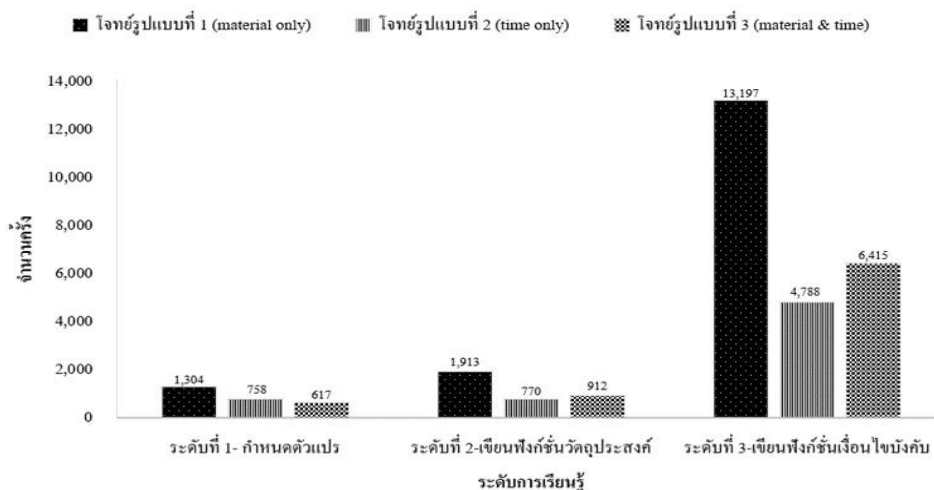
จำนวนโจทย 3 รูปแบบของแบบฝึกหัด 3 ระดับการเรียนรู้



จำนวนครั้งเลือกคำตอบผิดกับโจทย 3 รูปแบบของแบบฝึกหัด 3 ระดับการเรียนรู้



จำนวนครั้งเลือกคำตอบทั้งหมดกับโจทย 3 รูปแบบของแบบฝึกหัด 3 ระดับการเรียนรู้



ภาพที่ 107 ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในการฝึกทักษะการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น 3 ระดับการเรียนรู้กับรูปแบบ โจทย์ที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ

จำนวนครั้งเลือกคำตอบของ โจทย์รูปแบบที่ 1 ของแบบฝึกหัดระดับที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปร ผู้เรียนเลือกคำตอบทั้งหมด 1,304 ครั้ง เลือกคำตอบผิด 348 ครั้ง โจทย์รูปแบบที่ 2 ผู้เรียนเลือกคำตอบทั้งหมด 758 ครั้ง เลือกคำตอบผิด 137 ครั้ง และเลือกคำตอบของ โจทย์รูปแบบที่ 3 จำนวน 617 ครั้ง เลือกคำตอบผิดจำนวน 60 ครั้ง จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้เรียนได้รับการฝึกสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นกับ โจทย์ที่มีความหลากหลายจำนวนมาก ส่งผลทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ สามารถวิเคราะห์ โจทย์ กำหนดตัวแปร เขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และ ฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับได้โดยจะเห็นจากจำนวน โจทย์และจำนวนครั้งในการเลือกคำตอบที่ลดลงในแต่ละระดับการเรียนรู้ นั่นแสดงว่าผู้เรียนสามารถเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงครั้งเดียวได้ใน โจทย์แต่ละรูปแบบ

ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

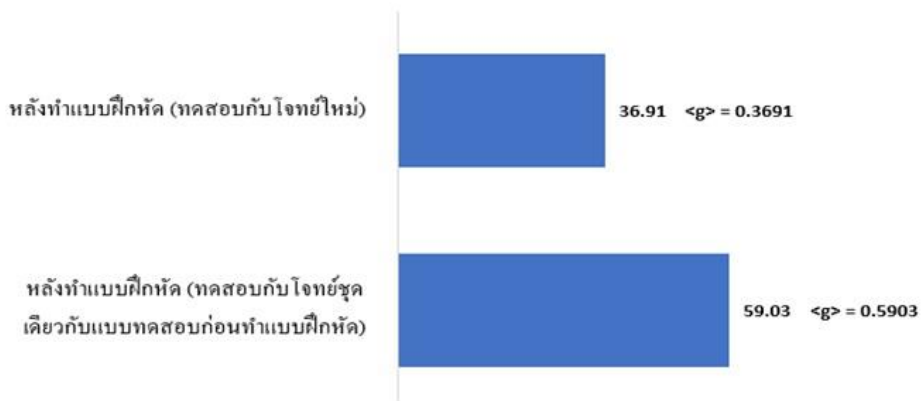
การวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ทั้งในระดับชั้น รายบุคคล รายเนื้อหา และรายข้อคำถาม โดยผลการวิจัยมีดังนี้

1. ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายชั้นเรียน

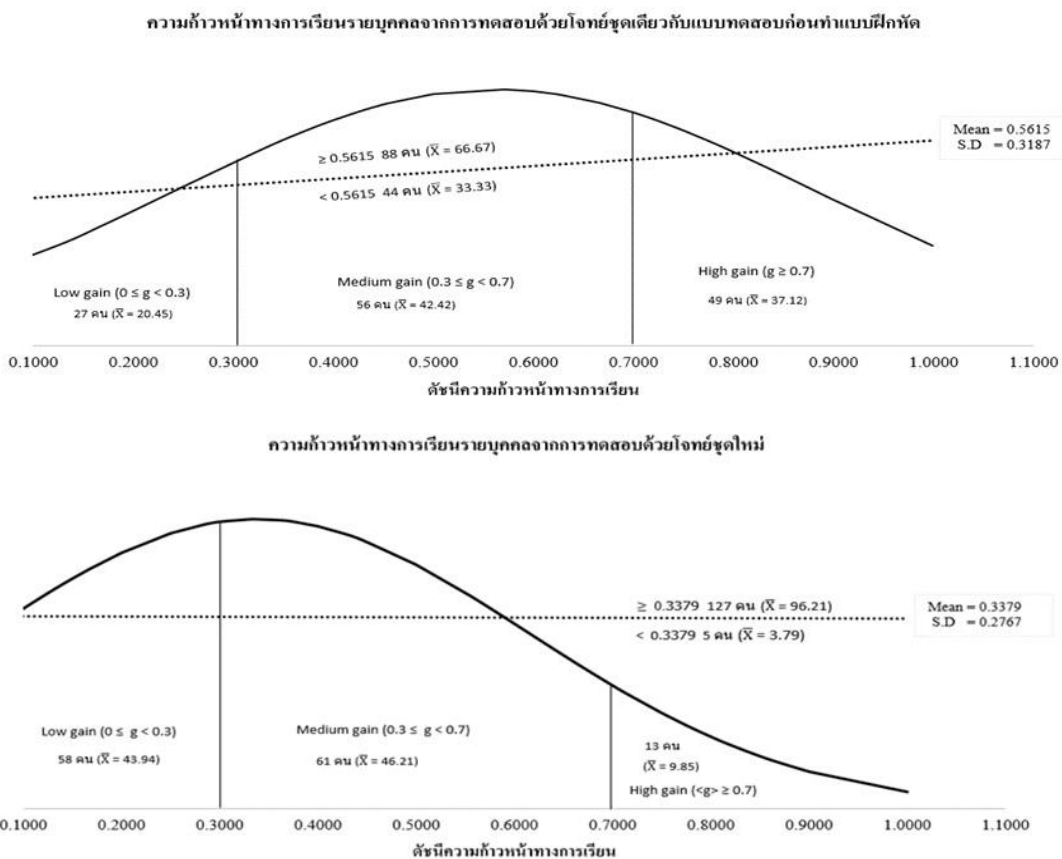
ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายชั้นเรียนเฉลี่ยก่อนทำแบบฝึกหัดเท่ากับ 53.16 หลังจากผู้เรียนได้ฝึกทำแบบฝึกหัดทั้ง 3 ระดับการเรียนรู้และทำแบบทดสอบจำนวน 2 ชุด จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้เทคนิค Normalized gain (g) วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน (ภาพที่ 108) พบว่า เมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบกับ โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด ผู้เรียนทั้งชั้นมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.5903 ($g = 0.5903$) แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนทั้งชั้นมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 59.03 และหากพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังทำแบบฝึกหัดโดยทดสอบกับ โจทย์ใหม่ ผู้เรียนทั้งชั้นมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.3691 ($g = 0.3691$) อาจกล่าวได้ว่าในภาพรวมผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 36.91 เมื่อได้ทำแบบทดสอบกับ โจทย์ใหม่

2. ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายบุคคล

เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายบุคคลจากการสอบด้วย โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด (ภาพที่ 109) พบว่า ผู้เรียนร้อยละ 66.67 จำนวน 88 คนมีค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยสูงกว่าค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยในภาพรวม (Mean = 0.5615) และอีก 44 คน ร้อยละ 33.33 มีค่าดัชนีความก้าวหน้าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าดัชนีความก้าวหน้าเฉลี่ยในภาพรวม

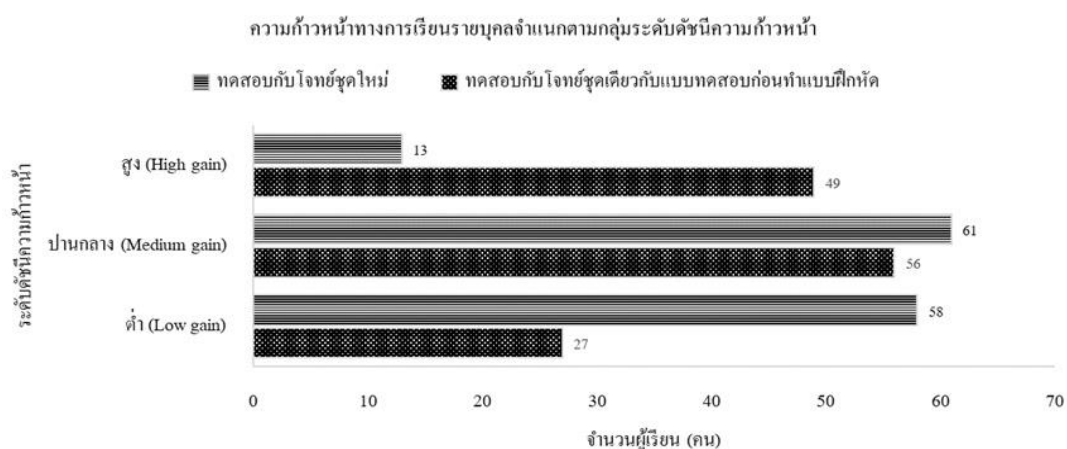


ภาพที่ 108 ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายชั้นเรียน (Class average normalized gain)



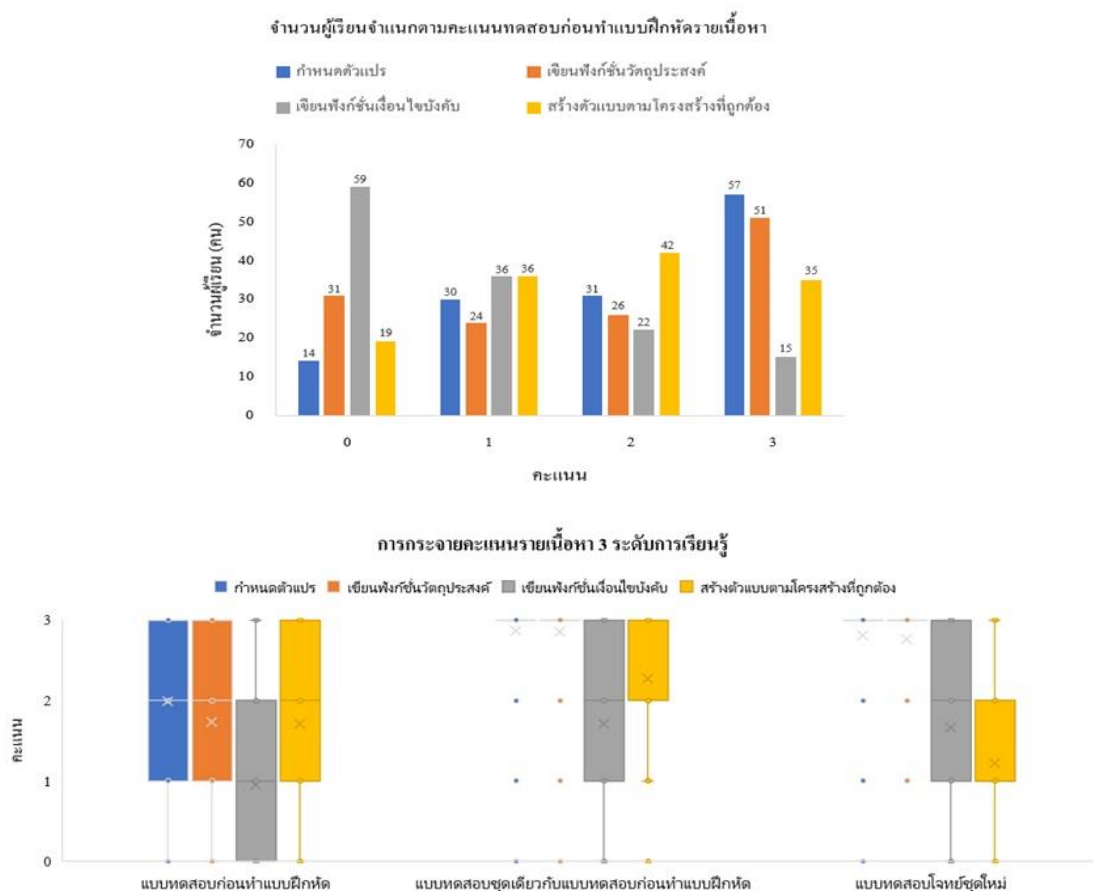
ภาพที่ 109 เปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายบุคคลจากการทดสอบกับ โจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด และทดสอบด้วย โจทย์ชุดใหม่

หากวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการหาค่าดัชนีความก้าวหน้าและแบ่งความก้าวหน้าทางการเรียนออกเป็น 3 ระดับ (ภาพที่ 110) พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 42.42 จำนวน 56 คน มีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain) และมีผู้เรียนจำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 37.12 มีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสูง (High gain) ทั้งนี้มีผู้เรียนบางส่วนร้อยละ 20.45 จำนวน 27 คน ความก้าวหน้าทางการเรียนยังอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งควรได้รับการส่งเสริมพัฒนาทักษะด้วยการฝึกทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมกับ โจทย์ที่มีความหลากหลายของปัญหา



ภาพที่ 110 เปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลจำแนกตามกลุ่มระดับดัชนีความก้าวหน้าจากการทดสอบกับโจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด และทดสอบด้วยโจทย์ชุดใหม่

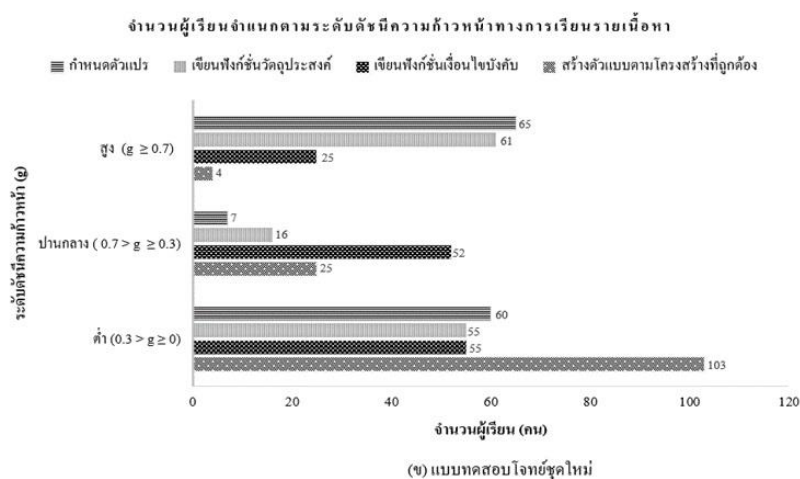
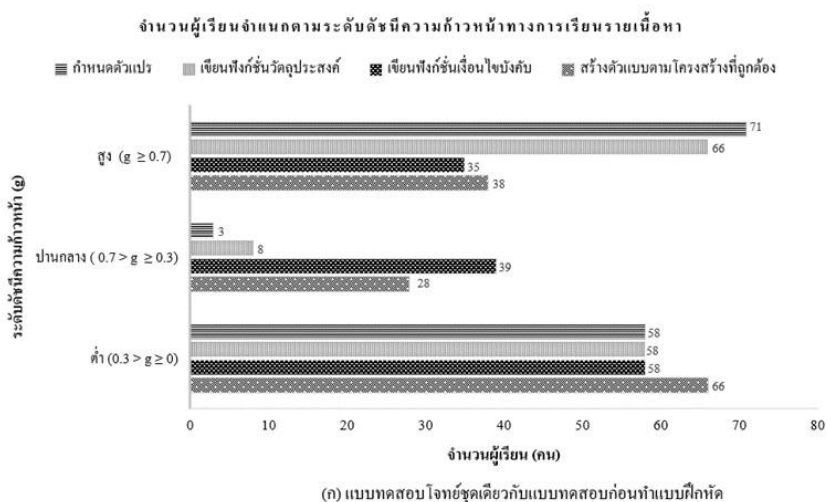
ในส่วนของการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนจากการทดสอบด้วยโจทย์ใหม่ พบว่า ผู้เรียนจำนวน 127 คน ร้อยละ 96.21 มีค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยสูงกว่าค่าดัชนีความก้าวหน้าเฉลี่ยในภาพรวม (Mean = 0.3379) โดยมีผู้เรียน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 3.79 มีค่าดัชนีความก้าวหน้าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยในภาพรวม (ภาพที่ 109) และหากวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการหาค่าดัชนีความก้าวหน้า 3 ระดับ (ภาพที่ 110) พบว่า ผู้เรียนร้อยละ 9.85 จำนวน 13 คน มีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสูง (High gain) โดยผู้เรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 46.21 จำนวน 61 คน มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain) และอีก 58 คน จำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมพัฒนาทักษะเพิ่มเติม คิดเป็นร้อยละ 43.94 มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ (Low gain)



ภาพที่ 111 จำนวนผู้เรียนจำแนกตามคะแนนก่อนทำแบบฝึกหัดรายเนื้อหา และการกระจายคะแนนรายเนื้อหา 3 ระดับการเรียนรู้ของแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัด

3. ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายเนื้อหา

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายเนื้อหาในภาพรวม จากการทดสอบผู้เรียนก่อนทำแบบฝึกหัด (ภาพที่ 111) พบว่า เนื้อหาที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปรมีจำนวนผู้เรียนตอบถูกทุกข้อได้คะแนนมากที่สุด (3 คะแนน) จำนวน 57 คน และเนื้อหาที่ 2 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีผู้เรียนตอบถูกทุกข้อและได้คะแนนมากที่สุดจำนวน 51 คน แต่ทั้งนี้เนื้อหาที่ 3 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับมีจำนวนผู้เรียนไม่ได้คะแนน (0 คะแนน) มากที่สุดจำนวน 59 คน รองลงมา เป็นเนื้อหาเรื่องการเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีจำนวนผู้เรียนที่ไม่มีคะแนนเลยจำนวน 31 คน เมื่อทำการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายเนื้อหาหลังจากผู้เรียนได้ฝึกทำแบบฝึกหัดและทำแบบทดสอบด้วยโจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด (ภาพที่ 112) พบว่า ผู้เรียนส่วนมากมีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนในเนื้อหาที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปร (71 คน ร้อยละ 54) และเนื้อหาที่ 2 เรื่องการเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (66 คน ร้อยละ 50) อยู่ในระดับสูง



ภาพที่ 112 เปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนรายเนื้อหาจำแนกตามกลุ่มระดับดัชนีความก้าวหน้าจากการทดสอบกับโจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด และทดสอบด้วยโจทย์ชุดใหม่

ทั้งนี้ ผู้เรียนบางส่วนมีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนในเนื้อหาที่ 3 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ (39 คน ร้อยละ 30) และเนื้อหาที่ 4 เรื่อง การสร้างตัวแบบตามโครงสร้างที่ถูกต้อง (49 คน ร้อยละ 37) อยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้มีผู้เรียนบางส่วน (กลุ่มคนเก่ง) สามารถทำคะแนนสอบในแต่ละรายเนื้อหา (เนื้อหาที่ 1 จำนวน 57 คน ร้อยละ 43.18 เนื้อหาที่ 2 จำนวน 51 คน ร้อยละ 38.64 เนื้อหาที่ 3 จำนวน 9 คน ร้อยละ 6.82 และเนื้อหาที่ 4 จำนวน 24 คน ร้อยละ 18.18) ถูกหมดทุกข้อได้คะแนนเต็มทั้งก่อนทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัด เมื่อวิเคราะห์ค่าระดับดัชนีความก้าวหน้า พบว่า ผู้เรียนกลุ่มนี้ความก้าวหน้าทางการเรียนไม่มีการเปลี่ยนแปลงจึงถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกับผู้เรียน (เนื้อหาที่ 1 จำนวน 1 คน ร้อยละ 0.76 เนื้อหาที่ 2 จำนวน 7 คน ร้อยละ 5.30 เนื้อหาที่ 3 จำนวน 49 คน ร้อยละ 37.12 และเนื้อหาที่ 4 จำนวน 42 คน ร้อยละ 31.82) ที่มีค่าดัชนี

ความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำจริง ส่งผลทำให้ในแต่ละรายเนื้อหา (เนื้อหาที่ 1 เนื้อหาที่ 2 เนื้อหาที่ 3 จำนวน 58 คน ร้อยละ 43.94 และเนื้อหาที่ 4 จำนวน 66 คน ร้อยละ 50) มีจำนวนผู้เรียนที่มีค่าดัชนีความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำมีจำนวนมากกว่าความเป็นจริง

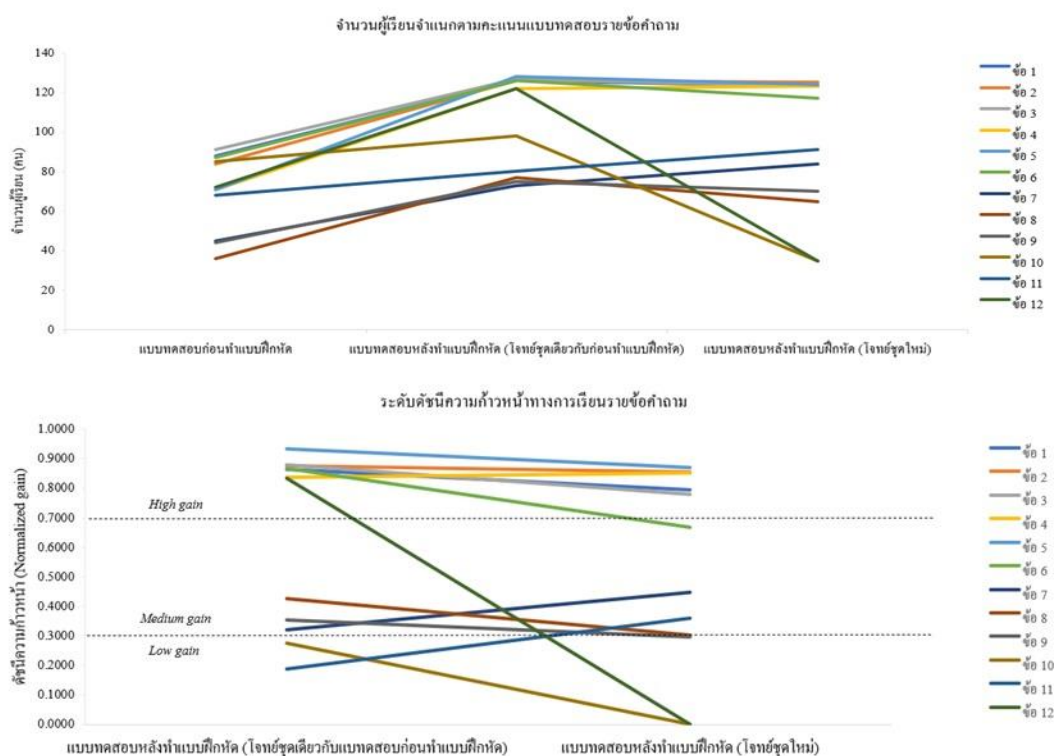
หากพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนเมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วยโจทย์ชุดใหม่ (ภาพที่ 112) พบว่า เนื้อหาที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปร ผู้เรียนร้อยละ 49.24 จำนวน 65 คน มีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง และจำนวน 7 คน (ร้อยละ 5.30) มีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง โดยอีก 60 คน (ร้อยละ 45.45) ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้ผู้เรียนจำนวน 60 คนดังกล่าวจะประกอบด้วยผู้เรียน (กลุ่มเด็กเก่ง) ที่ทำข้อสอบก่อนทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัดด้วยโจทย์ชุดใหม่ถูกทุกข้อ จำนวน 57 คน (ร้อยละ 43.18) และอีก 3 คน (ร้อยละ 2.27) เป็นผู้เรียนที่ได้คะแนนสอบที่มีค่าดัชนีความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำจริง ในส่วนของ เนื้อหาที่ 2 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ มีผู้เรียนจำนวน 61 คน (ร้อยละ 46.21) มีดัชนีความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูง และมีผู้เรียนบางส่วนจำนวน 16 คน (ร้อยละ 12.12) ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้มีผู้เรียน 55 คน (ร้อยละ 41.67) ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ ประกอบด้วยผู้เรียน (กลุ่มเด็กเก่ง) จำนวน 51 คน (ร้อยละ 38.64) และเป็นผู้เรียนที่ได้คะแนนสอบที่มีค่าดัชนีความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำจริง จำนวน 4 คน (ร้อยละ 3.03) สำหรับเนื้อหาที่ 3 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ มีผู้เรียนบางส่วนจำนวน 25 คน (ร้อยละ 18.94) ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง และมีผู้เรียนร้อยละ 39.39 จำนวน 52 คน ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และอีก 55 คน (ร้อยละ 41.67) มีดัชนีความก้าวหน้าอยู่ระดับต่ำ ประกอบด้วยผู้เรียนที่ได้คะแนนสอบที่มีค่าดัชนีความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำจริง จำนวน 45 คน (ร้อยละ 34.09) และอีก 10 คน (ร้อยละ 7.58) เป็นผู้เรียน (กลุ่มเด็กเก่ง) ที่ทำข้อสอบก่อนทำแบบฝึกหัดและหลังแบบฝึกหัดถูกทุกข้อ หากพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนของเนื้อหาที่ 4 เรื่อง สร้างตัวแบบตามโครงสร้างที่ถูกต้องเมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วยโจทย์ใหม่ พบว่า ผู้เรียนร้อยละ 3.03 จำนวน 4 คน มีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง และมีผู้เรียนจำนวน 25 คน (ร้อยละ 18.94) มีดัชนีความก้าวหน้าอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้มีผู้เรียนจำนวน 103 คน (ร้อยละ 78.03) มีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ ประกอบด้วยผู้เรียนที่ได้คะแนนสอบที่มีค่าดัชนีความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำจริงจำนวน 99 คน (ร้อยละ 75) และอีก 4 คน (ร้อยละ 3.03) เป็นกลุ่มผู้เรียนได้ทำคะแนนสอบได้เต็มทั้งแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัด

จากผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนรายเนื้อหาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 75 (99 คน) มีระดับความก้าวหน้าทางการเรียนในรายเนื้อหาที่ 4 เรื่อง การ

สร้างตัวแบบตามโครงสร้างที่ถูกต้องอยู่ในระดับต่ำ เมื่อต้องทำแบบทดสอบกับโจทย์ที่ไม่เคยทำมาก่อน ซึ่งกลุ่มผู้เรียนดังกล่าวต้องได้รับได้รับการพัฒนาทักษะการวิเคราะห์โจทย์เพื่อให้สามารถกำหนดตัวแปร เขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับให้มีความถูกต้องด้วยการฝึกทำแบบฝึกหัดกับโจทย์ที่หลากหลายเพิ่มเติม

4. ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายข้อคำถาม

จากการพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการตอบข้อสอบเป็นรายข้อในภาพรวม พบว่า ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง มีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อคำถามเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 0.6377 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนทั้งชั้นมีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายข้อคำถามเพิ่มขึ้นร้อยละ 63.77 เมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วยโจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด หากพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนเมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดกับ โจทย์ใหม่ พบว่า ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 51.86 โดยมีดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อคำถามเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 0.5186



ภาพที่ 113 จำนวนผู้เรียนจำแนกตามคะแนนทดสอบรายข้อคำถาม และระดับดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนรายข้อคำถาม

นอกจากนี้หากพิจารณาการตอบข้อสอบเป็นรายข้อ (ข้อ 1 - ข้อ 3) ของเนื้อหาที่ 1 เรื่อง การกำหนดตัวแปร (ภาพที่ 113) พบว่า จำนวนผู้เรียนที่ตอบข้อสอบหลังทำแบบฝึกหัด โจทย์ชุดเดียวกับข้อสอบก่อนทำแบบฝึกหัดในแต่ละข้อถูกต้องมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกข้อซึ่งมีดัชนีความก้าวหน้ารายข้อเฉลี่ยเท่ากับ 0.87 และจำนวนผู้เรียนที่ตอบข้อสอบในแต่ละข้อถูกต้องเมื่อทำข้อสอบหลังทำแบบฝึกหัดกับโจทย์ชุดใหม่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกข้อเช่นเดียวกัน โดยมีดัชนีความก้าวหน้ารายข้อเฉลี่ยเท่ากับ 0.81 และจากการพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายข้อเมื่อวิเคราะห์โดยการหาค่าดัชนีความก้าวหน้า ซึ่งแบ่งความก้าวหน้าทางการเรียนออกเป็น 3 ระดับ พบว่า ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายข้อทุกข้ออยู่ในระดับสูง สะท้อนให้เห็นว่า แบบฝึกหัดสำหรับการเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และกำหนดตัวแปรตัดสินใจ (decision variable) ได้ถูกต้องครบถ้วน เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการตอบข้อสอบเป็นรายข้อ (ข้อ 4 - ข้อ 6) ของเนื้อหาที่ 2 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (ภาพที่ 113) พบว่า จำนวนผู้เรียนที่ตอบข้อสอบหลังทำแบบฝึกหัด โจทย์ชุดเดียวกับข้อสอบก่อนทำแบบฝึกหัดในแต่ละข้อถูกต้องมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกข้อซึ่งมีดัชนีความก้าวหน้ารายข้อเฉลี่ยเท่ากับ 0.88 และจำนวนผู้เรียนที่ตอบข้อสอบในแต่ละข้อถูกต้องเมื่อทำข้อสอบหลังทำแบบฝึกหัดกับโจทย์ชุดใหม่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกข้อเช่นเดียวกัน โดยมีดัชนีความก้าวหน้ารายข้อเฉลี่ยเท่ากับ 0.80 จากการพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายข้อเมื่อวิเคราะห์โดยการหาค่าดัชนีความก้าวหน้า 3 ระดับ พบว่า ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้อ 4 และข้อ 5 อยู่ในระดับสูง แต่ในขณะที่ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้อ 6 ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง สะท้อนให้เห็นว่า แบบฝึกหัดสำหรับการเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ถูกต้อง เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการตอบข้อสอบเป็นรายข้อ (ข้อ 7 - ข้อ 9) ของเนื้อหาที่ 3 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ (ภาพที่ 113) จำนวนผู้เรียนที่ตอบข้อสอบหลังทำแบบฝึกหัด โจทย์ชุดเดียวกับข้อสอบก่อนทำแบบฝึกหัดในแต่ละข้อถูกต้องมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกข้อซึ่งมีดัชนีความก้าวหน้ารายข้อเฉลี่ยเท่ากับ 0.37 และจำนวนผู้เรียนที่ตอบข้อสอบในแต่ละข้อถูกต้องเมื่อทำข้อสอบหลังทำแบบฝึกหัดกับ โจทย์ชุดใหม่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกข้อเช่นเดียวกัน โดยมีดัชนีความก้าวหน้ารายข้อเฉลี่ยเท่ากับ 0.35 จากการพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายข้อเมื่อวิเคราะห์โดยการหาค่าดัชนีความก้าวหน้า ซึ่งแบ่งความก้าวหน้าทางการเรียนออกเป็น 3 ระดับ ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายข้อทุกข้อ

อยู่ในระดับปานกลาง สะท้อนให้เห็นว่า แบบฝึกหัดสำหรับการเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และระบุฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับได้ถูกต้อง และจากการพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการตอบข้อสอบเป็นรายชื่อ (ข้อ 10 - ข้อ 12) ของเนื้อหาที่ 4 เรื่อง สร้างตัวแบบตามโครงสร้างที่ถูกต้อง (ภาพที่ 113) จำนวนผู้เรียนที่ตอบข้อสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วยโจทย์ชุดเดียวกับข้อสอบก่อนทำแบบฝึกหัดในแต่ละข้อถูกต้องมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกข้อ โดยมีดัชนีความก้าวหน้ารายข้อเฉลี่ยเท่ากับ 0.43 แต่เมื่อผู้เรียนทำข้อสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วยโจทย์ชุดใหม่มีเพียงข้อ 11 ข้อเดียวที่มีจำนวนผู้เรียนตอบถูกเพิ่มขึ้นมีดัชนีความก้าวหน้ารายข้อเฉลี่ยเท่ากับ 0.12 เมื่อวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายข้อ โดยการหาค่าดัชนีความก้าวหน้า 3 ระดับ ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนข้อ 12 อยู่ในระดับสูง และมีความก้าวหน้าทางการเรียนข้อ 10 และ ข้อ 11 อยู่ในระดับต่ำ เมื่อทำข้อสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วยโจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด แต่เมื่อผู้เรียนทำข้อสอบหลังทำแบบฝึกหัดด้วยโจทย์ชุดใหม่ พบว่า ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนข้อ 10 อยู่ในระดับสูง แต่ความก้าวหน้าทางการเรียนในรายข้อ 11 และ ข้อ 12 ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายข้อระดับต่ำ เนื่องจากมีผู้เรียนบางส่วนที่สามารถทำข้อสอบถูกต้องทั้งข้อสอบก่อนและหลังทำแบบฝึกหัด จึงทำให้ไม่เห็นถึงความก้าวหน้าทางการเรียนในการทำข้อสอบข้อดังกล่าว สะท้อนให้เห็นว่าแบบฝึกหัดสำหรับการเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสามารถสร้างตัวแบบตามโครงสร้างที่ถูกต้องได้ แต่ทั้งนี้ผู้เรียนบางส่วนควรได้รับการพัฒนาทักษะในเนื้อหาที่ 3 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ ด้วยการทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเพื่อพัฒนาต้นแบบระบบสร้างคำถามอัตโนมัติสำหรับเรียนรู้การสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น ผู้วิจัยทำการสร้างคำถามประเภทเชิงบรรยายสำหรับปัญหาด้านการกำหนดสัดส่วนการผลิตโดยอัตโนมัติด้วยวิธีการใช้แม่แบบคำถามร่วมกับข้อมูลจากฐานความรู้เชิงความหมาย สามารถสรุปผลและอภิปรายผล ตลอดจนมีข้อเสนอแนะดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพการสร้างโจทย์ด้วยระบบที่สร้างขึ้นด้วยฐานความรู้ออนโทโลยีร่วมกับแม่แบบคำถาม โดยใช้โดเมนการกำหนดสัดส่วนการผลิตเป็นโดเมนต้นแบบของระบบ ทั้งนี้แม่แบบคำถาม (template) ที่พัฒนาขึ้นมีความยืดหยุ่นปรับเปลี่ยนไปตามข้อมูลที่ได้จากฐานความรู้ออนโทโลยี จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีความคิดเห็นว่า โจทย์และเฉลยที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสม ด้านความถูกต้อง ($\bar{X}=3.31$, S.D. = 0.58) ความสอดคล้องของข้อมูลที่เป็นเนื้อหาโจทย์ ($\bar{X}=3.41$, S.D. = 0.71) และด้านความยากง่ายตามระดับความรู้ของผู้เรียน ($\bar{X}=3.03$, S.D. = 0.70) สามารถนำไปปรับใช้กับโดเมนอื่นในการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นสำหรับแสดงปัญหาทางธุรกิจอยู่ในระดับปานกลาง

2. ประสิทธิภาพและดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้กับแบบทดสอบหลังฝึกทำแบบฝึกหัดที่มีโจทย์เดียวกันกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด มีประสิทธิภาพเท่ากับ 89.66/80.81 และประสิทธิภาพและดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้กับแบบทดสอบหลังทำแบบฝึกหัดที่มีโจทย์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 89.66/70.45 สรุปได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ (80/80)

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัดรายชั้นเรียน โดยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังฝึกทำแบบฝึกหัดสูงกว่าก่อนทำแบบฝึกหัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05 ทั้งแบบรายชั้นเรียน รายบุคคล และรายเนื้อหา สรุปผลได้ดังนี้

3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัดรายชั้นเรียน ผู้เรียนมีคะแนนสอบก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดเฉลี่ยเท่ากับ 53.16 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ และคะแนนสอบหลังฝึกทำแบบฝึกหัด โดยการสอบกับ โจทย์เดียวกันแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัดมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80.81 อยู่ในระดับดีมาก และคะแนนสอบหลังทำแบบฝึกหัดทดสอบด้วยโจทย์ใหม่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 70.45 อยู่ในระดับดี

3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัดรายบุคคล ผู้เรียนมีคะแนนสอบก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 53.16 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ

ต่ำ มีผู้เรียนที่ได้คะแนนดีเยี่ยมจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 20.71 คะแนนอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 32.14 คน โดยมีผู้เรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์น้อย (อ่อน) ร้อยละ 26.55 จำนวน 34 คน และมีผู้เรียนจำนวน 50 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ โดยคิดเป็นร้อยละของผู้เรียนที่ได้คะแนนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำจำนวนร้อยละ 20.60

3.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนฝึกทำแบบฝึกหัดและหลังทำแบบฝึกหัดรายเนื้อหา ผู้เรียนที่สอบได้คะแนนในรายเนื้อหาสูงกว่าค่ามาตรฐาน E_2 จำนวน 1 เนื้อหา และต่ำกว่ามาตรฐาน E_2 จำนวน 3 เนื้อหา คิดเป็นร้อยละ 25.00 และ 75.00 ตามลำดับ

3.4 ความก้าวหน้าทางการเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งแบบรายชั้นเรียน รายบุคคล รายเนื้อหา และรายข้อคำถาม จัดอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเท่ากับ 0.4797 0.4457 0.4051 และ 0.5782 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 47.97 44.57 40.51 และ 57.82 ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการสร้างโจทย์และคำตอบอัตโนมัติสำหรับเป็นเครื่องมือให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นโดยการฝึกทำแบบฝึกหัด 3 ระดับการเรียนรู้ พบว่ามีประสิทธิภาพของ $E1/E2$ เท่ากับ 89.66/80.81 และ 89.66/70.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพของแผนการจัดการจัดการเรียนรู้อย่างน้อยที่ 80/80 แสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.5903 แสดงว่าผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีโจทย์ให้ผู้เรียนได้ฝึกทำที่หลากหลายและในระหว่างที่ผู้เรียนฝึกทำแบบฝึกหัดมีระบบช่วยเหลือส่งเสริมความเข้าใจให้กับผู้เรียน ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้และเข้าใจด้วยตนเอง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้ พบว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนฝึกทำแบบฝึกหัด และมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ทั้งนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับผู้เรียนที่มีผลการเรียนในรายเนื้อหาการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ จนถึงมีผลการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (กลุ่มอ่อน) แต่ไม่เหมาะสมกับผู้เรียนที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับดีเยี่ยม (กลุ่มเก่ง) เนื่องจากแบบฝึกหัดและแบบทดสอบอาจง่ายเกินไปสำหรับผู้เรียนที่อยู่ในกลุ่มเด็กเก่งทำให้ผู้เรียนสามารถทำคะแนนแบบทดสอบทั้งก่อนและหลังฝึกทำแบบฝึกหัดอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยมทำให้ไม่สามารถยืนยันได้ว่าผู้เรียนกลุ่มดังกล่าวมีความก้าวหน้าทางการเรียนเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับใด

นอกจากนี้ จากการพิจารณาเนื้อหาที่ 2 เรื่อง การเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่มีประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 89.66/93.44 โดยมีประสิทธิภาพมากที่สุด ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะ

เนื้อหาที่ 2 เป็นเรื่องง่ายและนักเรียนได้ฝึกทักษะการเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์กับโจทย์ที่หลากหลายเป็นจำนวนมาก

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูง (E1) กว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้และสูงกว่าเกณฑ์ของผลลัพธ์การเรียนรู้ (E2) แบบฝึกหัดที่ให้ผู้เรียนทำงานง่ายกว่าการสอบหลังทำแบบฝึกหัด ทำให้ค่า E1 มากกว่า E2 ดังนั้น การศึกษาครั้งต่อไปอาจพัฒนาวิธีการที่ช่วงส่งเสริมให้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นให้สอดคล้องกับระดับความรู้เหมาะสมกับกลุ่มผู้เรียนที่มีผลการเรียนดีเยี่ยม (กลุ่มเก่ง)

2. เนื่องจากโจทย์และเฉลยที่ใช้กับแบบฝึกหัดและแบบทดสอบก่อน-หลังทำแบบฝึกหัด ทั้งหมดเป็นปัญหาการผลิต จึงขาดความหลากหลาย ผู้เรียนจะทำแบบฝึกโดยการจำรูปแบบมากกว่าการสร้างความเข้าใจ และตีความประโยชน์ออกมาเป็นสมการ/อสมการทางคณิตศาสตร์ ควรปรับให้มีความหลากหลายของโจทย์ เช่น การลงทุน การขนส่ง การหาที่ตั้ง การเลือกเส้นทาง เป็นต้น

3. ควรศึกษาวิจัยในหัวข้อเกี่ยวกับการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เรียนในประเด็นด้านอื่นเพิ่มเติม และแนวทางการพัฒนาระบบครั้งต่อไปควรใช้แนวทางเทมเพลตร่วมกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Generative AI) เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของคำถามและแม่แบบคำถาม



รายการอ้างอิง

- Campenhout, R. V., Brown, N., and Jerome, B. (2021). Toward Effective Courseware at Scale: Investigating Automatically Generated Questions as Formative Practice L@S'21: **Eighth (2021) ACM Conference on Learning @ Scale**, Potsdam, Germany.
- Chali, Y., and Baghaee, T. (2018). Automatic Opinion Question Generation. 11th **International conference on natural language generation**, Tiburg University, The Netherlands.
- Chotirat, S. and P. Meesad (2022). Automatic Question and Answer Generation from Thai Sentences. **18th International Conference on Computing and Information Technology (IC2IT 2022)**. Kanchanaburi Rajabhat University.
- Das, B., Majumder, M., Phadikar, S., and Sekh, A. A. (2021). Automatic question generation and answer assessment: a survey. **Research and Practice in Technology Enhanced Learning**, 16, 1-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s41039-021-00151-1>
- Fung, Y.-C., Lee, L.-K., and Chui, K. T. (2023). An Automatic Question Generator for Chinese Comprehension. **Inventions**, 8(1), 1-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/inventions8010031>
- Gange, R. (1985). **The conditions of Learning and Theory of Instruction**. New York : Holt, Rinechart and Winston.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**. 66(1).
- Kuder, G. F., and Richardson, M. W. (1937). The theory of the estimation of test reliability. **Psychometrika**, 2(3), 151-160.
- Kumar, V., Ramakrishnan, G., and Li, Y.-F. (2019). Putting the Horse before the Cart: A Generator-Evaluator Framework for Question Generation from Text. **Proceedings of the 23rd Conference on Computational Natural Language Learning (CoNLL)**, Hong Kong, China.
- Kurdi, G., Leo, J., Parsia, B., Sattler, U., and AI-Emari, S. (2020). A Systematic Review of Automatic Question Generation for Education Purposes. **International of Artificial**

- Intelligence in Education**, 30, 121-204. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40593-019-00186-y>
- Kusuma, S. F., Siahaan, D. O., and Faticah, C. (2020). Automatic Question Generation In Education Domain Based On Ontology. **International Conference on Computer Engineering, Network, and Intelligent Multimedia (CENIM 2020)**, Surabaya, Indonesia.
- Kusuma, S. F., Siahaan, D. O., and Faticah, C. (2022). Automatic question generation with various difficulty levels based on knowledge ontology using a query template. **Knowledge-Based Systems**, 249, 1-14.
- Maurya, K. K., and Desarkar, M. S. (2020). Learning to Distract: A Hierarchical Multi-Decoder Network for Automated Generation of Long Distractors for Multiple-Choice Questions for Reading Comprehension. **The 29th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM'20)**, Virtual Event Ireland.
- Nutthanit Wiwatbutsiri, Atiwong Suchato and Proadpran Punyabukkana (2022). Question Generation in the Thai Language Using MT5. 19th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE 2022). Silpakorn University, Wang Tha Phar, Bangkok, Thailand.
- Ou, S., Orasan, C., Mekhaldi, D., and Hasler, L. (2008). Automatic Question Pattern Generation for Ontology-based Question Answering. **Twenty-First International Florida Artificial Intelligence Research Society (FLAIRS)**, Coconut Grove, Florida, USA.
- Panchal, P., Thakkar, J., Pillai, V., and Patil, S. (2021). Automatic Question Generation and Evaluation. **Journal of University of Shanghai for Science and Technology**, 23(5), 751-761. <https://doi.org/http://doi.org/10.51201/JUSST/21/05203>
- Shimmei, M. and N. Matsuda (2022). Automatic Question Generation for Evidence-based Online Courseware Engineering. **23rd International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2022)**, Durham, UK.
- Soni, S., Kumar, P., & Saha, A. (2019). Automatic Question Generation: A Systematic Review **International Conference on Advances in Engineering Science Management & Technology (ICAESMT)**, Uttaranchal University, Dehradun, India.
- Teo, N. H. b. I. (2019). "Ontologies for Automatic Question Generation" Ph.D. dissertation, Computer Science Department of Computer Science University of Warwick.

Zou, B., Li, P., Pan, L., and Aw, A. T. (2022). Automatic True/False Question Generation for Educational Purpose. **17th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications (BEA 2022)**, Seattle, Washington.

กมลทิพย์ บริบูรณ์ และกานต์ตะวัน วุฒิสถา, "การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบสาธิต เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5," ใน **Proceedings รวมบทความวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 34 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 1996-2005.

จรรยา สิงห์ทอง, "การวัดการเปลี่ยนแปลงตามทฤษฎีการทดสอบแบบมาตรฐานเดิม," **วารสารการวัดผลการศึกษา**, 27, 79(2548): 1-24.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์, "การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน," **วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์**, 5, 3 (2556): 7-20.

ณิกานต์ แก้วสม, วิษณต วงษ์เป็ย และสุจินต์ จิระชีวะนันท์, "การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการสืบเสาะ 5E เรื่อง ฟิสิกส์กับระบบเบรก ในรูปแบบออนไลน์ช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19," ใน **Proceedings รวมบทความวิจัยการเปลี่ยนแปลงทางการวิจัยและนวัตกรรมอย่างพลิกผันเพื่อการศึกษาที่ดีกว่าในยุคปกติใหม่**, 695-704.

ณัฐณิชา โพธิ์งาม และสุระ วุฒิพรหม, "การจัดการเรียนรู้จากปฏิบัติการทดลองเรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะทางวิทยาศาสตร์," **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**, 1, 2 (2553).

บรรดล สุขปิติ, **ทฤษฎีการวัด และการทดสอบ (Test and measurement theory)**, คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครปฐม, (2542).

พวง มีสัจ, วาทีนีย์ น้อยเพ็ชร และ ศุสดี บุญรอด, "ระบบการค้นคืนเชิงความหมายจากข้อมูลบรรณานุกรมโดเมน," **Information Systems Journal Of Information Science and Technology**, 4, 1(2553): 11-20.

มนชิตา เรืองรัมย์, "การพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2." (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2556)

มนต์ชัย เทียนทอง, การออกแบบและพัฒนาออร์สแวร์สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.

รัตนเกล้า ประดิษฐ์ด้วง, "ผลการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย," (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาศึกษาวิทยาศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2562).

รุจิรา ราชรักษ์ และ โชคศิลป์ ธนเอื้อง, "การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่โดยใช้รูปแบบการสอนแบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์," **Proceedings รวมบทความวิจัย การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53,** 2558.

วิญญา วิศาลาภรณ์, **การวิจัยทางการศึกษา หลักการและแนวทางการปฏิบัติ,** กรุงเทพฯ: คอมแพ็คพรีนซ์, 2540.

วรรณิ แกมเกตุ, **วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์, 2555.

ศักดิ์เศรษฐ์ ประกอบผล, "การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้แอดดีโมเดลและแนวคิดของกาเย่," **วารสารครุศาสตร์สาร (Journal of Educational Studies),** 14, 1 (2563).

สุทธิมา ชำนาญเวช, **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2561.

อภิสิทธิ์ ชงไชย, ขวัญ อารยะธนิติกุล, เขิญโชค ศรขวัญนฤมล เอมะรัตต์ และ รัชภาคย์ จิตต์อารี, "การประเมินผลการเรียนรู้แบบใหม่โดยการใช้ผลสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (A new assessment method by using pre-test and post-test scores)," **HCU Journal of Health Science/in Semesta,** 11, 21(2550): 86-94.

ภาคผนวก ก

ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โจทย์และข้อคำถามสำหรับแบบทดสอบวัด

ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้



ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมินโจทย์และข้อ
คำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และกำหนดตัวแปรตัดสินใจ (decision variable) ได้ถูกต้องครบถ้วน						
1. นักศึกษากลุ่มหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด เช่น มะขามกวน และมะขามแก้ว โดยทำมาจาก น้ำตาล และเนื้อมะขาม โดยที่ มะขามกวน 1 ถูง ใช้น้ำตาล 1.00 กิโลกรัม และใช้เนื้อมะขาม 0.48 กิโลกรัม มะขามแก้ว 1 ถูง ใช้น้ำตาล 0.63 กิโลกรัม และใช้เนื้อมะขาม 0.82 กิโลกรัม โดยที่น้ำตาลมีเหลืออยู่ 3,105 กิโลกรัม และเนื้อมะขามมีอย่างมาก 5,965 กิโลกรัม มะขามกวนได้กำไรถูละ 70 บาท และมะขามแก้ว ได้กำไรถูละ 53 บาท นักศึกษากลุ่มนี้จะต้องผลิตมะขามกวน และมะขามแก้ว อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด						
ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
ข้อใดคือตัวแปรการตัดสินใจของปัญหาที่กำหนด ?	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ก. A แทน จำนวนน้ำตาล B แทน จำนวนเนื้อมะขาม						
ข. A แทน จำนวนมะขามกวน B แทน จำนวนมะขามแก้ว						
ค. A แทน จำนวนมะขามกวน B แทน จำนวนน้ำตาล						
ง. A แทน จำนวนเนื้อมะขาม B แทน จำนวนมะขามกวน						

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน โจทย์และข้อ
คำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และกำหนดตัวแปรตัดสินใจ (decision variable) ได้ถูกต้องครบถ้วน						
2. บริษัทไทยแสงจำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ โต๊ะขนาดพิเศษ และ โต๊ะขนาดมาตรฐาน ซึ่งโต๊ะขนาดพิเศษหนึ่งตัว ใช้เวลาประกอบ 7 นาที และใช้เวลาเตรียมวัสดุ 4 นาที โต๊ะขนาดมาตรฐานหนึ่งตัว ใช้เวลาประกอบ 9 นาที และใช้เวลาเตรียมวัสดุ 6 นาที ทั้งนี้เวลาในการประกอบมีเวลาสูงสุด 7,205 นาที และการเตรียมวัสดุมีเวลาไม่เกิน 437 นาที โต๊ะขนาดพิเศษมีต้นทุนตัวละ 56 บาท และโต๊ะขนาดมาตรฐานมีต้นทุนตัวละ 67 บาท บริษัทควรผลิตโต๊ะขนาดพิเศษ และ โต๊ะขนาดมาตรฐานอย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด						
ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
ข้อใดคือตัวแปรการตัดสินใจของปัญหาที่กำหนด ? ก. X แทน จำนวน โต๊ะขนาดพิเศษ Y แทน จำนวน โต๊ะขนาดมาตรฐาน ข. X แทน จำนวนเวลาที่ใช้ประกอบ Y แทน จำนวนเวลาที่ใช้เตรียมวัสดุ ค. X แทน จำนวน โต๊ะขนาดพิเศษ Y แทน จำนวนเวลาที่ใช้ประกอบ ง. X แทน จำนวน โต๊ะขนาดมาตรฐาน Y แทน จำนวนเวลาที่ใช้เตรียมวัสดุ	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน โจทย์และข้อ
คำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และกำหนดตัวแปรตัดสินใจ (decision variable) ได้ถูกต้องครบถ้วน						
3. กลุ่มแม่บ้านในชนบทผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด คือ เตียงนอนชั้นเดียว และเตียงนอนสองชั้น ซึ่งทำมาจาก สีทาเนื้อไม้ เสา ไม้กระดานยาว และไม้รีวประดับ ทั้งนี้ เตียงนอนชั้นเดียว 1 ตัว ใช้สีทาเนื้อไม้ 3 ถึง ใช้เสา 16 ต้น ใช้ไม้กระดานยาว 11 แผ่น และใช้ไม้รีวประดับ 12 ท่อน เตียงนอนสองชั้น 1 ตัว ใช้สีทาเนื้อไม้ 6 ถึง ใช้ เสา 3 ต้น ใช้ไม้กระดานยาว 4 แผ่น และใช้ไม้รีวประดับ 13 ท่อน เตียงนอนชั้นเดียวหนึ่งตัวใช้เวลาผลิต 420 นาที และเตียงนอนสองชั้นหนึ่งตัวใช้เวลาผลิต 300 นาที โดยสีทาเนื้อไม้มีอย่างมาก 4,652 ถึง เสามีอย่างน้อย 3,106 ต้น ไม้กระดานยาวมีอย่างมาก 8,347 แผ่น และไม้รีวประดับมีต่ำสุด 7,510 ท่อนและเวลาที่ใช้ในการ ผลิตมีอย่างน้อย 3,288 นาที เตียงนอนชั้นเดียวมีต้นทุนตัวละ 43 บาท และเตียงนอนสองชั้นมีต้นทุนตัวละ 49 บาท กลุ่มแม่บ้านควรผลิต เตียงนอนชั้นเดียว และเตียงนอนสองชั้นอย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด						
ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
ข้อใดคือตัวแปรการตัดสินใจของปัญหา ที่กำหนด ?	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ก. X_1 แทน จำนวนไม้กระดานยาว X_2 แทน จำนวนไม้รีวประดับ						
ข. X_1 แทน จำนวนสีทาเนื้อไม้ X_2 แทน จำนวนเสา						
ค. X_1 แทน จำนวนเตียงนอนชั้นเดียว X_2 แทน จำนวนเตียงนอนสองชั้น						
ง. X_1 แทน จำนวนเวลาผลิต X_2 แทน จำนวนเวลาที่ใช้เตรียมวัสดุ						

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน โจทย์และข้อ
คำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ ถูกต้อง						
4. ครอบครัวหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด อาทิเช่น กระเป๋าสะพาย และกระเป๋าเงิน ซึ่งทำมาจาก วัตถุดิบประเภทที่ 1 วัตถุดิบประเภทที่ 2 และวัตถุดิบประเภทที่ 3 โดยที่ กระเป๋าสะพาย 1 ใบ ใช้วัตถุดิบ ประเภทที่ 1 17 หน่วย ใช้วัตถุดิบประเภทที่ 2 16 หน่วย และใช้วัตถุดิบประเภทที่ 3 15 หน่วย กระเป๋าเงิน 1 ใบ ใช้วัตถุดิบประเภทที่ 1 15 หน่วย ใช้วัตถุดิบประเภทที่ 2 15 หน่วยและใช้วัตถุดิบ ประเภทที่ 3 17 หน่วย โดยที่วัตถุดิบประเภทที่ 1 มีทั้งหมด 6,264 หน่วย วัตถุดิบประเภทที่ 2 มีสูงสุด 3,552 หน่วย และวัตถุดิบประเภทที่ 3 มีอย่างมากที่สุด 5,592 หน่วย กระเป๋าสะพายมีต้นทุนใบละ 96 บาท และกระเป๋าเงินมีต้นทุนใบละ 4 บาท ครอบครัวนี้ควรผลิต กระเป๋าสะพาย และกระเป๋าเงิน อย่างไรจึง จะเสียต้นทุนต่ำสุด						
ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ฟังก์ชัน วัตถุประสงค์ คือ ข้อใด? เมื่อกำหนดให้ X_1 เป็นจำนวนกระเป๋าสะพาย X_2 เป็นจำนวนกระเป๋าเงิน ก. กำไรรวมสูงสุด = $4X_1 + 96X_2$ ข. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $96X_1 + 4X_2$ ค. กำไรรวมสูงสุด = $16X_1 + 15X_2$ ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $17X_1 + 16X_2$	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน โจทย์และข้อ
คำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ ถูกต้อง						
5. บริษัทนั้นтикаจำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง ได้แก่ ปลาชารี่ดินทอดพริก และปลาชารี่ดินในซอสมะเขือเทศซึ่งปลาชารี่ดินทอดพริกหนึ่งกระป๋อง ใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิต 5 ชั่วโมง ปลาชารี่ดินในซอสมะเขือเทศหนึ่งกระป๋องใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิต 3 ชั่วโมง โดยที่เครื่องจักรมีเวลาอย่างมากที่สุด 8,063 นาที ปลาชารี่ดินทอดพริกมีต้นทุนกระป๋องละ 48 บาท และปลาชารี่ดินในซอสมะเขือเทศมีต้นทุนกระป๋องละ 60 บาท บริษัทนั้นтикаควรผลิต ปลาชารี่ดินทอดพริก และปลาชารี่ดินในซอสมะเขือเทศอย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด						
ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
จากสถานการณ์นี้ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ข้อใด? เมื่อกำหนดให้ X เป็นจำนวนปลาชารี่ดินทอดพริก Y เป็นจำนวนปลาชารี่ดินในซอสมะเขือเทศ ก. กำไรรวมสูงสุด = $5X + 3Y$ ข. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $3X + 5Y$ ค. กำไรรวมสูงสุด = $48X + 60Y$ ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $48X + 60Y$	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน โจทย์และข้อ
คำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ ถูกต้อง						
<p>6. บริษัทแห่งหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 3 อย่าง เช่น สินค้าเกรดเอ สินค้าเกรดบี และสินค้าเกรดซี ซึ่งมี ส่วนประกอบเป็น ไม้ประเภทที่หนึ่ง และไม้ประเภทที่สองดังนี้ สินค้าเกรดเอ 1 หน่วย ใช้ไม้ประเภทที่หนึ่ง 4 ตารางเมตร และใช้ไม้ประเภทที่สอง 9 ตารางเมตร สินค้าเกรดบี 1 หน่วย ใช้ไม้ประเภทที่หนึ่ง 9 ตารางเมตร และใช้ไม้ประเภทที่สอง 7 ตารางเมตร สินค้าเกรดซี 1 หน่วย ใช้ไม้ประเภทที่หนึ่ง 5 ตารางเมตร และใช้ไม้ ประเภทที่สอง 1 ตารางเมตร ซึ่งสินค้าเกรดเอหนึ่งหน่วยใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิตขั้นตอนที่หนึ่ง 7 นาที ผลิตขั้นตอนที่สอง 8 นาที และผลิตขั้นตอนที่สาม 10 นาที สินค้าเกรดบีหนึ่งหน่วยใช้เวลาของเครื่องจักร ในการผลิตขั้นตอนที่หนึ่ง 9 นาที ผลิตขั้นตอนที่สอง 10 นาที และผลิตขั้นตอนที่สาม 7 นาที สินค้าเกรดซี หนึ่งหน่วยใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิตขั้นตอนที่หนึ่ง 9 นาที ผลิต ขั้นตอนที่สอง 8 นาที และผลิต ขั้นตอนที่สาม 10 นาที โดย ไม้ประเภทที่หนึ่งมีทั้งหมด 5,044 ตารางเมตร ไม้ประเภทที่สองมีอย่างมากที่สุด 8,607 ตารางเมตร และเครื่องจักรมีเวลาทั้งหมด 2,121 นาที สินค้าเกรดเอมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 35 บาท สินค้า เกรดบีมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 83 บาท และสินค้าเกรดซีมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 7 บาท และ บริษัทควรผลิต สินค้า เกรดเอ สินค้าเกรดบี และสินค้าเกรดซี อย่างไรจึงจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด</p>						
ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
<p>จากสถานการณ์นี้ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ ข้อใด? เมื่อกำหนดให้ X_1 เป็นจำนวนสินค้าเกรดเอ X_2 เป็นจำนวนสินค้าเกรดบี X_3 เป็นจำนวนสินค้าเกรดซี</p> <p>ก. กำไรรวมสูงสุด = $4X_1 + 9X_2 + 7X_3$ ข. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $7X_1 + 5X_2 + 10X_3$ ค. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $35X_1 + 83X_2 + 7X_3$ ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $9X_1 + 10X_2 + 10X_3$</p>	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน โจทย์และข้อ
คำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และระบุฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ (constraints) ได้ถูกต้อง						
7. บริษัท SilvexProducts ผลิต สินค้าจำนวน 2 ชนิด เช่น สินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง โดยใช้ วัตถุดิบ ก วัตถุดิบ ข และวัตถุดิบ ค เป็นส่วนผสม ทั้งนี้ สินค้าชนิดที่หนึ่ง 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบ ก 14 หน่วย ใช้ วัตถุดิบ ข 10 หน่วยและใช้วัตถุดิบ ค 12 หน่วย สินค้าชนิดที่สอง 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบ ก 9 หน่วย ใช้วัตถุดิบ ข 9 หน่วย และใช้วัตถุดิบ ค 13 หน่วย โดยที่บริษัทมีวัตถุดิบ ก มากที่สุด 5,444 หน่วย วัตถุดิบ ข มีอย่างมาก 9,908 หน่วย และวัตถุดิบ ค มีเพียง 1,476 หน่วย สินค้าชนิดที่หนึ่งมีกำไรชิ้นละ 58 บาท และสินค้าชนิดที่สองมีกำไร ชิ้นละ 96 บาท บริษัทควรผลิต สินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง อย่างไรจึงจะได้กำไรมากที่สุด						
ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
ข้อใดเป็นฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับเพื่อประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหาของสถานการณ์นี้? เมื่อกำหนดให้ X_1 เป็นจำนวนสินค้าชนิดที่หนึ่ง X_2 เป็นจำนวนสินค้าชนิดที่สอง ก. $58X_1 + 96X_2 \leq 5,444$ $14X_1 + 9X_2 \leq 9,908$ ข. $14X_1 + 9X_2 \leq 5,444$ $10X_1 + 9X_2 \leq 9,908$ $12X_1 + 13X_2 \leq 1,476$ ค. $14X_1 + 9X_2 \leq 5,444$ $10X_1 + 9X_2 \leq 9,908$ $12X_1 + 13X_1 \leq 1,476$ $X_1, X_2 \geq 0$ ง. $14X_1 + 9X_2 \leq 5,444$ $10X_1 + 9X_2 \leq 9,908$ $12X_1 + 13X_2 \leq 1,476$ $58X_1 + 96X_2 \leq 152$	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน โจทย์และข้อ
คำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และระบุฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ (constraints) ได้ถูกต้อง						
ข้อความ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
<p>8. นักศึกษากลุ่มหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง ได้แก่ ไม้เทนนิส และ ไม้แบดมินตัน โดยไม้เทนนิสหนึ่งอันใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 ชั่วโมง และใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 6 ชั่วโมง ไม้แบดมินตันหนึ่งอันใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 ชั่วโมง และใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 6 ชั่วโมง โดยที่เครื่องจักร A มีเวลาเพียง 1,438 ชั่วโมง และเครื่องจักร B มีเวลาอย่างมาก 2,940 ชั่วโมง ไม้เทนนิสมีต้นทุนอันละ 90 บาท และ ไม้แบดมินตันมีต้นทุนอันละ 52 บาท นักศึกษากลุ่มนี้ควรผลิต ไม้เทนนิส และ ไม้แบดมินตัน อย่างไร จึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด</p>	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
<p>ข้อใดเป็นฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับเพื่อประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหาของสถานการณ์นี้ เมื่อกำหนดให้ X เป็นจำนวนไม้เทนนิส Y เป็นจำนวนไม้แบดมินตัน</p> <p>ก. $3X + 3Y \leq 1,438$ $6X + 6Y \leq 2,940$</p> <p>ข. $3X + 3Y \leq 1,438$ $6X + 6Y \leq 2,940$ $X, Y \geq 0$</p> <p>ค. $3X + 3Y \leq 1,438$ $6X + 6Y \leq 2,940$ $90X + 52Y \leq 142$ $X, Y \geq 0$</p> <p>ง. $6X + 6Y \leq 1,438$ $3X + 3Y \leq 2,940$ $90X + 52Y \leq 142$ $X, Y \geq 0$</p>						

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน โจทย์และข้อ
คำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม: ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และระบุฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับ (constraints) ได้ถูกต้อง						
9. บริษัทไทยเจริญจำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง เช่น รถยนต์บังคับแบบบรรทุก และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ต ซึ่งมีส่วนประกอบเป็น ตัวรถ และเครื่องยนต์บังคับ โดยที่ รถยนต์บังคับแบบบรรทุก 1 หน่วย ใช้ตัวรถ 1 คัน และใช้เครื่องยนต์บังคับ 1 ตัว รถยนต์บังคับแบบสปอร์ต 1 หน่วย ใช้ตัวรถ 1 คัน และใช้เครื่องยนต์บังคับ 1 ตัว รถยนต์บังคับแบบบรรทุกหนึ่งหน่วยใช้เวลาผลิต 11 ชั่วโมง และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ตหนึ่งหน่วยใช้เวลาผลิต 16 ชั่วโมง โดยที่ตัวรถมีอย่างมากที่สุด 7,671 คัน และเครื่องยนต์บังคับมีอย่างน้อยที่สุด 9,532 ตัว และการผลิตมีเวลาเหลืออยู่ 2,955 ชั่วโมง รถยนต์บังคับแบบบรรทุกมีต้นทุนหน่วยละ 55 บาท และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ตมีต้นทุนหน่วยละ 60 บาท บริษัทไทยเจริญควรผลิต รถยนต์บังคับแบบบรรทุก และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ตอย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด						
ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
<p>เมื่อกำหนดให้</p> <p>X_1 เป็นจำนวนรถยนต์บังคับแบบบรรทุก</p> <p>X_2 เป็นจำนวนรถยนต์บังคับแบบสปอร์ต</p> <p>ข้อใดเป็นฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับเพื่อ</p> <p>ประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหาของปัญหานี้?</p> <p>ก. $X_1 + X_2 \leq 9,532$</p> <p>$11X_1 + 16X_2 \leq 2,955$</p> <p>ข. $X_1 + X_2 \geq 9,532$</p> <p>$X_1 + X_2 \leq 7,671$</p> <p>$11X_1 + 16X_2 \leq 2,955$</p> <p>ค. $X_1 + X_2 \leq 9,532$</p> <p>$X_1 + X_2 \leq 7,671$</p> <p>$11X_1 + 16X_2 \leq 2,955$</p> <p>$X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ง. $11X_1 + 16X_2 \geq 9,532$</p> <p>$X_1 + X_2 \leq 7,671$</p> <p>$55X_1 + 60X_2 \leq 115$</p> <p>$X_1, X_2 \geq 0$</p>	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน โจทย์และข้อ
คำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม : ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และสามารถสร้างตัวแบบกำหนด การเชิงเส้นของปัญหาที่กำหนดให้ ได้อย่างถูกต้อง						
ข้อความ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
<p>10. บริษัทสากล จำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง คือ วัสดุเอ และวัสดุบี โดยทำมาจากวัตถุดิบ ทั้งนี้ วัสดุเอ 1 หน่วย ใช้วัตถุดิบ 3 หน่วย วัสดุบี 1 หน่วย ใช้วัตถุดิบ 2 หน่วย โดยที่วัตถุดิบมีมากที่สุด 979 หน่วย วัสดุเอมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 5 บาท และวัสดุบีมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 91 บาท บริษัทควรผลิต วัสดุบี และวัสดุเอ อย่างไร จึงจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด</p>	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
<p>ข้อใดเป็นตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นแสดง ปัญหาของสถานการณ์นี้ ?</p> <p>ก. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $5X_1 + 91X_2$ $3X_1 + 2X_2 \leq 979$ $X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ข. $3X_1 + 2X_2 \leq 979$ $X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ค. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $3X_1 + 2X_2$ $5X_1 + 91X_2 \leq 979$</p> <p>ง. กำไรรวมสูงสุด = $3X_1 + 2X_2$ $5X_1 + 91X_2 \leq 979$ $X_1, X_2 \geq 0$</p>						

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน โจทย์และข้อ
คำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม : ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และสามารถสร้างตัวแบบกำหนดการ เชิงเส้นของปัญหาที่กำหนดให้ ได้อย่างถูกต้อง						
11. บริษัท A ผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด คือ สินค้า ก และสินค้า ข โดยสินค้า ก หนึ่งหน่วยใช้เวลาของ เครื่องจักร A ในการผลิต 4 ชั่วโมง ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 3 ชั่วโมง และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 4 ชั่วโมง สินค้า ข หนึ่งหน่วยใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 ชั่วโมง ใช้เวลาของ เครื่องจักร B ในการผลิต 2 ชั่วโมง และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 2 ชั่วโมง ทั้งนี้เครื่องจักร A มี เวลาเพียง 765 ชั่วโมง เครื่องจักร B มีเวลาเพียง 713 ชั่วโมง และเครื่องจักร C มีเวลาน้อยที่สุด 363 ชั่วโมง สินค้า ก มีต้นทุนหน่วยละ 11 บาท และสินค้า ข มีต้นทุนหน่วยละ 10 บาท บริษัท A ควรผลิต สินค้า ก และ สินค้า ข อย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด						
ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
ข้อใดเป็นตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นแสดงปัญหา ของสถานการณ์นี้ ? ก. กำไรรวมสูงสุด = $11A + 10B$ $4A + 3B \leq 765$ $3A + 4B \leq 7,133$ ข. กำไรรวมสูงสุด = $11A + 10B$ $4A + 3B \leq 765$ $A + 2B \leq 713$ $4A + 2B \geq 363$ $A, B \geq 0$ ค. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $11A + 10B$ $4A + 3B \leq 765$ $3A + 4B \leq 713$ $4A + 2B \geq 363$ ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $11A + 10B$ $4A + 3B \leq 765$ $3A + 2B \leq 713$ $4A + 2B \geq 363$ $A, B \geq 0$	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน โจทย์และข้อ
คำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม : ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และสามารถสร้างตัวแบบกำหนดการ เชิงเส้นของปัญหาที่กำหนดให้ ได้อย่างถูกต้อง						
<p>12. บริษัท A ผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ลูกบาสเกตบอล และลูกฟุตบอล ซึ่งทำมาจาก ขาง และหนัง โดยลูกบาสเกตบอล 1 ลูก ใช้ขาง 1 กิโลกรัม และใช้หนัง 3 ตารางฟุต ลูกฟุตบอล 1 ลูก ใช้ขาง 1 กิโลกรัม และใช้หนัง 3 ตารางฟุต ลูกบาสเกตบอลหนึ่งลูกใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 นาที ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 1 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการบริษัท A ผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ลูกบาสเกตบอล และลูกฟุตบอล ซึ่งทำมาจาก ขาง และหนัง โดยลูกบาสเกตบอล 1 ลูก ใช้ขาง 1 กิโลกรัม และใช้หนัง 3 ตารางฟุต ลูกฟุตบอล 1 ลูก ใช้ขาง 1 กิโลกรัม และใช้หนัง 3 ตารางฟุต ลูกบาสเกตบอลหนึ่งลูกใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 นาที ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 1 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 6 นาที ลูกฟุตบอลหนึ่งลูกใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 6 นาที ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 1 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 4 นาที โดยที่ขางมีเหลืออยู่ 8,165 กิโลกรัม และหนังมีมากที่สุด 6,415 ตารางฟุต และเครื่องจักร A มีเวลามากที่สุด 4,256 นาที เครื่องจักร B มีเวลาอย่างน้อยที่สุด 4,042 นาที และเครื่องจักร C มีเวลาไม่เกิน 7,593 นาที ลูกบาสเกตบอลมีกำไรลูกละ 65 บาท และลูกฟุตบอลมีกำไรลูกละ 63 บาท บริษัท A ควรผลิต ลูกบาสเกตบอล และลูกฟุตบอลอย่างไร จึงจะได้กำไรมากที่สุด</p>						
ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
ข้อใดเป็นแบบกำหนดการเชิงเส้นแสดง ปัญหาของสถานการณ์นี้ ? ก. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $6X_1 + 4X_2$ $X_1 + 3X_2 \geq 4,042$ $X_1 + X_2 \leq 8,165$ $3X_1 + X_2 \leq 4,256$ $X_1 + 4X_2 \leq 7,593$ ข. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $65X_1 + 63X_2$ $X_1 + 3X_2 \geq 4,042$ $X_1 + X_2 \leq 8,165$ $3X_1 + X_2 \leq 4,256$ $X_1 + 4X_2 \leq 7,593$ $X_1, X_2 \geq 0$	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน โจทย์และข้อ
คำถามสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (ต่อ)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม : ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนด และสามารถสร้างตัวแบบกำหนด การเชิงเส้นของปัญหาที่กำหนดให้ ได้อย่างถูกต้อง						
<p>12. บริษัท A ผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ลูกบาสเกตบอล และลูกฟุตบอล ซึ่งทำมาจาก ยาง และหนัง โดย ลูกบาสเกตบอล 1 ลูก ใช้ยาง 1 กิโลกรัม และใช้หนัง 3 ตารางฟุต ลูกฟุตบอล 1 ลูก ใช้ยาง 1 กิโลกรัม และใช้ หนัง 3 ตารางฟุต ลูกบาสเกตบอลหนึ่งลูกใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 นาที ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 1 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการบริษัท A ผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ลูก บาสเกตบอล และลูกฟุตบอล ซึ่งทำมาจาก ยาง และหนัง โดยลูกบาสเกตบอล 1 ลูก ใช้ยาง 1 กิโลกรัม และใช้ หนัง 3 ตารางฟุต ลูกฟุตบอล 1 ลูก ใช้ยาง 1 กิโลกรัม และใช้หนัง 3 ตารางฟุต ลูกบาสเกตบอลหนึ่งลูกใช้เวลา ของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 นาที ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 1 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 6 นาที ลูกฟุตบอลหนึ่งลูกใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 6 นาที ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 1 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 4 นาที โดยที่ยางมีเหลืออยู่ 8,165 กิโลกรัม และ หนังมีมากที่สุด 6,415 ตารางฟุต และเครื่องจักร A มีเวลามากที่สุด 4,256 นาที เครื่องจักร B มีเวลาอย่างน้อย ที่สุด 4,042 นาที และเครื่องจักร C มีเวลาไม่เกิน 7,593 นาที ลูกบาสเกตบอลมีกำไรลูกละ 65 บาท และลูก ฟุตบอลมีกำไรลูกละ 63 บาท บริษัท A ควรผลิต ลูกบาสเกตบอล และลูกฟุตบอลอย่างไรจึงจะได้กำไรมากที่สุด</p>						
ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
<p>ก. กำไรรวมสูงสุด = $65X_1 + 63X_2$</p> $X_1 + X_2 \leq 8,165$ $3X_1 + 3X_2 \leq 6,415$ $3X_1 + 6X_2 \leq 4,256$ $X_1 + X_2 \geq 4,042$ $6X_1 + 4X_2 \leq 7,593$ $X_1, X_2 \geq 0$ <p>ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $65X_1 + 63X_2$</p> $X_1 + X_2 \leq 8,165$ $3X_1 + 3X_2 \leq 6,415$ $3X_1 + 6X_2 \leq 4,256$	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ภาคผนวก ข

คำดัชนีความสอดคล้อง คำความยาก และคำอ่านจําแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้
หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด)



ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>1. นักศึกษากลุ่มหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด เช่น มะขามกวน และมะขามแก้ว โดยทำมาจาก น้ำตาล และเนื้อมะขาม โดยที่ มะขามกวน 1 ถูง ใช้น้ำตาล 1.00 กิโลกรัม และใช้เนื้อมะขาม 0.48 กิโลกรัม มะขามแก้ว 1 ถูง ใช้น้ำตาล 0.63 กิโลกรัม และใช้เนื้อมะขาม 0.82 กิโลกรัม โดยที่น้ำตาลมีเหลืออยู่ 3,105 กิโลกรัม และเนื้อมะขามมีอย่างมาก 5,965 กิโลกรัม มะขามกวนได้กำไรถูงละ 70 บาท และมะขามแก้วได้กำไร ถูงละ 53 บาท นักศึกษากลุ่มนี้จะต้องผลิตมะขามกวน และมะขามแก้ว อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด</p> <p>ข้อใดคือตัวแปรการตัดสินใจของปัญหาที่กำหนด ?</p> <p>ก. A แทน จำนวนน้ำตาล <input checked="" type="radio"/> ข. A แทน จำนวนมะขามกวน B แทน จำนวนเนื้อมะขาม B แทน จำนวนมะขามแก้ว</p> <p>ค. A แทน จำนวนมะขามกวน ง. A แทน จำนวนเนื้อมะขาม B แทน จำนวนน้ำตาล B แทน จำนวนมะขามกวน</p>	1.00	0.67	0.44	ค่อนข้างง่าย สามารถ จำแนกผู้เรียน กลุ่มอ่อนออก จากกลุ่มเก่ง ได้ดี มาก
<p>2. บริษัทไทยแสงจำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ โต๊ะขนาดพิเศษ และ โต๊ะขนาดมาตรฐาน ซึ่งโต๊ะขนาดพิเศษหนึ่งตัว ใช้เวลาประกอบ 7 นาที และใช้เวลาเตรียมวัสดุ 4 นาที โต๊ะขนาดมาตรฐานหนึ่งตัว ใช้เวลาประกอบ 9 นาที และใช้เวลาเตรียมวัสดุ 6 นาที ทั้งนี้เวลาในการประกอบมีเวลาสูงสุด 7,205 นาที และการเตรียมวัสดุมีเวลาไม่เกิน 437 นาที โต๊ะขนาดพิเศษมีต้นทุนตัวละ 56 บาท และโต๊ะขนาดมาตรฐานมีต้นทุนตัวละ 67 บาท บริษัทควรผลิตโต๊ะขนาดพิเศษ และโต๊ะขนาดมาตรฐานอย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด</p> <p>ข้อใดคือตัวแปรการตัดสินใจของปัญหาที่กำหนด ?</p> <p><input checked="" type="radio"/> ก. X แทน จำนวนโต๊ะขนาดพิเศษ Y แทน จำนวนโต๊ะขนาดมาตรฐาน</p> <p>ข. X แทน จำนวนเวลาที่ใช้ประกอบ Y แทน จำนวนเวลาที่ใช้เตรียมวัสดุ</p> <p>ค. X แทน จำนวนโต๊ะขนาดพิเศษ Y แทน จำนวนเวลาที่ใช้ประกอบ</p> <p>ง. X แทน จำนวนโต๊ะขนาดมาตรฐาน Y แทน จำนวนเวลาที่ใช้เตรียมวัสดุ</p>	1.00	0.64	0.50	ค่อนข้างง่าย สามารถ จำแนกผู้เรียน กลุ่มอ่อนออก จากกลุ่มเก่ง ได้ดี มาก

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด)
(ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>3. กลุ่มแม่บ้านในชนบทผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด คือ เตียงนอนชั้นเดียว และเตียงนอนสองชั้น ซึ่งทำมาจาก สีทาเนื้อไม้ เสา ไม้กระดานยาว และ ไม้รี้วประดับ ทั้งนี้ เตียงนอนชั้นเดียว 1 ตัว ใช้สีทาเนื้อไม้ 3 ถึง ใช้เสา 16 ต้น ใช้ไม้กระดานยาว 11 แผ่น และใช้ไม้รี้วประดับ 12 ท่อน เตียงนอนสองชั้น 1 ตัว ใช้สีทาเนื้อไม้ 6 ถึง ใช้เสา 3 ต้น ใช้ไม้กระดานยาว 4 แผ่น และใช้ไม้รี้วประดับ 13 ท่อน เตียงนอนชั้นเดียวหนึ่งตัวใช้เวลาผลิต 420 นาที และเตียงนอนสองชั้นหนึ่งตัวใช้เวลาผลิต 300 นาที โดยสีทาเนื้อไม้มีอย่างมาก 4,652 ถึง เสามีอย่างน้อย 3,106 ต้น ไม้กระดานยาวมีอย่างมาก 8,347 แผ่น และไม้รี้วประดับมีต่ำสุด 7,510 ท่อน และเวลาที่ใช้ในการผลิตมีอย่างน้อย 3,288 นาที เตียงนอนชั้นเดียวมีต้นทุนตัวละ 43 บาท และเตียงนอนสองชั้นมีต้นทุนตัวละ 49 บาท กลุ่มแม่บ้านควรผลิต เตียงนอนชั้นเดียว และเตียงนอนสองชั้นอย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด</p> <p>ข้อใดคือตัวแปรการตัดสินใจของปัญหาที่กำหนด ?</p> <p>ก. X_1 แทน จำนวนไม้กระดานยาว X_2 แทน จำนวน ไม้รี้วประดับ</p> <p>ข. X_1 แทน จำนวนสีทาเนื้อไม้ X_2 แทน จำนวนเสา</p> <p>ก. X_1 แทน จำนวนเตียงนอนชั้นเดียว X_2 แทน จำนวนเตียงนอนสองชั้น</p> <p>ง. X_1 แทน จำนวนเวลาผลิต X_2 แทน จำนวนเวลาที่ใช้เตรียมวัสดุ</p>	1.00	0.69	0.42	ค่อนข้างง่าย สามารถ จำแนกผู้เรียน กลุ่มอ่อนออก จากกลุ่มเก่งได้ ดีมาก

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด)
(ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>4. ครอบครัวหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด อาทิเช่น กระจเป่าสะพาน และ กระจเป่าเงิน ซึ่งทำมาจาก วัตถุดิบประเภทที่ 1 วัตถุดิบประเภทที่ 2 และ วัตถุดิบประเภทที่ 3 โดยที่ กระจเป่าสะพาน 1 ใบ ใช้วัตถุดิบประเภทที่ 1 17 หน่วย ใช้วัตถุดิบประเภทที่ 2 16 หน่วย และใช้วัตถุดิบประเภทที่ 3 15 หน่วย กระจเป่าเงิน 1 ใบ ใช้วัตถุดิบประเภทที่ 1 15 หน่วย ใช้วัตถุดิบประเภทที่ 2 15 หน่วย และใช้วัตถุดิบประเภทที่ 3 17 หน่วย โดยที่วัตถุดิบประเภทที่ 1 มีทั้งหมด 6,264 หน่วย วัตถุดิบประเภทที่ 2 มีสูงสุด 3,552 หน่วย และวัตถุดิบประเภทที่ 3 มีอย่างมากที่สุด 5,592 หน่วย กระจเป่าสะพานมีต้นทุนใบละ 96 บาท และกระจเป่าเงินมีต้นทุนใบละ 4 บาท ครอบครัวนี้ควรผลิต กระจเป่าสะพาน และกระจเป่าเงิน อย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด</p> <p>จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ข้อใด? เมื่อ กำหนดให้</p> <p>X_1 เป็นจำนวนกระจเป่าสะพาน</p> <p>X_2 เป็นจำนวนกระจเป่าเงิน</p> <p>ก. กำไรรวมสูงสุด = $4X_1 + 96X_2$</p> <p>ข. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $96X_1 + 4X_2$</p> <p>ค. กำไรรวมสูงสุด = $16X_1 + 15X_2$</p> <p>ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $17X_1 + 16X_2$</p>	1.00	0.54	0.52	ยาก-ง่าย ปานกลาง สามารถ จำแนก ผู้เรียนกลุ่ม เก่งออกจาก กลุ่มอ่อนได้ ดีมาก

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด)
(ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>5. บริษัทนันทิกาจักัดผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง ได้แก่ ปลาชารี่ดินทอดพริก และปลาชารี่ดินในซอสมะเขือเทศ ซึ่งปลาชารี่ดินทอดพริกหนึ่งกระป๋อง ใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิต 5 ชั่วโมง ปลาชารี่ดินในซอสมะเขือเทศหนึ่งกระป๋อง ใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิต 3 ชั่วโมง โดยที่เครื่องจักรมีเวลาอย่างมากที่สุด 8,063 นาที ปลาชารี่ดินทอดพริกมีต้นทุนกระป๋องละ 48 บาท และปลาชารี่ดินในซอสมะเขือเทศมีต้นทุนกระป๋องละ 60 บาท บริษัทนันทิกาจักัดควรผลิต ปลาชารี่ดินทอดพริก และปลาชารี่ดินในซอสมะเขือเทศ อย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด</p> <p>จากสถานการณ์นี้ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ข้อใด? เมื่อกำหนดให้</p> <p>X เป็นจำนวนปลาชารี่ดินทอดพริก</p> <p>Y เป็นจำนวนปลาชารี่ดินในซอสมะเขือเทศ</p> <p>ก. กำไรรวมสูงสุด = $5X + 3Y$</p> <p>ข. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $3X + 5Y$</p> <p>ค. กำไรรวมสูงสุด = $48X + 60Y$</p> <p>ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $48X + 60Y$</p>	1.00	0.54	0.68	ยาก-ง่าย ปานกลาง สามารถ จำแนก ผู้เรียนกลุ่ม เก่งออกจาก กลุ่มอ่อนได้ ดีมาก

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด)
(ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>6. บริษัทแห่งหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 3 อย่าง เช่น สินค้าเกรดเอ สินค้าเกรดบี และสินค้าเกรดซี ซึ่งมีส่วนประกอบเป็น ไม้ประเภทที่หนึ่ง และ ไม้ประเภทที่สอง ทั้งนี้ สินค้าเกรดเอ 1 หน่วย ใช้ไม้ประเภทที่หนึ่ง 4 ตารางเมตร และใช้ไม้ประเภทที่สอง 9 ตารางเมตร สินค้าเกรดบี 1 หน่วย ใช้ไม้ประเภทที่หนึ่ง 9 ตารางเมตร และใช้ไม้ประเภทที่สอง 7 ตารางเมตร สินค้าเกรดซี 1 หน่วย ใช้ไม้ประเภทที่หนึ่ง 5 ตารางเมตร และใช้ไม้ประเภทที่สอง 1 ตารางเมตร ซึ่งสินค้าเกรดเอหนึ่งหน่วยใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิตขั้นตอนที่หนึ่ง 7 นาที ผลิตขั้นตอนที่สอง 8 นาที และผลิตขั้นตอนที่สาม 10 นาที สินค้าเกรดบีหนึ่งหน่วยใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิตขั้นตอนที่หนึ่ง 9 นาที ผลิตขั้นตอนที่สอง 10 นาที และผลิตขั้นตอนที่สาม 7 นาที สินค้าเกรดซีหนึ่งหน่วยใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิตขั้นตอนที่หนึ่ง 9 นาที ผลิตขั้นตอนที่สอง 8 นาที และผลิตขั้นตอนที่สาม 10 นาที โดย ไม้ประเภทที่หนึ่งมีทั้งหมด 5,044 ตารางเมตร ไม้ประเภทที่สองมีอย่างมากที่สุด 8,607 ตารางเมตรและเครื่องจักรมีเวลาทั้งหมด 2,121 นาที สินค้าเกรดเอมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 35 บาท สินค้าเกรดบีมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 83 บาท และสินค้าเกรดซีมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 7 บาท และบริษัทควรผลิต สินค้าเกรดเอ สินค้าเกรดบี และสินค้าเกรดซี อย่างไรจึงจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด</p> <p>จากสถานการณ์นี้ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ข้อใด? เมื่อกำหนดให้</p> <p>X_1 แทน จำนวนสินค้าเกรดเอ</p> <p>X_2 แทน จำนวนสินค้าเกรดบี</p> <p>X_3 แทน จำนวนสินค้าเกรดซี</p> <p>ก. กำไรรวมสูงสุด = $4X_1 + 9X_2 + 7X_3$</p> <p>ข. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $7X_1 + 5X_2 + 10X_3$</p> <p>ค. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $35X_1 + 83X_2 + 7X_3$</p> <p>ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $9X_1 + 10X_2 + 10X_3$</p>	1.00	0.66	0.67	ค่อนข้างง่าย สามารถ จำแนก ผู้เรียนกลุ่ม อ่อนออกจาก กลุ่มเก่งได้ดี มาก

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด)
(ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>7. บริษัท SilvexProducts ผลิต สินค้าจำนวน 2 ชนิด เช่น สินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง โดยใช้วัตถุดิบ ก วัตถุดิบ ข และวัตถุดิบ ค เป็นส่วนผสม ทั้งนี้ สินค้าชนิดที่หนึ่ง 1 ชิ้นใช้วัตถุดิบ ก 14 หน่วย ใช้วัตถุดิบ ข 10 หน่วยและใช้วัตถุดิบ ค 12 หน่วย สินค้าชนิดที่สอง 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบ ก 9 หน่วย ใช้วัตถุดิบ ข 9 หน่วย และใช้วัตถุดิบ ค 13 หน่วย โดยที่บริษัทมีวัตถุดิบ ก มากที่สุด 5,444 หน่วย วัตถุดิบ ข มีอย่างมาก 9,908 หน่วย และวัตถุดิบ ค มีเพียง 1,476 หน่วย สินค้าชนิดที่หนึ่งมีกำไรขึ้นละ 58 บาท และสินค้าชนิดที่สองมีกำไรขึ้นละ 96 บาท บริษัทควรผลิต สินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง อย่างไรจึงจะได้กำไรมากที่สุด</p> <p>ข้อใดเป็นฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับเพื่อประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหาของสถานการณ์นี้ ? เมื่อกำหนดให้</p> <p>X_1 แทน จำนวนสินค้าชนิดที่หนึ่ง</p> <p>X_2 แทน จำนวนสินค้าชนิดที่สอง</p> <p>ก. $58X_1 + 96X_2 \leq 5,444$ $14X_1 + 9X_2 \leq 9,908$</p> <p>ข. $14X_1 + 9X_2 \leq 5,444$ $10X_1 + 9X_2 \leq 9,908$ $12X_1 + 13X_2 \leq 1,476$</p> <p>ค. $14X_1 + 9X_2 \leq 5,444$ $10X_1 + 9X_2 \leq 9,908$ $12X_1 + 13X_2 \leq 1,476$ $X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ง. $14X_1 + 9X_2 \leq 5,444$ $10X_1 + 9X_2 \leq 9,908$ $12X_1 + 13X_2 \leq 1,476$ $58X_1 + 96X_2 \leq 152$</p>	1.00	0.34	0.36	ค่อนข้างยาก สามารถ จำแนกผู้เรียน กลุ่มเก่งออก จากกลุ่มอ่อน ได้ดี พอสมควร

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด)
(ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>8. นักศึกษากลุ่มหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง ได้แก่ ไม้เทนนิส และไม้แบดมินตัน โดยไม้เทนนิสหนึ่งอันใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 ชั่วโมง และใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 6 ชั่วโมง ไม้แบดมินตันหนึ่งอันใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 ชั่วโมง และใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 6 ชั่วโมง โดยที่เครื่องจักร A มีเวลาเพียง 1,438 ชั่วโมง และเครื่องจักร B มีเวลาอย่างมาก 2,940 ชั่วโมง ไม้เทนนิสมีต้นทุนอันละ 90 บาท และไม้แบดมินตันมีต้นทุนอันละ 52 บาท นักศึกษากลุ่มนี้ควรผลิต ไม้เทนนิส และ ไม้แบดมินตัน อย่างไร จึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด</p> <p>ข้อใดเป็นฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับเพื่อประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหาของสถานการณ์นี้</p> <p>เมื่อกำหนดให้</p> <p>X เป็นจำนวนไม้เทนนิส</p> <p>Y เป็นจำนวนไม้แบดมินตัน</p> <p>ก. $3X + 3Y \leq 1,438$ $6X + 6Y \leq 2,940$</p> <p>ข. $3X + 3Y \leq 1,438$ $6X + 6Y \leq 2,940$ $X, Y \geq 0$</p> <p>ค. $3X + 3Y \leq 1,438$ $6X + 6Y \leq 2,940$ $90X + 52Y \leq 142$ $X, Y \geq 0$</p> <p>ง. $6X + 6Y \leq 1,438$ $3X + 3Y \leq 2,940$ $90X + 52Y \leq 142$ $X, Y \geq 0$</p>	1.00	0.27	0.35	ค่อนข้างยาก สามารถ จำแนกผู้เรียน กลุ่มเก่งออก จากกลุ่มอ่อน ได้ดี พอสมควร

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด)
(ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>9. บริษัทไทยเจริญจำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง เช่น รถยนต์บังคับแบบ บรรทุก และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ต ซึ่งมีส่วนประกอบเป็น ตัวรถ และ เครื่องยนต์บังคับโดยที่ รถยนต์บังคับแบบบรรทุก 1 หน่วย ใช้ตัวรถ 1 คัน และ ใช้เครื่องยนต์บังคับ 1 ตัว รถยนต์บังคับแบบสปอร์ต 1 หน่วย ใช้ตัวรถ 1 คัน และใช้เครื่องยนต์บังคับ 1 ตัว รถยนต์บังคับแบบบรรทุกหนึ่งหน่วยใช้เวลา ผลิต 11 ชั่วโมง และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ตหนึ่งหน่วยใช้เวลาผลิต 16 ชั่วโมง โดยที่ตัวรถมีอย่างมากที่สุด 7,671 คัน และเครื่องยนต์บังคับมีอย่าง น้อยที่สุด 9,532 ตัว และการผลิตมีเวลาเหลืออยู่ 2,955 ชั่วโมง รถยนต์บังคับ แบบบรรทุกมีต้นทุนหน่วยละ 55 บาท และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ตมีต้นทุน หน่วยละ 60 บาท บริษัทไทยเจริญควรผลิต รถยนต์บังคับแบบบรรทุก และ รถยนต์บังคับแบบสปอร์ตอย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด เมื่อกำหนดให้</p> <p>X_1 เป็นจำนวนรถยนต์บังคับแบบบรรทุก X_2 เป็นจำนวนรถยนต์บังคับแบบสปอร์ต</p> <p>ข้อใดเป็นฟังก์ชันนอใจบังคับเพื่อประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหาของ ปัญหานี้?</p> <p>ก. $X_1 + X_2 \leq 9,532$ $11X_1 + 16X_2 \leq 2,955$</p> <p>ข. $X_1 + X_2 \geq 9,532$ $X_1 + X_2 \leq 7,671$ $11X_1 + 16X_2 \leq 2,955$</p> <p>ค. $X_1 + X_2 \leq 9,532$ $X_1 + X_2 \leq 7,671$ $11X_1 + 16X_2 \leq 2,955$ $X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ง. $11X_1 + 16X_2 \geq 9,532$ $X_1 + X_2 \leq 7,671$ $X_1 + X_2 \leq 2,955$ $55X_1 + 60X_2 \leq 115$ $X_1, X_2 \geq 0$</p>	1.00	0.33	0.29	ค่อนข้างยาก สามารถ จำแนกผู้เรียน กลุ่มเก่งออก จากกลุ่มอ่อน ได้ดีพอใช้

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด)
(ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>10. บริษัทสากล จำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง คือ วัสดุเอ และวัสดุบี โดยทำมาจากวัตถุดิบ ทั้งนี้ วัสดุเอ 1 หน่วย ใช้วัตถุดิบ 3 หน่วย วัสดุบี 1 หน่วย ใช้วัตถุดิบ 2 หน่วย โดยที่วัตถุดิบมีมากที่สุด 979 หน่วย วัสดุเอมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 5 บาท และวัสดุบีมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 91 บาท บริษัทควรผลิต วัสดุบี และวัสดุเอ อย่างไรจึงจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด</p> <p>ข้อใดเป็นตัวแทนกำหนดการเชิงเส้นแสดงปัญหาของสถานการณ์นี้ ?</p> <p>ก. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $5X_1 + 91X_2$ $3X_1 + 2X_2 \leq 979$ $X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ข. $3X_1 + 2X_2 \leq 979$ $X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ค. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $3X_1 + 2X_2$ $5X_1 + 91X_2 \leq 979$</p> <p>ง. กำไรรวมสูงสุด = $3X_1 + 2X_2$ $5X_1 + 91X_2 \leq 979$ $X_1, X_2 \geq 0$</p>	1.00	0.64	0.39	ค่อนข้างง่าย สามารถ จำแนก ผู้เรียนกลุ่ม เก่งออกจาก กลุ่มอ่อนได้ ดีพอสมควร

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด)
(ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>11. บริษัท A ผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด คือ สินค้า ก และสินค้า ข โดยสินค้า ก หนึ่งหน่วยใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 4 ชั่วโมง ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 3 ชั่วโมง และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 4 ชั่วโมง สินค้า ข หนึ่งหน่วยใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 ชั่วโมง ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 2 ชั่วโมง และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 2 ชั่วโมง ทั้งนี้เครื่องจักร A มีเวลาเพียง 765 ชั่วโมง เครื่องจักร B มีเวลาเพียง 713 ชั่วโมง และเครื่องจักร C มีเวลาน้อยที่สุด 363 ชั่วโมง สินค้า ก มีต้นทุนหน่วยละ 11 บาท และสินค้า ข มีต้นทุนหน่วยละ 10 บาท บริษัท A ควรผลิต สินค้า ก และสินค้า ข อย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด</p> <p>ข้อใดเป็นตัวแทนแบบกำหนดการเชิงเส้นแสดงปัญหาของสถานการณ์นี้ ?</p> <p>ก. กำไรรวมสูงสุด = $11A + 10B$ $4A + 3B \leq 765$ $3A + 4B \leq 7,133$ $4A + 2B \geq 363$</p> <p>ข. กำไรรวมสูงสุด = $11A + 10B$ $4A + 3B \leq 765$ $A + 2B \leq 713$ $4A + 2B \geq 363$ $A, B \geq 0$</p> <p>ค. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $11A + 10B$ $4A + 3B \leq 765$ $3A + 4B \leq 713$ $4A + 2B \geq 363$</p> <p>ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $11A + 10B$ $4A + 3B \leq 765$ $3A + 2B \leq 713$ $4A + 2B \geq 363$ $A, B \geq 0$</p>	1.00	0.52	0.53	ยาก-ง่าย ปานกลาง สามารถ จำแนกผู้เรียน กลุ่มเก่งออก จากกลุ่มอ่อน ได้ดีมาก

ตารางที่ 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์เดียวกับแบบทดสอบก่อนทำแบบฝึกหัด)
(ต่อ)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>12. บริษัท A ผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ลูกบาสเกตบอล และลูกฟุตบอล ซึ่งทำมาจาก ยาง และหนัง โดยลูกบาสเกตบอล 1 ลูก ใช้ยาง 1 กิโลกรัม และใช้หนัง 3 ตารางฟุต ลูกฟุตบอล 1 ลูก ใช้ยาง 1 กิโลกรัม และใช้หนัง 3 ตารางฟุต ลูกบาสเกตบอลหนึ่งลูกใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 3 นาที ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 1 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 6 นาที ลูกฟุตบอลหนึ่งลูกใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 6 นาที ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 1 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 4 นาที โดยที่ยังมีเหลืออยู่ 8,165 กิโลกรัม และหนังมีมากที่สุด 6,415 ตารางฟุต และเครื่องจักร A มีเวลามากที่สุด 4,256 นาที เครื่องจักร B มีเวลาอย่างน้อยที่สุด 4,042 นาที และเครื่องจักร C มีเวลาไม่เกิน 7,593 นาที ลูกบาสเกตบอลมีกำไรลูกละ 65 บาท และลูกฟุตบอลมีกำไรลูกละ 63 บาท บริษัท A ควรผลิต ลูกบาสเกตบอล และลูกฟุตบอลอย่างไรจึงจะได้กำไรมากที่สุด</p> <p>ข้อใดเป็นตัวแทนกำหนดการเชิงเส้นแสดงปัญหาของสถานการณ์นี้ ?</p> <p>ก. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $6X_1 + 4X_2$ $X_1 + 3X_2 \geq 4,042$ $3X_1 + X_2 \leq 4,256$</p> <p>ข. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $65X_1 + 63X_2$ $X_1 + 3X_2 \geq 4,042$ $X_1 + X_2 \leq 8,165$ $X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ค. กำไรรวมสูงสุด = $65X_1 + 63X_2$ $X_1 + X_2 \leq 8,165$ $3X_1 + 3X_2 \leq 6,415$ $3X_1 + 6X_2 \leq 4,256$ $X_1 + X_2 \geq 4,042$ $6X_1 + 4X_2 \leq 7,593$ $X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $65X_1 + 63X_2$ $X_1 + X_2 \leq 8,165$ $3X_1 + 3X_2 \leq 6,415$ $3X_1 + 6X_2 \leq 4,256$</p>	1.00	0.55	0.54	ยาก-ง่าย ปานกลาง สามารถ จำแนกผู้เรียน กลุ่มเก่งออก จากกลุ่มอ่อน ได้ดีมาก

ภาคผนวก ค

คำดัชนีความสอดคล้อง คำความยาก และคำอำนาจจำแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้
หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)



ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>1. บริษัทนั้นทึกาจำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด อาทิเช่น ตุ๊กตาขนาดเล็ก และตุ๊กตาขนาดใหญ่ ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นพลาสติก โดยที่ ตุ๊กตาขนาดเล็ก 1 โหล ใช้พลาสติก 1 กก. ตุ๊กตาขนาดใหญ่ 1 โหล ใช้พลาสติก 1 กก. โดยที่พลาสติกมีค่าสุด 7,772 กก. ตุ๊กตาขนาดเล็กมีต้นทุนโหลละ 36 บาท และตุ๊กตาขนาดใหญ่มีต้นทุน โหลละ 97 บริษัทนั้นทึกาควรผลิต ตุ๊กตาขนาดเล็ก และตุ๊กตาขนาดใหญ่ อย่างไรจึงจะเสียต้นทุนต่ำสุด</p> <p>ข้อใดคือตัวแปรการตัดสินใจของปัญหาที่กำหนด ?</p> <p>ก. X แทน จำนวนตุ๊กตาขนาดเล็ก Y แทน จำนวนตุ๊กตาขนาดใหญ่</p> <p>ข. X แทน จำนวนพลาสติก Y แทน จำนวนตุ๊กตาขนาดเล็ก</p> <p>ค. X แทน จำนวนพลาสติก Y แทน จำนวนตุ๊กตาขนาดใหญ่</p> <p>ง. X แทน จำนวนตุ๊กตาขนาดเล็ก Y แทน จำนวนตุ๊กตาขนาดใหญ่ Z แทน จำนวนพลาสติก</p>	1.00	0.93	0.26	ง่ายมาก สามารถจำแนก ผู้เรียนกลุ่มอ่อน และกลุ่มเก่งได้ พอใช้

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>2. กิจการแห่งหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด เช่น นาฬิกาตั้งโต๊ะ และนาฬิกาติดผนัง โดยนาฬิกาตั้งโต๊ะหนึ่งเรือน ใช้เวลาของช่างฝีมือในการแกะสลัก 12 นาที นาฬิกาติดผนังหนึ่งเรือน ใช้เวลาของช่างฝีมือในการแกะสลัก 27 นาที ทั้งนี้ช่างฝีมือมีเวลาเหลืออยู่ 6,252 นาที นาฬิกาตั้งโต๊ะได้กำไรเรือนละ 76 บาท และนาฬิกาติดผนังได้กำไรเรือนละ 29 บาท</p> <p>กิจการแห่งนี้ควรผลิต นาฬิกาตั้งโต๊ะ และนาฬิกาติดผนัง อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด</p> <p>ข้อใดคือตัวแปรการตัดสินใจของปัญหาที่กำหนด ?</p> <p>ก. A แทน จำนวนนาฬิกาตั้งโต๊ะ B แทน จำนวนนาฬิกาติดผนัง X แทน จำนวนเวลาของช่างฝีมือ</p> <p>ก. X แทน จำนวนเวลานาฬิกาติดผนัง Y แทน จำนวนเวลาของช่างฝีมือ</p> <p>Ⓐ. A แทน จำนวนนาฬิกาตั้งโต๊ะ B แทน จำนวนนาฬิกาติดผนัง</p> <p>ค. X แทน จำนวนนาฬิกาติดผนัง Y แทน จำนวนเวลาของช่างฝีมือ</p> <p>ง. A แทน จำนวนเวลาของช่างฝีมือ B แทน จำนวนกำไรรวม</p>	1.00	0.95	0.37	ง่ายมาก สามารถ จำแนกผู้เรียน กลุ่มอ่อนและ กลุ่มเก่งได้ดี พอสมควร

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>3. บริษัท A ผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด เช่น รถยนต์บังคับแบบบรรทุก และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ต โดยใช้ ตัวรถ และเครื่องยนต์บังคับเป็นส่วนประกอบ โดยที่ รถยนต์บังคับแบบบรรทุก 1 หน่วย ใช้ตัวรถ 1 คัน และใช้เครื่องยนต์บังคับ 1 ตัว รถยนต์บังคับแบบสปอร์ต 1 หน่วย ใช้ตัวรถ 1 คัน และใช้เครื่องยนต์บังคับ 1 ตัว รถยนต์บังคับแบบบรรทุกหนึ่งหน่วยใช้เวลาผลิต 11 ชั่วโมง และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ตหนึ่งหน่วยใช้เวลาผลิต 2 ชั่วโมง โดยที่ ตัวรถมีเหลืออยู่ 6,885 คัน และเครื่องยนต์บังคับมีจำนวนต่ำสุด 217 ตัว และการผลิตมีเวลาอย่างมากที่สุด 1,586 ชั่วโมง รถยนต์บังคับแบบบรรทุกมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 69 บาท และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ตมีค่าใช้จ่ายหน่วยละ 20 บาท บริษัท A ควรผลิต รถยนต์บังคับแบบบรรทุก และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ตอย่างไรจึงจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด</p> <p>ข้อใดคือตัวแปรการตัดสินใจของปัญหาที่กำหนด ?</p> <p>ก. X_1 แทน จำนวนรถยนต์บังคับแบบบรรทุก X_2 แทน จำนวนรถยนต์บังคับแบบสปอร์ต X_3 แทน จำนวนเวลาที่ใช้ในการผลิต</p> <p><input checked="" type="radio"/> ข. X_1 แทน จำนวนรถยนต์บังคับแบบบรรทุก X_2 แทน จำนวนรถยนต์บังคับแบบสปอร์ต</p> <p>ค. X_1 แทน จำนวนรถยนต์บังคับแบบบรรทุก X_2 แทน จำนวนเวลาที่ใช้ในการผลิต</p> <p>ง. X_1 แทน จำนวนรถยนต์บังคับแบบสปอร์ต X_2 แทน จำนวนเวลาที่ใช้ในการผลิต</p>	1.00	0.93	0.28	ง่ายมาก สามารถ จำแนกผู้เรียน กลุ่มเก่งและ กลุ่มอ่อนได้ พอใช้

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>4. ผู้ผลิตรายหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง เช่น ชุคกลางวัน และชุคราตรี โดยผลิตจาก ผ้าฝ้ายลายดอก ผ้าฝ้ายสีพื้น และผ้าลูกไม้ ทั้งนี้ ชุคกลางวัน 1 ชุค ใช้ผ้าฝ้ายลายดอก 1 เมตร ใช้ผ้าฝ้ายสีพื้น 1 เมตร และใช้ผ้าลูกไม้ 1 เมตร ชุคราตรี 1 ชุค ใช้ผ้าฝ้ายลายดอก 1 เมตร ใช้ผ้าฝ้ายสีพื้น 3 เมตร และใช้ผ้าลูกไม้ 1 เมตร โดยที่ผ้าฝ้ายลายดอกมีน้อยที่สุด 7,707 เมตร ผ้าฝ้ายสีพื้นมีเพียง 796 เมตร และผ้าลูกไม้มีอย่างมากที่สุด 4,620 เมตร ชุคกลางวันมีค่าใช้จ่ายชุลละ 16 บาท และชุคราตรีมีค่าใช้จ่ายชุลละ 85 บาท ผู้ผลิต ควรผลิตชุคกลางวัน และชุคราตรี อย่างไร จึงจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด</p> <p>จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ข้อใด? เมื่อกำหนดให้ X_1 เป็นจำนวนชุคกลางวัน และ X_2 เป็นจำนวนชุคราตรี</p> <p>ก. กำไรรวมสูงสุด = $16X_1 + 85X_2$ ข. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $16X_1 + 85X_2$ ค. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $X_1 + 3X_2$ ง. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $3X_1 + X_2$</p>	1.00	0.94	0.16	ง่ายมาก ไม่สามารถ จำแนกผู้เรียน กลุ่มเก่งและ กลุ่มอ่อนได้

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>5. โรงเรียนบ้านสวผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด เช่น อาหารสัตว์ชนิด A และอาหารสัตว์ชนิด B ซึ่งอาหารสัตว์ชนิด A หนึ่งตันใช้เวลาของเครื่องจักร 1 ในการผลิต 7 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร 2 ในการผลิต 11 นาที อาหารสัตว์ชนิด B หนึ่งตัน ใช้เวลาของเครื่องจักร 1 ในการผลิต 10 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร 2 ในการผลิต 14 นาที ทั้งนี้ เครื่องจักร 1 มีเวลาทั้งหมด 3,163 นาที และเครื่องจักร 2 มีเวลาอย่างน้อย 8,259 นาที อาหารสัตว์ชนิด A ได้กำไรตันละ 85 บาท และอาหารสัตว์ชนิด B ได้กำไรตันละ 42 บาท โรงเรียนบ้านสวควรผลิต อาหารสัตว์ชนิด A และอาหารสัตว์ชนิด B อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด</p> <p>จากสถานการณ์นี้ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ข้อใด? เมื่อกำหนดให้ X เป็นจำนวนอาหารสัตว์ชนิด A Y เป็นจำนวนอาหารสัตว์ชนิด B</p> <p>ก. กำไรรวมสูงสุด = $7X + 14Y$ ข. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $85X + 42Y$ ค. กำไรรวมสูงสุด = $85X + 42Y$ ง. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $7X + 14Y$</p>	1.00	0.89	0.35	ง่ายมาก สามารถจำแนกผู้เรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนได้ดีพอสมควร
<p>6. บริษัทผู้ผลิตอาหารผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง อาทิเช่น สินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง โดยมีส่วนประกอบเป็นวัตถุดิบ ก ทั้งนี้ สินค้าชนิดที่หนึ่ง 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบ ก 16 หน่วย สินค้าชนิดที่สอง 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบ ก 12 หน่วย สินค้าชนิดที่หนึ่ง 1 ชิ้นใช้เวลาผลิต 6 นาที และสินค้าชนิดที่สอง 1 ชิ้นใช้เวลาผลิต 7 นาที โดยที่วัตถุดิบ ก มีเพียง 893 หน่วย และการผลิตมีเวลาอย่างน้อย 5,874 นาที สินค้าชนิดที่หนึ่งมีค่าใช้จ่ายชิ้นละ 88 บาท และสินค้าชนิดที่สองมีค่าใช้จ่ายชิ้นละ 81 บาท และ บริษัทผู้ผลิตควรผลิต สินค้าชนิดที่หนึ่ง และสินค้าชนิดที่สอง อย่างไร จึงจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด</p> <p>จากสถานการณ์นี้ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ข้อใด? เมื่อกำหนดให้ X_1 เป็นจำนวนสินค้า ชนิดที่หนึ่ง และ X_2 เป็นจำนวนสินค้าชนิดที่สอง</p> <p>ก. กำไรรวมสูงสุด = $12X_1 + 16X_2$ ข. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $6X_1 + 7X_2$ ค. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $88X_1 + 81X_2$ ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $16X_1 + 12X_2$</p>	1.00	0.94	0.32	ง่ายมาก สามารถจำแนกผู้เรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนได้ดีพอสมควร

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>7. โรงงานผลิตสินค้าผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด อาทิเช่น เสื้อแบบที่1 และเสื้อแบบที่2 ซึ่งมีส่วนประกอบเป็น ผ้าขนสัตว์ ผ้าฝ้าย และผ้าไหม โดยที่เสื้อแบบที่1 1 ตัว ใช้ผ้าขนสัตว์ 3 หลา ใช้ผ้าฝ้าย 3 หลา และใช้ผ้าไหม 3 หลา เสื้อแบบที่2 1 ตัว ใช้ผ้าขนสัตว์ 3 หลา ใช้ผ้าฝ้าย 3 หลา และใช้ผ้าไหม 1 หลา โดยที่ผ้าขนสัตว์มีอย่างน้อยที่สุด 5,054 หลา ผ้าฝ้ายมีเหลืออยู่ 7,507 หลา และผ้าไหมมีอย่างมากที่สุด 9,642 หลา เสื้อแบบที่1 ได้กำไรต่อตัวละ 25 บาท และเสื้อแบบที่2 ได้กำไรต่อตัวละ 71 บาท โรงงานกำหนดว่าควรผลิต เสื้อแบบที่1 และเสื้อแบบที่2 อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด</p> <p>เมื่อกำหนดให้ X เป็นจำนวนเสื้อแบบที่ 1 และ Y เป็นจำนวนเสื้อแบบที่ 2 ข้อใดเป็นฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับเพื่อประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหาของสถานการณ์นี้ ?</p> <p>ก. $25X + 71Y \leq 5,054$ $3X + Y \leq 7,507$</p> <p>ข. $3X + 3Y \leq 5,054$ $3X + 3Y \leq 7,507$ $3X + Y \leq 9,642$</p> <p>ค. $3X + Y \leq 5,054$ $3X + 3Y \leq 7,507$ $X + 3Y \leq 9,642$ $X, Y \geq 0$</p> <p>ง. $25X + 71Y \leq 5,054$ $3X + 3Y \leq 7,507$ $X + 3Y \leq 9,642$ $X, Y \geq 0$</p>	1.00	0.64	0.56	ค่อนข้างง่าย สามารถจำแนกผู้เรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนได้ดีมาก

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>8. โรงเรียนบ้านสวยผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง อาทิเช่น รถยนต์บังคับแบบบรรทุก และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ต ซึ่งรถยนต์บังคับแบบบรรทุกหนึ่งหน่วยใช้เวลาผลิต 10 ชั่วโมง และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ตหนึ่งหน่วยใช้เวลาผลิต 9 ชั่วโมง ทั้งนี้การผลิตมีเวลาอย่างน้อยที่สุด 8,495 ชั่วโมง รถยนต์บังคับแบบบรรทุกได้กำไรหน่วยละ 64 บาท และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ตได้กำไรหน่วยละ 28 บาท โรงเรียนบ้านสวยควรผลิต รถยนต์บังคับแบบบรรทุก และรถยนต์บังคับแบบสปอร์ตอย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด</p> <p>เมื่อกำหนดให้ X เป็นจำนวนรถยนต์บังคับแบบบรรทุก และ Y เป็นจำนวนรถยนต์บังคับแบบสปอร์ต ข้อใดเป็นฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับเพื่อประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหาของสถานการณ์นี้ ?</p> <p>ก. $10X + 9Y \leq 8,495$</p> <p>ข. $64X + 28Y \leq 1,438$ $10X + 9Y \leq 8,495$ $X, Y \geq 0$</p> <p>ค. $64X + 28Y \leq 1,438$ $10X + 9Y \leq 2,940$ $9X + 10Y \leq 8,495$ $X, Y \geq 0$</p> <p>ง. $10X + 9Y \leq 8,945$ $X, Y \geq 0$</p>	1.00	0.49	0.51	<p>ยากง่ายปานกลางสามารถจำแนกผู้เรียนกลุ่มอ่อนและกลุ่มเก่งได้ดีมาก</p>

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>9. บริษัทเสรีจำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง เช่น สินค้าชนิดที่ 1 และสินค้าชนิดที่ 2 ซึ่งผลิตจาก วัตถุดิบ A วัตถุดิบ B และวัตถุดิบ C โดยที่ สินค้าชนิดที่ 1 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบ A 8 หน่วย ใช้วัตถุดิบ B 9 หน่วย และใช้วัตถุดิบ C 7 หน่วย สินค้าชนิดที่ 2 1 ชิ้น ใช้วัตถุดิบ A 8 หน่วย ใช้วัตถุดิบ B 9 หน่วย และใช้วัตถุดิบ C 9 หน่วย สินค้าชนิดที่ 1 หนึ่งชิ้น ใช้เวลาผลิต 3 ชั่วโมง และสินค้าชนิดที่ 2 หนึ่งชิ้น ใช้เวลาผลิต 3 ชั่วโมง โดยที่วัตถุดิบ A มีอย่างมาก 5,335 หน่วย วัตถุดิบ B มีสูงสุด 8,839 หน่วย และวัตถุดิบ C มีอย่างน้อย 5,278 หน่วย และการผลิตมีเวลาทั้งหมด 6,634 ชั่วโมง สินค้าชนิดที่ 1 มีค่าใช้จ่ายชิ้นละ 32 บาท และสินค้าชนิดที่ 2 มีค่าใช้จ่ายชิ้นละ 52 บาท บริษัทเสรีควรผลิต สินค้าชนิดที่ 1 และสินค้าชนิดที่ 2 อย่างไรจึงจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด</p> <p>เมื่อกำหนดให้ A เป็นจำนวนสินค้าชนิดที่ 1 และ B เป็นจำนวนสินค้าชนิดที่ 2 ข้อใดเป็นฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับเพื่อประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหาของปัญหานี้?</p> <p>ก. $A + B \leq 5,335$ $8A + 8B \leq 8,839$ $9A + 9B \leq 5,278$</p> <p>ข. $8A + 9B \geq 5,335$ $8A + 9B \geq 8,839$ $7A + 9B \leq 6,634$</p> <p>ค. $8A + 8B \leq 5,335$ $9A + 9B \leq 8,839$ $7A + 9B \leq 6,634$ $A, B \geq 0$</p> <p>ง. $8A + 8B \leq 5,335$ $9A + 9B \leq 8,839$ $7A + 9B \leq 5,278$ $3A + 3B \leq 6,634$</p>	1.00	0.53	0.55	<p>ยากง่ายปานกลาง สามารถจำแนกผู้เรียนกลุ่มอ่อนและกลุ่มเก่งได้ดีมาก</p>

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>10. บริษัทไทยแสงจำกัดผลิตสินค้าจำนวน 2 ชนิด เช่น ปลาชาร์ดินทอดพลิก และปลาชาร์ดินในซอสมะเขือเทศ ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นเนื้อปลา โดยที่ ปลาชาร์ดินทอดพลิก 1 กระป๋อง ใช้เนื้อปลา 187 กรัม ปลาชาร์ดินในซอสมะเขือเทศ 1 กระป๋อง ใช้เนื้อปลา 129 กรัม โดยที่เนื้อปลามีมากที่สุด 2,397 กรัม ปลาชาร์ดินทอดพลิกได้กำไรกระป๋องละ 39 บาท และปลาชาร์ดินในซอสมะเขือเทศได้กำไรกระป๋อง ละ 79 บาท บริษัทไทยแสง ควรผลิต ปลาชาร์ดินทอดพลิก และปลาชาร์ดินในซอสมะเขือเทศอย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด</p> <p>ข้อใดเป็นตัวแทนกำหนดการเชิงเส้นแสดงปัญหาของสถานการณ์นี้ ?</p> <p>ก. กำไรจําไรรวมต่ำสุด = $39X_1 + 79X_2$ $187X_1 + 129X_2 \leq 2,397$ $X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ข. $129X_1 + 187X_2 \leq 2,397$ $X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ค. กำไรรวมสูงสุด = $79X_1 + 39X_2$ $129X_1 + 187X_2 \leq 2,397$ $X_1, X_2 \geq 0$</p> <p>ง. กำไรรวมสูงสุด = $39X_1 + 79X_2$ $129X_1 + 187X_2 \leq 2,397$ $X_1, X_2 \geq 0$</p>	1.00	0.27	0.40	ค่อนข้างยาก สามารถจำแนกผู้เรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนได้ดีมาก

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>11. โรงงานแห่งหนึ่งผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง ได้แก่ อุปกรณ์ก่อสร้างชนิด A และอุปกรณ์ก่อสร้างชนิด B โดยอุปกรณ์ก่อสร้างชนิด A หนึ่งชิ้นใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิต 1 นาที และใช้เวลาของแรงงานคนในการผลิต 4 นาที อุปกรณ์ก่อสร้างชนิด B หนึ่งชิ้นใช้เวลาของเครื่องจักรในการผลิต 1 นาที และใช้เวลาของแรงงานคนในการผลิต 3 นาที ทั้งนี้เครื่องจักรมีเวลาทั้งหมด 8,497 นาที และแรงงานคนมีเวลาสูงสุด 6,780 นาที อุปกรณ์ก่อสร้างชนิด A ได้กำไรชิ้นละ 55 บาท และอุปกรณ์ก่อสร้างชนิด B ได้กำไรชิ้นละ 25 บาท โรงงานแห่งนี้ควรผลิต อุปกรณ์ก่อสร้างชนิด A และอุปกรณ์ก่อสร้างชนิด B อย่างไรจึงจะได้กำไรสูงสุด</p> <p>ข้อใดเป็นตัวแทนกำหนดการเชิงเส้นแสดงปัญหาของสถานการณ์นี้ ?</p> <p>ก. กำไรรวมสูงสุด = $55A + 25B$</p> $A + 3B \leq 8,497$ $A + 4B \leq 6,780$ $A + B \geq 8,497$ <p>ข. กำไรรวมสูงสุด = $55A + 25B$</p> $A + B \leq 8,497$ $4A + 3B \leq 6,780$ $A, B \geq 0$ <p>ค. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $55A + 25B$</p> $A + 3B \leq 8,497$ $A + 4B \leq 6,780$ $A + B \geq 8,497$ <p>ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $25A + 55B$</p> $A + B \leq 8,497$ $3A + 4B \leq 6,780$ $A, B \geq 0$	1.00	0.69	0.50	ค่อนข้างง่าย สามารถจำแนกผู้เรียนกลุ่มอ่อนและกลุ่มเก่งได้ดีมาก

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>12. บริษัทเปาเงินจูงผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง อาทิเช่น ลูกบาสเกตบอล และลูกฟุตบอล ซึ่งมีส่วนประกอบเป็น ขาง และหนัง ทั้งนี้ ลูกบาสเกตบอล 1 ลูก ใช้ยาง 2 กิโลกรัม และใช้หนัง 3 ตารางฟุต ลูกฟุตบอล 1 ลูก ใช้ยาง 3 กิโลกรัม และใช้หนัง 3 ตารางฟุต ลูกบาสเกตบอลหนึ่งลูกใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 4 นาที ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 1 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 3 นาที ลูกฟุตบอลหนึ่งลูกใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 5 นาที ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 4 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 5 นาที โดยที่ยังมีน้อยที่สุด 1,577 กิโลกรัม และหนังมีอย่างมาก 4,399 ตารางฟุต และเครื่องจักร A มีเวลาดำสุด 8,700 นาที เครื่องจักร B มีเวลาเพียง 1,900 นาที และเครื่องจักร C มีเวลาอย่างมาก 6,791 นาที ลูกบาสเกตบอลมีค่าใช้จ่ายลูกละ 38 บาท และลูกฟุตบอลมีค่าใช้จ่ายลูกละ 48 บาท บริษัทเปาเงินจูง ควรผลิต ลูกบาสเกตบอล และลูกฟุตบอลอย่างไรจึงจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด</p> <p>ข้อใดเป็นตัวแทนกำหนดการเชิงเส้นแสดงปัญหาของสถานการณ์นี้ ?</p> <p>ก. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $48X + 38Y$</p> $3X + 2Y \leq 1,577$ $3X + 3Y \leq 4,399$ $5X + 4Y \leq 8,700$ $4X + Y \leq 1,900$ $5X + 3Y \leq 6,791$ $X, Y \geq 0$ <p>ข. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $38X + 48Y$</p> $2X + 3Y \leq 1,577$ $3X + 3Y \leq 4,399$ $4X + 5Y \leq 8,700$ $X + 4Y \leq 1,900$ $3X + 5Y \leq 6,791$ $X, Y \geq 0$	1.00	0.27	0.21	ค่อนข้างยาก สามารถจำแนกผู้เรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนได้พอใช้

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังทำแบบฝึกหัด (โจทย์ใหม่)

ข้อสอบ	IOC	p	r	หมายเหตุ
<p>12. บริษัทเปาเงินจูงผลิตสินค้าจำนวน 2 อย่าง อาทิเช่น ลูกบาสเกตบอล และลูกฟุตบอล ซึ่งมีส่วนประกอบเป็น ยาง และหนัง ทั้งนี้ ลูกบาสเกตบอล 1 ลูก ใช้ยาง 2 กิโลกรัม และใช้หนัง 3 ตารางฟุต ลูกฟุตบอล 1 ลูก ใช้ยาง 3 กิโลกรัม และใช้หนัง 3 ตารางฟุต ลูกบาสเกตบอลหนึ่งลูก ใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 4 นาที ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 1 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 3 นาที ลูกฟุตบอลหนึ่งลูกใช้เวลาของเครื่องจักร A ในการผลิต 5 นาที ใช้เวลาของเครื่องจักร B ในการผลิต 4 นาที และใช้เวลาของเครื่องจักร C ในการผลิต 5 นาที โดยที่ยางมีน้อยที่สุด 1,577 กิโลกรัม และหนังมีอย่างมาก 4,399 ตารางฟุต และเครื่องจักร A มีเวลาต่ำสุด 8,700 นาที เครื่องจักร B มีเวลาเพียง 1,900 นาที และเครื่องจักร C มีเวลาอย่างมาก 6,791 นาที ลูกบาสเกตบอลมีค่าใช้จ่ายลูกละ 38 บาท และลูกฟุตบอลมีค่าใช้จ่ายลูกละ 48 บาท บริษัทเปาเงินจูง ควรผลิต ลูกบาสเกตบอล และลูกฟุตบอลอย่างไรจึงจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด</p> <p>ข้อใดเป็นตัวแทนกำหนดการเชิงเส้นแสดงปัญหาของสถานการณ์นี้ ?</p> <p>ก. ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด = $38X + 48Y$</p> $2X + 3Y \leq 4,399$ $3X + 3Y \leq 6,791$ $4X + 5Y \leq 1,900$ $X + 4Y \leq 1,577$ $3X + 5Y \leq 8,700$ $X, Y \geq 0$ <p>ง. ต้นทุนรวมต่ำสุด = $48X + 38Y$</p> $3X + 2Y \leq 1,577$ $3X + 3Y \leq 4,399$ $5X + 4Y \leq 8,700$ $4X + Y \leq 1,900$ $5X + 3Y \leq 6,791$ $X, Y \geq 0$				

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล

นางสาวกรรณิกา บุญเกษม

วุฒิการศึกษา

ปริญญาโท (วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผลงานตีพิมพ์

Generating Linear Programming

Questions. International journal of design, Analysis and tools for
integrated circuits and systems. 8(1), October 2019: 30-35.

